PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO

Nº AT 2017

Informe al gobierno de CHILE

LOS SUELOS DE CENIZAS VOLCANICAS DE CHILE

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION
ROMA, 1967

Informe N° 2017 Informe CHI/TE/LA

INFORME AL GOBIERNO DE CHILE

sobre

LOS SUELOS DE CENIZAS VOLCANICAS DE CHILE

por

Charles A. Wright

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

ROMA, 1967

I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
AGRADECIMIENTO	1
RECOMENDACIONES	1
ANTECEDENTES	3
Naturaleza y composición de los terrenos volcánicos	3
Las cenizas volcánicas como roca madre formadora de suelo	5
Distribución de los suelos de cenizas volcánicas en Chile	7
Nomenclatura utilizada en este informe	11
A. ANDOSOLES DE CHILE: CARACTERISTICAS GENERALES, MEDIO FORMATIVO Y TIPOS PRINCIPALES DE SUELOS	12
1. TRUMAOS	12
a) Características generales	12
b) El medio formativo	14
i) Clima	14
ii) Topografía	14
iii) Rocas madres	15
iv) Cubierta vegetal natural	15
c) Tipos principales de trumaos	15
2. ÑADIS	17
a) Características generales	17
b) El medio formativo	17
i) Clima	17
ii) Topografía y rocas madres	18
iii) Cubierta vegetal natural	20
B. USO, MANEJO Y PRODUCTIVIDAD DE LOS TIPOS PRINCIPALES DE ANDOSOLES EN CHILE	21
1. SISTEMAS ACTUALES DE USO DEL SUELO	22
2. MANEJO DEL SUELO	24
a) Prácticas generales de manejo	24
b) Labores	26
c) Conservación de la humedad, riego y drenaje del suelo	27
d) Conservación del suelo	30
e) Empleo de los abonos	31
f) Cultivos y sistemas de cultivo	33
g) Problemas de manejo del suelo	34
3. PRODUCTIVIDAD DEL SUELO	35
4. APLICACIONES Y PROBLEMAS INGENIERILES	36

Página

C. POSIBILIDADES AGRICOLAS DE UN TRUMAO 37

1. PROGRAMA PROPUESTO DE MANEJO AGRICOLA PARA UN FUNDO DE EXTENSION MEDIA DE TRUMAO SANTA BARBARA EN LAS PROVINCIAS DE BIO-BIO, MALLECO O ÑUBLE 37

a) Ubicación y naturaleza del fundo en su estado original 37
b) Modificación de las características actuales 38
i) Subdivisión de los terrenos 38
ii) Mejora de los pastos 39
iii) Vías internas de acceso 39
iv) Fajas protectoras 39
v) Limpieza del terreno y roturación adicional del bosque 39
vi) Repoblación forestal 39
vii) Drenaje 40
viii) Lucha contra la erosión 40
ix) Elección de la maquinaria agrícola 40
x) Edificios agrícolas 40
xi) Uso y manejo del agua 40
xii) Manejo de los pastos 40
xiii) Mano de obra 41
xiv) Lucha contra las malas hierbas y las plagas 41
c) Plan general de desarrollo 41
d) Financiación del plan de desarrollo 43
e) Asistencia técnica 43

D. NATURALEZA, ORIGEN Y CLASIFICACION DE LOS ANDOSOLES Y SUELOS AFINES DE CHILE 44

1. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 1 (TRUMAOS SEPTENTRIONALES EXTREMOS) 44

a) Características ambientales de la zona 44
b) Morfología general de los suelos 45
c) Características químicas generales 45
d) Características de los suelos típicos 47
i) Suelo franco arenoso fino Hornillos 47
ii) Suelo franco arenoso muy fino a franco limoso Maitén 47
iii) Suelo franco arenoso muy fino Tregualemu 48
iv) Arena fina Ñirreguao 49
v) Arena franca laguna del Maule 49
e) Génesis de los suelos 50
f) Clasificación de los suelos 50

2. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 2 (TRUMAOS SEPTENTRIONALES) 51

a) Características ambientales de la zona 51
b) Morfología general de los suelos 52
c) Características químicas generales 53
d) Características de los suelos típicos 55
i) Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Chillán 55
ii) Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Sta.Bárbara 56
iii) Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Mulchén 57
iv) Suelo franco limoso Arrayán 57
v) Suelo franco arenoso fino Baguales 58
e) Génesis de los suelos 58
f) Clasificación de los suelos 60

Página

3. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 3 (TRUMAOS CENTRALES) 60

a) Características ambientales de la zona 62
b) Morfología general de los suelos 62
c) Características químicas generales 63
d) Características de los suelos típicos 65
i) Suelo franco limoso Cautín 65
ii) Arena gruesa franca Icalma 66
iii) Suelo franco a suelo franco limoso Vilcún 67
iv) Suelo franco limoso Temuco 67
v) Suelo franco arenoso muy fino Trevolhue 68
e) Génesis de los suelos 69
f) Clasificación de los suelos 70

4. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 4 (TRUMAOS MERIDIONALES) 71

a) Características ambientales de la zona 72
b) Morfología general de los suelos 72
c) Características químicas generales 73
d) Características de los suelos típicos 74
i) Suelo franco limoso y suelo franco arenoso fino Puerto Octay 74
ii) Suelo franco arenoso muy fino y suelo franco limoso Puerto Fonck 75
iii) Suelo franco limoso Puyehue 75
iv) Suelo franco arenoso Choshuenco 76
v) Suelo franco arenoso grueso, con grava, Rupanco 76
vi) Arena franca Quillelhue 77
vii) Suelo franco arenoso grueso Pucón 77
viii) Suelo franco arenoso muy fino Osorno 78
ix) Suelo franco arenoso fino Pelchuquín 79
e) Génesis de los suelos 80
f) Clasificación de los suelos 81

5. TRUMAOS DE LA ZONA ORIENTAL 5 (TRUMAOS MERIDIONALES EXTREMOS) 82

a) Características ambientales de la zona 82
b) Morfología general de los suelos 83
c) Características químicas generales 84
d) Características de los suelos típicos 84
i) Suelo franco limoso Castro 84
ii) Suelo franco limoso Quellón 85
iii) Suelo franco limoso Mañiuales 86
iv) Suelo franco arenoso Puerto Lumas 86
v) Suelo franco arcillo-arenoso fino turboso Natri 87
vi) Suelo franco arenoso muy fino Chepu 88
e) Génesis de los suelos 89
f) Clasificación de los suelos 90

6. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 6 (TRUMAOS TROPICALES CHILENOS) 91

a) Características ambientales de la zona 91
b) Morfología general de los suelos 92
c) Características químicas generales 92
d) Características de los suelos típicos 93
i) Suelo franco arenoso, fino, denso, Rano Kao 93
ii) Suelo franco arenoso muy fino, Vinapu 93
iii) Suelo franco arcillo-limoso Poike 94
e) Génesis de los suelos 94
f) Clasificación de los suelos 95

		Página
7.	ÑADIS	96
	a) Características ambientales de los ñadis	96
	b) Morfología general de los ñadis	96
	c) Características químicas generales	97
	d) Características de los ñadis típicos	97
	i) Suelo franco arenoso denso Pitrufquén	97
	ii) Suelo franco limoso Frutillar	98
	iii) Suelo franco arenoso fino Carel	99
	iv) Suelo franco arenoso muy fino Calonje	99
	e) Génesis de los suelos	100
	f) Clasificación de los suelos	101
8.	TRUMAOS EN LADERAS INCLINADAS Y SUELOS AFINES DE LADERAS (TRUMAOS DE LADERAS)	101
	a) **Características ambientales de los trumaos de laderas**	102
	b) **Características generales de los trumaos de laderas**	104
	c) **Características químicas generales**	104
	d) **Características de los suelos**	104
	i) Suelos de laderas Atacalco	104
	ii) Suelos de laderas Momolluco	105
	iii) Suelos de laderas Chanleufú	106
	iv) Suelos de laderas Teulla	107
	v) Suelos de laderas Huemules	107
	e) Génesis de los suelos	108
	f) Clasificación de los suelos	110
9.	SUELOS DE TRANSICION ENTRE LOS TRUMAOS Y OTROS GRUPOS DE SUELOS	111
	a) Suelos de transición a suelos de cenizas volcánicas recientes	111
	1. Características generales	111
	2. Suelos de transición típicos	111
	i) Arena Chillán, de transición a suelo franco arenoso Santa Bárbara	111
	ii) Arena gruesa y grava Lonquimay	112
	iii) Arena gruesa Villarrica	112
	iv) Arena pedregosa Antillanca	112
	b) Suelos de transición a arcillas volcánicas rojas	113
	i) Suelo franco arenoso Collipulli	113
	ii) Suelo franco Maquehue	114
10.	SUELOS DE TRANSICION ENTRE LOS ÑADIS Y OTROS GRUPOS DE SUELOS	114
	a) Suelos de transición a suelos de gley húmicos	114
	- Características generales	114
	i) Suelo franco arcillo-limoso Freire	114
	b) Suelos de transición a suelos de gley podsólicos y podsoles de gley	114
	- Características generales	114
	i) Suelo franco arenoso turboso Maldonado	115
	BIBLIOGRAFIA	116
	APENDICE I - DESCRIPCIONES DE LOS PERFILES DE SUELOS MENCIONADOS EN EL TEXTO	124
	APENDICE II - LAS ARCILLAS VOLCANICAS ROJAS DE CHILE	187
	LEYENDAS EXPLICATIVAS DE LAS FIGURAS 4 Y 10	201 - 204

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Regiones volcánicas que bordean el Océano Pacífico

Figura 2 - Distribución de las cenizas volcánicas en Chile

Figura 3 - Distribución de los andosoles y las "arcillas volcánicas rojas" en Chile

Figura 4 - Distribución general de los suelos de cenizas volcánicas en el sur de Chile

Figura 5 - Precipitación media anual aproximada

Figura 6 - Número aproximado de meses con menos de 100 mm de lluvia

Figura 7 - Temperatura media anual aproximada

Figura 8 - Unidades topográficas generales

Figura 9 - Distribución general de la cubierta vegetal primitiva

Figura 10 - Regiones ambientales de la zona andina meridional

Figura 11.A - Perfil de Chile centromeridional por el paralelo 40° 38 minutos S

Figura 11.B - Corte esquemático a través de las terrazas de ñadis en que se muestra el espesor relativo del manto de cenizas

INTRODUCCION

De conformidad con el acuerdo concertado entre el Gobierno de Chile y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), esta Organización facilitó un especialista en suelos de cenizas volcánicas, el Sr. A.C.S. Wright, con el encargo de estudiar la naturaleza y las posibilidades agrícolas de los suelos de cenizas volcánicas de dicho país. El Sr. Wright permaneció en Chile desde diciembre de 1959 hasta marzo de 1964. Su misión era asesorar y asistir al Gobierno:

1. En el estudio de la morfología, la génesis y la clasificación de los suelos derivados de cenizas volcánicas.
2. En el establecimiento de correlaciones entre los suelos volcánicos de Chile y los suelos semejantes de Nueva Zelandia.
3. En la determinación, para cada uno de los suelos volcánicos principales, de la adecuación de éstos para el cultivo, los pastos o la producción forestal, teniendo en cuenta los problemas de aprovechamiento, riego, drenaje, fijación de fosfatos, etc.

AGRADECIMIENTO

El experto desea hacer constar su gratitud y reconocimiento por el infatigable apoyo y la constante disposición para prestarle asesoramiento y ayuda durante su labor de que le dieron pruebas los funcionarios del Gobierno de Chile, especialmente el difunto Dr. Carlos Díaz Vial y el Sr. Mario Peralta Peralta, del Ministerio de Agricultura, y el Sr. Elías Letelier.

En el desempeño de su misión, el experto pasó gran parte del tiempo en el campo con los diversos miembros del equipo de reconocimiento de suelos del Ministerio de Agricultura. Fueron días muy provechosos los que el experto vivió con estos ingenieros agrónomos, por lo cual desea expresarles aquí su agradecimiento por la prontitud con que admitieron entre ellos al "gringo de Nueva Zelandia" y por su leal colaboración, gran hospitalidad y sincera amistad.

Gran parte de los datos que se presentan en este informe la constituyen materiales recopilados penosamente en los 17 años últimos por los componentes del grupo de reconocimiento de suelos, y los datos de laboratorio que se aducen son el resultado de la labor de químicos edafólogos tanto chilenos como neozelandeses. También se recibió un valioso asesoramiento del Dr. Kanno del Japón. Este informe es, por consiguiente, un trabajo a que han contribuido conjuntamente investigadores de Chile, Japón y Nueva Zelandia, que son los tres principales países que tienen la característica común de poseer suelos de cenizas volcánicas. El experto desea subrayar que es de la máxima importancia que en las investigaciones futuras sobre suelos de cenizas volcánicas se mantenga y refuerce esta cooperación entre estos tres países.

RECOMENDACIONES

1. Creación, con asistencia del Fondo Especial de las Naciones Unidas, de un Instituto del Suelo, dependiente del Ministerio de Agricultura, encargado de centralizar y coordinar todos los estudios de edafología que se efectúan actualmente en Chile. Las universidades, las corporaciones semifiscales y otros organismos efectúan una labor valiosa que podría tener mucha mayor repercusión en la economía nacional si existiese un organismo científico central de coordinación. Análogamente, la información derivada de las experiencias de fertilidad del suelo que llevan a cabo diversos organismos independientes podría tener mucha mayor importancia para la nación si se la relacionase más íntimamente con la clasificación de los suelos, lo cual podría hacer el Instituto del Suelo. Coordinando mejor las actividades, se podría levantar prontamente un buen mapa de suelos de Chile.

2. Medidas para asegurar un mejor contacto entre los edafólogos de Chile, Japón y Nueva Zelandia. La importancia de esto quedó de manifiesto en la reciente Conferencia sobre suelos de cenizas volcánicas reunida en el Japón, en la que tomó parte un edafólogo chileno. La Conferencia expresó su deseo de que la próxima Conferencia sobre suelos de cenizas volcánicas se reúna en algún centro de América del Sur. En esta región hay suelos derivados de cenizas volcánicas, además de en Chile, en Colombia, Ecuador, Perú y Argentina, pero en ninguno de estos cuatro últimos países desempeñan estos suelos una función tan importante en la economía nacional como en Chile. De los países mencionados Chile es el único donde se han efectuado investigaciones concretas acerca de las propiedades de los suelos de cenizas volcánicas, por lo que se recomienda que el Gobierno de este país establezca contacto con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación para examinar la posibilidad de que la próxima Conferencia sobre suelos de cenizas volcánicas se organice en Santiago de Chile.

ANTECEDENTES

Naturaleza y composición de los terrenos volcánicos

El océano Pacífico está rodeado por un círculo de volcanes que se inicia en el monte Erebus, en la Antártida perteneciente a Nueva Zelandia, y dirigiéndose al norte pasa por las islas de Nueva Zelandia, Nueva Guinea y el archipiélago de las Filipinas al Japón y la península de Kamchatka, desde donde desciende por Alaska y las Montañas Rocosas, el istmo de América Central y la cadena de los Andes para terminar en las cumbres volcánicas de la Antártida Chilena (fig. 1). Además, casi todas las islas solitarias y las reunidas en archipiélagos del océano Pacífico son total o parcialmente de origen volcánico. Por ello, no es sorprendente que el estudio de los terrenos volcánicos tenga un interés particular para los geólogos, edafólogos y geógrafos de los países circumpacíficos.

Para comprender la naturaleza y la composición de los terrenos volcánicos es necesario ante todo tener un cierto conocimiento de la naturaleza de los materiales que pueden expulsar los volcanes. Estos materiales pueden ser gaseosos, líquidos y sólidos. Entre los líquidos figuran la lava, que es una mezcla de minerales, principalmente silicatos, en estado de fusión, o de solución mutua. La lava varía ampliamente en cuanto a composición mineralógica, y por consiguiente en composición química, y por esta razón forma, al solidificarse, una variedad considerable de rocas. La lava se halla en la litosfera (debajo de la corteza terrestre) constituyendo un magma, y los lugares de expulsión al exterior son puntos débiles de dicha corteza. El magma, es decir, la roca fluida y caliente del interior de la tierra, probablemente no es un sistema continuo, sino que se origina muchos kilómetros debajo de la corteza terrestre en lugares donde se produce alguna disminución local de la enorme presión general que ejerce el peso de las rocas suprayacentes. Los magmas de la tierra son sólo un concepto, pues jamás han sido observados y nunca se han sacado muestras de ellos, y únicamente se los puede conocer por la naturaleza de sus rocas extruidas: las lavas, y por los materiales finamente divididos eyectados: las cenizas volcánicas.

Las lavas básicas son pobres en sílice y ricas en hierro y óxido de magnesio y, al enfriarse, originan basaltos y rocas afines. Por el contrario, las lavas ácidas son muy ricas en sílice y dan origen a rocas ácidas como riolita y dacita. Las lavas de composición intermedia engendran tipos intermedios de rocas volcánicas como andesita y traquita. El magma puede llegar a la abertura volcánica en diversas condiciones: en forma extremadamente fluida o más viscoso; en estado gaseoso poco denso y en ebullición o en forma relativamente sólida; y puede hallar resistencia en la configuración de un obstáculo previamente formado en el cuello del volcán o en un caparazón de roca dura. Son estas condiciones que reinan en el cuello las que determinan principalmente el que la erupción sea de naturaleza explosiva o que consista simplemente en una efusión relativamente tranquila de lava líquida. En los casos extremos la presión aumenta gradualmente hasta el punto de que toda la montaña puede hacer explosión dando origen a una lluvia de fragmentos de roca mezclados con fragmentos de magma en enfriamiento que cae sobre un área extensa. En la mayoría de las erupciones, el material que va a caer a mayor distancia de la abertura del volcán está formado por la fracción más fina: las cenizas volcánicas. Estas cenizas son, esencialmente, el material frío, reducido a polvo por explosión, procedente del magma originalmente líquido, mezclado a menudo con fragmentos de roca más finos procedentes de la corteza exterior del volcán.

