

## ARTICULOS DE INVESTIGACION

CARACTERISTICAS EVOLUTIVAS  
DE CINCO SERIES DE SUELOS "ROJO-ARCILLOSOS"  
DE LA ZONA CENTRAL-SUR DE CHILE\*

EVOLUTION CHARACTERISTICS OF FIVE "RED-CLAY" SOIL SERIES  
OF THE SOUTHERN-CENTRAL CHILE

RICARDO HONORATO y NELIDA OLMEDO  
Departamento de Ciencias Vegetales, Facultad de Agronomía  
Pontificia Universidad Católica de Chile

## SUMMARY

*Five "Red-clay" soils series, located between the VIII and X Regions of the Southern-Central zone of Chile, were genetically studied. Their morphologic, mineralogic, physicochemical and micromorphological characteristics were analyzed.*

*Soils were originated from several volcanic and volcanoclastic materials, probably deposited during the interglacial Mindel Riss or Riss-Wurm period. These materials have been subjected to the same genetic processes, being clay illuviation and argillic horizon formation the dominant process.*

*Mineralogical evolution is on the final stage of volcanic material transformation; this stage is characterized by the dominant presence of kaolinite. This mineral is associated to quartz fragmentation and the persistence of a few labile primary minerals, moderately altered in the solum.*

*Genetic processes have been similar, north and south 37°C, but climate in the southern areas has accelerated the processes, resulting in soils with a lower bases status and a higher organic matter content.*

*The soils studied have been classified as Palehumults and Paleudults due to the presence of an argillic horizon, and their organic carbon, total clay and weatherable mineral content.*

## INTRODUCCION

En trabajos anteriores (Honorato, Besoain y Cubillos, 1982; Honorato y Cubillos, 1983) se discutió la génesis y clasificación de los suelos "Rojo-Arcillosos", al norte del paralelo 37°, utilizando criterios morfológicos, físico-

químicos, mineralógicos y micromorfológicos.

Se estableció una estrecha correlación genética entre los suelos, distinguiéndose dos grupos: el primero, integrado por los suelos Colbún y San Clemente, desarrollados a partir de

\*Trabajo financiado con el proyecto 49/82 de la Dirección de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 385/85. Fecha de recepción: 17 de abril, 1985.

\*Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 385/85. Fecha de recepción: 17 de abril, 1985.

un material saprolítico de origen fluvio-glacial o lahárico, depositado probablemente en el período interglacial Mindel-Riss o Riss-Wurm, y el segundo, por los suelos Parral, San Rafael y Talca derivados de un material tobífero depositado durante la última glaciación.

Los suelos presentaron un horizonte argílico bien desarrollado, evidenciado por la formación de un vientre de acumulación de arcilla y por la presencia a la observación microscópica de argilanes y ferri-argilanes.

Los suelos fueron clasificados como Alfisoles, diferenciándose a nivel de Gran Grupo.

Los antecedentes aportados por numerosos autores (León y Polle, 1958; Mella, 1958; Wright, 1965; Luzio, 1965; Dreckman, 1965, y Besoain, 1978, entre otros) atribuyen a los suelos "Rojo-Arcillosos", ubicados aproximadamente al sur del paralelo 37°, un mayor grado de evolución que aquellos situados al norte de este límite.

Considerando estos antecedentes, el presente trabajo tiene por objeto continuar con la correlación de estos suelos al sur del paralelo 37°, de manera de completar el cuadro de los suelos "Rojo-Arcillosos" de la zona central de Chile.

## MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron cinco series de suelos

"Rojo-Arcillosos" entre la VIII y X Región, según detalle del Cuadro 1. Las series Collipulli, Metrenco, Cudico y Fresia fueron descritas por el Proyecto Aerofotogramétrico (1961) y la serie Cañete por CORFO<sup>1</sup>.

Los regímenes de temperatura y humedad de los suelos han sido estudiados por Van Wambeke y Luzio (1982). Un resumen de éstos para el área escogida puede observarse en el Cuadro 2.

La vegetación característica del área se sitúa en el ecosistema de carácter templado higromórfico. Las altas precipitaciones y temperaturas moderadas son dominantes en esta región, lo que permite una vegetación característica de comunidades boscosas. La asociación de bosque tipo roble-lingue-laurel-olivillo es la que se extiende en el valle central entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, desde los 38° hasta los 41° L.S. Entre estos bosques remanentes aparecen las áreas cultivadas y praderas que poseen árboles dispersos de *Nothofagus obliqua* (Roble) y *Laurelia sempervivens* (Laurel) (Donoso, 1984).

Los perfiles fueron descritos de acuerdo con las normas del Manual de Levantamiento de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1968) con las modificaciones introducidas recientemente<sup>2</sup>.

CUADRO 1  
UBICACION DE LOS PEDONES\*

*Pedons location*

Serie	Región	Latitud	Localidad
Collipulli	VIII	37°30'	10 km al sur de Los Angeles por Carretera Panamericana.
Cañete	VIII	37°50'	6 km antes de Cañete por el camino Contulmo-Cañete.
Metrenco	IX	38°50'	10 km al sur de Temuco por Carretera Panamericana.
Cudico	X	40°13'	7 km después de La Unión por el camino La Unión-Valdivia.
Fresia	X	41°10'	1 km al oriente de Fresia por el camino a Pargua.

