

ASPECTOS MICROMORFOLOGICOS DE LA EVOLUCION DE LOS SUELOS "ROJO ARCILLOSOS" DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE¹

Micromorphology of the "Red Clay" soils' evolution in the Central Zone of Chile

Ricardo Honorato² y Marcela Cubillos²

SUMMARY

A micromorphological study was carried out on five "Red Clay" soils series, located at the VII Region, Central Chile.

An alteration sequence and organization of the soil fabric was established in these soils, derived from a saprolitic or tobiferous material of andesitic-basaltic nature.

This sequence begins with a fissuring of rocks and minerals with deposition of iron into the fissures, and plasma formation. The latter accumulates and organizes into soil fabric. Crystal layers of "Primary Vermiculites", found in the oldest soils, open progressively up to disintegration, followed by the incorporation as plasma to the s-matrix.

Clay illuviation with the formation of argillic horizons is the predominant genetic process, being more intensive in the San Clemente and Colbún soil series, evidenced by the abundance of well formed, thick and birefringent argillans.

INTRODUCCION

En un trabajo anterior (Honorato, Besoain y Cubillos, 1982) se discutió la génesis de algunos suelos "Rojo Arcillosos" de la Zona Central de Chile, utilizando los argumentos morfológicos, físico-químicos y mineralógicos. Se estableció una relación entre suelos y sustratos; los suelos Colbún y San Clemente se han desarrollado a partir de un material saprolítico de origen fluvio-glacial o lahárico, depositado probablemente en el período interglacial Mindel-Riss o Riss-Wurm. En cambio los suelos Parral, San Rafael y Talca derivan presumiblemente de un material "tobífero", depositados durante la última glaciación.

El presente trabajo tiene como objetivo agregar los argumentos micromorfológicos o microscópicos a los anteriores, para precisar algunos de los fenómenos genéticos descritos y confirmar algunas hipótesis.

MATERIALES Y METODOS

La descripción resumida de los suelos aparece en el Cuadro 1, la ubicación de los pedones en el Cuadro 2 y de los sustratos en el Cuadro 3.

Para el muestreo micromorfológico se emplearon cajas kubiena y terrones por cada horizonte, con repeticiones para asegurar la elaboración de láminas de buena calidad (Cubillos, 1981).

Las muestras se secaron al aire y se impregnaron manteniendo un vacío entre 13-25 PSI, dejando caer la mezcla gota a gota.

Para la impregnación se usó una resina sintética nacional, tipo poliéster, Palatal-P4; como diluyente monoestireno en una proporción de 200 cc de resina y 120 cc de diluyente; más 20 gotas de catalizador Mek peroxide y 2,5 gotas de acelerante.

¹ Recepción de originales: 30 de julio de 1982.

² Depto. Ciencias Vegetales, Fac. Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Casilla 114-D, Santiago, Chile.

La muestra, una vez impregnada, se llevó a estufa a 45° C por 48 horas, hasta el endurecimiento de la resina.

Las láminas se prepararon de acuerdo al procedimiento descrito por Garrido (1978) en suelos Negros, y su descripción se hizo utilizando la adaptación castellana del lenguaje de Brewer, propuesto por Honorato y Luzio (1974).

RESULTADOS Y DISCUSION

Son pocos los trabajos realizados en suelos "Rojo Arcillosos" que incluyen un estudio micromorfológico; entre estos podemos citar a Mella (1958), Meléndez (1966), Von Buch (1967) y Fajardo (1975).

A grandes rasgos podemos indicar que existe una relativa concordancia en las características micromorfológicas descritas y algunas conclusiones de estos autores. Von Buch da gran importancia al movimiento y a la formación secundaria de sílice, que para los demás autores es un fenómeno secundario o no se manifiesta. Von Buch estudió los suelos presumiblemente más antiguos, como el Collipulli y Mirador, al igual que Mella; en cambio, Meléndez y Fajardo coincidieron también en un análisis de los suelos Rojo Arcillosos presumiblemente menos evolucionados de Talca, de las series San Rafael y San Clemente.

