

# Estratigrafía de capas sedimentarias y suelos correspondientes en el centro-sur de Chile

Stratigraphy of cover beds and corresponding soils in central-southern Chile

HEINZ VEIT

Universität Bayreuth Lehrstuhl für Geomorphologie  
9.5440 Bayreuth Alemania

## RESUMEN

Acerca de la génesis de los sedimentos volcano-eólicos en el centro-sur de Chile existen varias teorías. El presente trabajo presenta una síntesis y nuevos datos al respecto, estableciendo una estratigrafía de los suelos y de las capas sedimentarias, las cuales demuestran una estricta relación con los sedimentos glaciales y fluvio-glaciales subyacentes, indicando un gran avance de los glaciares durante la penúltima glaciación Sta. María (Porter 1981) hacia el oeste. Los suelos Rojo Arcillosos son más antiguos que la glaciación Sta. María, indicando un cambio en la evolución de los suelos desde este período. En la Cordillera de la Costa se puede reconstruir el límite inferior del piso periglacial durante el 'Último Máximo Glacial' (UMG) con el estudio de las capas de soliflucción. Durante el LGM este límite subió desde el nivel del mar en Chiloé (42° S) hasta 600 m s.n.m. en la Cordillera de Nahuelbuta (37°45' S).

**Palabras clave:** capas volcano-eólicas, soliflucción, glaciaciones pleistocénicas.

## ABSTRACT

There are various hypotheses regarding the genesis of the volcanic/eolian sediments in southern Chile. This paper presents an overview and new data and attempts to establish a stratigraphy of the soils and cover beds, which have a narrow relation to the underlying glacial and fluvio-glacial sediments. The cover beds indicate a great advance of the glaciers to the west during the penultimate 'Sta. Maria-glaciation' (Porter 1981). The red clayey 'Rojos Arcillosos-soils' are older than the Sta. Maria-glaciation, indicating a change in soil formation from this time on. In the coastal range, one can reconstruct the lower limit of the periglacial belt during the Last Glacial Maximum (LGM) through solifluction sediments. During the LGM, this lower limit raised from sea-level at Chiloé (42° S) to 600 m a.s.l. in the coastal range of Nahuelbuta (37°45' S).

**key words:** volcanic/eolian cover beds, solifluction, Pleistocene glaciations.

## INTRODUCCION

La mayoría de los suelos del centro-sur de Chile, entre 35-42° S, se han desarrollado a partir de sedimentos recientes. Esto no solo es válido para la depresión central sino también para la Cordillera de la Costa. Como material original de los suelos predominan cenizas (5.288.070 has, Mella & Kühne 1985) de diferentes edades, y capas de soliflucción de variable composición. El conocimiento de estas capas proporciona valiosa información acerca de la génesis y distribución de los diferentes tipos de suelos y de varios problemas estratigráficos, geomorfológicos y paleoclimáticos que todavía existen en esta región, como por ejemplo:

La interpretación genética de los sedimentos volcánicos, ha provocado numerosas controversias durante las últimas décadas, que han sido resumidas por Besoain (1985). La mayoría de los autores acepta una evolución compleja, dependiente de la situación local. Langohr (1971, 1974) niega estrictamente las diferentes teorías y favorece la génesis glacial.

En la región de los lagos, existen controversias acerca del número y la extensión de las glaciaciones antiguas. Porter (1981), por ejemplo, interpreta las morrenas de las glaciaciones Casma, Colegual y Río Frio de Mercer (1976) como sedimentos de una sola glaciación (Sta. María, tab. 1). El estudio de las cenizas sobreyacentes a los sedimentos glaciales y fluvio-glaciales proporciona nuevos datos al respecto.

Recientemente las 'morrenas' Llanquihue III de Porter (1981) han sido interpretados como sedimentos fluvio-glaciales de la glaciación Llanquihue II (Denton 1993). Según Denton los glaciares de Llanquihue III terminaron más al oeste.

Para la última glaciación (Llanquihue), la distribución de la capa de solifluxión del 'Último Máximo Glacial' (UMG) en la depresión central y en la Cordillera de la Costa proporciona información acerca de la depresión del piso periglacial, caracterizando la paleoecología y regiones con escasa o sin cobertura vegetal durante el UMG.

#### MÉTODOS

El estudio se ha realizado con métodos geomorfológicos en el terreno (análisis de cortes). Especial atención se ha dedicado a las localidades tipo de Mercer (1976) y Porter (1981), para poder comparar la estratigrafía de las capas sedimentarias. El trabajo en la Cordillera de la Costa se efectuó con transectos, realizados en la Cordillera de Piuchué (42°20' S), en la Cord. de Sarao (40°30' S), en la Cordillera Pelada (40° S) y en la Cordillera de Nahuelbuta (37°45' S). En lugares claves se tomaron muestras para análisis físico-químicos.