\*La ubicación y descripción de los pedones fue realizada en conjunto con el Prof. Sergio Alcayaga.

<sup>1</sup>CORFO, estudio no publicado.

<sup>2</sup>National Soils Handbook Notices, 1981.

CUADRO 2  
REGIMENES DE HUMEDAD Y TEMPERATURAS DE LOS  
SUELOS

*Soils climatic regimes*

Suelo Estación	T° media		Régimen de Temperatura	Régimen de Humedad
	Anual	Verano		
COLLIPULLI Los Angeles	15,8	19,7	Térmico	Ustico
CAÑETE Cañete*	14,9	17,6	Isomesico	Udico
METRENCO Temuco	14,6	17,5	Mesico	Udico
CUDICO Valdivia	14,4	17,4	Mesico	Udico
FRESIA Frutillar	12,9	15,5	Isomesico	Udico

\*T° de Concepción, Régimen de temperatura de Cañete extr. plano.

La mineralogía de la fracción arcilla y arena, de los suelos Cañete y Metrenco, fue realizada en el Laboratorio de Mineralogía del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) a cargo del Dr. E. Besoain. Los restantes análisis se efectuaron en los Laboratorios de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En la identificación de arcillas y arenas se utilizaron rayos X y como método complementario el test propuesto por Churchman, Whitton, Claridge y Theng (1983), para distinguir entre caolinita y haloisita.

Los análisis físico-químicos fueron realizados por los métodos convencionales sugeridos por el "Soil Taxonomy" (1982): granulométrico, por el método de la pipeta; pH potenciométricamente en suspensión acuosa 1:1 y 1:2,5; materia orgánica por el método de Walkley y Black modificado; cationes de intercambio por desplazamiento con acetato de amonio; la CIC por saturación con acetato de sodio a pH 8,2 y desplazamiento con acetato de amonio; el hierro libre por el método de Duchaufour y Souchier.

## RESULTADOS

La descripción resumida de los pedones puede observarse en el Cuadro 3. Todos los suelos son de colores rojizos, predominantemente arcillosos, con horizontes B de tipo argílico y con una estructura de prismas o bloques, bien desarrollada, que tiende a masiva en profundidad.

El contenido de arcilla es alto, comúnmente superior al 40% (Cuadro 4), tendiendo a aumentar en los horizontes B de tipo argílico, con excepción del suelo Collipulli, que, sin embargo, presenta micromorfológicamente numerosas evidencias de iluviación de arcillas en forma de argilanes y ferri-argilanes, que constituyen más de un 1% de la lámina delgada (Honorato y Olmedo, 1985).

En el Cuadro 4 se aprecia el contenido de arcilla de los horizontes A y B de todos los suelos y el porcentaje de arcilla exigido en el horizonte B para ser considerado como tal en el "Soil Taxonomy". De acuerdo a esto, la mayo-

C U A D R O 3  
 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LOS SUELOS  
*Soils morphological characteristics*

Serie	Horizonte	Profundidad (cm)	Límite	Color	Textura	Estructura	Consistencia	
COLLIPULLI	Ap	0- 5	al	5 YR 3/3	franco-arcillosa	bl. ang. f. deb.	friable	
	A <sub>2</sub>	5- 23	gl	2.5 YR 3/3	arcillosa	bl. ang. m. fte.	firme	
	Bt <sub>1</sub>	23- 38	cl	2.5 YR 3/3 (2.5 YR 3.5/4)	arcillosa	pris. f. fte.	firme	
	Bt <sub>2</sub>	38- 65	gl	2.5 YR 3/3 (2.5 YR 3.5/4)	arcillosa	pris. m. fte.	firme	
	Bt <sub>3</sub>	65-104	gl	2.5 YR 3.5/4	arcillosa	masiva	firme	
	C <sub>1</sub>	104-126	gl	10 R 3/4 (2.5 YR 3/3 )	arcillosa	masiva	firme	
	C <sub>2</sub>	126-160		10 R 3/4 (2.5 YR 3/3 )	arcillosa (g)	masiva	firme	
	Saprolito	160						
	CAÑETE	Ap	0- 14	cl	5 YR 3/2.5	franco-arc.-limosa	bl. ang. f. deb.	friable
		A <sub>2</sub>	14- 30	gl	5 YR 3/3	arcillo-limosa	pris. m. mod.	friable
BA		30- 56	gl	2.5 YR 3/4	franco-arc.-limosa	pris. gr. fte.	firme	
Bt <sub>1</sub>		56- 64	cl	5 YR 4/2.5	arcillosa	masiva	firme	
Bt <sub>2</sub>		64- 80	gl	5 YR 4.5/6 (5 YR 3.5/2)	arcillo-limosa	masiva	firme	
Bt <sub>3</sub>		80-105	gl	5 YR 3.5/2 (5 YR 4.2)	arcillosa	masiva	m. firme	
BC		105-135	al	5 YR 3.5/2 (5 YR 4/2)	arcillosa	masiva	firme	
METRENCO		Ap	0- 20	cl	5 YR 3/2.5	arcillo-limoso	bl. ang. m. fte.	firme
		A <sub>2</sub>	20- 53	al	5 YR 3/2.5	arcillo-limoso	bl. ang. f. mod.	firme
		BA	53- 90	gl	5 YR 3/2.5	arcillosa	pris. f. fte.	friable
	Bt <sub>1</sub>	90-114	gl	5 YR 3/2	arcillosa	pris. f. fte.	friable	
	Bt <sub>2</sub>	114-125	cl	5 YR 3/3	arcillosa	masiva	friable	