Llama la atención que en todos estos trabajos son des-

CUADRO 1. Descripción de los pedones

TABLE 1. Description of the Peds

Pedon	Horizonte	Profundidad (cm)	Límite	Color	Textura	Estructura	Consistencia
San Rafael	Ap	0 - 19	Co	5 YR 3 /4	FA	Bsa f deb.	md seco
	B _{21t}	19 - 39	Co	5 YR 4 /4	A	Bsa m deb.	md seco
	B _{22t}	39 - 66	Co	5 YR 4 /6	Fa	Bsa m y f deb.	d seco
	B ₃	66 - 108	Al	7.5 YR 4 /4	aF	ma	sto
	C	108 +					
Talca	Ap	0 - 15	Cl	10 YR 3 /2	F	Bsa m y f deb.	md seco
	B _{21t}	15 - 59	Go	7.5 YR 3 /2	A	Bsa m y f md	md seco
	B _{22t}	59 - 82	Co	5 YR 3 /2.5	A	Bsa m y f md	md seco
	B ₃	82 - 130 +		5 YR 3 /4	FAa	Ba m y f deb.	md seco
San Clemente	Ap	0 - 25	Cl	7.5 YR 3 /2	FAL	Bsa f deb.	fr húmedo
	B _{21t}	25 - 43	Gl	5 YR 3 /4	A	Bsa m md	fr húmedo
	B _{22t}	43 - 61	Gl	5 YR 3 /3	A	Bsa m y g md	fr húmedo
	B ₃	61 - 81	Go	5 YR 3 /4	A		
	C	81 - 100 +					
Colbún	Ap	0 - 32	Co	7.5 YR 3 /2	A	Bsa g m	md seco
	B _{21t}	32 - 60	Gl	5 YR 3 /4	A	Bsa m md	md seco
	B _{22t}	60 - 86	Gl	5 YR 3 /4	A	Bsa g md	md seco
	B ₃	86 - 120 +		5 YR 3 /4	A		
Parral	Ap	0 - 15	Cl	10 YR 3 /2		Bsa m y f deb.	d seco
	A ₁₂	15 - 28	Cl	7.5 YR 3 /2		Bsa m y g md	md seco
	B _{21t}	28 - 52	Gl	7.5 YR 3 /2-		Bsa g md	md seco
				5 YR 3.5/4			
	B _{22t}	52 - 92	DI	7.5 YR 3 /2-		Bsa g deb.	md seco
				5 YR 3.5/6			
	C	92 - 122 +		10 YR 5 /2-		mas	md seco
				10 YR 5 /3			

critos, como componentes importantes del esqueleto, un conjunto de minerales intemperizables, algunos relativamente frescos, tales como plagioclasas, olivinos, piroxenos y anfíboles, cuyo grado de alteración relativa aumentaría hacia el sur (Fajardo, 1975), donde se han descrito además las formaciones secundarias de sílice (Von Buch, 1967).

La presencia de estos minerales, coexistiendo con minerales arcillosos metahalosícticos y con la intensa alteración de los materiales evidenciada por la coloración, cantidad de óxidos, formación y organización del plasma, es contradictoria. Esto se explicaría por una contaminación con materiales frescos, que provienen de centros eruptivos o de aportes de materiales

CUADRO 2. Ubicación de los pedones**TABLE 2. Location of the Peds**

Serie	Provincia	Localización
San Rafael	Talca	5 km al oriente de San Rafael
Talca	Talca	8 km al nororiente de Talca, por camino San Miguel a Las Rastras
San Clemente	Talca	5 km al poniente de San Clemente, por camino Talca a San Clemente
Colbún	Linares	2 km al norte pueblo de Colbún
Parral	Linares	1 km al poniente pueblo de Lo Longaví

CUADRO 3. Ubicación de los sustratos**TABLE 3. Location of the parent materials**

Serie	Sustrato	Localización
San Rafael	Toba 1 (1.5 m)	8 km. desde pueblo de San Rafael por camino San Rafael a Pelarco
	Toba 2 (1.5 m)	Por el mismo camino, más cerca de Pelarco
Talca	Toba 1 (3 m)	3 km de Panguilemu por camino Pelarco a Panguilemu
	Toba 2 (2 m)	4 km de Talca por camino Talca-San Clemente
San Clemente	Material inter-piedras	Desvío norte al embalse Colbún-Machicura
	Roca descompuesta	Desvío norte al embalse Colbún-Machicura
	Piedras más suelo	Desvío norte al embalse Colbún-Machicura
Colbún	Roca saprolítica	Camino San Javier a Colbún, a 38 km de San Javier. Camino nuevo Colbún-Machicura
	Roca descompuesta	Camino San Javier a Colbún, a 38 km de San Javier. Camino nuevo Colbún-Machicura
	Material inter-piedras	Camino San Javier a Colbún, a 38 km de San Javier. Camino nuevo Colbún-Machicura
Parral	Toba 1	Por carretera panamericana, lado este, a 3 km al norte ciudad Parral
	Toba 2	Por carretera panamericana, lado oeste, norte ciudad Parral
	Toba 3	En ciudad de Parral