#### RESULTADOS

##### SEDIMENTOS VOLCANO-EOLICOS Y SUS SUELOS CORRESPONDIENTES

##### *Edad y estratigrafía*

La distribución de las cenizas y sedimentos volcano-eólicos ha sido descrita por varios autores. Existen mapas de von Buch (1970), Weinberger & Binsack (1970), Langohr (1971, 1974), Rovira (1984) y Mella & Kühne (1985). Mella & Kühne (1985) han publicado mapas detallados en la escala 1:250.000. El resultado común de estos trabajos es la existencia de capas de ceniza al sur de 35° S. Cenizas muy recientes y arenas volcánicas predominan en los An-

des, mientras que el Valle Longitudinal se caracteriza por cenizas más antiguas y más finas. Según Moreno & Varela (1985: 510) los sedimentos piroclásticos eólicos están restringidos a la parte oriental del Valle Longitudinal y a los Andes al sur de 33°30' S. Según estos autores casi no existen sedimentos volcánicos en la Cordillera de la Costa. Las cenizas son la consecuencia de una intensa actividad volcánica en el sur de Chile durante todo el Cuaternario, hasta hoy en día.

En el presente trabajo se utiliza la expresión 'sedimentos volcano-eólicos' para todo el grupo de sedimentos finos, que cubren gran parte de la superficie en el centro-sur de Chile, sea ceniza volcánica en posición original o retransportada por el viento. En algunas partes la capa eólica tiene solamente proporciones bajas de material piroclástico (tab. 2).

Suelos muy comunes, que ocupan más que 60% de todos los suelos volcánicos del sur de Chile son los Trumaos y Ñadis (Tosso 1985), también llamados Andosols y Gleysols (FAO-UNESCO 1988, fig. 1), Andepts y Acuepts (Rovira 1984) o Andisols (U.S.D.A. Soil Survey Staff 1992). Son suelos comunes sobre los sedimentos glaciales y fluvio-glaciales del Tardiglacial, relativamente bien fechados con métodos radiométricos en las cercanías del Lago Llanquihue. Es el caso por ejemplo de aquellos suelos dispuestos sobre la terraza Bellavista con edades entre 13.145±235 B.P. y 15.715±440 B.P. o en la localidad Los Pellines con edades de 11.300±250 B.P. (Porter 1981). La depositación del material volcano-eólico tiene que haber ocurrido durante el Tardiglacial/Holoceno Inferior, por lo que la evolución de los Trumaos pertenece al Holoceno (tab. 1).

Las morrenas y sedimentos fluvio-glaciales del UMG con edades radiométricas alrededor de 20.000 B.P. (Llanquihue II: Mercer 1976, Porter 1981, Denton 1993) también soportan Trumaos y Ñadis, pero la estructuración de las capas piroclásticas es más compleja en comparación con los sedimentos tardiglaciales. En la parte superior de las gravas del UMG (Llanquihue II) se ha desarrollado típicamente una capa de

soliflucción, mezclada con ceniza y con contenidos de alofán e imogolita (Besoain 1985). Mientras la acumulación de la ceniza continuaba, la soliflucción y sus condiciones climáticas correspondientes terminaban al final del Pleistoceno, resultando en el desarrollo de dos capas diferentes. La capa inferior representa la capa de soliflucción con altas proporciones de gravas, bloques y cenizas pleistocenas. La capa superior se caracteriza por el predominio de ceniza del Tardiglacial/Holoceno. La discordancia entre ambas capas está frecuentemente marcada por un horizonte delgado con gravas ('Stone-line').

Según Besoain & González (1977) los sedimentos volcano-eólicos recientes con Trumaos y Ñadis corresponden al Holoceno. Wright (1959/60) y Laugenie et al. (1975) clasifican los sedimentos como Tardiglacial

y los suelos como Holoceno. Langohr (1971, 1974) estima la depositación durante el UMG.

Al oeste del lago Llanquihue existen colinas en forma de morrenas, que han sido clasificado por Porter (1981) como morrenas terminales de la glaciación Llanquihue III. Denton (1993) interpreta estas colinas como sedimentos fluvio-glaciales plegados de la glaciación Llanquihue II. La estratigrafía de las capas sedimentarias en la superficie de estas colinas es igual a la situación descrita sobre las morrenas de Llanquihue II, subrayando la interpretación de Denton (1993).