Las cenizas volcánicas se producen en la máxima cantidad en las erupciones de tipo más explosivo y, por ello, se relacionan más con la ascensión de magma ácido, cargado de gases, viscoso, que con el magma básico líquido. Este último tipo de magma puede ser también muy gaseoso, pero los productos de la erupción son más generalmente lava escoriácea, y sólo una cantidad relativamente pequeña de partículas finas (aunque densas) es lanzada al aire para depositarse después sobre la superficie del terreno en forma de arena basáltica; los depósitos de arenas densas de este tipo cubren por lo general una superficie relativamente limitada alrededor de la abertura volcánica de origen. Los magmas más viscosos se inflan por lo común, debido a la liberación de

gases en toda la masa de los materiales, en la chimenea por la que ascienden hacia la superficie. A causa de la relajación de la presión a medida que el magma se acerca a la superficie, los gases se dilatan y suministran la energía necesaria para la expulsión explosiva de la lava que ocurre después. Algunas lavas se transforman en espuma, que luego se solidifica en pómez. Esta es, pues, generalmente un tipo muy silíceo de vidrio volcánico, y puede ser expulsada en fragmentos grandes o pequeños (lapilli) o formando un polvo que consiste sobre todo en fragmentos tubulares de vidrio y minúsculos cristales aislados que se separan del magma durante el rápido proceso de enfriamiento de éste. Estas cenizas finísimas pueden subir a grandes alturas en la atmósfera en la que pueden ocasionar la condensación de las nubes y volver así, en parte, a la superficie terrestre en forma de una lluvia de fino lodo volcánico de color gris claro. Los magmas de composición intermedia originan también una gran cantidad de cenizas volcánicas finas, cuya naturaleza pumítica no es generalmente tan evidente, y con cristales más bien mayores de minerales, pues algunos de ellos iniciaron la cristalización cuando la lava estaba todavía en el cuello del volcán. Durante la eyección explosiva de este material en enfriamiento muchos de los cristales minerales se rompen. Aunque en las cenizas volcánicas siempre hay cristales minerales enteros y fragmentos de ellos, el material dominante es generalmente el vidrio volcánico fundido, formado por lo común de sílice y alúmina, acompañadas de hierro como constituyente apreciable sólo en el caso de los magmas más básicos.

Los terrenos volcánicos están por lo general cubiertos de una espesa capa de cenizas volcánicas. Esto es así no sólo en las laderas de los mismos volcanes sino también en las viejas corrientes de lava, en los lechos de tobas volcánicas antiguas y en toda una serie de formas topográficas secundarias producidas por la acción del viento, el agua y la gravedad. Los depósitos superficiales que constituyen el manto de cenizas están generalmente estratificados, presentando bandas alternadas de los materiales que representan los depósitos sucesivos de otras tantas erupciones. Particularmente en las regiones donde hay varias aberturas volcánicas cercanas, la serie estratigráfica de cenizas puede diferir muy ampliamente de unos a otros lugares, según la diferente procedencia de las cenizas y los diferentes tipos de magmas originarios. En Chile, donde los volcanes están frecuentemente alineados formando una cadena a lo largo de los Andes, separados únicamente algunas decenas de kilómetros, es corriente hallar capas interestratificadas de cenizas con pómez riolítico alternando con arenas andesíticas o basálticas. En general, las capas de cenizas pertenecen a uno de los dos tipos siguientes: las que derivan de una actividad volcánica paroxísmica (es decir, una sola erupción violenta de corta duración) y las que proceden de una actividad volcánica intermitente. En este último caso las cenizas se acumulan lentamente durante un largo intervalo de tiempo, a veces en una capa de pocos milímetros en cada erupción sucesiva, para formar una capa relativamente homogénea de cenizas que puede considerarse convenientemente como una sola capa o un solo lecho discreto de cenizas. Por el contrario, las cenizas que se acumulan como resultado de una erupción paroxísmica muestran una gradación que va desde materiales gruesos a materiales finos, que a veces se repite muchas veces, y por ello pueden reconocerse como horizontes o estratos de distintos depósitos (Taylor, 1933).

Los terrenos volcánicos no se hallan solamente en la proximidad inmediata del volcán generador, sino que se pueden extender considerablemente por las tierras bajas vecinas. La actividad volcánica intensa va acompañada con frecuencia de lluvias copiosas (de agua acidificada a veces fuertemente por los gases volcánicos que lleva en solución) que depositan inmediatamente los materiales eyectados más finos sobre las laderas de las cumbres e inundan los valles de aluvium volcánico; los cursos de agua crecidos pueden desbordarse por las tierras bajas formando toda una nueva serie de terrazas, planicies y deltas. El aluvium pumítico, en particular, puede volverse a depositar en muchas formas extrañas, pues los fragmentos son frecuentemente muy grandes y flotan bien hasta que repentinamente la cantidad de agua necesaria para la flotación resulta inadecuada, con lo que quedan diques muy convexos o depósitos aluviales con un micro relieve que recuerda las olas petrificadas.

Cuando las inmediaciones del volcán estaban inicialmente cubiertas de nieve o de hielo la brusca precipitación de materiales calientes origina un gran volumen de vapor de agua que a menudo sirve de lubricante para la lava o las cenizas calientes cercanas a la abertura volcánica y, como consecuencia de ello, corrientes de fragmentos de diversa naturaleza que fluyen con facilidad, descienden a las tierras bajas, donde se depositan formando tobas, brechas o incluso simples corrientes de fango. En ocasiones una tenue corriente de lava líquida atraviesa el lecho de ríos que llevan agua, es decir que no están secos, y la vaporizan. Esto ocasiona frecuentemente una gran aceleración en la velocidad de la lava, pues ésta puede entonces avanzar rápidamente sobre un amortiguador de vapor de agua, dejando tras de sí una cadena de intumescencias de lava y montículos de escoria en que el vapor de agua se ha abierto paso hacia arriba a través de la lava. Ahora bien, cuando el magma original está muy cargado de gases, la erupción puede producir lavas muy semejantes a una emulsión gaseosa, que en esta forma pueden descender con increíble rapidez desde la abertura volcánica constituyendo una nube ardiente. Otros tipos de erupción pueden ocasionar corrientes incandescentes de arena. Muchos terrenos volcánicos son el resultado de efectos secundarios, como el cierre de un valle de montaña por una barrera de lava tras de la cual se forma lentamente un nuevo lago, que posteriormente llega a romper la barrera y descarga una masa de detritos volcánicos en las tierras bajas inmediatas. De más importancia local es la erupción que se produce a través de un lago formado en un antiguo cráter, que arroja los sedimentos fangosos del lago sobre los terrenos inmediatos.

En Chile pueden hallarse ejemplos de casi todos estos terrenos volcánicos (que todavía se confunden a veces con los terrenos glaciales) análogos a los que se conocen y se han descrito en el Japón, Nueva Zelandia, Alaska y otras partes del área circumpacífica. Como muchos de los más activos volcanes chilenos se hallan en las latitudes más frías, no es sorprendente que las corrientes de fango, de tobas y de brechas, facilitadas y aceleradas por la fusión de la nieve y el hielo, sean una característica común de las tierras bajas. Estas son importantes en el estudio de los suelos de cenizas volcánicas porque contienen minerales volcánicos y una cierta cantidad de vidrios volcánicos; por consiguiente, sus suelos presentan a veces propiedades parecidas a las de los suelos que se forman totalmente a partir de cenizas volcánicas.

Las cenizas volcánicas como roca madre formadora de suelo

Una de las características singulares de todos los suelos que se forman a partir de cenizas volcánicas es que estos suelos se producen principalmente por la meteorización o intemperización de vidrios volcánicos. Al meteorizarse, los vidrios volcánicos originan compuestos minerales que aparecen amorfos en el examen por rayos X. Taylor (1964) ha denominado a este conjunto de productos amorfos de meteorización "arcillas amorfas", abarcando en esta expresión todas las arcillas que aparecen amorfas al examinarlas con rayos X, ya se trate de protogeles, alófana u otras formas que puedan mostrar una organización criptocristalina o subcristalina al estudiarlas mediante técnicas más refinadas, como, por ejemplo, con el microscopio electrónico.

Otra característica especial de los suelos que se forman a partir de cenizas volcánicas (aunque no es exclusiva de estos suelos, puesto que también la tienen algunos suelos derivados de materiales aluviales y eólicos) es que las consecuencias del proceso de meteorización en materiales minerales sin consolidar, bien mezclados, finamente divididos y recién depositados, se manifiestan casi simultáneamente en toda una capa cuyo espesor está determinado de antemano en el momento de la deposición. La meteorización, por lo tanto, comienza en una miriada de focos distintos comprendidos en la capa, y los productos de la meteorización dominan por completo en ella. Se trata de un fenómeno muy diferente del de la formación de suelo por la descomposición normal de la parte exterior de la faz de las rocas consolidadas, caso en que los productos de meteorización que se forman primeramente aparecen como una película de nuevos compuestos que poco a poco cambian de naturaleza durante el tiempo en que el proceso de la meteorización ataca cada vez más profundamente la roca. Esta diferencia puede verse con facilidad comparando el proceso de la meteorización que ocurre en una capa sin consolidar de cenizas volcánicas con los procesos que se producen en las tobas volcánicas consolidadas de composición

petrológica parecida. En el primer caso, se forma una abundante cantidad de arcilla amorfa, mientras que los suelos producidos por la meteorización de las tobas contienen poca o ninguna arcilla amorfa. Cuando estas arcillas llegan a formarse en la superficie de tobas consolidadas se transforman rápidamente en arcillas mucho más estructuradas, porque el medio ambiente en que se hallan es desfavorable para su supervivencia. En una capa de cenizas volcánicas, donde se producen en masa tales arcillas, éstas pueden persistir porque regulan por sí mismas su medio ambiente.

Es sabido que existen productos amorfos de meteorización en suelos distintos de los que se forman únicamente a partir de cenizas volcánicas (en ciertas condiciones tales productos se forman durante la meteorización de otros materiales rocosos divididos, y también durante la descomposición de arcillas complejas, por ejemplo durante la podsolización) pero ninguna otra roca madre proporciona tal abundancia de arcillas amorfas cuando la humedad y la temperatura son adecuadas para la meteorización continua; y en ningún otro grupo de suelos persisten las sustancias amorfas tan efectivamente durante una fase tan prolongada de la evolución del suelo.

Para la formación y la persistencia de las arcillas amorfas es esencial una humedad adecuada. En las condiciones desérticas o semiáridas raramente pueden descubrirse compuestos amorfos en los suelos de cenizas volcánicas. En condiciones de subhumedad, si existe una definida estación seca, las arcillas amorfas son más corrientes, pero generalmente están acompañadas de compuestos cristalinos (por ejemplo, gibsita) y arcillas estratificadas (tal como halloysita). De igual manera, los intervalos periódicos de temperaturas muy bajas pueden ejercer también un efecto deshidratante que retarda la formación y pone en peligro la supervivencia de los compuestos amorfos.

En la mayoría de los suelos que se forman a partir de cenizas volcánicas en regímenes muy húmedos y a temperaturas entre templadas y tropicales los materiales amorfos consisten en una mezcla de geles de sílice y alúmina. Estos geles comunican a los suelos propiedades físicas y químicas muy características (que se estudian con más detalle en la sección A de este informe) que hacen que éstos se destaquen como algo especial en los terrenos agrícolas. No es un hecho casual el que, en muchos países, fuesen los agricultores quienes insistieron primeramente en el reconocimiento de un grupo especial de "suelos de cenizas volcánicas". En muchos de estos suelos la gran actividad de los geles de alúmina, acompañados a menudo de otras formas muy activas de alúmina, obligó a los agricultores a idear técnicas especiales de aprovechamiento del suelo.

Una última peculiaridad de las cenizas volcánicas como roca madre formadora de suelo es que las arcillas amorfas que se forman en primer lugar son, a la larga, sustancias esencialmente temporales. Después de todo no son sino geles susceptibles de variar cuando el medio en que se hallan se modifica. Esto es lo que ocurre generalmente durante la vida del suelo. A medida que la formación de geles disminuye al progresar la destrucción de la mayoría de los minerales meteorizables existentes; y a medida que la eliminación (o el influjo) de cationes básicos aumenta con el envejecer del suelo, la proporción de arcillas estratificadas en éste crece progresivamente hasta que el suelo pierde casi todas las características agronómicas relacionadas con el concepto que tiene el agricultor de los "suelos de cenizas volcánicas". En la naturaleza este cambio ocurre muy lentamente, y el sistema natural de suelo en estos suelos está tan bien amortiguado que los intentos hechos para acelerar el proceso no han dado hasta ahora muy buen resultado. El empleo intensivo de los abonos (especialmente de los cálcicos, potásicos y fosfatados) sí que origina, en cambio, la recombinación de algunas sustancias amorfas como la alófana con los cationes excedentes para formar nuevos minerales como taranakita y crandallita, pero en esto interviene únicamente una pequeña fracción del total de suelo, y el carácter general de éste se altera poco. Otro factor que contribuye a la estabilidad de las arcillas amorfas es la facilidad con que parece que tales arcillas pueden ponerse en íntima asociación con geles orgánicos derivados de restos vegetales. Esta reacción prolonga la duración de todas las sustancias que intervienen en aquélla.

En Chile las cenizas volcánicas originan suelos con las características específicas expuestas anteriormente desde los 36°S hasta los 47°S, aproximadamente, en una amplia gama de condiciones de humedad que van de las de subhumedad a las de superhumedad y de temperaturas comprendidas generalmente entre las templadas. Puede verse que las arcillas amorfas, sobre todo la alófana, dominan en la fracción arcilla de la mayoría de estos suelos. A este respecto estos suelos son comparables a los de cenizas volcánicas de las regiones húmedas de Japón y Nueva Zelandia. En Chile el nombre con que se designan los suelos bien drenados de esta categoría es "trumaos" (que se denominan "ñadis" cuando tienen una capa freática colgada estacionalmente). Aunque existen suelos algo parecidos a los trumaos y ñadis en muchas partes de los territorios templados circumpacíficos no parece que estos suelos tengan igual fuera de Chile y, de hecho, tampoco debe esperarse que se pueda llegar a encontrar suelos iguales a ellos. Los suelos son en todas partes producto de la acción del medio ambiente actual y de los medios ambientes pasados, y posiblemente no existen dos lugares en el mundo que hayna experimentado modificaciones ambientales exactamente iguales. En efecto, son pocos los lugares del globo donde actualmente coinciden con exactitud las condiciones ambientales. El autor se interesó particularmente en comparar los trumaos de Chile con los suelos de Nueva Zelandia, pero, desde un principio, resultó evidente que el medio en que en la actualidad evolucionan los suelos neozelandeses de cenizas volcánicas difiere notablemente del correspondiente de las regiones de trumaos de Chile, pues los suelos de cenizas volcánicas de Nueva Zelandia (New Zealand Soil Bureau, 1948) se presentan sobre todo en la isla septentrional de clima templado y carente de estaciones bien señaladas, mientras que los trumaos de Chile ocurren o en áreas de clima entre templado y frío con una estación seca bien delimitada, o en un área de clima frío continuamente húmeda. Existen indicaciones de diferencias considerables en la historia de la evolución del medio ambiente que acrecientan aún más la separación existente entre los dos grupos de suelos de cenizas volcánicas. Esta diferencia entre los suelos volcánicos de los dos países no se aprecia inmediatamente en la morfología del terreno, como tampoco resulta visible a primera vista en las propiedades físicas y químicas más evidentes de los suelos; no obstante, tal diferencia se manifiesta claramente en los distintos sistemas de cultivo y en las características del aprovechamiento de la tierra propias de los países respectivos.

La historia del medio ambiente de una región es especialmente importante en el caso en que prevalecen las temperaturas frías, porque los componentes biológicos de un medio ambiente pueden tener un efecto acondicionador relativamente considerable sobre la evolución del suelo. No obstante, incluso los ejemplos tropicales de suelos chilenos de cenizas volcánicas (los de la isla de Pascua) son bastante diferentes de los de los suelos de cenizas volcánicas de Hawaii, Samoa (Wright, 1963 (1) en prensa) y Fiji (Wright y Twyford, 1963, en prensa), principalmente debido a diferencias de edad y a que los suelos de la isla de Pascua, a causa de su aislamiento, se han formado en su mayoría bajo una vegetación no forestal (Wright y Díaz, 1962, en prensa).

Así, pues, aunque es seguramente cierto que los suelos de cenizas volcánicas con gran proporción de arcillas amorfas forman un definido grupo intrazonal de suelos cuyas características especiales sobrepasan los límites de los climas no áridos de las latitudes medias y bajas, también lo es que dentro del grupo hay muchos tipos diversos de suelos, cada uno de los cuales muestra huellas considerables de la influencia del medio ambiente. Por lo tanto, dentro de la distribución intrazonal de los suelos alofánicos, existe todavía una considerable zonalidad regional, aun cuando no se la percibe necesariamente bien en la morfología del suelo.

Distribución de los suelos de cenizas volcánicas en Chile (fig. 2)

Como se ha dicho anteriormente los suelos que derivan de cenizas volcánicas se dividen en dos grupos bien definidos: los suelos que tienen una gran cantidad de material amorfo en su fracción arcilla, y los suelos que o no tienen arcilla amorfa o que tienen una cantidad tan pequeña de ella que carece de significación práctica, tanto para el agricultor como para el edafólogo. Los suelos de este último grupo se hallan donde las cenizas volcánicas se han depositado en regiones de clima árido o semiárido,

y también en las regiones de clima muy frío de las latitudes muy meridionales o de las grandes altitudes. En Chile hay suelos de esta clase en los desiertos septentrionales, en el borde de la región desértica de la Patagonia, en las partes altas de los Andes meridionales, y muy probablemente en la Antártida chilena.

Para estudiar la distribución de los suelos de cenizas volcánicas en Chile conviene dividirlos en dos grupos:

- suelos de las regiones áridas y semiáridas
- suelos de las regiones subhúmedas y húmedas.

Suelos de las regiones áridas y semiáridas

En esta categoría de medio ambiente los suelos están sometidos a una meteorización y un lavado mínimos, pero pueden enriquecerse grandemente merced a la ascensión de sales solubles. Además, el régimen orgánico (definido por Taylor, 1949) es muy débil. Con una meteorización tan poco intensa, y bajo las condiciones de fuerte sequedad que reinan la mayor parte del tiempo, los vidrios volcánicos de la roca madre se desintegran muy lentamente, y en el caso poco probable de que se forme alófana amorfa, ésta no dura mucho tiempo en forma coloidal. Como el medio meteorizante está saturado de cationes, es lo más probable que se formen arcillas como montmorillonita, illita y vermiculita en vez de alófana. En todo caso, las cantidades de arcilla que se forman en estos suelos desérticos son extremadamente pequeñas.

