

# Pedogénesis de la toposecuencia Lo Vásquez-Las Rosas<sup>1</sup>

## II. ANALISIS QUIMICOS, GRANULOMETRICOS Y MINERALOGICOS

Walter Luzio L.<sup>2</sup>

### INTRODUCCION

En la primera parte de este trabajo se analizó la descriptiva de campo y la descriptiva micromorfológica. De acuerdo con los antecedentes aportados por estos estudios se concluyó que la Serie Lo Vásquez y la Serie Las Rosas presentan un grado de evolución diferente, principalmente debido a la gran cantidad de rasgos pedológicos (cutanes) que existen en el perfil de la Serie Lo Vásquez y a la ausencia de ellos en el perfil de la Serie Las Rosas. Asimismo se estableció que ambos suelos difieren en su mineralogía, especialmente en lo relacionado con la composición de los litorelictos, los cuales tendrían su origen en una roca ácida (granito), en el caso del perfil de la Serie Lo Vásquez y en una roca intermedia (diorita) en el perfil de la Serie Las Rosas.

En esta segunda parte se discuten los análisis químicos, granulométricos y la mineralogía de la fracción arena y arcilla.

<sup>1</sup>Trabajo realizado en el Instituto de Geología de la Universidad de Gante, Bélgica. El autor desea agradecer al Dr. C. Sys, de la Universidad de Gante, por sus interesantes sugerencias en esta segunda parte de la investigación.

Recepción originales: 7 de abril de 1972.

<sup>2</sup>Ing. Agr., M. S. Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile.

### MATERIALES Y METODOS

Se describieron y muestrearon por horizontes dos perfiles de suelos, uno de la Serie Lo Vásquez y otro de la Serie Las Rosas (Luzio, W., 1972). Se separaron los fragmentos superiores a 2 mm y la granulometría se determinó, en la fracción inferior a 2 mm, según el método de la pipeta de Köhn (hexametafosfato de sodio). El pH, en relación 1:5, se determinó al H<sub>2</sub>O y KCl.

El carbono orgánico se determinó por el método de Walkley y Black (M.O. = C.O. × 2) y la capacidad de intercambio catiónico por el método de Mehlich modificado. Para la determinación del Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> libre se utilizó el método de Deb modificado.

Los minerales pesados y livianos se separaron con bromoformo (d = 2,82) y se montaron como preparaciones microscópicas permanentes fijadas con Vestopal-H<sup>3</sup>.

La fracción fina (< a 2 μ) se determinó por Rayos X, siguiendo el método de Kittrick y Hope modificado, previa remoción de la materia orgánica y de los óxidos de hierro.

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### I. ANÁLISIS QUÍMICOS Y GRANULOMÉTRICOS

En la Serie Lo Vásquez (Cuadro 1) se observa una disminución en el contenido de

<sup>3</sup>Chemische Werke Hüls, Deutsche Bundesrepublik.

Cuadro 1 — Serie Lo Vásquez. Análisis químico y granulométrico.

GRANULOMETRIA (% peso suelo seco al aire)															
HOR.	PROF. CM	< 2 μ	2-10 μ	10-20 μ	20-50 μ	2-50 μ	50-74 μ	74-105 μ	105-149 μ	149-210 μ	210-297 μ	297-420 μ	420 μ-2 MM	50 μ-2 MM	TEXTURA
A <sub>11</sub>	0-17	19,05	15,40	7,25	7,95	30,60	4,50	2,50	3,75	3,70	5,20	6,00	24,70	50,35	Franca
A <sub>12</sub>	17-31	20,35	14,70	7,70	6,85	29,25	4,40	2,50	4,00	4,20	5,70	5,60	24,00	50,40	Franca
B <sub>1</sub>	31-39	21,65	14,20	7,10	9,25	30,55	4,30	3,20	3,70	4,40	6,60	7,00	18,60	47,80	Franca
B <sub>21</sub>	39-58	24,60	13,15	8,10	7,85	29,10	4,00	2,60	3,50	4,00	5,20	5,50	21,50	46,30	Franca
B <sub>22t</sub>	58-80	26,70	13,30	8,55	9,95	31,80	4,70	2,60	3,30	2,70	3,70	4,40	20,10	41,50	Franca
C	80-100+	21,30	13,65	9,70	10,85	34,20	6,50	2,60	3,60	3,50	4,70	3,90	19,70	44,50	Franca

PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICO-QUÍMICAS

HOR.	PROF. CM	PH		C. I. C.			% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> LIBRE
		KCl	H <sub>2</sub> O	C. O. %	TOT. ME/100 G.	V %	
A <sub>11</sub>	0-17	4,9	5,7	1,60	14,5	64,1	2,18
A <sub>12</sub>	17-31	5,0	5,7	1,12	13,1	61,4	2,70
B <sub>1</sub>	31-39	4,7	5,7	0,60	12,1	60,3	3,18
B <sub>21</sub>	39-58	4,5	5,6	0,68	13,9	58,9	3,26
B <sub>22t</sub>	58-80	4,3	5,5	0,48	14,6	56,0	3,92
C	80-100+	4,1	5,3	0,28	12,9	53,5	3,58

arena en profundidad, con un mínimo (41,5%) en el horizonte B<sub>2t</sub>, de 58 a 80 cm. En este mismo horizonte se detecta una máxima acumulación de arcilla (26,7%), que aumenta gradualmente desde la superficie. Debajo de los 80 cm el contenido de arcilla disminuye de nuevo, lo que se debe, principalmente, a la presencia del material parental, resultante de la meteorización *in situ* de la roca granítica. Como consecuencia de esto, bajo los 80 cm aumenta nuevamente la fracción arena como resultado de la formación de la llamada "arena granítica".

Las diferencias que se observan entre las texturas de campo (Luzio, W., 1972) y las proporcionadas por el laboratorio se deben, en gran medida, a que la molienda de las muestras desintegra fragmentos de roca, los que pasan a incrementar la fracción arena dando así texturas más gruesas. Stahnke, C. R., Rogers, J. R. y Allen, B. L. (1969) señalan situaciones semejantes al estudiar la génesis de suelos derivados de gneiss granítico. Normalmente, en las texturas tomadas en terreno, estos fragmentos de roca se incluyen bajo la denominación "con gravas".

El alto contenido de arena en la parte superior del perfil de la Serie Lo Vásquez puede explicarse por el siguiente hecho: aunque el perfil se encuentra localizado en posición alta y protegido por vegetación arbustiva y herbácea, esta vegetación no es lo suficientemente densa como para evitar totalmente la erosión, lo que trae como resultado una remoción de las partículas más finas y una concentración relativa de los materiales más gruesos. En esta misma Serie, el mayor contenido de arcilla entre los 39 y los 80 cm (que es suficiente para un horizonte B<sub>2t</sub>) corresponde tanto a la formación *in situ* de los minerales de arcilla como a la presencia de importantes cantidades de materiales de iluviación, lo que ha sido demostrado a través de los estudios micromorfológicos (Luzio, W., 1972).

El estudio granulométrico de los diferentes tamaños de partículas y su distribución en ambos perfiles confirma el carácter sedimentario de la Serie Las Rosas, formada por una sucesión de estratas, con contenidos variables de arena, limo y arcilla (Cuadro 2) y sin una relación pedogenética clara entre ellas. En cambio, la Serie Lo Vásquez muestra una zona de acumulación de arcilla, que corresponde a un horizonte argílico.

Con relación a la fracción limo parece que no existe una tendencia definida en profundidad. Esto es especialmente nítido en la Serie Las Rosas. La situación es algo diferente en la Serie Lo Vásquez, donde la fracción limo sigue la misma tendencia de la arcilla, aunque las variaciones en profundidad parecen no ser significativas (Figuras 1 y 2).