Fuera de la región con sedimentos glaciales y fluvio-glaciales de la glaciación Llanquihue están preservados capas volcano-eólicas más antiguas. Sobre los sedimentos de las glaciaciones Casma y Colegual (Mercer 1976), estas capas no se distinguen en su estructuración. Esto confirma la interpretación de Mercer, que probablemente las localidades de Casma y Colegual representan dos avances de una sola glaciación. Según Porter (1981) Casma y Colegual corresponden a su glaciación Sta. Maria. Las partes superiores de las capas volcano-eólicas son equivalentes a las capas ya descritas sobre los sedimentos de la glaciación Llanquihue: la capa superficial del Tardiglacial/Holoceno superpone la capa de soliflucción de la glaciación Llanquihue. En estas capas se ha desarrollado un Trumao. Por debajo hay una capa de ceniza más antigua, caracterizada por cutanes de arcilla, que no son muy intensa. Este suelo con un horizonte  $B_{wt}$  pertenece entonces al último interglacial Sta. Maria-Llanquihue (tab. 1) y probablemente corresponde a los suelos transitorios de Lauer (1968) y Laugenie et al. (1975) de la misma edad, caracterizados por la existencia de alofán y haloisita, igual que los suelos Pardo Arcillosos de Besoain (1985: 39), el que los interpreta como Tardiglacial. Como consecuencia de la superposición de varias capas de soliflucción y capas de material volcano-eólico, resulta un espesor creciente de las capas sedimentarias hacia el oeste.

Cerca de Valdivia, en la desembocadura del Río Cruces con el Río Calle Calle, el Trumao del Pleistoceno Superior/Holoceno

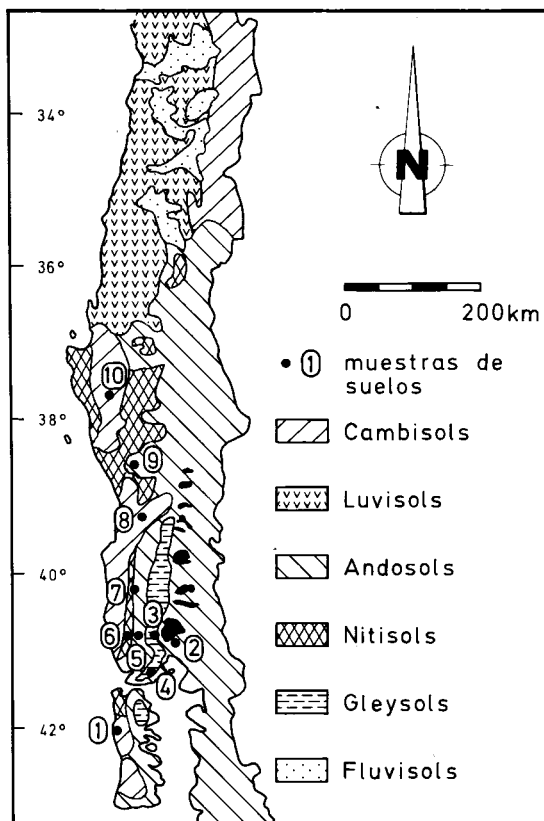


Fig. 1: Mapa de suelos del centro-sur de Chile, según FAO-UNESCO (1971) y ubicación de las localidades del muestreo (vease tab. 2)

Soil map according to FAO-UNESCO (1971) and location of the studied soil samples (see tab. 2)

y el suelo del interglacial Sta. Maria-Llanquihue (Bwt) están separadas por una capa de pómez que contiene carbón. La edad  $^{14}\text{C}$  de  $35.800 \pm 720$  B.P. (Hv 16949) sirve como edad mínima para la evolución del horizonte B<sub>wt</sub>, confirmando su evolución durante el último interglacial.

Con respecto a las interpretaciones estratigráficas diferentes de Mercer y Porter acerca de la extensión de la penúltima glaciación (vease discusión en Porter 1981: 281), las capas volcano-eólicas y sus suelos dan más información. Tanto en la localidad tipo de la glaciación Río Frío (Mercer 1976), como, en general, fuera de la influencia de la glaciación Llanquihue, predominan perfiles afines a los descritos ya arriba sobre los sedimentos de las glaciaciones Casma/Colegual o Sta. Maria.

Perfiles diferentes y más complejos existen solamente más al oeste, en la zona caracterizada por sedimentos de la glaciación Río Llico (Porter 1981). Corresponden a perfiles y suelos al oeste de Osorno, fuera de la glaciación Río Negro (Weischet 1958, tab. 1). Por debajo de la secuencia ya descrita de los sedimentos de la glaciación Sta. Maria se observa un horizonte Bt bien desarrollado, de color pardo-rojizo: es un

suelo Rojo Arcilloso. Su posición entre el suelo del último interglacial (B<sub>wt</sub>) y las gravas de la glaciación Río Llico permite estimar su edad estratigráfica al interglacial Río Llico-Sta. Maria. Esto corresponde a interpretaciones de Lauer (1968: 'Mindel-Riß'), Laugenie et al. (1975: Fresia-Colegual) y Besoain (1985: 'Mindel-Riß') y documenta la influencia de la penúltima glaciación hacia la parte occidental del Valle Longitudinal, cubriendo sedimentos glaciales y fluvio-glaciales más antiguos. Desgraciadamente faltan dataciones absolutas de la edad de los suelos Rojo Arcillosos y del interglacial Río Llico-Sta. Maria. Un análisis paleomagnético de dos muestras de la morrena Río Llico dio por resultado una orientación normal (Porter 1981), indicando una edad más reciente que 700.000 años para la morrena y en consecuencia también para los suelos Rojo Arcillosos. Por otro lado son más antiguos que la penúltima época glacial. Wright (1965) y Weinberger & Binsack (1979) interpretan el material volcano-eólico de los suelos Rojo Arcillosos como sedimento glacial de la 'glaciación media'.