En bastantes de estos suelos la sílice que queda en libertad durante el proceso de meteorización puede desplazarse lentamente y ocasionar la cementación silícea de los horizontes del subsuelo. Esto se percibe particularmente en algunos suelos desérticos formados a partir de cenizas riolíticas silíceas.

Sin embargo, en general, existen pocas características que permitan diferenciar los suelos derivados de cenizas volcánicas de los demás suelos de los terrenos áridos. En las condiciones extremadamente desérticas sólo permanecen los suelos de cenizas muy pumíticos y esto principalmente a causa de la presencia de la grava pumítica blanca. En condiciones algo menos desérticas ocurre frecuentemente una débil cementación silícea en los suelos pumíticos (véase Apéndice, perfil N° 1) que, sin embargo, falta en otros suelos de estos terrenos. En las condiciones semidesérticas los suelos derivados de cenizas volcánicas, tanto ácidas como de composición intermedia, pueden mostrar una formación de arcilla amorfa poco considerable, pero esta formación se presenta más bien como limo que como arcilla. Posiblemente los coloides de alúmina amorfa se contraen para formar agrupaciones en el largo intervalo de condiciones de gran sequedad que sigue al breve período en que la lluvia humedece el suelo lo bastante para que pueda realizarse el proceso de la meteorización, formándose partículas compuestas, del tamaño de las del limo, que, al parecer, resisten bien una ulterior humectación.

En el Apéndice se presentan dos perfiles de suelo representativos de suelos procedentes de cenizas volcánicas de la región semiárida del norte de Chile (perfiles N^{os} 2 y 3); uno del sector septentrional del altiplano chileno (perfil N° 4); uno del sector central, de cerca de Ollagüe (perfil N° 5); uno del sector meridional del altiplano (perfil N° 6); y, para comparación, uno de un lugar del borde semidesértico, más frío de la pampa de la Patagonia, situado muy al sur de las otras localidades (perfil N° 7).

Otro ejemplo de la existencia de arcilla amorfa en condiciones desérticas puede hallarse en los casos en que un aluvium derivado principalmente de cenizas volcánicas se mantiene en riego permanente. Los proyectos de regadío en el desierto son escasos en el norte de Chile, pero en el valle de Lluta, donde el riego se efectúa con aguas muy ácidas procedentes de fuentes volcánicas situadas al pie del volcán Tacora (Zambrano y Urrutia, 1961), aparecen arcillas amorfas en algunos suelos aluviales como consecuencia de la acelerada meteorización de los vidrios volcánicos. Gran parte de esta arcilla coloidal se conglomera al secarse formando partículas del tamaño de las del limo, que el viento remueve y acumula en las partes inferiores de las empinadas laderas del valle (véase Apéndice, perfil de suelo N° 8). Sin embargo, la mayor parte de este material

amorfo queda en los suelos y plantea problemas inesperados de fijación de los fosfatos en lo que esencialmente es un suelo desértico regado de aspecto normal (Meléndez y Wright, 1963 (i), en prensa).

Estos ejemplos de la existencia de arcillas amorfas en medios áridos y semiáridos son bastante excepcionales. Por lo general, la alófana, como constituyente importante del suelo, no aparece en Chile hasta la zona subhúmeda, hacia los 35° de latitud sur, donde la media de las precipitaciones anuales se acerca a los 1.000 mm y los suelos están bastante húmedos durante cuatro meses del año al menos.

Cerca del borde meridional de esta región subhúmeda, en una zona donde los suelos modales son principalmente grumosoles y suelos pardos no cálcicos (Roberts y Díaz, 1960), se hallan a veces residuos de antiguos materiales del fondo del valle formados principalmente por materiales volcánicos pumíticos riolíticos silíceos 1/. Estos suelos (véase Apéndice, perfil de suelo N° 9) no contienen arcilla amorfa reconocible, pero son notables por su alto grado de cementación silícea en el subsuelo. Más al sur de este punto, todos los suelos de cenizas volcánicas (exceptuados los muy viejos) contienen alófana o minerales amorfos semejantes en cantidades considerables.

Suelos de las regiones subhúmedas y húmedas

En Chile una de las regiones de actividad volcánica muy intensa a partir del cuaternario es la que se extiende a lo largo de la vertiente occidental de los Andes en la parte centromeridional del país. La mayor parte de esta región está dentro de la zona húmeda, por lo que los depósitos post-glaciales de cenizas volcánicas se hallan en una fase de meteorización caracterizada por la gran abundancia de arcilla amorfa. Los suelos que se forman en estos lechos de cenizas presentan, pues, casi todas las características típicas de los suelos ricos en arcilla amorfa, y por ello los agrónomos chilenos reconocen una región definida de suelos de cenizas volcánicas. La gran mayoría de estos suelos reciben el nombre de "trumaos", palabra indígena que significa "polvo de color amarillo" o "amontonar polvo". Los suelos de un grupo menor, que se hallan en tierras bajas y tienen una capa freática colgada estacionalmente, se conocen por suelos de "ñadi", que es otra palabra indígena con la que se designan las tierras pantanosas, pero que poseen un subsuelo firme que las hace transitables con cuidado. Al hacer referencia en este informe a los suelos de cenizas volcánicas de las regiones subhúmedas y húmedas de Chile se emplearán estos nombres indígenas muy difundidos localmente. Los trumaos son en esencia suelos abundantemente drenados y los ñadis son suelos anegados estacionalmente (Wright, 1959, ii).

En las laderas de la cordillera de los Andes y en algunos de los altiplanos se han acumulado cenizas volcánicas en forma de depósito subaéreo directo durante el período real de las erupciones. Como los vientos predominantes son los del oeste y el sudoeste la mayoría de las nubes de ceniza se depositó en el este de la divisoria andina y sólo una porción relativamente pequeña se depositó en territorio chileno. No obstante, las colinas más bajas y las terrazas altas del lado chileno de los Andes muestran un manto muy espeso de materiales cinericios. Gran parte de este manto es indudablemente un depósito secundario procedente de cenizas volcánicas que fueron transportadas a lo largo del Llano Central por los muy ramificados sistemas fluviales y, después de depositarse en forma de aluvium volcánico, fueron levantadas y llevadas por los fuertes vientos del oeste y depositadas de nuevo en la región de las colinas. Este material cinericio ha recibido el nombre de "loess volcánico" para distinguirlo de las cenizas volcánicas subaéreas depositadas directamente. Esta denominación puede ser impugnada por quienes deseen conservar el nombre de loess para los subproductos más finos de la acción glacial, pero, a no ser que se cree un nombre nuevo (¿"aeolium"?), es mejor admitirla. El loess volcánico es generalmente de composición algo más uniforme que las cenizas subaéreas, y a menudo contiene algunos granos redondeados de cuarzo y ópalo. Se le encuentra no sólo

---

1/ Véase también Borde, 1955.

en las colinas andinas, sino que aparece también a intervalos en la vertiente occidental de la cordillera de la costa adonde probablemente fue arrastrado desde las terrazas costeras y las playas cercanas. También se ha hallado un material eólico semejante en áreas donde las rocas sedimentarias que contienen vidrios volcánicos están sometidas a la abrasión por el viento.

En algunas partes de Chile centromeridional los ríos transversales, de curso tranquilo, arrastran hacia el mar cenizas volcánicas recientes (así como también loess volcánico arrancado por erosión). En las proximidades de la costa estos materiales entran en la corriente marina que se dirige hacia el norte y acaban siendo depositados en las playas. Este aluvium volcánico, y los depósitos que se forman en los estuarios y en la costa con una gran proporción de minerales volcánicos, son relativamente comunes en la región centromeridional de Chile. En ciertos lugares los ríos sobrecargados durante un período de actividad volcánica particularmente intensa han construido altos diques, han variado sus cursos y han formado largos abanicos aluviales en declive. Abanicos aluviales de mayor inclinación aún son comunes junto al pie de las laderas de los Andes. Algunos de estos depósitos aluviales se originaron como gigantescas corrientes de lodo y depósitos fangosos, salpicados de enormes cantos (que recuerdan los cantos erráticos de los glaciares) que fueron transportados hasta su localización actual flotando en un medio muy denso (Wright y Espinosa, 1962). El manto de cenizas volcánicas tiene un gran espesor en toda la ladera de los Andes, exceptuadas las partes más pendientes, aunque disminuye frecuentemente en la proximidad inmediata de los volcanes. Se observa que donde las cenizas volcánicas calientes o los gases nocivos destruyen la vegetación arbórea nativa la erosión arrastra posteriormente las cenizas. En las partes donde la vegetación no muere las cenizas finas pueden acumularse en el período comprendido entre dos erupciones sucesivas, habiéndose registrado capas de ceniza de varios metros de espesor en laderas de pendiente mayor de 45°. Estos suelos de cenizas volcánicas en terrenos inclinados (trumaos de declives) se erosionan con bastante rapidez cuando se tala en ellos el arbolado, acumulándose suelos coluviales jóvenes de materiales cinericios mixtos junto al pie de los declives. El arrastre del manto de ceniza de las laderas deforestadas puede adquirir proporciones catastróficas cuando es precipitado por movimientos sísmicos (Wright y Mella, 1963, i y ii).

La distribución de las cenizas volcánicas y los materiales afines a ellas en las regiones subhúmedas y húmedas de Chile se extiende en latitud unos 20° (fig. 3) y comienza con la aparición de pequeñas áreas dispersas en la cordillera andina inmediatamente al norte del río Maule (35° de latitud sur). A partir de aquí, y avanzando hacia el sur, son cada vez más frecuentes los trumaos en las colinas del pie de los Andes, hasta que llegan a formar por sí solos un manto casi completo hacia los 36°30'S. En las tierras bajas aparecen manchas aisladas de suelos semejantes a los trumaos de origen aluvial a los 35°30'S, que crecen en extensión hacia el sur, hasta que hacia los 39°S casi la totalidad del terreno comprendido entre los Andes y el mar está ocupada por trumaos o suelos parecidos a éstos. Más al sur, el manto de cenizas en la cordillera andina es muy espeso y completo, pero no se extiende (excepción hecha de algunos pocos lugares), hasta la cordillera de la costa. En estas latitudes aparecen los ñadis en las planicies y las terrazas del Llano Central. Esta disposición se continúa en la isla de Chiloé, mientras que en las montañas abruptas y cortadas de los Andes en la parte del continente opuesta a la isla el manto de cenizas subaéreas sigue inalterado, excepto donde ha sido eliminado, en tiempos históricos, por la erosión provocada por el hombre. A la latitud del puerto meridional de Aisén (45°S), los trumaos cubren aún las laderas vírgenes de cerros y montañas y además se extienden hacia el este penetrando en Argentina, donde sus características de arcilla amorfa disminuyen a causa de la sequedad y el frío crecientes del clima de la Patagonia 1/. Los trumaos continúan también más al sur de los 50°S, pero se limitan más bien a una estrecha región más húmeda en relieves montañosos existente a ambos lados de la cadena andina. En las grandes altitudes, y en la parte occidental de la pampa patagónica, el frío y la sequedad son demasiado intensos para que se puedan

---

1/ Véase también Wright, 1963 (iv).

formar en los suelos arcillas amorfas en cantidades considerables. En las alturas situadas al este de Punta Arenas (53°S) hay suelos podsolizados que derivan en parte de cenizas volcánicas, pero la cantidad de arcilla amorfa en los perfiles de estos suelos (véase Apéndice, perfil Nº 10) es muy pequeña. En estas latitudes la mayoría de los suelos turbosos tienen capas de cenizas volcánicas que se perciben claramente en el perfil de turba (véase también Auer, 1950). Estudiando la extensión de estas capas de cenizas es posible llegar a la certeza de que las cenizas volcánicas constituyen parte de todos los suelos de la provincia de Magallanes. No obstante, las arcillas amorfas no son características de ninguno de estos suelos.

Este breve resumen de la distribución de los suelos de cenizas volcánicas en Chile sería incompleto si no se mencionasen las rocas madres formadoras de suelo de la isla de Pascua, que es el lugar más occidental de Chile, distante unos 3.700 km de la península de Arauco, punto de la tierra firme sudamericana más cercano a esta isla. Los suelos volcánicos de la isla de Pascua (Díaz, 1949; 1951; Wright y Díaz, 1963) son algo más antiguos y originariamente más básicos que la mayoría de los suelos de cenizas volcánicas de Chile continental. Los suelos de esa isla se presentan sobre todo en los antiguos conos volcánicos, donde están mezclados en parte con escorias meteorizadas. Otros suelos análogos, formados posiblemente a partir de un loess rico en minerales volcánicos, arrancado de los pendientes acantilados que rodean la mayor parte de la isla por los vientos alisios persistentes, aparecen aquí y allá en toda la isla. En el Apéndice se incluyen tres perfiles de suelos de la isla de Pascua semejantes a trumaos (perfiles Nºs 45, 46 y 47). Estos suelos se describen también extensamente en la sección D.

Hay muchos suelos de cenizas volcánicas en las zonas subhúmedas y húmedas de Chile que no pueden considerarse ni trumaos ni ñadis. Estos suelos proceden todos de cenizas volcánicas más antiguas, en que el proceso de meteorización está más avanzado y las arcillas amorfas han sido reemplazadas principalmente por arcillas semicristalinas y cristalinas, como halloysita y caolín. Estos suelos no poseen ya ni las propiedades morfológicas, químicas y físicas ni las agrícolas o ingenieriles de los trumaos y ñadis. En Chile se los conoce colectivamente con la denominación de suelos "de arcillas volcánicas rojas", y quedan fuera de los límites de este estudio, aunque en la sección D se hace mención de algunas categorías intermedias entre estos suelos y los trumaos. En el Apéndice II se estudia brevemente el posible origen de estos suelos.

Existen importantes diferencias edafológicas y agronómicas entre los varios tipos de trumaos y ñadis que se examinarán con mayor detalle en el lugar oportuno, o sea, en la sección D. Sin embargo, antes de terminar esta introducción, conviene recordar que de tiempo en tiempo casi toda la atmósfera de Chile debe de haber estado cargada de fino polvo volcánico y que todos los suelos del país contienen probablemente algunos minerales de origen volcánico que no son representativos de las rocas locales. Es posible que la proporción de estos minerales sea pequeña, a juzgar por los minerales resistentes restantes (véase también León, 1962), pero también es posible que la contribución total a lo largo de los siglos sea considerable y que esto explique, en cierta medida, la analogía que puede observarse en el conjunto de los suelos de Chile. Esto quizás sea todavía más cierto en lo que respecta a la Argentina, cuyo suelo "paciente" ha aceptado sin protesta muchos millones de toneladas de polvo volcánico que el viento ha llevado desde los volcanes de la vertiente chilena de los Andes.

Las propiedades comunes de los suelos de cenizas volcánicas amorfas de Chile se examinan en la sección A de este informe, juntamente con un breve resumen de los principales tipos de trumaos y ñadis que existen en este país.

Nomenclatura utilizada en este informe

Gran parte de nuestros conocimientos de las características especiales de los suelos de cenizas volcánicas se debe a los trabajos iniciales de los edafólogos japoneses, neozelandeses y chilenos (Kawamura, 1950; Sudo, 1951, 1953; Masui, 1954; Aomine y Yoshinaga, 1955; Egawa, Watanabe y Sato, 1955; Kanno y Arimura, 1955; Kanno, 1956;

Birrell, 1951; Birrell y Fieldes, 1952; Fieldes y Swindale, 1954; Birrell, 1958, 1960, 1961; Birrell y Gradwell, 1956; Fieldes, 1955, 1958; Gradwell y Birrell, 1956; Besoain, 1958, 1963; Besoain, Serratosa e Hidalgo, 1963, y otros muchos). Otros ejemplos de arcillas amorfas existentes en los suelos han sido investigados por Gerasimov, 1958, 1959 y por Ivanova y Rosov, 1960. En las zonas tropicales los suelos de cenizas volcánicas han sido examinados por Dames, 1949; Biak, 1948; Dudal y Soepraptohardjo, 1960. Estos edafólogos se han limitado a veces a referir el objeto de sus estudios simplemente como "suelos de cenizas volcánicas"; otros, como Kanno (1962), han destacado el denominador común del grupo que ocurre en las regiones subhúmedas y húmedas proponiendo el nombre de "suelos alófano-húmicos". También se han empleado otros nombres, como suelos "alofánicos" (Wright, 1962) y suelos "amorfos" (Taylor, 1965). En una Conferencia sobre suelos de cenizas volcánicas reunida en Tokío en 1964, bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, se convino en aceptar el nombre de "andosoles" propuesto por vez primera por Ligon en 1947 1/. En este informe al Gobierno de Chile se emplean los nombres chilenos locales "trumaos" y "ñadis", pero se utiliza el nombre "andosol" para abarcar a ambos. Por lo que respecta a las sustancias amorfas que comunican a estos suelos sus características distintivas se ha usado el término arcilla amorfa preferentemente al de "alófana", excepto cuando ésta se ha identificado sin ningún género de dudas.

A. ANDOSOLES DE CHILE: CARACTERISTICAS GENERALES, MEDIO FORMATIVO Y TIPOS PRINCIPALES DE SUELOS

1. TRUMAOS (fig. 4)

a) Características generales

Las características generales de los andosoles de Chile son las siguientes:

i. Todo el perfil del suelo tiende a ser mullido y friable, generalmente con una estratificación de sedimentación o depósito claramente perceptible y con una precisa diferencia de color, bien definida, entre la capa arable y el subsuelo. A veces, una o más de las capas del subsuelo pueden ser pumíticas y estar cementadas.

ii. Las capas arables tienen un color que va del pardo al casi negro, y el color natural (apreciable bajo la cubierta vegetal natural) persiste largo tiempo después del inicio del cultivo, incluso cuando no se hace nada por retener la materia orgánica del suelo superficial. Por la textura, el suelo es generalmente franco, con cantidades variables de arena y limo.

iii. Los subsuelos son apreciablemente más amarillentos que las capas arables, siendo en los casos extremos pardo-amarillentos o rojo-amarillentos; su textura oscila entre franca y franco-arcillosa, y corrientemente tienen un gran contenido de limo (parte del cual puede constituir agregados de alófana amorfa seca). Cuando está completamente seco el suelo pulverizado se comporta como una arena fina y tarda en volverse a humedecer, pero, a menudo, el suelo sólo está seco en apariencia y cuando se le comprime firmemente entre los dedos se percibe una brusca sensación de deslizamiento y se humedece, presentándose más bien "resbaladizo", "saponáceo", o "graso" al tacto. Los suelos naturalmente húmedos se reconocen con facilidad al tacto por su carácter graso y, al comprimirlos, se vuelven "untuosos" o, cuando se les frota fuertemente durante algún tiempo en la palma de la mano, pueden casi volverse líquidos. Todos estos ensayos son útiles para descubrir la presencia de alófana en cantidades apreciables.