La distribución de la materia orgánica es diferente en ambos perfiles. En la Serie Lo

Cuadro 2 — Serie Las Rosas. Análisis químico y granulométrico

GRANULOMETRIA (% peso suelo seco al aire)															
HOR.	PROF. CM	< 2 $\mu$	2-10 $\mu$	10-20 $\mu$	20-50 $\mu$	50-74 $\mu$	74-105 $\mu$	105-149 $\mu$	149-210 $\mu$	210-297 $\mu$	297-420 $\mu$	420 $\mu$ -2 MM	50 $\mu$ -2 MM	TEXTURA	
A <sub>p</sub>	0-16	10,00	0,45	12,55	6,70	19,70	5,70	5,20	8,00	9,40	12,00	9,40	20,60	70,30	Franco arenosa
AC	16-36	14,80	10,80	8,05	4,95	23,80	3,70	3,10	5,90	7,80	9,90	10,60	20,40	61,40	Franco arenosa
C <sub>1</sub>	36-62	4,45	3,45	2,40	4,40	10,25	4,50	3,60	6,50	8,40	13,00	10,30	39,00	85,30	Areno francosa
IIA <sub>b</sub>	62-92	10,25	9,85	5,30	8,80	23,95	5,60	4,20	6,20	7,00	9,20	8,60	25,00	65,80	Franco arenosa
II B <sub>2b</sub>	92-95+	16,70	10,65	5,00	12,05	27,70	8,50	5,60	7,00	6,00	6,50	5,50	16,50	55,60	Franco arenosa

## PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICO-QUIMICAS

HOR.	PROF. CM	PH		C. O. %	C. I. C. TOT. ME/100 c.	V %	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> LIBRE
		KCl	H <sub>2</sub> O				
A <sub>p</sub>	0-16	5,3	6,1	0,68	7,3	63,4	1,72
AC	16-36	5,4	6,4	0,92	12,0	78,3	3,10
C <sub>1</sub>	36-62	5,5	6,5	0,12	3,6	82,4	1,30
IIA <sub>b</sub>	62-92	5,5	6,5	0,40	7,1	80,0	2,24
II B <sub>2b</sub>	92-95+	5,3	6,4	0,32	8,6	75,6	2,70

Vásquez el contenido de carbono orgánico es de 1,6% en el epipedón y decrece gradualmente, en profundidad, hasta 0,28% (Cuadro 1). En el caso de la Serie Las Rosas, la distribución irregular del carbono orgánico confirma, una vez más, el origen aluvial de este perfil estratificado.

Al comparar la saturación de bases de los dos perfiles (Cuadro 1 y 2), se observa que estos valores son más altos en la Serie Las Rosas que en la Serie Lo Vásquez, lo que indica claramente que el suelo aluvial posee un más alto contenido de bases que el suelo residual.

En el perfil de la Serie Lo Vásquez la determinación de hierro libre indica claramente que ha habido una lixiviación de este elemento desde la superficie y una acumulación en el horizonte argílico (3,92%). Estos valores son bastante altos si se considera el porcentaje de arcilla. Se puede inferir, entonces, que las arcillas han migrado asociadas al hierro libre, mientras que un exceso de él se encuentra presente como nódulos y concre-

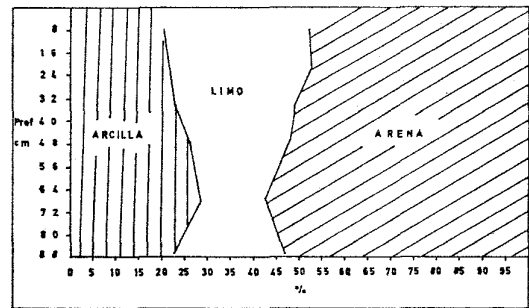


Figura 1 — Distribución granulométrica en el suelo Lo Vásquez.