fluvio-glaciales (Von Buch, 1967 y Fajardo, 1975). Parece difícil aceptar completamente esta hipótesis, ya que estos minerales, especialmente las plagioclasas, se encuentran en todo el perfil de suelo y no solamente en los horizontes superficiales; el tamaño, además, es heterogéneo; y finalmente, el grado de alteración es variable a un mismo nivel. Este comportamiento podría deberse a la existencia de microambientes que han preservado en algunos sectores a los minerales alterables y que han favorecido en otros casos su transformación. Este fenómeno ha sido observado por numerosos autores, citados por Paquet (1970), en suelos de climas mediterráneos. En una primera etapa, debido a la abundancia de plagioclasas, a pesar del carácter más o menos intenso de las hidrólisis, una parte es respetada y posteriormente, una vez desarrollados los horizontes argílicos, el medio se vuelve confinado y las plagioclasas no alteradas tienden a perpetuarse en esta condición.

Llama la atención la escasez o ausencia de vidrios volcánicos, que han sido descritos por Von Buch y Fajardo, asociados comúnmente con las "tobas". La excepción está relacionada con la "toba 1", en el suelo Talca, constituida por una especie de lava con una trama vítrea de tipo vacuolar y fluidal, englobando vidrios volcánicos (figuras 1 y 2). La ausencia de vidrios, en el primer caso, podría estar relacionada con su desaparición por alteración, o bien el sustrato no estaría relacionado con la parte superior del perfil donde no aparecen vidrios. En todos los demás casos existe un patrón mineralógico que permite establecer una relación genética entre el sustrato y la parte superior del perfil. Esta relación es particularmente evidente en los suelos Colbún y San Clemente, derivados de "material saprolítico", donde es posible seguir ópticamente los diversos estados de alteración de este material y, además, encontrar en la parte superior del perfil litorelictos de materiales propios del sustrato.

Estas etapas sucesivas de alteración pueden apreciarse en las figuras 3, 4, 5 y 6.

En la Figura 3 se observa material basáltico o andesítico que empieza a fragmentarse, depositándose hierro en las fisuras y plasma, en forma de finas venas reticulares, siguiendo estas fisuras. Posteriormente, el plasma amarillento tiende a concentrarse, constituyendo verdaderos cutanes, que finalmente se integran en la matriz, conformando un plasma denso coloreado, floculado del tipo Rothlem (Mella, 1958; Fajardo, 1975). Otros cutanes no se han integrado a la matriz y parecen como inyectados en las fisuras, que se han ampliado durante la alteración (Figura 7).

Particularmente interesante es la alteración de algunos cristales gruesos de vermiculitas primarias o "verdaderas" (Walker, 1975), observada en los suelos Colbún y



FIGURA 1. Trama vítrea tipo vacuolar.
Toba 1, suelo Talca. LNx40.
FIGURE 1. Vitreous fabric vacuolar
type. Tuff 1, Talca soil. LNx40.

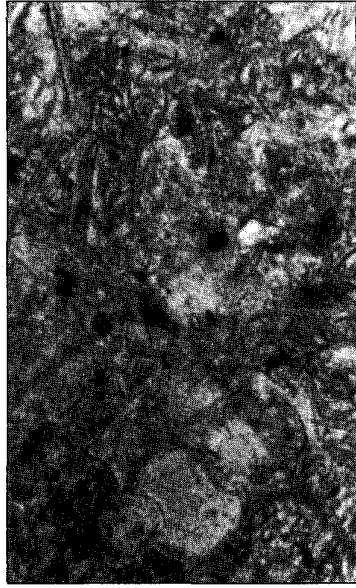


FIGURA 2. Trama vítrea tipo fluidal,
englobando vidrios volcánicos. Toba 1,
suelo Talca. LNx40.
FIGURE 2. Vitreous fabric, fluidic type,
enclosing volcanic glass. Tuff 1, Talca
soil. LNx40.