1/ Según Ritchie (1951) el nombre suelos ando (pardos y negros) se añadió tentativamente a los grandes grupos de suelos del mundo por recomendación de la Sección de Recursos Naturales del Gran Cuartel General del Ejército de Estados Unidos; y fue aprobado por el Inspector Jefe de la División de Reconocimiento de Suelos de la Oficina de Fitotecnia, Suelos e Ingeniería Agrícola, de la Secretaría de Agricultura de Estados Unidos el 3/2/47.

iv. Los horizontes más profundos del subsuelo son casi siempre estratos de sedimentación y su naturaleza puede variar ampliamente; sus límites son frecuentemente muy definidos y se señalan por cambios bruscos en la textura, la compacidad, la consistencia, etc.

v. Raramente, o jamás, son destacadas las características de adhesividad o plasticidad de la capa arable o del horizonte superior del subsuelo de los trumaos. Cuando éstos aparecen en los estratos más profundos, ello es generalmente indicio de que, con el transcurso del tiempo, la arcilla alofánica ha podido transformarse en meta-halloysita o en otra de las arcillas orientadas estructuralmente.

vi. Todo el suelo tiene una densidad aparente muy pequeña, lo que se expresa diciendo de él que es muy mullido: y los agregados naturales de suelo son generalmente muy porosos. Estos agregados, cuando están completamente secos, son a menudo muy difíciles de rehumedecer y pueden flotar en el agua durante breve tiempo.

vii. Los horizontes superiores del suelo poseen una gran capacidad de almacenamiento de agua y una gran capacidad de retención de la misma una vez que están totalmente húmedos. En el horizonte superior del subsuelo pueden formarse fisuras muy considerables por contracción del suelo al secarse éste. Tanto en las capas arables como en los subsuelos aparecen largas masas y agujas de hielo en las trincheras de las carreteras expuestas a heladas intensas; el desplazamiento horizontal de la capa arable por causa del hielo es cosa corriente en invierno en las tierras aradas.

viii. Por lo general, existe un intenso desarrollo de raíces fibrosas en la capa arable, pero son pocas relativamente las raíces de árboles que penetran hasta las capas más profundas del subsuelo.

ix. La fracción arcilla está dominada por compuestos minerales amorfos, generalmente alófana, que, por carecer de una carga permanente o poseer una carga muy variable, hace que los suelos estén muy amortiguados contra los cambios de pH y dan a los mismos una capacidad de cambio de bases aparentemente considerable. Por esto, los suelos tienen comúnmente una saturación de bases que no parece consecuente con el valor de su pH. Los trumaos de Chile tienen una acidez que oscila entre pH 6,7 y pH 4,5, pero su contenido de bases puede estar comprendido entre 90 por ciento y 2 por ciento.

x. Los trumaos tienen característicamente una gran capacidad de cambio de bases, una gran capacidad de cambio de aniones y un índice muy considerable de "fijación" de fosfatos.

xi. Los suelos son difíciles de dispersar apropiadamente para la determinación de su textura. Los suelos que son esencialmente arcillas por definición tienen, adecuadamente dispersos, texturas de campo no más gruesas que franco-limosa o incluso franco-arenosa fina. La dispersión apropiada se puede lograr generalmente tratando los suelos con solución diluida caliente de peróxido, lavándolos en un embudo de Buchner primeramente con agua y luego con ácido clorhídrico N/20, volviéndolos a lavar con agua, y dispersándolos finalmente en solución de hexametasulfato de sodio a la concentración de 3 gramos por litro (Birrel, comunicación personal, 1960).

xii. El contenido total de nitrógeno de estos suelos es grande hasta una profundidad considerable y va acompañado frecuentemente de un contenido total de carbono tan cuantioso que las razones C/N son por lo común extraordinariamente grandes en una gran profundidad del perfil de suelo.

xiii. Por análisis con rayos X y por análisis termodiferencial, y de la observación de las fotografías obtenidas con el microscopio electrónico, se ve que los trumaos de Chile (Besoain, ibid, 1958; 1961; 1963, en prensa) contienen alófana como mineral dominante en la fracción arcilla. Besoain refiere también que muchos trumaos chilenos tienen cantidades considerables de gibsita, incluso en la parte superior del horizonte del subsuelo. En esto los suelos de Chile se diferencian de los suelos amorfos de

Nueva Zelandia, en los que la gibsita aparece sobre todo en los horizontes y estratos inferiores. En los estratos inferiores de algunos trumaos, donde la meteorización de los materiales depositados más antiguamente está más avanzada, se ha hallado caolín y sílice amorfa, junto con halloysita, halloysita hidratada, gibsita y óxidos de hierro hidratados.

xiv. El mecanismo de la carga variable plantea también problemas, pues, cuando el pH es menor de 5,0, el suelo debe, teóricamente, ser electropositivo y debe aumentar la liberación de alúmina activa. Se ha visto que muchos trumaos contienen una gran proporción de alúmina sustituíble, habiéndose descubierto también frecuentemente compuestos de alúmina libre. Estos últimos son bastante tóxicos para los cultivos sensibles a la alúmina, como es la remolacha azucarera (betarraga sacarina).

b) El medio formativo

Dentro de los límites generales de humedad (subhumedad a perhumedad) y de temperatura (cálida a templada fría) que se mencionan en las observaciones preliminares, los trumaos de Chile ocupan varios tipos bien definidos de medios ambientes. El medio formativo es, por consiguiente, algo variado. A continuación se describen los tipos generales de clima, topografía, rocas madres y cubierta vegetal natural. Todo ello no sólo es de interés para los edafólogos que estudian la génesis del suelo, sino que tiene también considerable relación con las prácticas y los problemas de aprovechamiento de la tierra que se estudian con más detalle en las secciones B y C.

i) Clima (figs. 5, 6, y 7)

Precipitaciones: en la extremidad seca, existen suelos alofánicos bajo una precipitación algo inferior a 1.000 mm anuales, que se distribuyen muy desigualmente puesto que hay no menos de cinco meses seguidos de sequía (en que la precipitación mensual es menor de 60 mm) aunque raramente llueva menos de 10 mm en ningún mes. En este área, la evaporación en los meses secos de verano es muy considerable.

En la otra extremidad de la escala de humedad existen trumaos bajo una precipitación superior a 4.000 mm anuales, y sin una estación muy marcada. Algunas áreas experimentan regularmente nevadas invernales que alcanzan hasta 3 m de altura, permaneciendo la nieve sobre el terreno uno o dos meses. En otras áreas se desconoce prácticamente el hielo (por ejemplo, en partes de la isla de Chiloé) durante todo el ano.

Temperatura: la media de las temperaturas medias anuales varía entre unos 15°C y menos de 8°C; con una oscilación invernal (julio) comprendida entre menos de 1°C y alrededor de 8,5°C; y una oscilación media estival (enero) que varía entre unos 13°C y más de 20°C. La helada y el deshielo son características de algunas áreas y se desconocen en otras.

ii) Topografía (fig. 8)

Como se ha indicado brevemente en las observaciones preliminares pueden hallarse trumaos en casi todos los tipos de relieve, desde las escarpadas laderas de los Andes meridionales hasta las planicies y terrazas del Llano Central. La topografía quizás más característica de los trumaos de Chile es la más o menos accidentada u ondulada faja de colinas denominada "ceja de montaña", que se extiende a lo largo de los Andes desde Chillán hasta cerca de Villarrica. Se trata de una región muy importante desde el punto de vista agronómico, pero donde los suelos sólo en parte proceden directamente de cenizas volcánicas subaéreas; ante todo, es una región cuyos suelos se derivan de loess volcánico removido y depositado de nuevo. Los verdaderos suelos de cenizas volcánicas subaéreas se hallan más cerca de los volcanes, generalmente en las laderas más pendientes y constituyendo los declives entre las eminencias del terreno. En las planicies del Llano Central, los trumaos proceden en su mayoría de loess y aluvium volcánicos; y junto a la costa hay algunas áreas de terreno accidentado cubierto de suelos análogos a los trumaos derivados generalmente de loess procedente de materiales de acarreo costeros.

iii) Rocas madres

La diferencia más evidente en las rocas madres del suelo está en la presencia o la ausencia de fragmentos pumíticos y en la proporción de arenas cuarcíticas angulares o redondeadas. Los materiales volcánicos pumíticos y claramente arenosos son más comunes en el sur de la región de los trumaos (desde la provincia de Llanquihue hacia el sur), pero también hay áreas muy pumíticas en la parte alta de la cordillera en diversos puntos situados al norte de este límite. Asimismo se percibe un mayor grosor en las partículas de los materiales cinericios a medida que aumenta la proximidad a un volcán, hasta un punto donde toda la ceniza está ocultada por escorias gruesas y eyecciones volcánicas análogas de gran tamaño o por lava reciente. La estratificación de los lechos de ceniza aumenta también al paso que disminuye la distancia al volcán. A cierta distancia de la abertura de éste, donde todas las cenizas son finas, la estratificación de los lechos es a veces muy difícil de percibir si no se examinan algunas muestras de terreno en el laboratorio.

Son pocos los estudios mineralógicos que se han hecho de las cenizas de los suelos de Chile, exceptuado el caso de algunas erupciones volcánicas recientes (por ejemplo, León y Polle, 1956). Observaciones de carácter general revelan que casi todas las capas de ceniza en Chile son originariamente neutras o ácidas. Las arenas volcánicas básicas son relativamente raras y aparecen principalmente en el área de Los Angeles, procedentes del volcán Antuco, de donde descendieron a las tierras bajas constituyendo una súbita corriente de arena relacionada con la ruptura de una barrera de lava situada frente a la laguna de Laja; también hay arenas volcánicas en áreas menores cerca del volcán Llaima, y en las proximidades de algunos de los grupos más meridionales de volcanes, e incluso en varias partes de la provincia de Aisén.

iv) Cubierta vegetal natural (fig. 9)

Para un chileno, la cubierta vegetal natural característica asociada con los trumaos es el roble (Nothofagus obliqua); pero esto es verdad únicamente en una parte limitada de toda la extensión que ocupan estos suelos: el sector entre Chillán y Puerto Octay, paralelamente a la cordillera andina. En las demás partes, los trumaos se asocian con bosques sempervirentes de hoja ancha (los bosques de laurel con abundancia de ejemplares de Laurelia sempervirens, L. serrata, Drimys winteri, Aextoxicon punctatum, y, especialmente en el sur, Eucryphia cordifolia); con bosques mixtos que contienen podocarpáceas como el manio (Podocarpus nibigenus) y el coigüe (Nothofagus dombeyi); con bosques de alerces (Fitzroya cupressoides), - aunque esta magnífica especie maderera se ha talado en casi todas las áreas de trumaos; con los bosques higrofíticos del norte de la Patagonia (Schmithüsen, 1956) dominados por el coigüe, pero con especies asociadas de Weinmannia, Saxegothea, Laurelia y Nothofagus nitida; con bosques de nirre (Nothofagus antarctica); y con bosques de lenga (Nothofagus pumilio). Además de los tipos anteriores de cubierta forestal pueden hallarse también trumaos con vegetación natural de parque y sabanera en que la cubierta es herbácea, con múltiples matorrales dispersos de Acacia cavena ("espino") y grandes ejemplares aislados de roble; y bajo una vegetación arbustiva de pequeño porte, continua, dominada por el maquí (Aristotelia sp.). En las áreas costeras algunas pequeñas manchas de trumaos soportan un bosque sempervirente en que abunda el litre (Lithrea caustica), el boldo (Boldea boldus) y otras especies.

c) Tipos principales de trumaos (fig. 4)

Actualmente no se dispone de suficientes datos de laboratorio para poder establecer con precisión los límites de los principales tipos de trumaos. Sin embargo, es posible indicar la naturaleza general de estos tipos y las probables relaciones mutuas entre ellos, y cuáles son los estudios de laboratorio que aún se necesitan para poder resolver esta cuestión.

Dentro del grupo trumaos se establecen seis subdivisiones principales, cada una de las cuales se caracteriza por una cierta diferencia en el grado de meteorización, en el de lixiviación y en la intensidad de la melanización (incorporación de humus). Estos factores son factores ambientales que actúan durante la formación de los suelos, y no sólo sobre los trumaos sino también sobre todos los demás tipos de suelos vecinos a

éstos. Por consiguiente, estudiando estos otros suelos algo más antiguos asociados con los trumaos se puede adquirir una idea de la influencia del ambiente regional sobre la formación del suelo más amplia que la que se obtendría si se estudiasen solamente los trumaos; generalmente más jóvenes. Ampliando de esta manera el campo del estudio se pueden fijar con mayor seguridad los límites aproximados dentro de los que la meteorización, la lixiviación y la melanización actuales actúan con intensidad aproximadamente igual. Mediante este procedimiento se ha preparado un mapa en que se muestra la intensidad aproximada de estos factores (fig. 10). Existen seis categorías principales de meteorización: ligera, ligera a moderada, submoderada, moderada, moderada a fuerte y fuerte a muy fuerte. Esta última categoría se limita a la isla de Pascua. Dentro de estas seis categorías los suelos muestran grados diversos de lixiviación y melanización, lo cual concuerda bastante bien con los datos pluviométricos y térmicos y con la edad del suelo y otros factores que influyen en la intensidad de los procesos edáficos.

i) A la primera categoría de meteorización pertenecen las manchas dispersas de trumaos de las colinas andinas de las provincias de Talca y Linares; los suelos aluviales y coluviales derivados de ellos del Llano Central; un área muy pequeña de suelos afines, algo pumíticos, alrededor de la laguna del Maule (a 2.100 metros de altitud); unas pocas manchas de loess volcánico a lo largo de la costa, cerca de Tregualemu; y algunas pequeñas extensiones de trumaos en el límite con la pampa patagónica entre los 45°S y los 46°S. Estos suelos ocupan todos poca extensión, pero ninguno de ellos está meteorizado más que ligeramente y todos se hallan en un medio de meteorización relativamente débil, aun cuando difieren bastante entre sí en lo que respecta a la edad, el grado de lixiviación y el grado y el tipo de melanización. Estos suelos son los "septentrionales extremos" de los trumaos de Chile.

ii) En la segunda categoría de meteorización, que se caracteriza porque la huella de la meteorización actual es ligera a moderada, tenemos el área principal de los trumaos de las colinas andinas y de las alturas que se extienden desde el norte de Chillán hasta el sur de Los Angeles, juntamente con los suelos aluviales y coluviales derivados de aquéllos. Cerca de algunos volcanes aparecen manchas de cenizas volcánicas recientes, donde la meteorización apenas ha comenzado, pero, aparte estas manchas, el grado de meteorización parece que es bastante uniforme en toda la zona, y las mayores variaciones en los suelos se deben al lavado y la melanización. Estos suelos representan el grupo "septentrional" de los trumaos.

iii) En la tercera categoría, caracterizada porque la huella de la meteorización actual es submoderada (esto es, más intensa que en la zona precedente, pero sin llegar a ser "moderada") tenemos una importante área de trumaos que tiene su centro en la provincia de Cautín. En esta zona los trumaos se extienden desde cerca de la costa derechamente hasta la frontera con Argentina y comprenden suelos derivados de loess volcánico, alluvium volcánico, loess (volcánico) de acarreos costeros y cenizas volcánicas subaéreas, algunos de los cuales son muy pumíticos. Estos suelos los hay desde muy ligeramente lixiviados hasta lixiviados muy intensamente, y desde débilmente melanizados hasta fuertemente melanizados. Representan el grupo "modal" o "central" de los trumaos de Chile.

iv) En la categoría cuarta, que se caracteriza porque la huella de la meteorización puede considerarse moderada, figuran los trumaos de las provincias de Valdivia, Osorno, Llanquihue y de parte de la de Chiloé. También en esta categoría hay trumaos de edad y de origen diversos, que van de ligera a fuertemente lavados y de ligeramente a muy fuertemente melanizados. Estos suelos representan los trumaos "meridionales".

v) En la quinta categoría, caracterizada porque la huella de la meteorización es de moderada a fuerte, tenemos suelos en el sur de la isla de Chiloé, en Chiloé continental y en la provincia meridional de Aisén. En este caso casi todos los suelos están fuertemente lavados y melanizados, aunque el tipo de melanización varía ampliamente. Estos suelos constituyen el tipo "meridional extremo" de los trumaos de cenizas de Chile.

vi) En la sexta y última categoría de meteorización sólo entran los suelos que se han formado cerca de los conos volcánicos en la isla de Pascua y los suelos volcánicos de loess afines con ellos. Estos suelos representan los trumaos "tropicales".

Con excepción de la categoría sexta, en cuyos suelos las temperaturas casi tropicales han acelerado notablemente el proceso de la meteorización, las otras cinco categorías registran una variación relativamente pequeña en la temperatura media anual (de unos 15°C en el norte a unos 8°C en el sur); y el medio ambiente meteorizante está claramente regulado más por las condiciones medias de humedad del suelo y por el régimen de distribución de las lluvias que por las temperaturas medias del aire o por la precipitación total. Las cinco categorías de meteorización guardan una correspondencia bastante buena con la duración media de la estación seca estival; los suelos de la parte meridional del área de trumaos son suelos algo más fríos y continuamente húmedos, por lo que están sujetos a una meteorización considerablemente mayor que aquella a que están sometidos los suelos más bien cálidos del sector septentrional, relativamente secos casi medio año.

Por supuesto, esta subdivisión de los trumaos de Chile es aún experimental en su mayoría, necesitándose todavía muchos datos esenciales de laboratorio (y más particularmente investigaciones mineralógicas); pero, como podrá apreciarse en las secciones B y C más adelante, esta subdivisión se ajusta bastante bien a las prácticas de aprovechamiento de la tierra y a la experiencia agronómica. En algunos casos, la división propuesta de los trumaos separa suelos que, hasta ahora, se han representado en los mapas como una sola unidad edafológica; por ejemplo, los trumaos denominados anteriormente de Santa Bárbara se han dividido en dos partes, la septentrional, que conserva el nombre antiguo, y la meridional a que se ha dado provisionalmente el nombre de trumao de Cautín.