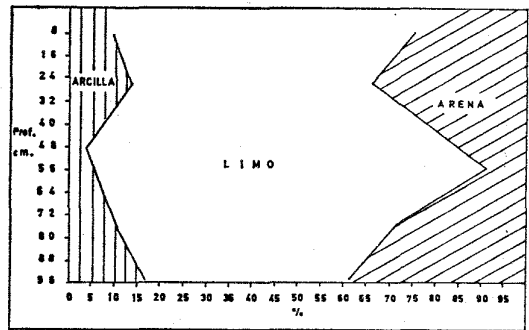


Figura 2 — Distribución granulométrica en el suelo Las Rosas.

siones en la fracción arena y que se han descrito en el estudio micromorfológico.

En cambio, en el suelo aluvial no se detectó migración de hierro libre a través del perfil. Su distribución en los diferentes horizontes es irregular, aunque, en general, se en-

cuentra en cantidades altas. Si se considera que los colores claros indican un menor contenido de hierro libre en las arcillas, se tiene que aceptar, en consecuencia, la existencia de más importantes cantidades de nódulos en la fracción arena, un hecho que ha sido demostrado en el estudio micromorfológico (Luzio W., 1972). Además, la gran cantidad de hornblenda encontrada a través de todo el perfil, puede considerarse como una adecuada fuente primaria en la formación de hierro libre (Stahnke *et al.*, 1969).

Ambos suelos están libres de  $\text{CaCO}_3$ .

## 2. MINERALOGÍA DE LA FRACCIÓN ARENA

### Minerales livianos

En esta fracción, el rasgo más sobresaliente está relacionado con la presencia de feldespatos potásicos, principalmente microclina. Mientras el porcentaje de microclina es más bien bajo en la Serie Las Rosas (14-17%), en la Serie Lo Vásquez pasa a ser un constituyente importante (26-31%) (Figura 3).

Este hecho está directamente relacionado con la naturaleza de la roca parental, la cual es rica en feldespatos potásicos en la Serie Lo Vásquez (granito); en cambio están prácticamente ausentes en la Serie Las Rosas (depósitos influenciados por diorita).

### Minerales pesados

En el perfil de la Serie Las Rosas, tanto en superficie como en profundidad, hay importantes cantidades de hornblenda (más de 55%) y también la epidota se encuentra en cantidades considerables (30,8%). Es probable que esta epidotización esté relacionada con procesos de metamorfismo (Bruggen, J., 1950) que han alterado principalmente las plagioclasas a través de un proceso de sausriritización (De Paepe, P., 1970) (Williams, H., Turner, F. y Gilbert, C., 1955).

En el suelo residual, en cambio, la situación es diferente debido a que la hornblenda está escasamente representada a través del perfil (3 a 5%) y la epidota, también como producto de alteración, se encuentra en cantidades más altas (62,5% cerca de la superficie) que en la Serie Las Rosas (Figura 4).

Las importantes diferencias en el contenido de hornblenda y epidota entre ambos suelos, constituye un antecedente más que per-

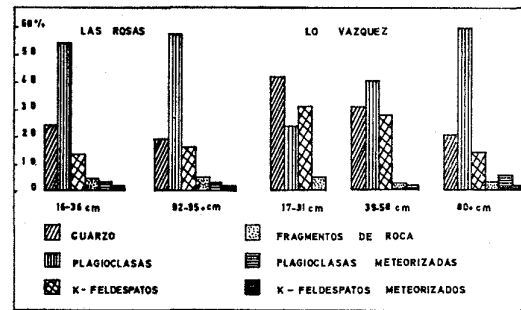


Figura 3 — Distribución de los minerales livianos en la fracción arena.

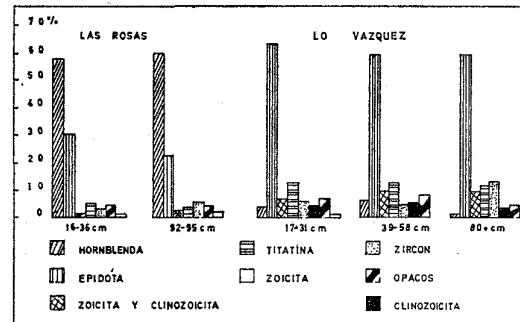


Figura 4 — Distribución de los minerales pesados en la fracción arena.

mite deducir la existencia de dos fuentes de materiales distintos. Consecuentemente, las Series Lo Vásquez y Las Rosas tendrían su origen en materiales parentales y en rocas parentales diferentes.