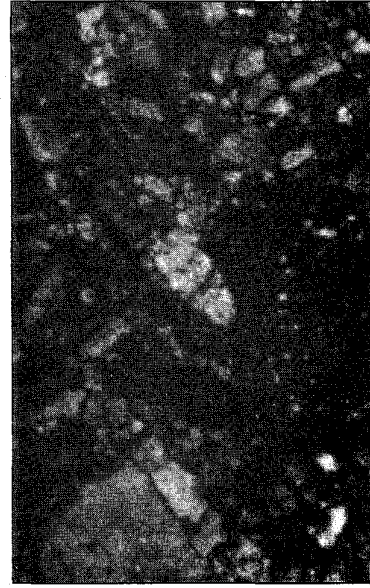
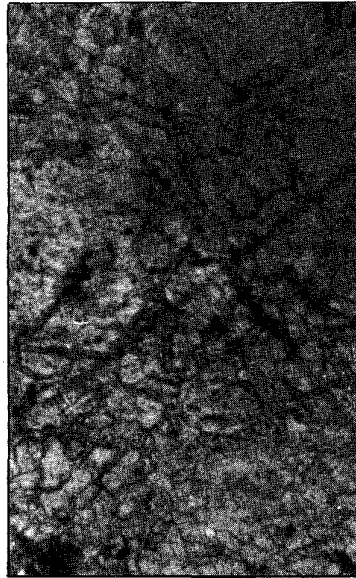
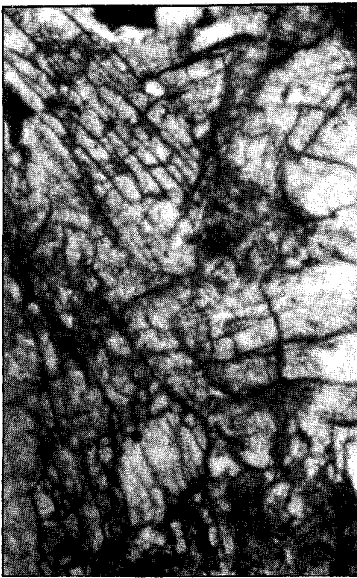


FIGURA 3. Secuencia de alteración de
materiales andesítico-basálticos. LNx40.
FIGURE 3. Alteration sequence of ande-
sitic-basaltic materials. LNx40.



FIGURAS 4, 5 y 6. Secuencia de alteración de materiales andesítico-basálticos. LNx40.
FIGURES 4, 5 and 6. Alteration sequence of andesitic-basaltic materials. LNx40.



FIGURA 7. Cutan grueso, birefringente, inyectado en fisuras de las rocas. LPx40.
FIGURE 7. Thick Cutan, birefringent, injected in rock fissures. LPx40.



FIGURA 8. Secuencia de alteración de los cristales de "vermiculitas primarias". LNx40.
FIGURE 8. Alteration sequence of crystals from "primary vermiculites". LNx40.

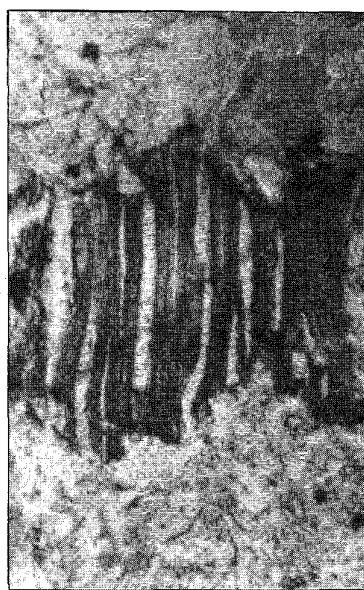
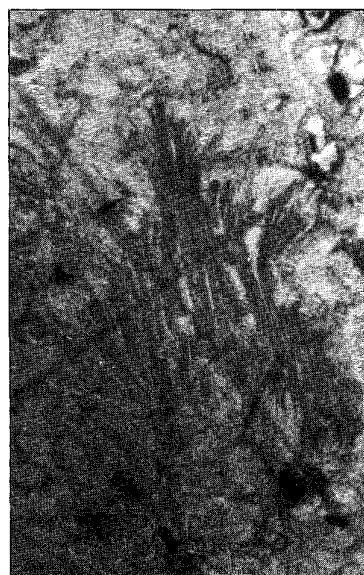


FIGURA 9. Secuencia de alteración de los cristales de "vermiculitas primarias". LNx40.
FIGURE 9. Alteration sequence of crystals from "primary vermiculites". LNx40.