2. ÑADIS

a) Características generales

Los ñadis poseen muchas de las características físicas y químicas de los trumaos, pero se diferencian bastante de éstos en su morfología. Los ñadis son esencialmente análogos a los suelos "pseudogley", por cuanto están anegados temporalmente debido a que el drenaje se ve obstaculizado y a que se forma en ellos una capa freática colgada a una profundidad comprendida entre 18 cm y 36 cm. A diferencia de lo que ocurre en los suelos pseudogley y gley es raro o inexistente el abigarramiento del subsuelo. El color francamente oscuro de la capa arable de los truamos no falta casi nunca, pero los subsuelos tienen generalmente un color pardo-amarillento más intenso, y se vuelven amarillo-parduscos o amarillos en la zona más afectada por la capa freática colgada. En la base de la capa de cenizas, inmediatamente encima de la grava glacial o aluvial cementada, hay a menudo delgadas capas discontinuas de alios ferruginoso (ferrillo) o una capa de nódulos duros. Por desecación (por ejemplo, por causa del drenaje), en la parte superior del perfil pueden formarse amplias fisuras verticales lo suficientemente regulares para dar al perfil el aspecto de sólidas columnas de suelo.

Los ñadis son por lo general menos "esponjosos" y más consolidados que los trumaos, y con frecuencia son ligeramente más adherentes y plásticos que éstos cuando están húmedos. Muchas de sus características químicas parece que son las mismas que las de los trumaos, si bien algunos de los ñadis tienden a ser categorías de transición a suelos que no contienen una cantidad considerable de arcilla amorfa.

b) El medio formativo

i) Clima

Hacia el límite septentrional del área de los ñadis, las precipitaciones medias anuales oscilan entre 1.200 mm y 1.500 mm, habiendo dos meses, por lo menos, en que la lluvia es inferior a 100 mm pero en la región donde los ñadis alcanzan su máximo desarrollo, las precipitaciones medias anuales están comprendidas entre 1.500 mm y más

de 3.000 mm, no habiendo ningún mes del año en que llueva menos de 100 mm. En esta última zona las precipitaciones durante los tres meses invernales superan frecuentemente los 1.000 mm. En todo el área de ñadis, la temperatura media anual varía entre 10°C y 12°C. En el mes más cálido (enero) la temperatura oscila entre 14°C y 17,5°C, mientras que en el más frío (julio) se halla entre 7°C y 8,5°C (Almeyda, 1958). El cielo está cubierto durante el 60 por ciento del año más o menos. Según Papadakis (1961), la evapotranspiración anual es de 25 cm a 50 cm por año, de manera que el agua de lluvia sobrante que teóricamente queda disponible para la lixiviación a través del suelo es del orden de 175 cm a 220 cm anuales. Actualmente no existen datos evaporimétricos referentes a la región de los ñadis, pero observaciones efectuadas en el campo autorizan a pensar que, en algunos casos, la eliminación del arbolado hace que el suelo se vuelva más húmedo que lo que era anteriormente, y de aquí que la cantidad de agua que se pierde por transpiración directa pueda ser considerablemente superior a la que se pierde por evaporación directa.

ii) Topografía y rocas madres

Todo estudio de los ñadis se debe comenzar considerando el origen de las formas típicas del terreno asociadas con estos suelos y el modo probable de distribución de las cenizas volcánicas en los terrenos correspondientes. Recientes perforaciones hechas por grupos de prospección petrolífera han revelado que la forma del fondo de este sector del Llano Central de Chile varía noteblemente. Por lo general, la roca madre es micasquisto y está cubierta por un manto de 30 m a más de 1.200 m de sedimentos, principalmente arenas y gravas. La parte superior de este manto de sedimentos es de evidente origen glacial (Weischet, 1958), y los ñadis se hallan en superficies horizontales o muy suavemente onduladas entre restos de morrenas. Hay pruebas que hacen pensar que las rocas madres de los ñadis se formaron después de la última glaciación, aunque también se han hallado suelos análogos a los ñadis enterrados, que probablemente datan de los primeros períodos glaciales.

No todos los ñadis aparecen en zonas de glaciación. Los del sector septentrional (por ejemplo, los de Petrufquen) se hallan en antiguas terrazas, y algunos de la isla de Chiloé se relacionan también con terrazas e incluso con depósitos lacustres locales. No es probable que ninguno de estos terrenos sea anterior a la última glaciación. Todos los suelos de ñadi se presentan en superficies llanas o muy suavemente onduladas (fig. 11 A).

El perfil estratigráfico de los ñadis está muy simplificado en comparación con el de los trumaos adyacentes de terrenos más accidentados y, por lo general, no existe ninguna correlación reconocible de la serie estratigráfica entre estos últimos suelos y los ñadis vecinos. Otro problema es el del modo en que se depositaron los materiales volcánicos originarios. Generalmente, la formación carece de piedras y grava, aun cuando en la isla de Chiloé, los subsuelos de ñadis contienen a menudo cantos de cuarzo redondeados muy finos, especialmente abundantes en los horizontes inferiores. En el caso de Chiloé es fácil suponer que los materiales componentes del suelo fueron llevados a su emplazamiento actual por el agua, no obstante lo cual, aparte las gravas redondeadas finas, no existe ninguna otra indicación del posible origen aluvial de tales materiales. Además, éstos muestran corrientemente un notable espesamiento hacia el borde de la terraza (véase fig. 11 B) lo cual es difícil de suponer se debe únicamente a la deposición desde una masa de agua, y es casi imposible de imaginar cuando hay varios niveles de terrazas cubiertas todas al parecer con el mismo tipo de depósito de cenizas y que obedecen más o menos a un tipo común de estratificación.

Una explicación más lógica es que la roca madre del suelo se depositó probablemente en forma de loess rico en vidrios volcánicos sobre las anchas planicies de depósitos glaciáricas de una zona periglacial. La presencia de algunos que otros finos cantos rodados de cuarzo en el material quizás no indique nada más que la fuerza del viento y la probabilidad de que la superficie del terreno se congeló periódicamente permitiendo el que los cantos se desplazasen una cierta distancia. El origen de

estos cantos nunca está muy distante; por lo general proceden de depósitos morrénicos arenosos cercanos. Se han observado algunos casos en que estos cantos evidentemente han variado de posición a causa de movimientos muy locales de masas de agua, lo cual es también completamente factible en un terreno helado sometido a un deshielo periódico e incluso a solifluxión.

La discrepancia entre el espesor de los materiales volcánicos en los llanos de ñadis y en las tierras bajas cubiertas de trumaos se debe probablemente a la distorsión de las corrientes eólicas por causa de la topografía de las tierras bajas, que permitió la formación de un depósito más espeso del polvo volcánico transportado por el viento merced a una corriente de aire más turbulenta. El hecho de que en las rocas madres de los ñadis se perciba una estratificación débil y que en las rocas madres de los trumaos vecinos se observe una estratificación muy marcada, sirve de indicación de que el polvo no tuvo siempre la misma procedencia durante todo el período de acumulación. En los trumaos existen también capas de depósitos bien definidas y en algunos casos puede verse que estas capas de depósitos se prolongan, sin interrupción, hasta los ñadis donde su espesor es mucho menor, aunque siguen conservando la misma composición básica.

Una teoría tentativa sería, pues, suponer que las rocas madres de los ñadis son de origen eólico principalmente y que casi todas ellas se depositaron después de la última retirada de los hielos de esta parte del sur de Chile. Los materiales más antiguos depositados de esta misma manera al final de las primeras glaciaciones fueron casi totalmente destruidos por la erosión de las tierras bajas relacionada con la abertura de nuevos cauces de desagüe durante los varios períodos interglaciales. El proceso de la acumulación del loess no cesó inmediatamente al terminar la retirada de los glaciares, sino que prosiguió durante la primera parte del período postglacial cuando el suelo volvía a congelarse intermitentemente y se prolongó toaavía más, en algunas áreas, permitiendo la deposición de loess sobre las primeras terrazas aluviales. El proceso terminó por último probablemente cuando la tierra volvió a cubrirse de vegetación.

A veces se encuentran fragmentos de suelos más antiguos análogos a los ñadis, algunos de ellos muy ricos en materia orgánica (y que quizás contienen valiosos residuos de polen), conservados en capas de cenizas cementadas incluidas en restos morrénicos. Se cree que las capas de cenizas cementadas de este tipo representan materiales cinericeos que se depositaron sobre la superficie de glaciares y penetraron gradualmente en el hielo glacial. Estas cenizas quedaron posteriormente libres al retirarse los glaciares y los materiales depositados se cementaron (al parecer por la acción de silicatos de calcio y de magnesio), permitiendo la conservación de otros materiales existentes en el hielo glacial. Entre estos materiales había lentejones relativamente grandes e irregulares de suelo congelado, arrancados de la superficie del suelo preglacial por el frente del glaciar en su avance. Estos lentejones no son tan corrientes en las morrenas de la última glaciación, que fue una glaciación relativamente moderada, pero lo son mucho en las de la glaciación penúltima. De esta manera, cementados todavía en cenizas relativamente sin meteorizar, se pueden hallar aún suelos que datan de al menos el penúltimo período interglacial. Algunos de estos suelos fósiles están tan bien conservados que se puede deducir su orientación primitiva (unos están invertidos y otros se hallan en la actualidad perpendicularmente a su posición original) y ver que el delgado banco ferruginoso o ferrillo del horizonte "B" primitivo está todavía intacto. Muchos de estos restos no son simplemente suelos fósiles de cenizas volcánicas, sino que son claramente suelos de ñadi fósiles. Estos suelos merecen que se los investigue mucho más a fondo que lo que se les ha investigado hasta ahora. También hay suelos más antiguos conservados en materiales cinerfceos cementados del segúndo período glacial; estos suelos deben de representar restos fósiles de los terrenos del primer período interglacial y son más dignos de estudio todavía.

iii) Cubierta vegetal natural

En el norte, que es donde aparecieron por vez primera, las manchas de vegetación ñadi se perciben por diferenciarse en cierto modo del resto del paisaje; en el centro del área que ocupan son la característica dominante en el paisaje, y en su límite meridional se mezclan con turberas y bosque higrofítico muy húmedo de la zona templada fría. En toda esta área climática no hay una sola especie vegetal que pueda decirse que sea característica de la vegetación ñadi, y los árboles dominantes varían de norte a sur y también con las condiciones locales del suelo. Por comparación con las comunidades forestales circundantes, los bosques ñadi se caracterizan, sin embargo, por la preponderancia de especies de características xerófilas. La flora ñadi es rica "en Myrtaceae, Ericaceae, Berberidaceae, Juncaceae y Cyperaceae. El aspecto general es el de una espesura poco alta, relativamente densa, con un estrato inferior herbáceo densísimo en que abundan musgos, especialmente esfágnidos y helechos" (Rodríguez, 1948). Otra característica de los bosques ñadi es la extrema cortedad de los sistemas radicales de los árboles. Entre las especies que se hallan comúnmente en la vegetación ñadi figuran: Drimys winteri (canelo), Tepualia stipularis (tepu), Embothrium coccineum (ciruelillo), Ovidia pillopillo (pillopillo), Aristotelia chilensis (maquí), Lomatia ferruginea (fuinque), Lomatia obliqua (radal), Barberis buxifolia (calafate), Gümnera chilensis, Verbena corymbosa, Lomaria chilensis, Lomaria pennamarina, Baccharis saggitalis, Oldenlandia uniflora, Isolepsis vivipara, Juncus procera y Juncus planifolius. Menos corrientes por lo general, pero a veces de gran importancia local, son las especies Myrceugenia planipes (patagua valdiviana), Myrceugenia pitra (pitra), Myrtus luma (luma), Podocarpus nubigensis (mañio), Saxegothea conspicua, Pilgerodendrom uviferum, Guevina avellano (avellano), Eucryphia cordifolia (ulmo), Desfontainea spinosa (taique), Fitzroya patagonica (alerce), Weimania trichosperma, etc. En muchas áreas el árbol que domina es Nothofagus; los ambientes más fríos favorecen a N. antartica (ñirre); los más pantanosos favorecen a N. nitida, mientras que N. pumilio (lenga) y N. dombeyi (coigüe) son más frecuentes en las áreas más frías y más lluviosas. Entre Puerto Montt y el lago Llanquihue existía en otro tiempo un área de ñadi dominada enteramente por ejemplares muy grandes de Fitzroya.

Los ñadis, que son suelos en que los procesos edáficos están fuertemente influidos en parte por el anegamiento estacional, el pequeño contenido de oxígeno y la evolución estacional de procesos de gleyización del suelo, pueden considerarse suelos mal drenados afines a los trumaos específicos de su región particular de meteorización. Los ñadis aparecen primeramente en la tercera zona de meteorización, alcanzan su máxima expresión en la cuarta zona y desaparecen como entidad definida en la quinta zona de meteorización. Por ello, puede que sea más conveniente considerarlos, como se hace actualmente en Chile, un grupo bastante distinto de los trumaos. En la mitad meridional de la provincia de Llanquihue, donde las precipitaciones superan frecuentemente los 2.000 mm anuales, la acumulación excesiva de hojarasca ácida produce una capa arable francamente turbosa en muchas de las localidades con suelos de ñadi. Todavía más al sur, en la isla de Chiloé (hacia los 42°00'S) la capa arable turbosa es una característica general de todos los ñadis en su estado natural. A unos 42°25'S, cerca de Mocopulli, en la isla de Chiloé, en algunas de las áreas de tierras bajas más llanas, ciertos ñadis comienzan a mostrar una considerable acumulación de turba, y la vegetación forestal es reemplazada por comunidades de juncáceas, por asociaciones de Gleichenia, Pernettya y Baccharis, manchas dispersas de Donatia y por especies características de los tremedales como Sphagnum, Tetroncium y Marsippospermum. En el extremo meridional de la isla de Chiloé desaparecen los rasgos característicos de los ñadis, sumergidos completamente en el "bosque higrofítico del norte de Patagonia" (Schmithusen, 1956) dominado por Nothofagus dombeyi. En esta latitud (es decir, a unos 43°00'S) ya no es aplicable el concepto de nadi; tampoco es ya posible identificar áreas estacionalmente pantanosas definidas, puesto que, con una precipitación superior a 3.000 mm anuales distribuida uniformemente durante todo el año, todos los suelos de esta parte se caracterizan por una humedad abundante continua.

En la sección C se dan algunos ejemplos de ñadis. No existe ninguna tendencia general perceptible de formación de suelos correspondiente a los cambios en el medio ambiente, como ocurre en el caso de los suelos trumao.

B. USO, MANEJO Y PRODUCTIVIDAD DE LOS TIPOS PRINCIPALES DE ANDOSOLES EN CHILE

La actividad agrícola en los trumaos mejora de norte a sur, alcanzando su eficacia máxima en la región de Osorno. Por tanto, el cultivo agrícola tiene un sentido directamente opuesto al general de la fertilidad del suelo, medida por el contenido de bases de éste. En grado considerable esta anomalía aparente se debe a la mejora constante de las condiciones de humedad del suelo en el verano, que neutralizan el aumento del lavado del mismo ocasionado por el aumento de las precipitaciones, pero también deriva de una combinación de diversos factores históricos, sociológicos y psicológicos.

Algunos de los trumaos se vienen cultivando desde hace muchos siglos. Tanto los araucanos como, probablemente algunos de sus predecesores, se dedicaron extensivamente a la agricultura de subsistencia. Se cree que los incas, que en su avance victorioso hacia el sur llegaron hasta el límite septentrional de la zona de trumaos, idearon un sistema de intercambio de maíz y otros cereales por patatas y productos agrícolas semejantes cultivados por los inconquistables araucanos de las tierras situadas más al sur (Latcham, 1924).

Después de la conquista española sólo la parte más septentrional del área de trumaos fue objeto de colonización. Durante todo el período colonial español, e incluso durante muchos decenios de los primeros tiempos de la República, el área principal (central) de trumaos permaneció totalmente bajo el dominio de los araucanos. Por ello, en la historia de Chile, el cultivo agrícola se inició relativamente tarde en grandísima parte de tales suelos. Casi todos los de la provincia de Cautín, todos los de la de Valdivia y la mayoría de los de la de Osorno fueron inasequibles para los españoles y para los primeros colonos chilenos. De hecho, en estas tres provincias hay todavía muchas áreas reservadas específicamente para que las cultiven las tribus indígenas. Más al sur del límite meridional del territorio araucano, que estaba cerca de Osorno, los españoles primero y más tarde los chilenos ocupaban el país y cultivaron la tierra desde fecha muy temprana, pero esta región (en que se incluye la isla de Chiloé y otras tierras situadas todavía más al sur) están tan alejadas de la capital, Santiago, que los agricultores dependieron por completo largo tiempo de sus propios recursos. Por ello, el régimen de tierras que prevaleció en estas provincias meridionales era muy distinto del régimen característico de los latifundios que se estableció en el sector septentrional de los trumaos. Es cierto que el sur surgieron algunos latifundios, pero el régimen agrícola fundamental era el de la agricultura de subsistencia y durante muchos decenios sólo una cantidad sin importancia de la producción se "exportaba" a Santiago y a Lima, sede de la Audiencia. A medida que los araucanos fueron absorbidos gradualmente en la estructura de la República, parte del área central principal de trumaos fue asequible a un cultivo agrícola más intensivo, pero para entonces el nivel técnico de la agricultura era mucho más elevado. No obstante, apareció un tercer régimen de tierras, en que se mezclaban sutilmente latifundios, minufundios, colonos usurpadores y agricultores tribales. Más tarde, cuando se produjo un éxodo de agricultores de Europa, se favoreció el asentamiento de muchas comunidades raciales distintas en las áreas central y meridional de los trumaos. Si este influjo no alteró notablemente el régimen de tierras existente al menos llevó nuevas ideas y nuevas técnicas a la región.

Así, pues, las consecuencias del cultivo agrícola han sido muy desiguales en tres de las regiones de trumaos. En las diferentes regiones, la agricultura se inició en condiciones diversas, en épocas muy distintas y en regímenes económicos dispares. Todavía existen importantes diferencias sociológicas y psicológicas entre los grupos de agricultores de las distintas regiones de trumaos, diferencias que, actualmente, oscurecen en parte la influencia de las desigualdades en las propiedades básicas del suelo. En efecto, no es infrecuente, en Chile, que el ritmo del progreso de la agricultura se relacione a menudo más íntimamente con la historia de la colonización de la tierra que con las propiedades intrínsecas del suelo.