Hacia el oeste el espesor de los sedimentos volcano-eólicos recientes disminuye.

TABLA 1

Esquema estratigráfico de las glaciaciones del Pleistoceno y de los sedimentos volcano-eólicos de la Región de Los Lagos  
Stratigraphical scheme of the pleistocene glaciations and volcanic and/or eolian cover beds in the Lake District

Weischet (1958, 1970)	Mercer (1976)	Porter (1981)	suelos	edad
			Trumaos, Ñadis	Holoceno
El Salto	Llanquihue III Llanquihue II Llanquihue I	Llanquihue III Llanquihue II Llanquihue I		1ª Epoca glacial ->- ->-
			Trumaos (fBwt)	interglacial
Río Negro II Río Negro I Rahue	Casma Colegual Río Frio	Sta. María ->- ->-		2ª Epoca glacial ->- ->-
Contaco		Río Llico	Rojo Arcilloso	interglacial
			Rojo Arcilloso (?)	3ª Epoca glacial
->- (?)	->-	Caracol		interglacial
			Rojo Arcilloso (?)	4ª Epoca glacial
				interglacial

Como consecuencia, los suelos Rojo Arcillosos aparecen en la superficie en la parte occidental del Valle Longitudinal. Frecuentemente el horizonte A contiene cenizas recientes, cambiando las características químicas y físicas originales de los suelos Rojo Arcillosos.

Al norte de Ercilla (38° S), en la cuenca del Río Bío Bío, los suelos Rojo Arcillosos frecuentemente están superpuestos por lahares, como por ejemplo en los Saltos del Laja, donde un suelo Rojo Arcilloso aparece en una profundidad de 5-7m debajo de sedimentos del lahar. Estos sedimentos corresponden al denominado Lahar del Laja que, según dataciones  $^{14}\text{C}$  de material orgánico, tiene una edad radiométrica de  $15.000 \pm 300$  B.P. (Mac Phail 1966). El lahar, generalmente, está cubierto por arenas volcánicas. Se trata de acumulaciones fluviales, a veces retransportadas por el viento y acumulado como dunas. Son arenas muy recientes con una edad de menos de 1500 años (Besoain 1985).

Entre Osorno y Valdivia los suelos Rojo Arcillosos en muchos perfiles están dividido en dos zonas por una capa de soliflujión o pómez de un espesor de hasta varios metros, indicando un desarrollo poligenético. Los suelos Rojo Arcillosos también se han desarrollados a partir de sedimentos continentales terciarios y en la Cordillera de la Costa. Subsiste el problema de si los suelos Rojo Arcillosos son indicadores de un clima más caluroso durante los interglaciales del Pleistoceno Inferior/Medio, en comparación con el Pleistoceno Superior, o si el color y el alto grado de alteración es el resultado de una historia poligenética, con la evolución durante varios interglaciales/glaciales.

### *Génesis*

Acerca de la génesis de los sedimentos volcano-eólicos existen varias teorías diferentes: depositación directa como ceniza (Weischet 1958, Wright 1965, Lauer 1968), loess volcánico (Brüggen 1950, Weischet 1958, Wright 1965, von Buch 1970, Weinberger & Binsack 1970, Laugenie et al. 1975), depositación por lahares (Wright

1965, Weinberger & Binsack 1970), como sedimento fluvial (Wright 1965, Buch 1970, Weinberger & Binsack 1970), o sedimento glacial (Wright 1965, Weinberger & Binsack 1970, Langohr 1971, 1974).