FIGURAS 10, 11 y 12. Secuencia de alteración de los cristales de "vermiculitas primarias". LNx40.
FIGURES 10, 11 and 12. Alteration sequence of crystals from "primary vermiculites". LNx40.

San Clemente y que ópticamente se parece a la alteración de la biotita (Fitzpatrick, 1972).

Los cristales de vermiculita, con una estructura en capas, tienden a hincharse en el curso de la alteración (figuras 8 y 9), abriéndose hacia los extremos de las hojas (Figura 10), para terminar con una fragmentación progresiva del mineral (figuras 11 y 12), a medida que se desarrolla el proceso.

Junto a este tipo de materiales existen rocas volcánicas, tipo afaníticas, con microcristales alargados de sanidina, que por alteración se vuelven totalmente opacas isoticas, por impregnación con hierro (Figura 13).

En el caso de las "tobas", no son tan evidentes las etapas sucesivas de alteración y es posible distinguir una gran cantidad de granos esqueléticos de piroxenos, anfíboles y plagioclasas, más o menos intactos. A medida que comienza la alteración, aumenta el grado de fragmentación de las plagioclasas (figuras 14, 15 y 16) y el depósito de hierro, en los clivajes de los piroxenos/anfíboles y en la superficie en forma de halo, para finalmente dividirse, con la consiguiente disminución de tamaño.

En relación con la organización plásmica, hay diferencias entre los suelos derivados de materiales saprolíticos y los tobíferos. En los primeros, el plasma es más denso, más coloreado y aparentemente más abundante y con un aspecto muy similar al de los oxisoles. Los agregados formados, de formas angulosas y bien delimitados, mostraron una estructura externa compacta (Mella, 1967). La organización relativa es del tipo porfiroesquelítica en todos los horizontes y la trama plásmica del suelo es isotica, en los horizontes A, y vo-masépica bien desarrollada, en los horizontes B. En las zonas de alteración es compleja, con concentraciones y separaciones plásmicas de variado tipo. En los suelos derivados de toba, el plasma es menos denso y coloreado, con mayor cantidad de esqueleto, con una organización relativa también porfiroesquelítica, pero con algunos sectores hacia la base menos densos y con organización relativa aglomeroplásmica. La trama plásmica es del tipo esquel-insépica, con un estado menos avanzado de desarrollo y que correspondería a un grado menos avanzado de evolución del suelo.

Las separaciones y concentraciones plásmicas especialmente, son abundantes en los horizontes B de los suelos derivados de materiales saprolíticos. Los argilanes son gruesos y continuos, fuertemente birefringentes (figuras 17 y 18), tapizando vacíos normales.

A estos cutanes, claramente iluviales, se agregan otros, provenientes más bien por alteración del material entre fragmentos de roca o a través de granos esqueléticos, que han sido descritos por Meléndez (1966) como "trapped cutans" y que parecen como inyectados y

con una birefringencia muy atenuada. Los cutanes observados en los suelos derivados de toba son más finos, a veces discontinuos, menos abundantes y frecuentemente alrededor de los granos del esqueleto. En el Parral, con un perfil más húmedo, se distinguen cutanes compuestos y ferri-argilanes (Figura 19).

Las glébulas sesquioxídicas netas y/o difusas están presentes en todos los suelos en todos los horizontes, siendo más abundantes hacia la base de los perfiles y en los suelos derivados de material saprolítico. En este caso es mayor la proporción y el hierro se encuentra en todo el material, en alteración cubriendo fisuras, superficies o impregnando la matriz. Evidentemente esta movilidad y dispersión del hierro le imparte a los suelos el color rojo característico. Siendo más rojos los suelos Colbún y San Clemente, donde el fenómeno de la rubefacción es más intenso.

El examen microscópico de las tobas no revela una composición del esqueleto diferente de la parte superior del perfil, con la excepción de la toba 1 del suelo Talca, muestreado en el camino de Pelarco a Panguipulli, lo que reafirma el carácter heterogéneo de las tobas y permite suponer que sería posible encontrar vidrio volcánico en la parte superior de perfiles pertenecientes a estos mismos suelos en otra ubicación.