1. SISTEMAS ACTUALES DE USO DEL SUELO

En esta sección se intenta hacer un breve resumen de los principales tipos de uso de la tierra que actualmente se efectúan en los trumaos y ñadis.

El centro de Chile es justamente famoso por la diversidad de cultivos que pueden darse en él, pero la lista de ellos se acorta considerablemente en las zonas donde comienzan a aparecer los trumaos. Los cultivos que todavía pueden obtenerse en estos suelos son: trigo, cebada, centeno, maíz, avena, lino, papas, colza, remolacha azucarera (betarraga sacarina), girasol, trébol y gramíneas para pasto. Esta lista sufre una nueva reducción en la región de los trumaos meridionales y los ñadis, donde el mayor frío y las lluvias más intensas hacen que, por ejemplo, el cultivo del maíz y la producción de girasol y colza sean inseguros y mucho menos provechoso.

En general, las posibilidades agrícolas de los trumaos septentrionales (los comprendidos entre los ríos Maule y Malleco) se conocen muy mal, excepción hecha de algunos suelos aluviales volcánicos regados donde se ven fundos excelentes. En esta región el trigo se considera generalmente cultivo comercializable directamente esencial, y los prolongados barbechos herbáceos que se necesitan para que los suelos se recuperen después de un período de cultivo del trigo se estiman un mal inevitable. Son pocos los agricultores que procuran utilizar esta excelente oportunidad para establecer praderas de gran producción para mentener ganado. Esta región septentrional es, ante todo, una región de latifundistas, muchos de los cuales poseen muchas más tierras de las que pueden cultivar adecuadamente y el provecho que sacan del cultivo del trigo (que se hace cada año en tierras diferentes en prolongada rotación en todo el terreno) son más que suficientes para satisfacer al propietario de las tierras, que raramente vive en la actualidad de modo contimuo en su propiedad. Por consiguiente, las grandes ventajas agrícolas de estos trumaos para la cría de ganado se desaprovechan frecuentemente, y la mayor parte de las praderas que se ven en la actualidad en estos suelos consisten en especies gramíneas y herbáceas espontáneas, casi todas ellas de poco valor nutritivo como pasto. Por el contrario, los trumaos meridionales se siembran de una serie más amplia de cultivos y el sistema de rotación es más riguroso y está planeado con mayor cuidado. Los trumaos centrales (Cautín) se explotan de un modo que es aproximadamente intermedio entre ambos extremos. En el sur, la preponderancia tradicional del trigo ha desaparecido (si es que, en verdad, logró jamas dominar la psicología del agricultor). En la región central, los cultivos cerealistas están originando actualmente una agricultura más diversificada. Tanto en la región central como en la meridional se practica más que en la zona de trumaos septentrionales el período de barbecho de gramíneas entre una y otra cosecha. En el centro y en el sur pueden verse los trumaos en su ser verdadero, es decir: suelos magníficos para la cría y el engorde de ganado y para el apacentamiento de ganado lechero, si se los maneja adecuadamente.

El actual régimen de explotación agrícola en los trumaos guarda una estrecha relación con las formas del terreno. En la cordillera andina grandes extensiones de trumaos están todavía cubiertas de arbolado; en parte, este bosque se explota selectivamente, pero parte de él está aún relativamente virgen. En este área la penetración de la agricultura se debe únicamente a familias de colonos (virtualmente usurpadores, puesto que con frecuencia no tienen derecho alguno sobre la tierra) que han desbrozado pequeñas parcelas de las tierras montañosas y la mayoría de las estrechas planicies aluviales para poder tener un medio de vida que se basa en tres actividades: cultivo de cereales, cultivo de subsistencia y obtención de carbón vegetal. Es lamentable que estas familias precursoras sean a menudo causa de daños graves (si bien generalmente involuntarios) al bosque circundante, aunque sí son ellas las principales responsables de la mayor parte de los incendios forestales que ocurren todos los veranos. Estos incendios se traducen inevitablemente en una grave erosión de las circundantes laderas pendientes, cubiertas de cenizas, de la cordillera.

Un tipo de agricultura bastante más organizado se efectúa en las colinas exteriores de los Andes, donde gran parte de la tierra es prácticamente la prolongación hacia el interior de grandes latifundios cuya explotación se centra en las planicies

y las terrazas del llano Central. En estas colinas cubiertas de trumaos, casi todos los bosques primitivos han sido talados y, después de un período de cultivo del trigo y la avena, o bien se los ha dejado revertir a praderas naturales o bien se los mantiene sobre todo en empastada aunque se los cultiva y siembra de cereales a intervalos regulares. Es característico de estos trumaos de las colinas el poseer aún diseminados grandes robles que no se talan para que proporcionen sombra al ganado y madera para diversas aplicaciones. Estos árboles presentan una copa extraña porque generalmente se los poda todos los otoños para obtener leña para los obreros que trabajan en los fundos. Como casi todas las labores de cultivo se efectúan con parejas de bueyes la presencia de estos grandes árboles no constituye un obstáculo importante para la producción agrícola, aunque a veces se observa fácilmente que la existencia de árboles causa una gran variación en la maduración y en el rendimiento en los sembrados de avena o en los trigales y, especialmente, en el cultivo de lino, debido sobre todo a la competencia por el agua y a los efectos de la sombra.

Los trumaos de los declives ondulados y de las terrazas altas que hay frente a las planicies bajas y las terrazas inferiores se explotan generalmente de manera muy intensiva. Antiguamente (y aún hoy día en algunos lugares) estos suelos estaban sometidos a un régimen de cultivo continuo. Año tras año se recolectaban cereales, hasta que se vio que la grave pérdida de fertilidad y la pérdida de suelo por la erosión eólica estaban aminorando notablemente la productividad de la tierra. En la actualidad se va generalizando la explotación agrícola más racional, con rotaciones cortas y largas de pastizal entre cada año o cada dos años de cultivo; las excepciones son los fundos que se arriendan únicamente con la idea de obtener rápidos beneficios de la tierra. Desgraciadamente, hay todavía demasiados fundos en Chile que se explotan con esta idea.

Los trumaos de las planicies y las terrazas bajas están casi en su totalidad bien cultivados. En muchos fundos se han construido sistemas de riego locales y el nivel de la explotación agrícola es frecuentemente elevado. La betarraga sacarina que actualmente se cultiva complementa el cultivo de los cereales, con lo cual el agricultor puede obtener unos ingresos bastante estables y garantizados. Al disponer de ingresos más seguros los agricultores pueden modernizar y mecanizar los métodos de trabajo. Una porción considerable de la producción lechera de Chile procede de los trumaos meridionales, en los que también se explota una gran cantidad de ganado para carne.

Según Roberts y otros (1958) la superficie dedicada al cultivo del trigo en los trumaos era de unas 150.000 Ha, es decir, casi la mitad de toda la superficie de cultivo de este cereal en Chile por aquel entonces. El rendimiento medio era de unos 20 quintales por hectárea, lo cual es un rendimiento bajo, pero en los años buenos se podían obtener hasta 25 quintales por hectárea. En el caso de la avena, aproximadamente 88 por ciento de toda la que se recolectó en Chile procedía de trumaos (en 1958), con un rendimiento medio de 16 quintales por hectárea, y de hasta 50 quintales en los años buenos.

La historia agrícola de los suelos de ñadi se halla solamente en sus comienzos, puesto que la explotación de estos suelos no cuenta aún cien años. En los primeros tiempos la labor de roturación de los bosques y de drenaje del terreno limitaba grandemente la extensión real que se podía dedicar al cultivo agrícola. Hoy día con la asistencia del gobierno, se está efectuando un esfuerzo considerable para incorporar estos suelos a la economía agrícola del país. Los ñadis requieren una explotación inteligente, pues cuando se los maneja como es debido dan cosechas excelentes de papas, betarraga sacarina, avena, trigo y lino y, además, proporcionan excelentes pastizales para el ganado lechero y para el vacuno para carne y para el ganado ovino. Los ñadis ocupan unas 700.000 ha, pero es algo menos de la mitad de esta superficie la que actualmente se explota con provecho.

Así pues, los trumaos de Chile constituyen un capítulo importantísimo de la riqueza nacional, por lo que todas las investigaciones edafológicas y las pruebas experimentales de manejo del suelo que se efectúen en estos suelos traerán como consecuencia, más pronto o más tarde, la mejora de la economía agrícola del país. Sin embargo, debe

recordarse que el uso de estos suelos no es en modo alguno exclusivamente agrícola: aproximadamente dos tercios de la superficie total de trumaos tiene mayores posibilidades forestales que agrícolas. De hecho, en muchos lugares la extensión de la agricultura a las pendientes laderas montañosas cubiertas de cenizas de la zona meridional sólo puede conducir a una erosión más desastrosa, según se aprecia ya muy claramente de lo que ocurre en la provincia de Aysén, (Wright 1963, en prensa). Los suelos alofánicos tienen también importancia para los ingenieros, puesto que poseen muchas propiedades físicas peculiares que requieren un tratamiento ingenieril especial (Díaz, 1959; Wright, 1961).

2. MANEJO DEL SUELO

a) Prácticas generales de manejo

Existe una considerable uniformidad en las prácticas de manejo u ordenación en toda la región de trumaos; pero en todas las áreas de ñadis se ejecuta hoy día un sistema ligeramente diferente de tales prácticas. Donde se efectúan prácticas que difieren de lo normal, éstas están dictadas generalmente por las formas especiales del terreno o por factores relacionados con la disponibilidad de agua para el riego. Lo que se dice a continuación es, pues, aplicable a la mayoría de los fundos establecidos en trumaos y ñadis; no se refiere ni a los mejores ni a los peores, sino al tipo medio de fundo y de agricultor, y es aplicable más específicamente a los trumaos de los declives accidentados y ondulados que se extienden a lo largo del pie de la cordillera andina.

Al preparar la tierra para el cultivo, los antiguos pastizales se roturan con un arado de vertedera monosurco, arrastrado por bueyes o caballos, o con tractores que llevan tras de sí arados de vertedera de surco múltiple o pesados arados de disco. Parece ser que existe una tendencia universal entre los agricultores a arar demasiado tarde y demasiado profundamente. La arada se inicia generalmente a fines de primavera o a fines de otoño, cuando la cantidad de pasto en los pastizales ha disminuído con el inicio de la sequía (arada a fines de primavera) o de las temperaturas bajas (arada a fines del otoño). La labor de arada se hace frecuentemente deprisa y rara vez bien. Gran cantidad del pasto existente en el terreno queda todavía enraizado en él y la superficie del suelo queda muy desigual. En el caso de la arada primaveral tardía para preparar la tierra para sembrar el trigo en otoño, se establece un barbecho de verano. Durante este barbecho se produce generalmente un desarrollo espectacular de malas hierbas, entre las que abunda la "chepica" (Agrostis sp.) que brota fácilmente de rizomas rotos sólo parcialmente con el arado. A esta planta acompañan otras malas hierbas anuales y perennes de todos los tipos. Frecuentemente, es poco lo que se hace para eliminar estas malas hierbas, a no ser cerca de la época de la siembra cuando lo que virtualmente se ha convertido en un pasto espontáneo prontamente denso recibe una labor de cierta amplitud con una rastra de discos u otro instrumento análogo, para preparar el asiento.

En este asiento poco prometedor se siembra la semilla a mano y después se da una pasada con la rastra de discos para cubrir las semillas. Cuando se usan abonos pueden distribuirse también en este momento los fosfatos. Es costumbre utilizar una densidad de siembra relativamente considerable para compensar las pérdidas que ocurren posteriormente por causa de la competencia de las malas hierbas y las debidas a los ataques de los insectos terrícolas. Por desgracia, muchos asientos son muy herbosos y están someramente preparados y desigualmente consolidados. La germinación se manifiesta frecuentemente en rodales o manchas y las plantas jóvenes muestran por lo común síntomas muy evidentes de deficiencia de nitrógeno. El trigo es el principal cultivo de los que se siembran en otoño y la densidad de siembra supera generalmente los 160 kilos por ha, mientras que los abonos fosfatados (corrientemente de tipos relativamente solubles como "Bifos", "Guano Rojo" y superfosfato) se aplican a razón de 80-120 unidades por ha y casi siempre a voleo.

Durante el desarrollo de la cosecha puede observarse que, en casi todos los casos, las raíces de las plantas muestran una clara aversión a penetrar mucho en el subsuelo, y una planta madura presenta a menudo un sistema radical que consiste prácticamente en

esferas de cortas y próximas raíces superficiales que surgen de la base de un tallo que revela muy escasa brotadura. En la época de la recolección la mayoría de los sembrados están muy ralos, por lo que no es sorprendente saber que con frecuencia los rendimientos son sólo del orden de 800 a 1.000 kilos por ha. Este modesto beneficio agrícola no podría tolerarse si el costo de la mano de obra en el campo no fuese también pequeño. Posiblemente tales rendimientos no bastan para reunir el capital que necesita invertirse en nueva y mejor maquinaria. Actualmente se invierte mucho más dinero en maquinaria para la recolección que en maquinaria para la preparación y la conservación del suelo. Quizá la explicación de ello está en que, en algunos fundos, la época de la recolección es casi la única época del año en que el propietario va a su propiedad a vigilar las faenas agrícolas.

La calidad del manejo del suelo mejora de norte a sur, pero muchas de las características anteriores (que se refieren sobre todo a la preparación del terreno para el cultivo del trigo) pueden observarse aun en lugares situados tan al sur como la provincia de Osorno. Con este tipo de manejo del suelo es notable que el cultivo del trigo se considere provechoso, pero ocurre que el trigo es uno de los pocos cultivos que goza de un cierto precio garantizado y es también un cultivo históricamente importante en Chile. Pero, ciertamente, no es el más apropiado ni para los trumaos ni para los ñadi.

Los cultivos más apropiados para ambos tipos de suelos son sin duda ninguna las gramíneas y el trébol, excepto en los suelos aluviales volcánicos de las llanuras donde casi todos los suelos se prestan muy bien a los cultivos arables. En general, estos cultivos deben considerarse parte integrante de un sistema de rotación, asociado con la roturación de los antiguos pastizales y fase de la preparación de nuevas praderas. Por ello los cultivos arables deben considerarse medio de aprovechamiento de la fertilidad acumulada durante el tiempo que el terreno ha estado dedicado a pastos.

El manejo del suelo dedicado a praderas dista mucho, por lo general, de ser bueno. La mayoría de los fundos estan inadecuadamente subdivididos, de lo que resulta que la regulación del pastoreo es muy poco eficaz; que es escasa la labor de eliminación de las malas hierbas que inevitablemente surgen; que la supresión de las zarzas sólo se hace por lo general mediante quemas que a menudo destruyen más postes de las cercas que zarzas; que con frecuencia rara vez, ni regularmente ni adecuadamente, se distribuyen en las praderas abonos de cobertera; y que brilla por su ausencia toda una serie de prácticas análogas de manejo que puede decirse que son corrientes entre quienes cultivan praderas en suelos semejantes en Nueva Zelandia. La consecuencia de todo esto es que lo que en la primera temporada parece ser una pradera prometedora se deteriora rápidamente en un prado muy pobre de poco valor alimenticio constante. Por falta de una distribución regular en cobertera de abonos fosfatados y por falta de una eficaz ordenación del pastoreo el trébol desaparece por lo general de la pradera a una velocidad alarmante. También es grande el daño que ocasionan los escarabajos y otros insectos rizófagos. Sólo unos pocos agricultores, principalmente de las regiones de trumaos de los tipos central y meridionales pueden mostrar praderas de primera clase bien manejadas, pero el hecho de que estos ejemplos existan sirve de indicación del provecho que puede obtenerse de estos suelos si se los maneja apropiadamente.

En lo que respecta a los cultivos arables distintos del trigo los suelos están frecuentemente manejados con más cuidado, pero, a pesar de ello son muy frecuentes los casos de rendimientos bajos debidos a una germinación desigual ocasionada por lo inadecuado de la preparación de los asientos; los casos de desarrollo lentísimo y desigual después de la germinación imputables a la presencia de manchones de gramíneas; la aplicación, en general, de cantidades inadecuadas de abonos nitrogenados y fosfatados; la indefensión de los cultivos contra los ataques de los insectos y las enfermedades; y los casos de la reducción considerable de los rendimientos de los cultivos por la competencia que establecen con éstos las malas hierbas y también por lo desigual de la maduración. Todos estos factores se deben fundamentalmente a un mal manejo del suelo.

Lo que sigue se refiere principalmente a ciertos aspectos concretos de este manejo.

b) Labores

Se ha dicho ya que, en general, los agricultores que explotan trumaos efectúan la labor de arada demasiado tardíamente, demasiado apresuradamente y demasiado profundamente. De los datos de carácter químico que se presentan en la sección C se deduce que, en los trumaos, una parte muy considerable de la fertilidad natural reside en la capa arable o capa superior del suelo. No sólo el contenido de bases de esta capa arable es muy superior al de la del subsuelo, sino que el poder de fijación de los fosfatos es en aquélla ligeramente menor y, además, las plantas tienen la posibilidad de extraer parte de sus necesidades de fosfatos de los complejos fosfatados orgánicos del sistema húmico. Por ello, toda técnica u operación que tienda a diluir el material componente de la capa arable con el del subsuelo será perjudicial para el desarrollo de los cultivos. Otro factor más es que las capas arables naturales son por lo general levemente compactas, mientras que el subsuelo inmediatamente subyacente es a menudo muy pulverulento y friable. Lo mejor es tratar de hacer más compacto este último horizonte y no revolverlo y mezclarlo con la capa arable.

En vez de utilizar arados de vertedera (que en todo caso no son eficaces para abrir el surco, debido a la falta de granos de arena cuarcítica en el suelo: -véase Roberts, y otros, 1958) o pesados arados de disco se necesita un instrumento que desmenuce el pasto viejo y remueva la capa superficial del suelo al tiempo que apelmaza la capa del suelo subyacente. Cuando el contenido de humedad del suelo es normal se puede utilizar una rastra de discos corriente para preparar un asiento excelente en los trumaos, pero el terreno tiene que labrarse varias veces en pasadas perpendiculares, y los bordes cortantes de los discos deben disponerse lo más correctamente posible para que la penetración sea sólo superficial. Cuando el tapiz herbáceo es muy espeso y resistente conviene hacer una labor preliminar con un simple deshierbador. Todo instrumento o todo procedimiento mediante el que se consiga profundizar más de 15 cm no es conveniente, pues esta profundidad es excesiva, debiendo preferirse la labor que profundice 10 cm y deje los restos del tapiz herbáceo bien desmenuzados.