Sin negar la participación de un transporte glacial de las cenizas desde los Andes hasta el Valle Longitudinal, ese proceso no explica suficientemente todos los fenómenos asociados. En primer lugar esto significaría un avance muy intenso de los glaciares de la última glaciación, hasta las morrenas de la glaciación Río Negro (penúltima glaciación según Weischet 1958, tab. 1). Comparado con trabajos más recientes en la región del Lago Llanquihue (e.g. Mercer 1976, Porter 1981, Denton 1993) esto no es muy probable. Además, desde los lagos hacia el oeste, existen diferencias en el espesor de las cenizas y en los suelos entre los sedimentos de la última y la penúltima glaciación, que ya ha sido mencionado por Lauer (1968) y Laugenie et al. (1975), lo que demuestra claramente, que corresponden a dos glaciaciones diferentes. Según la teoría de Langohr, las gravas fluvio-glaciales tendrían que haber sido sedimentados debajo del hielo, porque las cenizas ocurren tanto sobre los sedimentos fluvio-glaciales como sobre las morrenas. Además todas las cenizas recientes tendrían que corresponder al UGM. Pero las cenizas superponen claramente sedimentos tardiglaciales. La existencia de gravas y bloques en la parte inferior de las cenizas, que es uno de los puntos principales de Langohr (1971, 1975) a favor de su teoría glacial, se explica por procesos periglaciales. La falta de cenizas antiguas dentro del área de la última glaciación, se explica por la erosión glacial y glaciofluvial durante la glaciación Llanquihue. Por último, es común que en la Precordillera y en la Cordillera de la Costa entre Chiloé y Nahuelbuta cenizas recientes cubran cenizas y suelos antiguos. Además de observaciones propias, Besoain (1985: 48) menciona cenizas recientes en la Cordillera de la Costa (Trumao 'Lastarria') a una altura de 500-700m s.n.m., y a una distancia de 90 km de los Andes. En la Cordillera de la Costa hay cenizas que incluso superponen sedimen-

tos del Terciario o rocas paleozoicas, sin la participación de material glacial o fluvio-glacial.

La depositación directa de ceniza en sitios lejos de los Andes, se puede comprobar en muchas regiones del sur de Chile. En Chiloé por ejemplo, frecuentemente, existen capas con pómez hasta las vertientes orientales de la Cordillera de la Costa, pese a que los volcanos activos más cercanos como el Michinmávida, el Corcovado, el Huequi y el Yanteles se encuentran a una distancia alrededor de 100 km. En la región de los lagos, también se encuentran testigos de una depositación directa, a pesar de los vientos del oeste ('westerlies') predominantes en esta zona. Parece que especialmente Chiloé ha estado sometido a la influencia de depositación directa, hecho que

además de la pómez está indicado por el espesor constante de la capa de ceniza. Depresiones del subsuelo no han sido nivelados por los sedimentos, como ya lo menciona Wright (1959/60). Hacia el norte esta constancia del espesor de las cenizas se pierde más y más ejerciendo un efecto nivelador lo cual indica la influencia creciente de procesos de redepositación (viento, agua). Algunos autores mencionan la probabilidad de mayor influencia de vientos orientales durante las glaciaciones. Actualmente estos vientos soplan con una frecuencia de 6%. Tal vez la presencia de grandes capas de hielo durante el Pleistoceno facilitó la existencia de estos vientos (Besoáfn 1985: 49).

Los criterios discutidos anteriormente demuestran la compleja génesis de las ca-

TABLA 2

Proporciones de minerales pesados en capas volcánico-eólicas en el sur de Chile  
(en % de más que 200 minerales transparentes; + = < 1%).  
Proportions of heavy minerals in volcanic and/or eolian cover beds in southern Chile  
(in % of more than 200 transparent minerals; + = < 1%).

Localidad	no. según fig.1	an	pi	di	ep	gr	ho/p	ho/v	ru	est	ti	tu	zi
Cord. de Piuchué	1	—	72	—	2	—	—	22	—	—	—	2	2
Cord. de Piuchué	1	—	67	—	5	+	—	25	—	—	—	3	+
Cord. de Piuchué	1	—	50	—	5	—	—	44	—	—	+	+	1
Cord. de Piuchué	1	—	50	—	3	—	+	46	—	—	—	—	1
Lago Llanquihue	2	—	93	—	1	—	1	6	—	—	—	—	—
P. Varas, PanAm	3	—	85	—	1	+	—	14	—	—	—	—	—
P. Varas, PanAm	3	—	73	—	4	—	+	22	—	—	+	—	—
Pargua	4	—	63	—	7	—	—	30	—	—	—	—	—
Pargua	4	+	72	—	6	—	—	22	—	—	+	—	—
Río Frio I (Ah, Bw)	5	—	62	—	9	—	—	28	+	—	—	—	1
Río Frio I (fBwt)	5	1	2	—	46	+	+	46	—	—	—	—	5
Río Frio II (fBt)	6	8	—	—	55	+	+	29	—	—	—	—	7
Contaco, Osorno	7	—	29	—	55	—	+	8	—	3	—	2	3
Valdivia, PanAm	8	—	92	—	2	—	—	6	—	—	—	—	—
Valdivia, PanAm	8	—	86	—	2	+	2	9	—	—	—	—	+
Temuco, PanAm	9	—	28	—	2	—	—	65	—	—	—	—	1
Nahuelbuta	10	—	1	11	3	—	—	83	—	—	—	1	1
Nahuelbuta	10	—	2	13	7	2	—	75	—	—	—	1	—
Nahuelbuta	10	—	2	17	5	2	—	72	—	—	—	1	1

an = andalusita, pi = piroxenos (hiperstena + augita), di = diáspora, ep = epidota, gr = granate, ho/p = hornblenda parda, ho/v = hornblenda verde, ru = rutilo, est = estauroлита, ti = titanita, tu = turmalina, zi = zircón

pas piroclásticas, que incluye deposición directa como ceniza, loess volcánico, transporte fluvial, fluvioglacial y glacial o acumulación por lahares (Besoain 1985: 40-49).