Serie	Horizonte	Profundidad (cm)	Límite	Color	Textura	Estructura	Consistencia
CUDICO	Ap	0- 16	cl	7.5 YR 3/2	franco-arc.-limosa	bl. s-ang. f. mod.	friable
	A <sub>2</sub>	16- 31	cl	5 YR 3/3.5	arcillo-limosa	bl. s-ang. m. deb.	friable
	BA	31- 55	al	7.5 YR 3/2.5	arcillosa	bl. s-ang. m. fte.	firme
	Bt	55- 84	gl	7.5 YR 3/2 (5 YR 4/3)	arcillosa	bl. s-ang. m. mod.	firme
	BC	84-107	irr. ond.	5 YR 4/4	franco-arc.-limosa	bl. ang. m. mod.	friable
	2C <sub>1</sub>	107-120	al	7.5 YR 4/3	franco-arc.-limosa	masiva	friable
	3C <sub>2</sub>	120-140	cl	5 YR 4/4	franco-limosa	masiva	friable
	Ap	0- 13	al	5 YR 3/2.5	franco-arcillosa	bl. ang. f. mod.	friable
	A <sub>2</sub>	13- 29	cl	5 YR 3/3	franco-arcillosa	bl. ang. mod.	friable
	A <sub>3</sub>	29- 48	a. ond.	5 YR 3/3.5	franco-arcillosa	bl. s-ang. m. mod.	friable
FRESIA	BA	48- 70	gl	5 YR 3/3	franco-arc.-limosa	bl. ang. m. mod.	friable
	Bt <sub>1</sub>	70- 90	gl	5 YR 3/4	arcillo-limosa	masiva	friable
	Bt <sub>2</sub>	90-110	al	5 YR 4/7 (2.5 YR 4/4) ( 5 YR 3/4)	arcillo-limosa	masiva	friable
	Sustrato saprólítico	110					

C U A D R O 4  
VARIACION DEL CONTENIDO DE ARCILLA  
EN LOS HORIZONTES A Y B PARA CINCO SUELOS  
"ROJO-ARCILLOSOS"

*Clay content of the A and B horizons  
in five "Red-Clay" soils*

Suelo	% de arcilla en A	% de arcilla en B	% exigido en B por la taxono- mía de suelos
Collipulli	55,7	56,8	63,7
Cañete	58,9	80,1	66,9
Metrenco	41,6	75,1	49,6
Cudico	39,0	53,0	46,8
Fresia	73,9	83,2	81,9

ría de los suelos superan ampliamente el límite exigido con excepción del Collipulli.

#### *Características Físicas y Químicas*

En el Cuadro 5 se presentan las características físicas y químicas de los suelos.

Los valores de pH son fuerte a moderadamente ácidos con fluctuaciones en la superficie entre 5,0 y 5,6.

Los suelos Fresia, Cudico y Cañete tienden a acidificarse ligeramente en profundidad; no así la serie Metrenco, donde los pH aumentan ligeramente, y en el suelo Collipulli, cuyos valores son relativamente constantes en profundidad.

Superficialmente los contenidos de materia orgánica se encuentran en un amplio rango, variando de 13,5% en el suelo Fresia a 3,4% en el suelo Collipulli; los valores decaen marcadamente hacia el norte. En todos los suelos los contenidos disminuyen progresivamente en profundidad.

Los valores de saturación de bases son en todos los horizontes inferiores al 35% y generalmente disminuyen en profundidad, excepto en el suelo Collipulli. Las bases de intercambio presentan amplias fluctuaciones en el perfil, siendo el calcio el catión predominante, seguido por el magnesio, los cuales tienden a dismi-

nuir en profundidad, salvo en los suelos Collipulli y Metrenco que no muestran una tendencia bien definida. Sodio y potasio, que representan un bajo porcentaje de los cationes de intercambio, no presentan una tendencia definida y están subordinados a los valores del calcio y magnesio.

La capacidad de intercambio catiónico es superior a los 20 meq/100 g de suelo en todos los pedones, no sobrepasando en ningún caso los 40 meq/100 g. Los valores están generalmente vinculados a los contenidos de arcilla y materia orgánica; sin embargo, son muy elevados para el tipo de arcilla y no muestran una clara tendencia a disminuir en profundidad.

Los porcentajes de hierro libre son bastante parejos en todos los perfiles, sin una tendencia definida. Morfológicamente no se encuentran moteados, pero micromorfológicamente se aprecian numerosas glébulas sesquioxídicas de pequeño tamaño.

#### *Mineralogía*

Los antecedentes mineralógicos utilizados provienen en parte de resultados propios, obtenidos mediante difracción de rayos X, micromorfología en lámina delgada y lupa binocular y en parte de datos bibliográficos de diversos autores.