Después de conseguir el grado conveniente de desmenuzamiento del pasto antiguo se puede todavía mejorar el tempero alternando las labores de asentamiento con un rulo ligero y de rastreo, hasta obtener un asiento muy firme, liso y uniforme. Cuando la tierra se ha de dejar en barbecho estival una labor periódica con una rastra ligera de discos de tipo excéntrico mantiene el terreno casi libre de malas hierbas. Si este tratamiento deja la superficie del terreno demasiado pulverulenta se puede usar otra vez el rulo. La pasada de éste es muy importante, especialmente en el barbecho estival, para conservar la humedad del suelo. Los suelos ricos en arcillas alofánicas necesitan mantenerse ligeramente húmedos para obtener en ellos los mejores resultados. Todo procedimiento que aminora la pérdida de humedad contribuye a impedir la desecación de la arcilla del suelo y, por lo tanto, reduce la agregación de la arcilla en partículas de tamaño de las de limo, que son fácilmente arrastradas por el viento y por ello vuelven lentamente a su estado amorfo original cuando el terreno se humedece por la acción de la lluvia.

Las semillas de todos los cultivos, sin excepción, deben penetrar en el suelo, y los abonos fosfatados se deben aplicar, conjuntamente con las semillas o paralelamente a éstas, al sembrar. La siembra debe ir seguida de una nueva labor con un rulo ligero, labor que es especialmente necesaria cuando el suelo está más bien seco, pero que no deberá omitirse incluso aunque el suelo esté muy húmedo.

El objetivo que se persigue con todas estas operaciones es aumentar la consolidación del suelo; no alterar la capa arable del mismo; desmenuzar y distribuir el humus herbáceo todo lo uniformemente posible, y conservar en el suelo la humedad de que éste disponga. La debida satisfacción de los requisitos de los trumaos en cuanto a la labranza permitirá además reducir las pérdidas en el cultivo ocasionadas en el invierno

por el levantamiento de la helada; contribuirá a prevenir la proliferación de los insectos terrícolas, y reducirá las pérdidas imputables a la competencia que establecen las malas hierbas y a la maduración desigual.

Un número muy considerable de estas observaciones es igualmente válido para los suelos de ñadi. Estos suelos plantean un problema inicial de mal drenaje, pero al resolver este problema muchos agricultores caen en el error de drenar excesivamente el suelo, por lo que, en el verano, llegan a encontrarse frente a un problema equivalente al que supone un tipo de trumao rico en humus y más bien ácido, en el que el principal factor limitativo de la producción es realmente la falta de humedad. En efecto, es muy fácil drenar en exceso los ñadis.

Las exigencias de estos suelos en lo que concierne a la labranza guardan una íntima relación con las operaciones de drenaje. Estas dos cuestiones se estudian más a fondo en la sección siguiente relativa a la conservación de la humedad, riego y drenaje del suelo.

c) Conservación de la humedad, riego y drenaje del suelo

Cada uno de estos tres aspectos del manejo del suelo se relaciona íntimamente con las propiedades características de las arcillas alofánicas y arcillas amorfas análogas. La alófana es una sustancia coloidal amorfa que, cuando está húmeda, puede dilatarse encerrando un volumen relativamente considerable de agua y retener gran parte de esta agua contra la absorción normal de las raíces de las plantas o la evaporación superficial. En condiciones de sequedad intensa los coloides pierden lentamente el agua y se contraen. Frecuentemente las partículas coloidales adyacentes al contraerse se agrupan formando conglomerados de partículas coloidales. Estos conglomerados, cuando están completamente secos, tienen un tamaño parecido al del limo fino y reabsorben el agua con mucha lentitud. A menudo el suelo puede aparecer muy seco y, sin embargo, bajo la influencia de una temperatura nocturna muy baja, el agua puede extruirse formándose largas columnas de hielo como las que se ven corrientemente en invierno en las trincheras de las carreteras. Cuando se le comprime entre los dedos, el suelo que tiene la textura aparente del limo o de la arena fina puede expulsar por extrusión agua suficiente para hacerle claramente resbaladizo o untoso al tacto.

Estas propiedades físicas son particularmente importantes cuando los suelos se someten a un régimen de humedad notablemente diferente de su régimen de humedad normal: por ejemplo, cuando los suelos normalmente húmedos se drenan (como en el caso de los ñadis); o cuando los suelos forestales se aclaran, se aran y se siembran de cultivos arables; o cuando los trumaos se someten a un riego continuo. El agricultor que trate de introducir cambios radicales y bruscos en el ambiente del suelo debe recordar que, frecuentemente, el suelo, en un principio, tarda en reaccionar ante las nuevas condiciones. No obstante, cuando los suelos comienzan a modificarse pueden hacerlo con gran rapidez y en manera inconveniente. En el caso de los suelos ricos en arcillas amorfas es muy necesario que los agricultores frenen su impaciencia y apliquen la técnica de manejo consecuente paulatinamente, para que puedan reducirse al mínimo las variaciones bruscas, irreversibles en último término, en el sistema edáfico.

La conservación de la humedad del suelo en los trumaos bien drenados se ha mencionado ya al hablar de las labores. La conservación es siempre un aspecto importante del manejo de estos suelos, pero tiene además una importancia considerable en los ñadis drenados. El mejor modo de conseguir la conservación es manteniendo la tierra constantemente en un estado de consolidación. En los trumaos septentrionales, el naturalmente liviano y esponjoso horizonte superior del subsuelo tiene que transformarse gradualmente en una capa firme y compacta si se quieren obtener resultados óptimos. Este horizonte poco consolidado disminuye de espesor y esponjosidad en los trumaos centrales y casi desaparece en los trumaos meridionales; pero, con frecuencia, aparece con caracteres marcados en los ñadis drenados. Dos tipos de rulos, uno ligero y otro pesado, construidos preferiblemente de pequeños segmentos independientes, son instrumentos fundamentales en el parque de maquinaria agrícola de los agricultores que explotan andosoles chilenos, especialmente

cuando la densidad normal de animales en los prados es más bien pequeña, (por ejemplo, como ocurre en los fundos en que la insuficiencia de cercas subdivisoras impide un manejo muy vigilado del ganado).

Los problemas del riego en los trumaos son bastante más delicados. Casi todos los andosoles en riego proceden de aluvium volcánico y, por ello, tienen un origen menos puro que los trumaos procedentes de loesso de ceniza subáreas. Los andosoles contienen más partículas de cuarzo y, a menudo, relativamente menos arcilla amorfa, debido a que están mezclados con otros tipos de arcilla. Puede ocurrir que, en un principio, el agua de riego tarda en penetrar en estos suelos, pero, una vez que la superficie de éstos se humedece, el agua desciende bastante rápidamente a través del perfil. Por esta razón los suelos dan su producción máxima cuando el agua de riego se aplica con relativa frecuencia y en cantidad debidamente regulada. El sistema tradicional en Chile de inundar el terreno de una vez rápidamente con cantidades enormemente excesivas de agua puede que sea muy útil en algunos suelos, pero constituye un despilfarro enorme en los trumaos a los que, a la larga, puede perjudicar. Durante el intervalo relativamente largo que transcurre entre los riegos sucesivos de esta naturaleza las arcillas amorfas tienden a contraerse formando agregados que, como son lentos en reabsorber el agua, penetran en las grietas y fisuras del terreno cuando se aplica a la superficie del suelo una carga excesiva de agua. Estos agregados, a su vez, bloquean los poros naturales del suelo y causan la deterioración de la rizosfera. Cuando los horizontes inferiores del suelo son poco compactos (y esto es lo que ocurre a menudo en muchos trumaos y ñadis) el riego excesivo produce un anegamiento temporal del subsuelo, que además influye de manera adversa en la eficiencia del sistema radical de las plantas. Este régimen de mojadura y desecación alternadas no es en modo alguno apropiado para los andosoles (a menos que la tierra se vaya a dedicar al cultivo del arroz), por lo que los agricultores que inviertan capital en sistemas de riego para trumaos deberán tener un cuidado particular en que el agua se aplique al terreno de manera sensible y económica.

En el caso de los ñadis las prácticas agrícolas que se observan en Chile parece que son principalmente una adaptación de las que se utilizan corrientemente en los suelos semipantanosos de América del Norte. En esta parte de América no abundan los suelos semejantes a los ñadis con gran proporción de arcilla amorfa (excepto, quizás, en ciertas comarcas de los Estados de Oregón y Wáshington) y, por ello, es menos sorprendente que, debido a la falta de estudios efectuados en los suelos de Chile, los agricultores de este país no obtengan los mejores resultados de los ñadis.

Las operaciones iniciales de drenaje comienzan con la excavación a mano de un sistema de drenes abiertos, una vez que se ha eliminado en el terreno la cubierta forestal natural. Estos drenes se excavan invariablemente hasta la grava compacta y cementada que, por lo común, se halla aproximadamente a un metro de profundidad. En este estado la tierra se dedica durante algunos años al pastoreo, mientras que los árboles, la maleza y los tocones restantes se van eliminando gradualmente. Es frecuente durante este período la construcción de otros drenes laterales profundos. Pasados varios años de duro trabajo el agricultor ha conseguido crear un área de tierra agrícola, limpia y drenada, con suelos que están lo bastante secos para mantener ganado durante toda la estación invernal lluviosa. Sin embargo, la cantidad de pienso que se saca de estas praderas en verano es la más de las veces muy pequeña. En varios fundos esto se debe ciertamente al excesivo drenaje propio de las condiciones estivales, pero la causa de ello es menos evidente en los fundos donde se utiliza normalmente los abonos y la explotación del ganado se hace con arreglo a buenos principios.

El resultado del drenaje excesivo de estos andosoles puede ser más grave que lo que muchos agricultores suponen. En las condiciones naturales los subsuelos de ñadi están constantemente húmedos, incluso durante la época más seca de un verano anormalmente seco. En su estado natural la arcilla amorfa está probablemente continuamente hidratada y lleva así largo tiempo. Cuando se inician las operaciones de drenaje el agua superficial corre hacia los drenes y después, más lentamente, las capas del subsuelo comienzan a descargar agua en ellos. Si los drenes son profundos el proceso es más o menos continuo y los suelos pierden constantemente agua, excepto durante los períodos

realmente lluviosos cuando hay una cierta reposición de agua en las capas superficiales del terreno. Pasados algunos años, la pérdida de agua en la parte superior del subsuelo es lo bastante grande para que la arcilla se deshidrate (esto es, pierda el agua que anteriormente retenían las partículas de arcilla coloidales) durante el verano y la arcilla se contraiga considerablemente. Las partículas de arcilla adyacente se aglomeran para formar nuevas partículas del tamaño de las de limo fino. Una vez que están bien secas, estas partículas son difíciles de humedecerse de nuevo y cuando llegan las primeras lluvias, después de un período de sequía, parece ser que descienden en el perfil penetrando en grietas y fisuras. En algunos suelos estas partículas tienden a apretarse y a acumularse (a menudo esto ocurre a lo largo de la intercara entres dos estratos de ceniza que no tienen relación entre sí) formando un banco duro temporal de limo que se convierte en un obstáculo para el drenaje en invierno. Con el tiempo, la arcilla recupera parte de su facultad de absorción de agua y se comporta como un horizontes enriquecido de arcilla que puede constituir un grave impedimento para el drenaje y origina capas freáticas colgadas. Muchos de los ñadis cultivados muestran un desarrollo incipiente de estos horizontes enriquecidos de limo y arcilla en el subsuelo superior, que frecuentemente impiden la penetración del agua en el subsuelo inferior durante el otoño y la primera parte del invierno. Los materiales del subsuelo inferior se humedecen merced a la ascensión gradual, normalmente lenta, de la capa freática verdadera que sube desde el sustrato guijoso compacto. La zona seca del subsuelo, entre la capa freática superior (colgada) y la capa freática inferior (verdadera), desaparece únicamente cuando el nivel de la capa freática inferior asciende hasta establecer contacto con el agua colgada de encima.

Un subsuelo ñadi perfectamente seco tiene un aspecto impresionante con grietas muy anchas, más bien regulares, debidas a la contracción, que se extienden desde la base de la capa arable hasta el sustrato guijoso. Jamás se hallan en condiciones naturales suelos que se hayan desecado hasta este grado y, por fortuna, rara vez se los encuentra en tierras de cultivo, a no ser en los taludes de las excavaciones hechas en las cunetas de las carreteras y en las zanjas de drenado muy profundas. Los suelos que han alcanzado este punto de desecación consienten un drenaje muy rápido, y en ellos los materiales del subsuelo tienden a contraerse con el paso del agua del subsuelo, lo que hace que el mantenimiento de los drenes sea una preocupación constante para los agricultores cuyos terrenos se hallan próximos a un estado de sobredrenaje.

La finalidad de la mejora de la tierra en los suelos ñadi debe ser el descenso gradual de la capa freática, acompañado de la consolidación, también gradual, de la tierra. Durante estas operaciones, no deberá dejarse nunca que el subsuelo se seque. Sería mucho mejor efectuar todas las operaciones de limpieza y descepe antes de iniciar la labor de drenaje y, más tarde, una vez que la tierra esté bien desembarazada y nivelada se debe trazar ligeramente el esquema del sistema de drenaje en la capa arable con un arado o una rastra antes de establecer la cerca. En este estado la tierra se puede utilizar muy bien para pastos de verano, pero quizá sea necesario mantener el ganado alejado del terreno durante la parte más húmeda del invierno. Los suelos se someten generalmente en verano a labores efectuadas con maquinaria pesada, y en esta época del año se pueden efectuar pasadas sucesivas de la rastra de discos y el rulo, y, por último, la siembra de gramíneas de pasto y trébol, acompañada siempre de la aplicación de abonos.

Después de dejar transcurrir algunos años en estas condiciones, la consolidación de la capa arable y del subsuelo superior exige profundizar los drenes. Esto puede hacerse con máquinas o a mano, pero en esta fase de las operaciones de mejora esta profundización no debe llegar siempre hasta el sustrato compacto, excepto en el caso de los ñadis muy poco profundos. Debe recordarse que este sustrato no es, por lo general, un manto liso sino que tiene una superficie ligeramente ondulada, independiente de las ondulaciones de la superficie del terreno. Como consecuencia de ello, ciertas áreas son áreas naturalmente encharcadas difíciles de drenar. En algunos suelos ñadi donde esta característica es corriente la única solución está en levantar un mapa topográfico de las dos superficies (la del sustrato y la superficie del terreno) y proyectar canales subterráneos que permitan dar salida al agua acumulada en las áreas encharcadas más elevadas. Para hacer esto puede que se necesiten explosivos, pero en todos los casos los canales excavados deberán rellenarse de maleza cubriéndolos después con tierra y nivelando ésta.

Con la realización de esta segunda fase del sistema de drenaje el terreno está listo para el cultivo intensivo. Pueden instalarse entonces nuevas cercas y la tierra puede trabajarse en manera semejante a como se trabajan los trumaos, insistiendo en las labores que afectan a la superficie del suelo y, si es necesario, en el empleo del rulo para mantener la consolidación. También deberá insistirse en la aplicación regular de abonos, que se echarán cercanos a las semillas cuando se trate de abonos fosfatados. Se vigilará atentamente el manejo del ganado para impedir que las malas hierbas invadan las praderas. La diferencia principal entre el manejo del suelo en los ñadis adecuadamente drenados y los trumaos naturalmente bien drenados está en la necesidad de un mayor cuidado al elegir las condiciones correctas de humedad del suelo para las operaciones de labranza. Esto es especialmente importante en el caso de los ñadis.

d) Conservación del suelo

Los agricultores poseedores de tierras trumaos no han adoptado ampliamente medidas de conservación del suelo. Esto se debe, en parte, al excelente tempero que por naturaleza tienen estos suelos que soportan un mal tratamiento mucho mejor que muchos de los suelos asociados del conjunto local de suelos y, en parte, a la falta de conocimiento de la sutil acción de la erosión del suelo. El Servicio de Conservación del Suelo del Ministerio de Agricultura ha hecho amplias demostraciones de tiempo en tiempo de sistemas sencillos de conservación del suelo apropiados para estos suelos, pero las demostraciones han tenido frecuentemente repercusiones mínimas en las prácticas siguientes de los agricultores locales.

Dos son los tipos de erosión que prevalecen: la erosión eólica de los materiales de la capa arable de las tierras de labor y la erosión laminar y en surcos de las laderas cultivadas. Esta última clase de erosión ocurre incluso en las tierras de pendiente muy suave, en virtud del hecho de que las capas arables secadas por el sol absorben con bastante lentitud el agua de las lluvias intensas, y al comienzo de la precipitación se forma al principio un volumen considerable de agua de escurrimiento superficial que arrastra consigo cantidades notables de material de la capa arable. Los tipos de erosión más profunda (por ejemplo, la formación de cárcavas y el deslizamiento) son menos comunes, excepto en los suelos de la falda de la cordillera andina, donde son frecuentes los deslizamientos espectaculares y los aludes de detritos que se extienden por tierras roturadas para el cultivo (Wright y Mella, 1961). En la Provincia de Aysén, en la que el manto de cenizas en las laderas pendientes descansa difícilmente sobre roca subyacente sin meteorizar, toda alteración de la maraña de raíces de los árboles puede ocasionar la precipitación sobre el caserío del valle de millones de toneladas de tierra, rocas y árboles (Vogt, 1948, pág. 188).

Por consiguiente, la erosión dista mucho de ser inexistente en los trumaos, como muchos agricultores afirman. La erosión puede aparecer también, en forma de erosión en surcos, en los ñadis en terrenos de pendiente muy suave. Las medidas de conservación del suelo necesarias son, por lo general, bastante sencillas. En el caso de la erosión espectacular en los Andes, evidentemente las faldas empinadas de las montañas no deben deforestarse y sobre los agricultores del valle debe pesar la seria amenaza de la confiscación de sus tierras si no observan los métodos apropiados de lucha contra los incendios, cuando queman la vegetación de segunda generación que invade sus tierras. En los terrenos de relieve en pendiente debe adoptarse más generalmente la arada siguiendo las curvas de nivel y la labranza de la tierra a lo largo de estas líneas. Esto atañe particularmente a los agricultores de Chiloé, donde los suelos más fértiles se hallan principalmente en terrenos muy accidentados o algo montañosos y donde es práctica casi universal, efectuar los cultivos en hilera (principalmente papas) en el sentido de la pendiente que a menudo supera los 20°. Indudablemente, en Chiloé esta costumbre se basa en el propósito de conseguir un drenaje máximo para neutralizar las intensas precipitaciones. No obstante, la pérdida general de capa arable del suelo es tan grave que una considerable superficie de terreno no puede actualmente cultivarse, y en muchas partes se observa un marcado descenso de la productividad. La arada y el cultivo siguiendo las curvas de nivel se practican en cierta medida en las

provincias de Osorno, Cautín y Llanquihue, pero en modo alguno son tan generales como debieran serlo. Desgraciadamente, estas valiosas técnicas son prácticamente desconocidas de los latifundistas de la región de trumaos septentrionales.