Capas de material fino existen hasta la Cordillera de la Costa. El contenido de material volcánico es variable (tab. 2, fig. 1). En el espectro de los minerales pesados, predominan los piroxenos (hiperstena, augita), más o menos mezclados con minerales de rocas metamórficas, que documentan la influencia eólica. Por eso los sedimentos finos han sido nombrado sedimentos volcano-eólicos en el trabajo presente, sin definir las proporciones de ceniza y de material eólico. En algunos perfiles, como es el caso en el perfil de Río Frío (tab. 2, no. 5+6), la composición mineralógica cambia en las diferentes capas sedimentarias: en la capa con el suelo Rojo Arcilloso (fBt) y el fósil Trumao (fBwt), predominan minerales de rocas metamórficas (epidota), mientras que el suelo acutal (Ah, Bw) se ha desarrollado en

una capa volcano-eólica con un alto contenido de piroxenos.

*Cordillera de la Costa*

No solamente en el Valle Central, sobre las morrenas y sedimentos fluvioglaciales, sino también en la Cordillera de la Costa capas de soliflucción de un clima periglacial son muy abundantes. En la vertiente oriental de la Cordillera de Piuchué, en Chiloé, cubren los sedimentos fluvioglaciales de la glaciación Llanquihue a una altura de 150 m s.n.m. Alrededor de 42° S las capas periglaciales llegan casi hasta el nivel del mar, marcando un área con muy poca cobertura vegetal durante el UMG.

Al norte de 42° S el límite inferior del piso periglacial durante el UMG asciende bastante. En la Cordillera de Sarao (40°30' S) está ubicado alrededor de 300 m s.n.m., en la Cordillera Pelada (40° S) a 450 m s.n.m. y en la Cordillera de Nahuelbuta (37°45' S) a 600m s.n.m. La tab. 3 muestra

TABLA 3

Análisis químicos, físicos y mineralógicos de un Acrisol en la Cordillera de Nahuelbuta, 900m s.n.m.

Chemical, physical and mineralogical characterization of an Acrisol in the 'Nahuelbuta Coastal Range', 900 m a.s.l.

Hor.		Profundidad		T e x t u r a									
		0.63- 2,0mm (%)	0.2- 0,63mm (%)	0.063- 0,2mm (%)	0.063- 2,0mm (%)	0.02- 0,063mm (%)	0.0063- 0,02mm (%)	0.002- 0,0063mm (%)	0.002- 0,063mm (%)	<0.002mm (%)			
Ah	0- 10cm	18,9	16,6	11,4	46,9	12,6	10,4	12,2	35,2	17,9			
Bt	- 40cm	18,0	17,0	11,1	46,1	11,7	9,2	10,8	31,7	22,0			
2Bw	- 70cm	19,8	20,0	11,8	51,6	11,3	9,4	8,8	29,5	19,0			
2Cw	>150cm	29,0	29,9	11,1	70,0	9,3	6,8	5,3	21,4	8,7			

Hor.	minerales pesados									pH	Corg	Feo	Fed
	ap	au	cl	dia	ep	ho/v	ti	zi	zo	(CaCl <sub>2</sub> )	(%)	(%)	(%)
Ah	1	1	2	9	2	82	1	1	1	5,46	4,59	0,31	1,35
Bt	1	1	3	8	1	83	1	1	1	5,23	3,08	0,34	1,38
2Bw	—	—	—	22	—	73	1	1	1	4,36	1,39	0,24	1,29
2Cw	—	—	—	16	—	75	1	1	5	4,75	0,24	0,08	0,75

ap = apatita, au = augita, cl = clorita, dia = diáspora, ep = epidota, ho/v = hornblenda verde, ti = titanita, zi = zircón, zo = zoisita

un perfil típico en la Cordillera de Nahuelbuta, donde especialmente los minerales pesados indican claramente la estratificación del suelo. El horizonte Bt se ha desarrollado en la capa de soliflucción del UMG, los horizontes 2 Bw y 2 Cw caracterizan las rocas graníticas intensamente meteorizadas. En la Cordillera de la Costa frecuentemente las capas de soliflucción están cubiertas a su vez por capas volcano-eólicas más recientes. Generalmente predominan piroxenos, solamente en la Cordillera de Nahuelbuta la composición mineralógica es diferente y la capa volcano-eólica está caracterizada por hornblenda, igual que las rocas del basamento (tab. 2, tab. 3). Parece que en este caso la capa eólica consiste de material local.