C U A D R O 5  
 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS  
 Physico chemical characteristics of soils

Horizonte	(1:1) p <sup>H</sup>	M.O. (1:2,5)	Acidez %	CIC	K	Na	Ca	Mg	S.B. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Arcilla %	Limo %	Arena %	
meg/100 g														
<b>COLLIPULLI</b>														
A <sub>2</sub>	5,4	5,3	3,4	16,5	28	0,86	0,09	3,18	1,07	19	3,2	55,7	26,7	17,6
Bt <sub>1</sub>	5,3	5,3	1,7	12,6	24	0,23	0,10	4,13	1,19	23	3,4	56,8	27,6	15,6
Bt <sub>2</sub>	5,4	5,5	1,5	12,9	26	0,13	0,13	4,13	1,52	23	3,2	55,1	29,1	18,2
Bt <sub>3</sub>	5,4	5,6	1,0	12,9	23	0,09	0,14	4,25	2,02	29	3,6	52,4	31,8	15,8
C <sub>1</sub>	5,4	5,6	0,9	13,2	24	0,09	0,14	3,88	2,24	26	3,3	50,6	34,6	14,9
C <sub>2</sub>	5,3	5,4	0,9	13,2	23	0,11	0,13	4,13	2,24	28	2,9	50,2	33,3	16,5
<b>CANETE</b>														
Ap	5,0	5,3	4,0	17,5	30	0,52	0,16	2,13	1,85	16	3,9	61,5	24,6	13,9
A <sub>2</sub>	5,1	5,2	4,0	20,5	26	0,16	0,20	2,25	1,56	16	3,8	58,9	33,8	7,3
BA	4,9	5,0	2,3	21,8	28	0,07	0,29	1,55	1,42	12	3,6	67,7	28,2	4,1
Bt <sub>2</sub>	4,9	5,0	1,7	21,2	32	0,07	0,36	1,08	2,16	12	3,9	80,1	17,3	2,6
Bt <sub>3</sub>	4,8	5,2	1,2	21,2	32	0,07	0,49	0,90	2,24	11	4,3	84,5	13,5	2,0
BC	4,8	4,9	0,3	21,5	30	0,08	0,41	0,59	0,74	6	3,6	57,0	36,0	7,0
<b>METRENCO</b>														
Ap	5,1	5,2	5,0	19,9	30	0,36	0,18	4,13	1,44	20	4,7	44,7	44,8	10,5
A <sub>2</sub>	5,3	5,4	3,6	18,9	28	0,25	0,16	8,33	1,71	37	3,9	41,6	49,9	8,5
BA	5,4	5,6	2,8	17,9	34	0,27	0,21	5,88	1,93	25	4,3	57,1	38,4	4,5
Bt <sub>1</sub>	5,4	5,6	1,4	17,2	35	0,20	0,40	6,50	2,46	27	4,1	75,1	22,2	2,7
Bt <sub>2</sub>	5,5	5,9	1,4	16,5	34	0,14	0,41	6,25	2,46	27	3,9	68,5	28,3	3,2
Sustrato 1	5,3	5,6	0,3	13,2	23	0,32	0,10	4,25	1,97	28	5,2	85,9	12,0	2,1
<b>CUDICO</b>														
Ap	5,6	5,7	6,7	18,9	38	0,85	0,16	8,88	3,66	36	3,3	39,0	44,5	16,5
A <sub>2</sub>	5,2	5,3	4,6	22,8	38	0,81	0,17	6,25	2,35	26	3,2	49,0	39,1	11,9
BA	5,4	5,5	2,4	23,2	35	0,49	0,22	5,38	2,41	24	3,8	50,9	35,6	13,5
Bt <sub>1</sub>	5,3	5,5	2,4	21,5	38	0,52	0,38	5,38	2,67	23	3,6	53,8	36,7	9,5
Bt <sub>2</sub>	5,3	5,5	1,3	24,2	38	0,17	0,64	5,25	2,29	22	2,9	44,3	42,2	13,5
2C <sub>1</sub>	5,3	5,5	0,8	20,5	32	0,30	0,50	3,30	1,52	17	4,3	30,2	46,2	23,6
2C <sub>2</sub>	5,2	5,3	0,1	23,5	37	0,25	0,77	3,75	1,48	17	3,9	19,8	37,5	42,7

Horizonte	(1:1) pH (1:2,5)	M.O. %	Acidez	CIC	Bases extractables			S.B. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Granulometría		
					K	Na	Ca			Mg	Arcilla %	Limo %
FRESIA												
Ap	5,2	13,5	24,5	40	0,45	0,22	4,25	1,65	4,1	68,8	21,5	9,7
A <sub>2</sub>	5,2	5,5	21,5	34	0,40	0,20	1,58	0,86	4,3	69,4	25,3	5,3
A <sub>3</sub>	5,3	3,9	22,8	32	0,73	0,18	0,59	0,31	4,1	78,3	16,5	5,2
BA	5,3	3,3	23,2	33	0,63	0,12	0,50	0,31	3,2	73,9	20,7	5,4
Bt <sub>1</sub>	5,1	2,8	21,8	32	0,64	0,22	0,45	0,18	3,9	83,2	13,0	3,8
Bt <sub>2</sub>	5,1	2,2	23,2	32	0,66	0,22	0,55	0,21	4,3	85,7	11,3	3,0
Sustrato	4,9	0,6	19,5	28	0,37	0,17	0,11	0,04	3,9	39,0	37,3	23,7

meg/100 g



#### — *Mineralogía de la fracción arena*

La mineralogía de la fracción arena es esencialmente la misma para todos los suelos estudiados (Cuadro 6), variando principalmente la proporción en que estos minerales se presentan en cada suelo.