Las características micromorfológicas discutidas aquí permiten afirmar que los suelos Colbún y San Clemente son similares y que se han originado de un material saprolítico, que incluye piedras en estado avanzado de descomposición y un material ya descompuesto inter-piedras, llamado de "piedras multicolores", posiblemente de origen fluvio-glacial o lahárico.

La relación genética, entre la "toba" y la parte superior de los perfiles en los suelos restantes, es más difícil de establecer sólo en base a la micromorfológica y es necesario recurrir a argumentos mineralógicos. Los suelos derivados del material saprolítico muestran un desarrollo de la trama plásmica que evidencia un mayor grado de desarrollo y por lo tanto una mayor antigüedad. El esqueleto igualmente está fuertemente alterado, el movimiento del hierro es intenso y la formación plasma es notoria.

CONCLUSIONES

A través de la micromorfológica ha sido posible describir una secuencia de alteración de los materiales andesíticos y basálticos, que permite establecer una relación genética entre sustratos y suelos.

Los suelos más antiguos, Colbún y San Clemente, de origen Pleistocénico, evidencian un nivel de organi-



FIGURA 13. Roca afanítica con microcristales de sanidina, alterada, con abundante acumulación de hierro. Suelo San Clemente. LPx40.

FIGURE 13. Aphanitic rock with sanidine microcrystals, disturbed, with abundant iron accumulation. LPx40.



FIGURA 14. Plagioclasas sin alteración apreciable, superficies sanas y bordes angulosos. Suelo San Rafael. LPx40.

FIGURE 14. Plagioclases without noticeable alteration, smooth surfaces and angular edges. San Rafael soil. LPx40.



FIGURA 15. Plagioclasas en vías de alteración, fisuradas y con depósitos de hierro en las fisuras. Suelo San Rafael. LPx40.

FIGURE 15. Plagioclases under alteration, split and with iron deposits in the fissures. San Rafael soil. LPx40.



FIGURA 16. Anfíboles-piroxenos en vías de alteración, fisuradas, con depósitos de hierro en los clivajes. Suelo San Rafael. LPx40.

FIGURE 16. Amphiboles-piroxenes under alteration, split, with iron deposits in the clefts. San Rafael soil. LPx40.

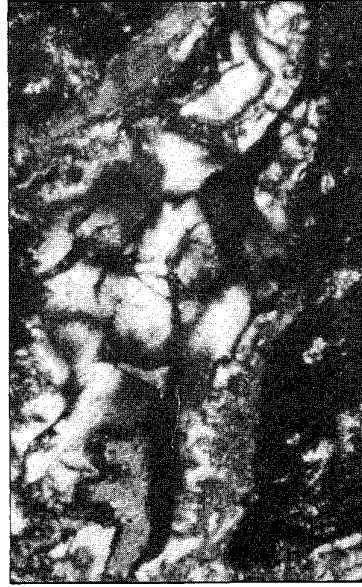


FIGURA 17. Argilanes de iluviación, gruesos, fuertemente birefringentes. Horizonte argílico, suelo Colbún. LPx40.

FIGURE 17. Illuvation Argillans, thick, strongly birefringent. Argilic horizon, Colbún soil. LPx40.

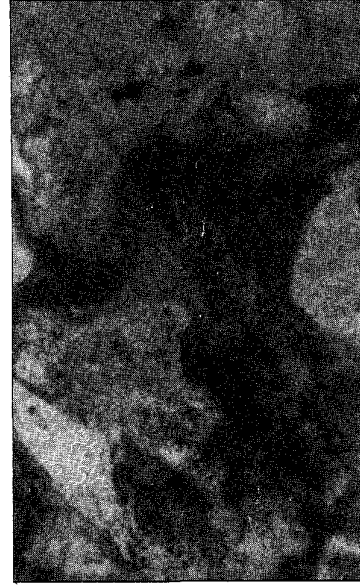
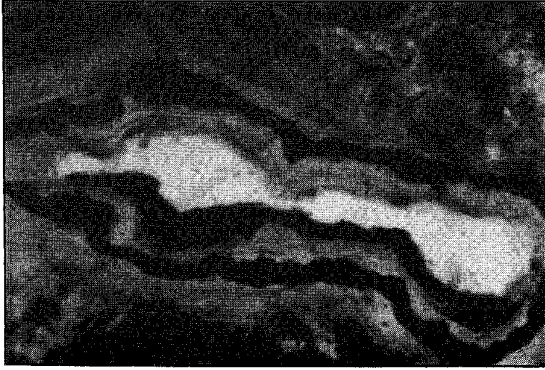


FIGURA 18. Ferriargilán de vacío normal, grueso, colmatando el vacío. Suelo Colbún. LNx40.