En el Valle Longitudinal, en la Región de Los Lagos, soliflucción ocurrió solamente en la parte oriental, frecuentemente sobre las morrenas y sedimentos fluvio-glaciales, así como en las partes altas de la Cordillera de la Costa. Pero en las partes bajas y en la región occidental del Valle Longitudinal predominaban superficies estables, lo que es documentado por la preservación de antiguas cenizas volcánicas y suelos correspondientes. Esta zona entonces funcionaba como refugio para la vegetación glacial.

Al norte de la Cordillera de Nahuelbuta la Cordillera de la Costa se caracteriza por alturas relativamente bajas y, como consecuencia, las capas periglaciales ya no juegan un rol importante. Las capas existentes se han desarrollado bajo condiciones climáticas semiáridas con menor cobertura vegetal, especialmente entre 7500-3700 B.P. (Veit 1991, 1993a, 1993b). Solamente los cerros alrededor de 33° S, como el Co. La Campana (1828 m s.n.m.) o el Co. El Roble (2222 m s.n.m.), alcanzan alturas suficientes para el desarrollo de sedimentos periglaciales durante el UMG. Cerca de 30° S el límite inferior del piso periglacial (en los Andes) estaba situado a 3000 m s.n.m. (Veit 1991, 1993a).

#### DISCUSION

Las capas piroclásticas y sus suelos correspondientes muestran una estricta relación con la edad de los sedimentos glaciales y fluvio-glaciales subyacentes, como ya fue mencionado por Laugenie et al. (1975). Generalmente, la edad de los sedimentos glaciales/fluvio-glaciales aumenta hacia el oeste, originando perfiles de suelos y paleosuelos más complejos, con una alternancia de capas volcano-eólicas y capas de soliflucción. La estratigrafía de los paleosuelos y capas volcano-eólicas al oeste del Lago Llanquihue corresponde a la cronología glacial de Porter (1981), indicando un gran avance de los glaciares durante la glaciación Sta. Maria. Para las localidades tipo de Mercer (1976: Casma, Colegual, Río Frío) las capas sedimentarias indican el desarrollo durante una sola glaciación (Sta. Maria de Porter 1981, tab. 1).

Sobre las 'morrenas' Llanquihue III al oeste del Lago Llanquihue (Porter 1981) las capas volcano-eólicas tienen las mismas características como sobre las morrenas de Llanquihue II. Esto favorece la interpretación de Denton (1993), que se trata de sedimentos fluvio-glaciales de Llanquihue II.

La teoría glacial (Langohr 1971, 1974) no explica suficientemente todos los fenómenos relacionados con los suelos volcánicos. La superposición de varias capas de ceniza con paleosuelos hasta la Cordillera de la Costa, la existencia de pómez en muchos perfiles y otras observaciones geomorfológicas indican que el proceso más importante en la formación de estas capas generalmente ha sido la depositación eólica directa, en algunas partes retransportadas por acciones glaciares, laháricas, fluviales, etc.

La existencia de suelos Rojo Arcillosos podría indicar interglaciales más calurosos durante el Cuaternario Inferior/Medio o que la evolución de estos suelos ha ocurrido durante largos períodos (varios interglaciales/glaciales?).

La distribución de la capa de soliflucción del UMG y capas de un clima semiárido del Holoceno Inferior/Medio indican, que



existieron superficies estables durante el Cuaternario Superior solamente en la Región de Los Lagos entre 35-42° S en la parte occidental del Valle Longitudinal y en las partes bajas de la Cordillera de la Costa, que no han sido influidas por procesos glaciales, fluvio-glaciales o periglaciales.

#### AGRADECIMIENTOS

Por la ayuda durante el trabajo en el terreno y discusiones críticas agradezco mucho a la Dra. Carolina Villagrán (Universidad de Chile) y al Dr. Karsten Garleff (Universidad de Bamberg, Alemania). El trabajo ha sido financiado por Fondecyt (proyecto 91-0844) y la 'Deutsche Forschungsgemeinschaft' (DFG).