En general, en todos los suelos es el cuarzo el mineral que predomina en el perfil; salvo en el suelo Fresia, en donde los antecedentes señalan como mineral dominante al piroxeno hiperstena; resultado que discrepa de aquel obtenido utilizando láminas delgadas y lupa binocular.

Se observa que en los suelos Collipulli y Fresia es abundante la magnetita y común en los suelos Cañete, Metrenco y Cudico.

Secundariamente se observan anfíboles en todos los suelos, vidrio volcánico en los suelos Collipulli y Fresia. Se han descrito además feldespatos en los suelos Collipulli, Cañete y Fresia; piroxenos en los suelos Collipulli y Cudico y otros minerales menos frecuentes como micas y plagioclasas y algunos minerales secundarios como clorita, goetita, caolín y gibsita.

Por tratarse de suelos más evolucionados que los del área norte, no puede usarse el índice de meteorización de Aomine empleado por Cubillos (1981) para dar una datación relativa entre los suelos; ya que este índice no discrimina en la categoría de suelos más evolucionados, siendo solamente válido para realizar comparaciones en un rango de intensidad de meteorización más amplio.

#### — *Mineralogía de la fracción arcilla*

En el Cuadro 7 aparece la mineralogía de las arcillas.

Como puede observarse, el mineral predominante pertenece al grupo de los caolinoides. Sin embargo, los distintos autores difieren en cuanto al mineral específico dominante del grupo.

Entre los minerales acompañantes se encuentran presentes frecuentemente la  $\alpha$ -cristobalita, la gibsita y la goetita en los suelos Collipulli, Cañete y Cudico, y solamente goetita en el suelo Fresia; clorita/vermiculita en los suelos Collipulli, Cañete y Metrenco; en estos dos últimos se encuentran además un mineral de 14 Å, no identificado.

Llama la atención la presencia de alofán en los suelos Collipulli, Cudico y Fresia, además de imogolita en el suelo Collipulli y óxidos amorfos de fierro y aluminio en el suelo Fresia. Se evidencia también la presencia de alofán en los substratos de los suelos Collipulli y Fresia.

Se encuentran presentes otros minerales en menor cantidad como: feldespatos, cuarzo y micas entre los minerales primarios, además de clorita, hematita, esmectita y lepidocrocita.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### *Granulometría*

Como fue señalado anteriormente, los suelos presentan un horizonte de acumulación de arcilla bien definido, sobrepasando el límite exigido por la taxonomía de suelos para calificar de horizonte argílico; sin embargo, el suelo Collipulli no muestra el típico vientre de acumulación de arcilla, situación descrita antes por Fajardo (1975). En cambio se distinguen claramente numerosos cutanes de iluviación de arcilla, argilanes y ferri-argilanes, que estarían probando la existencia del proceso de eluviación de arcillas. La falta de expresión granulométrica del horizonte argílico, en un contexto donde el fenómeno de iluviación de arcilla es generalizado, podría tener distintas causas. La existencia de un material parental heterogéneo, procedente de un aporte inicial de cenizas con distinta granulometría. El truncamiento de la parte superior del perfil, que afectaría la expresión granulométrica del horizonte argílico; hipótesis apoyada por la presencia de algunos cutanes de iluviación en el horizonte A y por la escasa profundidad del suelo hasta el sustrato saprolítico, inferior a la comúnmente descrita por otros autores (Luzio, 1965; Fajardo, 1975).

Al comparar la granulometría de estos suelos, con los suelos "Rojo-Arcillosos" al norte del paralelo 37°, estudiados anteriormente (Honorato, Besoain y Cubillos, 1982), se observa un claro aumento en el contenido de arcilla hacia el sur, llegando en algunos casos a valores cercanos al 80%, superando los valores más bajos el 40%.

En el sector norte, sólo en el suelo Colbún y San Clemente es posible observar contenidos

C U A D R O 6  
MINERALOGIA DE LAS ARENAS  
*Sand mineralogy*

Suelo	Dominante	Tipo Secundario	Otros	Fuente
COLLIPULLI	Cuarzo	Vidrio Volcánico	Mica-Hematita	Fajardo (1975)
	Magnetita	Feldespatos	Goetita	
	Feldespatos	Piroxenos-Anfiboles	Clorita-Hematita	Guerra (1973)
	Magnetita	Cuarzo-Vidrio Volc.	Limonita	
CAÑETE	Cuarzo	Anfiboles-Magnetita Feldespatos	Cristobalita- Micas-Caolín Green rust	Honorato y Olmedo (1985)
	Feldesp.-degradado (st)			
METRENCO	Cuarzo	Anfiboles-Magnetita Feldespatos	Cristobalita- Micas-Caolín Gibbsite-Green Rust	Honorato y Olmedo (1985)
	Feldesp.-degradado (st)			
CUDICO	Cuarzo	Anfiboles-Magnetita Piroxenos	Micas-Plagioclasas Rocas Volcánicas	Olmedo (1985)
	Piroxenos	Feld.-Cuarzo	Micas-Opacos- Epidota	Besoain (1958)
FRESIA	Magnetita	Anfiboles-Vidrio Volcánico	Turmalina-Circon	García y Besoain (1961)

st = sustrato.