Labib, F. y Sys, C. (1970) concuerdan con estas ideas, pues en suelos desarrollados sobre depósitos lacustres y marinos encontraron diferentes asociaciones de minerales pesados que ellos atribuyen a diferencias en la litología del sustrato geológico.

Otros constituyentes como titanita, zoisita y zircon se encuentran mejor representados en la Serie Lo Vásquez. Clinzoisita, magnetita y rutilo son de menor importancia en ambos suelos.

## 3. MINERALOGÍA DE LA FRACCIÓN ARCILLA

El estudio de la fracción arcilla permite estimar el estado de meteorización de un suelo además de ser importante en la determinación de sus propiedades fisicoquímicas.

Con el fin de identificar los minerales de arcilla presentes en la fracción inferior a  $2 \mu$

se hicieron diagramas de Rayos X en muestras seleccionadas: Las Rosas: AC (16-36 cm) y II B<sub>2b</sub> (92-95 cm); Lo Vásquez: B<sub>2t</sub> (39-58 cm).

El diagrama de Rayos X (Figura 5) para La Serie Las Rosas muestra una reflexión de primer orden (002) a 10 Å y una reflexión de tercer orden a 3,35 Å (003), las cuales corresponden a illita. Esta última coincide con el pico de reflexión más intensa del cuarzo; por eso, en este caso, no es posible establecer con claridad si la reflexión se debe a la presencia de cuarzo o de illita. Sin embargo, el pico a 10 Å es suficiente para confirmar la presencia de illita.

La caolinita se identifica por sus reflexiones a 7,2 Å y 3,55 Å. En ambos casos estos picos son muy débiles, demostrando con ello que la presencia de caolinita no es importante.

El diagrama de Rayos X para la Serie Lo Vásquez aparece bastante diferente, debido a que en este caso, se distingue claramente la reflexión de la caolinita a 7,2 Å, junto a un pico prominente a 3,55 Å, mientras que los picos a 10 Å y 3,35 Å, para la illita, están ausentes. La reflexión más intensa para el cuarzo a 3,35 Å, es débil, pero identificable.

La posición de las reflexiones a 7,4 Å y

7,1-7,6 Å en las arcillas de la Serie Las Rosas, prácticamente en forma de bandas, y la presencia, al menos en la muestra N° 1, de una reflexión a 4,4 Å, podrían señalar la presencia de metahaloisita más bien que de caolinita.

De los diagramas de Rayos X es posible inferir que la composición de ambos suelos, en relación con los minerales de arcilla, es diferente. La presencia de caolinita en la Serie Lo Vásquez, en posición de cerros, es altamente significativa, considerando que este suelo se encuentra en un avanzado estado de meteorización y que es más desarrollado que la Serie Las Rosas. En cambio, en esta última, la presencia de caolinita es despreciable; la fracción arcilla está constituida principalmente por illita.

La capacidad de intercambio catiónico de estas arcillas, calculada a partir de la determinación en el suelo total, es de 54,68 me/100 g. de suelo, para el horizonte II B<sub>2b</sub> de la Serie Las Rosas y de 51,49 me/100 g de suelo para el horizonte B<sub>2t</sub> de la Serie Lo Vásquez. Estos valores, relativamente altos si se considera la composición mineralógica de la fracción arcilla, sugieren la presencia de impor-