#### LITERATURA CITADA

- BESOAIN E (1985) Los suelos. En: Tosso J (ed) Suelos volcánicos de Chile: 23-106. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago.
- BESOAIN E & S GONZÁLEZ (1977) Mineralogía, génesis y clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas de la región centro sur de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 4 (2): 109-130.
- BRÜGGEN J (1950) Fundamentos de la geología de Chile. Inst. Geogr. Militar, Santiago.
- BUCH MV (1970) Der Einfluß vulkanischer Eruptionen und Erdbeben auf die Böden Südchiles. *Z. Deutsch. Geol. Ges.* 121: 225-252.
- DENTON G (1993) Chronology of late Pleistocene Glaciation near Lake Llanquihue between Puerto Varas and Puerto Octay. En: Villagrán, C (ed): 53-63. *El Cuaternario de la Región de los lagos del sur de Chile*. Taller internacional 'El Cuaternario de Chile', Guía de excursión.
- ESPINOZA W (1973) Los suelos volcánicos chilenos: distribución, génesis y característicos. Univ. de Concepción, Dep. Suelos, Bol. Técnico 49: 1-72.
- FAO-UNESCO (1971) Soil map of the world - 1:5.000.000, South America, IV. Paris.
- FAO-UNESCO (1988) Soil map of the world, revised legend. World soil resources report 60, Rom.
- FAJARDO M (1975) Contribución al estudio de los suelos Rojo Arcillosos del Valle Longitudinal de Chile central. *IREN/CORFO* 17: 1-91, Santiago.
- GREZ R (1977) Nöhrelementhaushalt und Genese von Böden aus vulkanischen Aschen in Südchile. *Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen* 6: 1-179.
- 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* 21 (3): 259-293.
- LANGOHR R (1974) The volcanic ash soils of the Central Valley of central Chile. II. The parent materials of the Trumao and Nádís soils of the Lake District in relation with the geomorphology and Quaternary geology. *Pedologie* 24 (3): 238-255.
- LAUER W (1968) Die Glaziallandschaft des südchilenischen Seengebietes. *Acta Geographica*, 20 (16): 215-236, Helsinki.
- LAUGENIE CA & JH MERCER (1973) Southern Chile: A chronology of the last glaciation. IX INQUA Congress Abstracts, Christchurch, N.Z.: 202-203.
- LAUGENIE C, F COLMET-DAAGE, E BESOAIN & M DELAUNE (1975) Note sur les limons volcaniques des piemont glaciaires chiliens meridionaux. *Bul. Assoc. Géogr. Franc.* 426: 187-193.
- MACPHAIL DD (1966) El gran Lahar del Laja. En: Estudios Geográficos, Homenaje a Don Humberto Fuenzalida V., Fac. de Fil. y Educ., U. de Chile, p. 133-155, Santiago.
- MELLA A & A KÜHNE (1985) Mapa de ubicación de los suelos derivados de materiales volcánicos, 1:1.000.000. En: Tosso J (ed) Suelos volcánicos de Chile. Mapas geológicos y carta de suelos, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago.
- MERCER JH (1976) Glacial history of southernmost South America. *Quat. Res.* 6: 125-166.
- MORENO H & J VARELA (1985) Geología, volcanismo y sedimentos piroclásticos cuaternarios de la región central y sur de Chile. En: Tosso J (ed): 493-526. Suelos volcánicos de Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago.
- PORTER S (1981) Pleistocene glaciation in the southern Lake District of Chile. *Quat. Res.* 16: 263-292.
- ROVIRA A (1984) Geografía de los suelos. Geografía de Chile V. Instituto Geográfico Militar, Santiago.
- U.S.D.A. Soil Survey Staff (1992): Keys to Soil Taxonomy. (Fifth Ed.). Technical Monograph No 19. 541 p.
- TOSSO J, ed (1985) Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura, Santiago.
- VEIT H (1991) Upper Quaternary soil and landscape development in the lower Elqui Valley between La Serena and Rivadavia (Chile, 30° S). Mountain Geocology of the Southern Andes, international workshop, guía de excursión, p. 133-163, Santiago
- VEIT H (1993a) Upper Quaternary landscape and climate evolution in the Norte Chico (Northern Chile): An Overview. *Mountain Research and Development* 13 (2): 139-144.
- VEIT H (1993b) Untersuchungen zur Genese und zum Alter jungquartärer fluvialer und limnischer Sedimente im nordchilenischen Trockenraum. *Berliner Geogr. Arb.* 43 (in press).
- WEINBERGER P & R BINSACK (1970) Zur Entstehung und Verbreitung der Aschenbüden in Sédchile. *Der Tropenlandwirt* 71: 19-31.
- WEISCHET W (1958) Studien über den glazial bedingten Formenschatz der südchilenischen Längssenke im West-Ost-Profil beiderseits Osorno. *Peterm. Mitt.* 102: 161-177.
- WEISCHET W (1964) Geomorfología glacial de la región de los Lagos. Escuela de Geología, Comunicaciones 4, Santiago.
- WRIGHT C (1959/60) Observaciones sobre los suelos de la zona central de Chile. *Agricultura Tec.* 19/20: 66-95.
- WRIGHT C (1965) The volcanic ash soils of Chile. FAO, expanded programme of technical assistance, report 2017.