CUADRO 7  
MINERALOGÍA DE LAS ARCILLAS

*Clay mineralogy*

Suelo	Dominante	Tipo	Secundarios	Fuente
COLLIPULLI	Metahalosisita	Caolinita	Feldespatos	Besoain (1958)
	Haloisita	Gibsita	Cuarzo	García y Besoain (1961)
	Caolinita	Goetita	Clorita	Besoain (1964)
	Caolinoideas	$\alpha$ -Cristobalita	Clorita-Verm.	Dreckman (1965) Guerra (1973)
	Mezclas	Hematita	Alofan (s,ss) e imogolita (s)	Besoain y González (1975) Fajardo (1975) Besoain (1982)
CAÑETE	Caolinita	Clorita/Vermic. $\alpha$ -Cristobalita Mica Mineral 14 Å	Cuarzo Goetita Gibsita Feldespatos	Honorato y Olmedo (1985)
METRENCO	Caolinita mal crist. (s) Caolinita (st)	Clorita/Vermic. $\alpha$ -Cristobalita Esmectita Mineral 14 Å	Cuarzo	Honorato y Olmedo (1985)
CUDICO	Metahalosisita Min. caoliníticos mal cristalizados: Caolinita o Metahalosisita	Caolinita $\alpha$ -Cristobalita Goetita Gibsita	Alofan (s)	Dreckman (1965) Besoain y González (1975)
FRESIA	Metahalosisita Caolinoideas (hal. hidr.)	Caolinita Clorita Goetita $\alpha$ -Cristobalita	Lepidocrocita Ox. FeAl amf. Alofan (s,ss)	Besoain (1958) García y Besoain (1961) Besoain y González (1975)

s = suelo; ss = subsuelo; st = sustrato.

superiores al 50% de arcilla, siendo normalmente inferiores a estos valores y cercanos al 20%. Este comportamiento estaría asociado a una mayor cantidad de arcilla producida en las condiciones climáticas del sector sur, produciéndose una aceleración en la evolución de los minerales, sin cambiar la naturaleza general del proceso genético.

### Mineralogía

Diversos autores concuerdan en señalar que el mineral arcilloso característico de los suelos "Rojo-Arcillosos" pertenece al grupo de los caolinoideas o de la caolinita; sin embargo, no están de acuerdo en cuanto al mineral específico dominante del grupo. En los suelos Cañete y Metrenco, la aplicación del test propuesto por Churchman *et al.* (1983) dio como resultado el

predominio de la caolinita. De acuerdo con esto, es probable que en muchos de los suelos donde se ha señalado la presencia de metahalosisita o haloisita, el mineral efectivamente presente haya sido la caolinita.

La identificación de la metahalosisita mediante rayos X es difícil, ya que los diagramas de ambos minerales son muy parecidos (Besoain y González, 1976). Además en la evolución mineralógica de los materiales volcánicos hay una serie de estados intermedios con distinto grado de cristalinidad que dificulta aún más el diagnóstico (Dreckman, 1965; Guerra, 1973; Besoain y González, 1976; Besoain, 1982).

Es probable que en los suelos al sur del paralelo 37°, el grado de cristalinidad aumente, considerando que las condiciones de evolución

han favorecido la formación de una mayor cantidad de arcilla. Sin embargo, no se dispone de antecedentes en suelos "Rojo-Arcillosos" del sector norte, donde se haya utilizado algún test que permita distinguir con seguridad entre la caolinita y metahalosita.

La mineralogía de las arenas está fuertemente dominada por el cuarzo, al igual que en los suelos Colbún y San Clemente del sector norte, con los cuales se relacionan en edad. Junto al cuarzo se distinguen en el solum una serie de minerales tales como plagioclasas, anfíboles-piroxenos en escasa cantidad y concentrados en los tamaños finos. La persistencia de estos minerales y su coexistencia con la caolinita como mineral secundario resultante de la evolución mineralógica, parece estar asociada a minerales en cierto modo residuales que han sido preservados de la alteración en microambientes (Honorato, Besoán y Cubillos, 1982) y que actualmente están incorporados a la matriz del suelo. Se supone entonces que las condiciones de alteración iniciales habrían sido más intensas que las actuales.