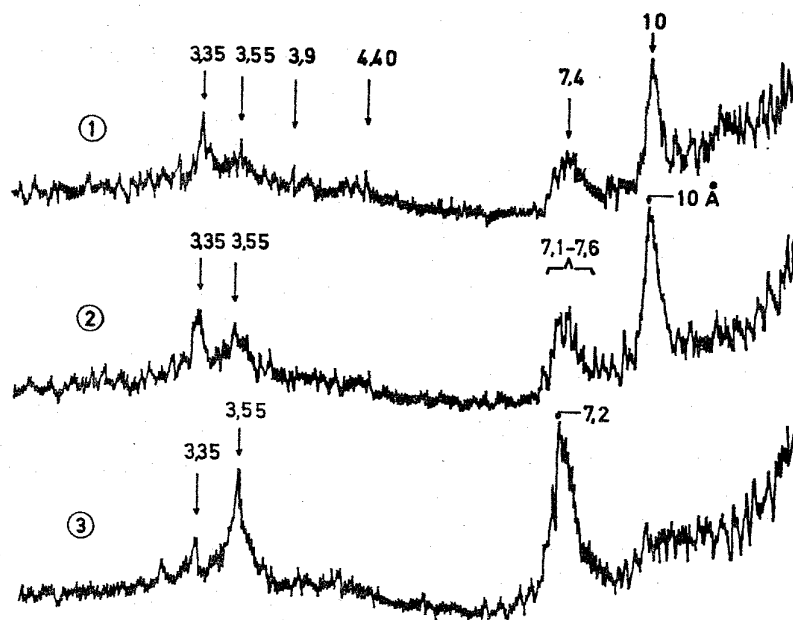


Figura 5 — Diagramas de Rayos X:

1. Serie Las Rosas,  
16-36 cm

2. Serie Las Rosas,  
92-95 cm

3. Serie Lo Vásquez,  
39-58 cm

tantes cantidades de material amorfo conjuntamente con algunos minerales de arcilla expandibles en ambas series de suelos.

Al respecto, Goss, D. W. y Allen, B. L. (1968), han señalado que la presencia de materiales amorfos en los suelos puede afectar notoriamente las propiedades químicas de ellos. Este hecho podría explicar los valores un tanto anormales de la capacidad de intercambio catiónico de las arcillas.

### CONCLUSIONES

Se ha señalado, desde un punto de vista petrográfico, que el origen de los suelos del valle no está estrictamente relacionado con el de los cerros adyacentes (Serie Lo Vásquez), pues su mineralogía establece la influencia de una roca con mayor contenido de hornblenda. Diferentes autores (Brewer, R., 1964) (Yassoglou, N. J., Nobeli, C. y Vrahamis, S. C., 1969) indican que suelos que tienen diferencias significativas en sus propiedades morfológicas, físicas y químicas se han desarrollado bajo condiciones similares de clima, topografía y edad. En consecuencia, las diferencias tendrían que relacionarse a variaciones del material parental y/o de vegetación.

Puede considerarse también la evolución pedogenética del material parental del suelo zonal y del suelo azonal aluvial. En ambos casos, existe una reserva de minerales meteorizables en la fracción arena. El suelo zonal maduro tiene minerales secundarios de tipo caolínico asociados con importantes cantidades de óxidos de hierro libre, indicando con

esto, una última etapa de meteorización química y, al mismo tiempo, un tipo de meteorización fersialítica. En el suelo azonal reciente, importantes cantidades de illita están asociadas con arcillas caolínicas, el estado de meteorización es intermedio y desaparece el carácter fersialítico del suelo transformándose, más bien, en un tipo de meteorización Ca-sialítica.

El estudio micromorfológico (Luzio, W., 1972) demostró la existencia de frecuentes argilanes de iluviación en los horizontes subsuperficiales del suelo zonal; estos rasgos están ausentes en el perfil del suelo azonal. Esta observación concuerda con la diferenciación textural de ambos perfiles, que indica la presencia de un horizonte argílico en la Serie Lo Vásquez y la ausencia de horizontes diagnósticos en la Serie Las Rosas.