FIGURE 18. Fe-argillan from normal vacuum, thick, filling the vacuum. Colbún soil. LNx40.



zación superior de la trama plásmica del suelo, donde los rasgos pedológicos son más abundantes.

Finalmente, podemos señalar que el proceso genético dominante en estos suelos "Rojo Arcillosos" es el de eluviación de arcillas, evidenciado por la presencia de argilanes y ferri-argilanes.

FIGURA 19. Cutan compuesto Argilán-Ferrán. Horizonte argílico. Suelo Parral. LNx40.

FIGURE 19. Mixed Argillan - Ferran Cutan, Argilic horizon. Parral soil. LNx 40.

RESUMEN

Se realizó un estudio micromorfológico en cinco series de suelos "Rojo Arcillosos", ubicados en la VII Región, en la Zona Central de Chile.

Se estableció una secuencia de alteración y de organización de la trama plásmica en los suelos derivados de materiales saprolíticos y "tobíferos", andesítico-basáltico.

La secuencia se inicia con la alteración de rocas y minerales, depósito de hierro en las fisuras y posterior

formación de plasma, que aumenta y se organiza en el curso de la evolución. En las "vermiculitas primarias", presentes en los suelos más antiguos, se abren las capas del cristal, se fragmentan, para finalmente desintegrarse e incorporarse a la matriz-s como plasma.

El proceso genético dominante es la eluviación de arcillas, con la formación de horizontes argílicos, caracterizados en los suelos San Clemente y Colbún por la presencia de abundantes argilanes gruesos, birefringentes y bien formados.

LITERATURA CITADA

- CUBILLOS, M. 1981. Correlación de cinco series de suelos "Rojo Arcillosos" de la Zona Central de Chile. Tesis Ing. Agr., Depto. Suelos, Fac. Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- FAJARDO, M. 1975. Contribución al estudio de los suelos "Rojo Arcillosos" del Valle Central. IREN-CORFO.
- FITZPATRICK, E. 1972. Pedology. A systematic approach to soil science. Hafner Publishing, New York, USA.
- GARRIDO, E. 1978. Características micromorfológicas de tres series de Suelos Negros de la Zona Central de Chile. Tesis Ing. Agr., Depto. Suelos, Fac. Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- HONORATO, R. y W. LUZIO. 1974. Algunas sugerencias para la adaptación de la terminología micromorfológica de R. Brewer al castellano. Ciencia e Investigación Agraria, Vol. 1(2): 111-116.
- HONORATO, R., E. BESOAIN y M. CUBILLOS. 1982. Correlación y génesis de cinco series de suelos "Rojo Arcillosos" de la Zona Central de Chile. Ciencia e Investigación Agraria 9(3): 229-242.
- MELENDEZ, E. 1966. Contribución a la pedogénesis de algunos suelos del área Maule Norte. Revista del Ingeniero Agrónomo, Año II Nº 6-7: 19-31.
- MELLA, A. 1958. Estudio micromorfológico de algunos suelos volcánicos chilenos. Agricultura Técnica (Chile) 18(2): 166-184.
- PAQUET, H. 1970. Evolution geochimique des minéraux argileux dans les alterations et les sols des climats méditerranéens tropicaux à saisons contrastées. Mem. Serv. Carte. Geol. Als. Lorr. Nº 30, Université de Strasbourg.
- VON BUCH, M.W. 1967. Mikromorphologische untersuchungen von strukturelementen und kieselsäurebildungen in alteren vulkanischen boden der Collipulli-serie, Frontera (SudChile). Geoderma 1(3-4): 249-275.
- WALKER, G.F. 1975. Vermiculites. En: Soil Components, Vol. 2, Inorganic Components. Edited by J. Gieseking. p. 155-190.