### *Génesis y Clasificación*

Los antecedentes disponibles datan los materiales volcánicos que han dado origen a los suelos "Rojo-Arcillosos" en el Pleistoceno superior, durante los períodos interglaciales Mindel Riss o Riss Wurm (Bruggen, 1950; Langohr, 1971; Fajardo, 1975; Honorato, Besoán y Cubillos, 1982) o aun a períodos más antiguos (Weischet, 1965). Esto ha permitido la evolución a través de uno o más períodos interglaciales, donde las condiciones climáticas, más agresivas que las actuales, han provocado la transformación de los materiales volcánicos y volcanoclásticos, alcanzando la última etapa caracterizada por la dominancia de la caolinita entre los minerales secundarios y el cuarzo entre los minerales primarios.

Los minerales primarios se han fragmentado y alterado en forma intensa, reduciéndose en tamaño y disminuyendo notoriamente en el solum, donde presenta sin embargo algunos minerales lábiles, tales como las plagioclasas, los anfíboles piroxenos y micas entre otros. Su

persistencia difícil de justificar, se explicaría por una especie de preservación inicial de los minerales en microambientes del solum y una liberación e integración posterior a la matriz del suelo. El material parental incluye cenizas, rocas volcánicas piroclásticas y algunas plutónicas.

Las características físico-químicas de los suelos son muy parecidas entre sí, pero difieren significativamente con los suelos "Rojo-Arcillosos" del sector norte del paralelo 37°; los pH tienen una diferencia cercana a una unidad, siendo del orden de 5,0 en los primeros y 6,0 en el sector norte. La saturación de bases es inferior a 35% en el primer caso y superior a 35% en el otro. Los contenidos de materia orgánica son más elevados al sur, al igual que los valores de hierro libre.

La cantidad de arcilla formada es superior en estos suelos y el proceso de iluviación de arcillas más importante.

En los niveles de alteración, los rasgos pedológicos son abundantes y la trama plásmica del suelo más evolucionada (Honorato y Olmedo, 1985).

Todas estas diferencias entre los suelos "Rojo-Arcillosos" del sector norte (Colbún y San Clemente) y sur, están relacionadas con las condiciones climáticas, más acentuadas en el último caso, que han acelerado los procesos genéticos comunes.

La clasificación de los suelos presenta algunos problemas resultantes de la aplicación estricta del "Soil Taxonomy" y que contradicen, en cierto modo, los antecedentes genéticos discutidos anteriormente. Sin embargo, es necesario conciliar la teoría genética con el marco rígido impuesto por el sistema.

Es evidente, que todos los suelos "Rojo-Arcillosos" estudiados han sufrido los mismos procesos genéticos generales con algunos matices derivados principalmente de diferencias climáticas menores que no cambian el sentido general de su evolución. La organización del suelo, los productos finales de su evolución, los productos residuales, su contexto geográfico, apoyan esta afirmación.

La clasificación del suelo Collipulli es un

buen ejemplo de esta dialéctica. La aplicación estricta del sistema conduciría a clasificarlo como Inceptisol, puesto que no "presentaría" aparentemente el horizonte argílico, de acuerdo con su expresión granulométrica. Sin embargo, la micromorfología revela en forma clara la presencia de un horizonte argílico "bien desarrollado", con una trama vo-masépica y numerosos argilanes, que no son propios de un horizonte cámbico. El análisis de otros antecedentes relacionados con este suelo, permite suponer que este problema se debe al truncamiento parcial de la parte superior del horizonte A, ya que el horizonte Bt<sub>1</sub> se presenta más superficial que lo normal y el suelo es más delgado.

Por lo tanto, por características y evolución este suelo debería ser clasificado con los Ultisoles y en este caso sería un Palehumult. La aplicación estricta del sistema nos llevaría a clasificarlo como un Haplumbrept.

El contenido de carbono orgánico en la parte superior del horizonte argílico o en 1 m<sup>3</sup> de suelo, cantidad de minerales alterables y distribución de arcilla, permite clasificar a los suelos Cañete y Cudico como Palehumults.

El suelo Metrenco no cumple con los requisitos de contenido de carbono orgánico, por lo cual, por tener régimen údico clasifica como Paleudult.

Finalmente, en el caso del suelo Fresia, debido al alto contenido de arcilla en todo el perfil, superior del 60%, la expresión del horizonte argílico no es clara, ya que existe un aumento gradual en el contenido de arcilla, que alcanza su máximo en el horizonte "argílico". Si aceptamos que la arcilla iluviada es en su mayor parte fina, calificaría como horizonte argílico.

La ausencia de horizonte argílico conduce a los Inceptisoles, y por tener un régimen de temperatura isomésico debería clasificarse como Tropept, lo que parece incongruente. Nuevamente, los argumentos genéticos mencionados anteriormente son también válidos en este caso.

De acuerdo con estos antecedentes, la clasificación a nivel de Familia es la siguiente:

Collipulli. Clayed Kaolinitic Termic Ustic Palehumult

Cañete y Fresia. Clayed Kaolinitic Isomesic Typic Palehumult

Metrenco. Clayed Kaolinitic Mesic Typic Paleudult

Cúdico. Clayed Kaolinitic Mesic Typic Palehumult.

## RESUMEN

Se realizó un estudio genético en cinco series de suelos "Rojo-Arcillosos", ubicados entre las regiones VIII y X de la zona Central-Sur de Chile. Se analizaron las características morfológicas, físico-químicas, mineralógicas y micromorfológicas.