La clasificación de estos suelos de acuerdo al sistema americano (7ª Aproximación) (U. S. D. A., 1967) también confirma la tendencia de evolución sugerida.

La Serie Lo Vásquez, con un horizonte argílico y con más de 35% de saturación de bases, corresponde a un Alfisol. Otras características permiten clasificarla como Ultic Haploxeralfs. La Serie Las Rosas posee texturas gruesas; consecuentemente la estructura no está lo suficiente fuertemente desarrollada como para ser considerado como un epipedón mólico. Por lo tanto, este perfil se clasifica como un Typic Xerofluvents. No se excluye, sin embargo, que algunos epipedones con texturas más finas, dentro de la Serie, puedan ser considerados como mólicos.

### RESUMEN

Se estudió la pedogénesis de dos suelos que constituyen una toposecuencia, las Series Lo Vásquez y Las Rosas. Con este fin se hicieron análisis químicos, granulométricos, mineralógicos y micromorfológicos. Estos últimos fueron discutidos en una publicación precedente.

Los antecedentes aportados por los análisis químicos y mineralógicos (tanto de la fracción arena como de la fracción arcilla) permiten concluir que ambos suelos tendrían su origen en materiales parentales diferentes. Los estudios micromorfológicos han corroborado este hecho y, además, han dejado en evidencia el diferente grado de evolución de estos suelos.

Se sugiere, por lo tanto, la existencia de dos fuentes de materiales diferentes que han actuado como elementos formadores de estos suelos.

El suelo zonal se clasifica, de acuerdo con el "Supplement to Soil Classification System" (7th. Approximation), como Ultic Haploxeralfs, y el suelo azonal como Typic Xerofluvents.

## SUMMARY

The pedogenesis of two soils (Lo Vásquez and Las Rosas Soil Series) was studied. Chemical, granulometric, mineralogical and micromorphological analysis were carried out. The last ones were discussed in a precedent paper.

From the chemical and mineralogical (sand and clay fraction) analysis it is possible to conclude that both soils would originate from different parent materials. Micromorphological studies support this hypothesis and also evidence the different degree of evolution of both soils.

Consequently, the presence of two different sources of parent materials would be involved in the pedogenesis of Lo Vásquez and Las Rosas Soil Series.

The zonal soil, according to the Supplement to Soil Classification System (7th. Approximation), is classified as Ultic Haploxeralfs and the azonal soil as Typic Xerofluvents.

## LITERATURA CITADA

- BREWER, R. 1964. Fabric and mineral analysis of soils. Wiley, New York. 470 p.
- BRUGGEN, J. 1950. Fundamentos de la geología de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago. 374 p.
- DE PAEPE, P. 1970. Microscopic characteristics of some important rock-forming minerals. International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists (Rijksuniversiteit). Gent (Belgium). 48 p.
- Goss, D. W. and ALLEN, B. L. 1968. A genetic study of two soils developed on granite in Llano County, Texas. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32: 409-413.
- LABIB, F. and Sys, C. 1970. Soils on lacustrine and marine deposits in the United Arab Republic. Pedologie. 20: 381-403.
- LUZIO, W. 1972. Pedogénesis de la toposecuencia Lo Vásquez - Las Rosas. I. Descripción de campo y micromorfología. Agricultura Técnica (Chile). 32: 57-65.
- STAHNKE, C. R., ROGERS, J. R. and ALLEN, B. L. 1969. A genetic and mineralogical study of a soil developed from granitic gneiss in the Texas Central Basin. Soil Sci. 108: 313-320.
- U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1967. Supplement to Soil Classification System (7th. Approximation). Washington, D. C. 207 p.
- WILLIAMS, H., TURNER, F. and GILBERT, C. 1955. Petrography. W. H. Freeman, San Francisco. U. S. A. 404 p.
- YASSOGLU, N. J., NOBELI, C. and VRAHAMIS, S. C. 1969. A study of some biosequences and lithosequences in the zone of brown forest soils in Northern Greece: morphological, physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33: 291-296.