Los suelos "Rojo-Arcillosos" se han originado de materiales volcánicos y volcanoclásticos diversos, depositados probablemente en el

período interglacial Mindel Riss o Riss Wurm y sometidos a un proceso genético común. La iluviación de arcilla y la formación del horizonte argílico es el proceso dominante. La evolución mineralógica se encuentra en la etapa final de transformación de los materiales volcánicos, caracterizados por el predominio de la caolinita, asociado a este mineral se observa la fragmentación del cuarzo y la persistencia de algunos escasos minerales lábiles moderadamente alterados.

En relación con los suelos "Rojo-Arcillosos" al norte del paralelo 37°, la génesis ha sido similar, pero acelerada por las condiciones climáticas más acentuadas del sur, originando suelos más ácidos, desaturados y con mayor contenido de materia orgánica.

Por la presencia del horizonte argílico, contenido de carbono orgánico, arcilla y minerales meteorizables, los suelos han sido clasificados como Paleohumults y Paleudults.

## LITERATURA CITADA

- BESOAIN, E. 1958. *Mineralogía de las arcillas de algunos suelos volcánicos de Chile*. Agr. Téc., año XVIII, N° 2.
- BESOAIN, E. 1978. *La investigación de los suelos de Chile. Situación actual*. II Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo, Tomo II: 535-571.
- BESOAIN, E. 1982. *Mineralogía de los suelos de cenizas volcánicas de Chile*. Primera reunión de especialistas en suelos volcánicos. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 14, Universidad de Chile.
- BESOAIN, E. y S. GONZÁLEZ. 1976. *Relaciones mineralógicas en algunos suelos representativos de la región Central-Sur de Chile*. Boletín Agrológico MINAGRI-SAG-División de Protección de Recursos Naturales Renovables. Vol. 2(1): 84-133.
- BRUGGEN, A. 1950. *Geología*. 2ª Edición corregida. Editorial Nascimento. Santiago.
- CUBILLOS, M. 1981. *Correlación de cinco series de suelos "Rojo-Arcillosos" de la Zona Central de Chile*. Tesis Ing. Agr., Depto. de Suelos, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- CHURCHMAN, G.J., J.S. WHITTON, G.G.L. CLARIDGE and B.K.G. THENG. 1983. *A rapid test for Halloysite*. Soil Taxonomy News N° 5. S.M.S.S. Soil Conservation Service.
- DONOSO, C. 1984. *Vegetation synthesis of the Central-Southern region of Chile*. Tour Guide, Part I: Chile. Sixth International Soil Classification Workshop.
- DRECKMAN, P. 1965. *Estudio mineralógico comparativo de algunos suelos "Rojos" de origen volcánico*. Tesis Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile.
- FAJARDO, M. 1975. *Contribución al estudio de los suelos "Rojo-Arcillosos" del Valle Central*. IREN-CORFO.
- FERRANDO, F.J. 1975. *Visión geomorfológica de la provincia de Llanquihue*. Revista Geográfica, I.P.G.H. (83): 141-158, México.
- GUERRA, O. 1973. *Caracterización mineralógica de algunos suelos del área de regadío del embalse Coihueco*. Chillán. Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción.
- 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.
- HONORATO, R. y M. CUBILLOS, 1983. *Aspectos micromorfológicos de la evolución de los suelos "Rojo-Arcillosos" de la Zona Central de Chile*. Agricultura Técnica 43(3): 255-262.
- HONORATO, R. y N. OLMEDO. 1985. *Evolución micromorfológica de los suelos "Rojo-Arcillosos" de la Zona Central-Sur de Chile*. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 12(2): 105-112.
- LUZIO, W. 1965. *Diferenciación genética de tres suelos "Rojo-Arcillosos" de la Zona Central de Chile*. Tesis Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.
- LANGOHR, R. 1971. *The volcanic ash soils of the Central Valley of Central Chile*. I. Deposition and origin of the parent materials of the Trumao Soils within the Itata River Basin. Pedologie, Vol. XXI: 259-293. Ghent, Belgium.
- LEÓN, L. y E. POLLE. 1958. *Investigación sobre algunos suelos volcánicos chilenos*. Agricultura Técnica XVIII(2): 185-204.
- MELLA, A. 1958. *Estudio micromorfológico de algunos suelos volcánicos chilenos*. Agricultura Técnica (Chile) 18(2): 166-184.
- OLMEDO, N. 1985. *Aspectos genéticos y evolutivos de los suelos "Rojo-Arcillosos" de la Zona Central-Sur de Chile*. Tesis mimeo., Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- U.S.D.A. 1962. *Soil Survey Manual*. Soil Survey Staff (USA). Handbook N° 18.
- VAN WAMBEKE, A. y W. LUZIO. 1982. *Determinación de los regímenes de humedad y temperatura para los suelos de Chile*. Agricultura Técnica, Vol. 42(2): 149-159.

WEISCHET, W. 1965. *Contribución al estudio de las transformaciones geográficas en la parte septentrional del sur de Chile, por efecto del sismo del 22 de mayo de 1960*. Editorial Universitaria, Santiago.

WRIGHT, CH. 1965. *Report to the Government of Chile*. FAO. The Volcanic ash soils of Chile. Apéndice II.