En el caso de los trumaos la conservación del suelo es prácticamente sinónima de conservación de la humedad, y la práctica de la consolidación (por apelmazamiento) del suelo contribuye también a disminuir las pérdidas debidas a la erosión eólica. En la mayoría de los trumaos (y en muchos ñadis), el bosque natural se aclaró sin pensar en dejar cortinas protectoras contra los vientos dominantes. Hoy día, los vientos barren libremente el terreno llevándose consigo partículas de tierra de la suelta y pulverulenta capa arable, arada profundamente, que es especialmente vulnerable cuando el terreno está desnudo antes de la siembra y luego cuando, después de la recolección, se quema el rastrojo. Este polvo (el "trumao" de los indígenas) se amontona formando dunas en los badenes de las carreteras y a lo largo de los setos y constituye parte de la porción mejor del suelo arrancado de las tierras de labor.

e) Empleo de los abonos

El empleo correcto de los abonos es parte fundamental del cultivo agrícola en los trumaos y ñadis. Como se pone de manifiesto en diversos puntos de este informe, el poder de fijación de fosfatos de los suelos de cenizas volcánicas alofánicas es excesivamente grande y esto se complica con un fenómeno que parece ser que se relaciona con la toxicidad ocasionada por el aluminio. Ciertas plantas (por ejemplo, la betarraga sacarina) apenas prosperan, a no ser que se les proporcione algún fosfato; y la obtención de rendimientos económicos razonables de los cultivos requiere que los fosfatos se apliquen al suelo muy cerca de las semillas. Cuando, en el caso de las plantas sensibles al aluminio, no se emplean abonos fosfatados, estas plantas apenas pasan la fase inicial de plantita. Las plantas jóvenes sobreviven algún tiempo merced a los principios nutritivos contenidos en sus cotiledones, pero, cuando aquéllas tienen solamente unos centímetros de altura su crecimiento se detiene poco a poco, se vuelven cada vez más amarillentas y acaban presentando manchas necróticas crecientes hasta que todas ellas mueren. Se cree que este fenómeno, que aún es objeto de investigaciones activas, se debe a la toxicidad del aluminio (E. Letelier, comunicación personal, 1963). Es de gran importancia para la recientemente establecida industria azucarera que este problema se conozca bien.

El de la fijación de los fosfatos en estos suelos parece ser que es algo semejante al estudiado con algún detalle en Nueva Zelandia (por ejemplo, Saunders, 1956, 1959; Jackman, 1955) y en muchos otros países. La cantidad total de fosfatos que contienen tales suelos puede que sea bastante considerable, pero la mayor parte, con mucho, de esta cantidad se halla en compuestos orgánicos o está ligada a las superficies de intercambio de aniones ya sea directamente o ya por intermedio de alúmina y hierro. En ninguna de estas formas son los fosfatos fácilmente absorbidos por las raíces de las plantas. Schenkel (comunicación personal, 1961) ha mostrado que en muchos suelos trumaos hasta 90 por ciento de la cantidad de fosfatos añadidos se altera pasando a formas difíciles de extraer. En Nueva Zelandia, en algunas capas arables de cenizas volcánicas, hasta 60 por ciento de los fosfatos del suelo puede hallarse en forma de fosfatos orgánicos que sólo son asequibles para las plantas a un ritmo muy lento. Para neutralizar esta propiedad intrínseca del suelo los agricultores deben dedicar atención especial a la distribución de cobertura regular de fosfatos, empleando cantidades relativamente grandes y métodos que permitan situar los fosfatos en el suelo cerca de las raíces de las plantas. Si la fijación de los fosfatos fuese la única limitación a la fertilidad en estos suelos sería de esperar que las formas de fosfatos muy solubles y muy finamente divididos se fijasen más fácilmente en el suelo, mientras que podría esperarse que las formas de fosfatos molidos groseramente o aglomerados artificialmente tuviesen un efecto más duradero en la nutrición de las plantas en estos suelos. Sin embargo, la presencia de un factor de toxicidad, que parece ser que se relaciona con una forma activa

de aluminio, introduce una complicación más, pues el mejor y el más rápido modo de neutralizar la toxicidad debida al aluminio es, al parecer, la aplicación de alguna forma de fosfatos muy soluble o incluso una solución de fosfatos. Por esta razón la opinión de los agricultores se halla dividida actualmente entre los que afirman obtener los mejores resultados con las formas de fosfatos más solubles y los que están en favor de las formas lentamente solubles. Esta importante cuestión merece ulteriores investigaciones.

Muchas plantas sembradas en trumaos y ñadis presentan síntomas de deficiencia de nitrógeno en el primer período de su desarrollo y casi todas ellas responden bien a las aplicaciones de este elemento. En Chile no es legal todavía el uso de los abonos amónico-nitrogenados sintéticos en lugar del nitrato de sodio, y es poco dudoso que los cultivadores establecidos en trumaos y ñadis sean castigados por infracción de esta ley. La experiencia adquirida en otros países enseña que, en los andosoles, el nitrato amónico es un abono de uso mucho más satisfactorio y económico. En parte, la necesidad de nitrógeno deriva de la naturaleza herbosa de muchos asientos, lo cual es causa frecuentemente de que los cultivos crezcan en manchas aisladas. El nitrógeno escasea algo, en general, en casi todos los trumaos y ñadis, según atestigua el evidente mejoramiento del desarrollo de los cultivos en las áreas ocupadas anteriormente por antiguas acumulaciones de heno, y por la mayor intensidad del verde de los pastos que crecen en los lugares en que quedaron excrementos de los animales que apacentaron allí en otro tiempo.

La aplicación de cal a los trumaos y ñadis es objeto de cierta controversia. Según revela la medida del pH, la mayoría de los suelos tienen una reacción que va de débilmente ácida a fuertemente ácida y el calcio sustituible del complejo de cambio de cationes es frecuentemente escaso. Tomando como base estos datos sólo, se podría imaginar que estos suelos habrían de responder bien al encalado, sobre todo en el caso de aplicarse la cal juntamente con cantidades adecuadas de superfosfato revertido, pues de este modo se podría neutralizar parte del poder de fijación de fosfatos del suelo. Sin embargo, los resultados de las pruebas hechas sobre el terreno no son concluyentes, excepción hecha posiblemente de las efectuadas cerca de los límites meridionales del área de trumaos, donde muchos agricultores consideran que el encalado es claramente conveniente. Existen diversas razones posibles de esto, todas las cuales hacen intervenir la alúmina y los coloides de aluminio. Por ejemplo, recientemente se ha demostrado (Fox, de Datta y Sherman, 1962) que, en las condiciones tropicales de Hawaii, una de las reacciones importantes de la cal en los suelos ácidos parece ser que es la sustitución del aluminio sustituible en el complejo de cambio por el calcio con la consiguiente formación de hidróxido de aluminio. En Nueva Zelandia es costumbre aplicar la mayor parte de la cal (con fosfato) a las praderas, y no directamente a la tierra arable, aproximadamente en la época de la siembra; posiblemente esta es la razón por la cual el encalado se considera generalmente beneficioso para el cultivo en las condiciones reinantes en Nueva Zelandia, aunque su utilidad en Chile siga siendo todavía dudosa. Asimismo, debe recordarse que la mayoría de los trumaos chilenos están menos meteorizados que los suelos análogos de Nueva Zelandia y que existe la posibilidad de interacción entre la cal y los productos iniciales (iónicos) de la meteorización de los vidrios volcánicos en las condiciones reinantes en Chile. Es posible que en este país se necesiten enmiendas muy considerables de cal para obtener una respuesta de igual magnitud a la que se obtiene en Nueva Zelandia, como igualmente es posible que la época de la aplicación de la cal deba ser bastante distinta. La aplicación de la cal distribuyéndola en los surcos al tiempo de sembrar es un procedimiento que merece la pena ensayarse en Chile.

Son pocos los agricultores que aplican regularmente abonos potásicos en sus tierras. Experimentos cuidadosos (Letelier, comunicación personal) muestran que en casi todos los trumaos y en muchos ñadis no se produce una reacción económica a las adiciones de abonos potásicos. En general, esto está de acuerdo con los datos químicos que indican que en los suelos existen normalmente cantidades suficientes de potasio sustituible. También es cierto que hay algunos suelos que tienen un índice pequeño de potasio sustituible y, sin embargo, responden de manera inapreciable a este elemento. En vista del elevado costo de los abonos potásicos importados no debiera propagarse su empleo hasta tanto que no se disponga de nuevos resultados experimentales.

En lo que concierne a las necesidades teóricas de potasio de estos suelos es interesante observar que las cenizas originales rara vez contienen silicatos de tipo estratificado que pudieran meteorizarse transformándose en minerales arcillosos hojosos del tipo de la illita (Fieldes y Swindale, ibíd, 1954) que pueden fijar el potasio en formas difícilmente asequibles. De aquí que cuando se agota el potasio sustituible del complejo cambiador de cationes la única fuente de nuevo potasio sea el que procede de la meteorización de minerales primarios; y que cuando la mayor parte de este potasio se agota (lo que llega a ocurrir en la zona ambiental más intensamente meteorizada donde la superficie del suelo no recibe nuevas aportaciones de cenizas volcánicas) puedan aparecer síntomas de deficiencia de potasio. Esto quizá ocurra actualmente en el caso de algunos suelos de la isla de Chiloé en los que recientemente se han observado síntomas de deficiencia de potasio en los patatales. La extensión del cultivo de la betarraga sacarina en la isla de Chiloé quizá dé mayor realce a esta deficiencia incipiente.

Un comentario análogo puede hacerse acerca de la utilización del magnesio y de los elementos secundarios en los trumaos y ñadis. En los pocos ensayos que se han efectuado no se han observado respuestas señaladas o consecuentes, aparte una notable, aunque irregular, al azufre que se ha percibido en algunos suelos. El azufre, en forma de sulfatos, responde muy bien en algunas estaciones (más particularmente con el trébol) pero este efecto no puede garantizarse en estaciones posteriores. Evidentemente existe alguna relación entre esta respuesta y la actividad microbiológica estacional en condiciones de humedad diversas. Como la microbiología del suelo es una rama casi inexplorada de la edafología en Chile la validez del empleo de compuestos sulfurados como enmiendas del suelo debe esperar el desarrollo de la investigación microbiológica en este país.

El boro se ha utilizado ampliamente como enmienda del suelo en la región de los trumaos meridionales y de los ñadis, hasta tal punto que hoy día es difícil poder decir con precisión cuál era la situación de muchos suelos agrícolas de la región en lo que respecta a dicho elemento. Sin embargo, rara vez aparecen síntomas de deficiencia de boro en los campos chilenos de betarraga sacarina no pudiendo precisarse en qué grado esto se debe a la acumulación residual de boro en el suelo resultante del amplio uso de este elemento en años anteriores o a la presencia de cantidades suficientes del mismo que, por naturaleza, contienen los suelos. Para aclarar esta cuestión es necesario que se hagan ensayos con boro en suelos estrictamente vírgenes.

Son muy pocas las investigaciones espectrográficas hechas en los suelos de Chile, pues, al parecer, los aparatos de espectrocopía existentes en el país se usan principalmente para demostraciones y fines docentes. No se tiene una idea clara del contenido de elementos secundarios de los andosoles ni en comparación con el de otros suelos de Chile ni con suelos semejantes de otros países. Recientemente se han efectuado algunos trabajos relativos a los suelos volcánicos de la isla de Pascua (Wells, comunicación personal, 1962; y Díaz y Wright, en prensa) en los que se demuestra que estos suelos son aproximadamente equivalente, en lo que se refiere a los elementos secundarios, a los suelos análogos de Nueva Zelandia septentrional y las islas del Pacífico.

f) Cultivos y sistemas de cultivo

Esta cuestión del manejo del suelo se ha estudiado ya parcialmente en los primeros apartados de esta sección. En general, apenas existen en estos suelos de Chile sistemas de cultivo firmes. El trigo se siembra frecuentemente cuando el agricultor necesita unos ingresos inmediatos, sin observarse sistema alguno de rotación de los cultivos ni tenerse en cuenta el estado de las praderas que se han de arar. Otros cultivos se siembran de igual manera que el trigo, pensando más en las perspectivas económicas del mercado, o porque algunos agricultores consideraron el cultivo muy provechoso el año anterior, que no obedeciendo a un plan de manejo. Esto causa alarmantes fluctuaciones en el volumen de la producción, pues se alternan la escasez y los excedentes de productos, lo que, a la larga, desalienta y empobrece a muchos agricultores, pese a sus esfuerzos. En Chile, un año de precios altos de un producto agrícola determinado va casi siempre seguido de un año de exceso de producción y precios muy bajos.

Por esto, es dudoso que, aparte del sector de la zootecnia, se pueda esperar se elaboren planes de sistemas de cultivo sin el estímulo de precios garantizados y mercados seguros. Sólo en el relativamente nuevo sector del cultivo de la betarraga sacarina, en el que el mercado y un precio de compra estipulado están asegurados, comienzan a elaborarse planes de sistemas de cultivo.

g) Problemas de manejo del suelo

Algunos de estos problemas se han examinado ya anteriormente, por lo que quizás convenga ahora resumirlos y recordar su relación con las propiedades del suelo inherentes a todos los andosoles.

Estos suelos poseen varias ventajas especiales para el agricultor. Las arcillas alofánicas floculadas comunican al terreno friabilidad y excelente tempero y, por consiguiente, los suelos pueden trabajarse en condiciones de humedad muy diversas. Ni siquiera un mal agricultor puede dejar de sacar beneficio de estas propiedades. En este aspecto de los suelos no existe problema alguno de manejo.

Sin embargo, la friabilidad y el buen tempero van acompañados de flojedad y esponjosidad excesivas en muchos trumaos y estas propiedades sí que presentan problemas de manejo que deben resolverse mediante una labranza poco profunda y apisonando el suelo para hacerlo más compacto.

La compacidad ayuda por sí mismo a la conservación de la humedad del suelo en los trumaos. Como los trumaos septentrionales (y en cierto grado también los trumaos centrales) están sujetos a una sequedad estival aguda el uso de instrumentos para dar compacidad a la capa arable y a los horizontes superiores del subsuelo tiene una doble finalidad en el manejo del suelo.

Los problemas de drenaje se presentan sobre todo en los ñadis y en los pocos trumaos que derivan de aluvium volcánico y están sometidos a un riego excesivo. En el caso de los ñadis los drenes no deben hacerse profundos al principio, debiendo procurarse mantener el suelo razonablemente compacto y húmedo durante época más seca del verano para impedir que se abran fisuras en el subsuelo y se formen luego cerca de la superficie capas que impidan el drenaje. Este, en los ñadis, debe ser un proceso de profundización gradual y no el actual sistema de intentar producir un cambio súbito y considerable en el régimen de drenaje al comienzo de las operaciones.

La falta de interés por las medidas de conservación del suelo, aún de las más sencillas, es un problema del manejo del suelo de escala muy diferente. La mayoría de los cultivadores de trumaos y ñadis estima que estas cuestiones son de importancia secundaria al lado de los problemas, más evidentes, de la fertilidad del suelo. A pesar de todo, el problema existe y sus consecuencias perjudiciales se irán acumulando.

El problema de manejo que más preocupa a la mayoría de los agricultores es el de cuáles son los abonos que deben usarse. El interés se extiende frecuentemente a la compra de unos pocos sacos de abono, pero el contenido de estos sacos se esparce por lo general sobre la mayor superficie posible, en muchos casos con muy poca fé en los resultados. Utilizados de esta manera los abonos rara vez dan resultados perceptibles. Empleando cantidades de abonos fosfatados equivalentes a sólo unas 50 unidades por hectárea distribuidas sobre la superficie del terreno, muy poco del fosfato así empleado pasará a nutrir las plantas. El empleo de los abonos debe tomarse en serio y se debe efectuar siguiendo un plan establecido de antemano, y los abonos se deben aplicar correctamente al suelo y a los cultivos en perfecto estado, pues, de no ser así, no se hace sino tirar el dinero. En el caso de los trumaos y ñadis, el desembolso inicial para la compra de abonos tiene que ser inevitablemente considerable, pues se debe comprar de antemano una cantidad suficiente para tener la seguridad de que se dispondrá de abono bastante cuando llegue el momento de tener que utilizarlo. Todos los abonos deben almacenarse

cuidadosamente y protegerse contra la humedad. Llegado el momento de la aplicación el abono se debe esparcir en cantidades precisas, mediante máquinas apropiadas para conseguir una distribución adecuada. En estas condiciones el empleo de los abonos, y más especialmente de los fosfatados, pagan un buen dividendo en los trumaos y ñadis. Debe recalcarse que esta operación no es precisamente de las que pueden dejarse al criterio de un capataz agrícola insuficientemente capacitado. Los dos capítulos principales de los despilfarros agrícolas en Chile son el mal empleo de las aguas y las compras de abonos.

El aspecto final del manejo, aspecto que presenta muchas facetas, se refiere a la falta de planes agrícolas o a la falta de adhesión a los planes agrícolas preparados cuidadosamente. Esto se debe ante todo a la grave inseguridad de la agricultura en Chile. El latifundista tradicional sufre menos esta inseguridad que el pequeño agricultor entusiasta, bien intencionado, y trabajador. Aquél tiene su plan general de operaciones, basado en un pequeño desembolso anual y en la obtención de pequeños rendimientos por unidad de superficie en un gran número de hectáreas de un fundo extenso: trabaja de acuerdo con el principio de que incluso pequeños rendimientos obtenidos en una gran extensión constituyen una renta saneada. El pequeño agricultor tiene que luchar más para hacer que su tierra produzca, quizás incluso adopta un programa agrícola a largo plazo, pero no está lo suficientemente a cubierto de las bruscas alternativas de la economía y una y otra vez, en su afán de seguir siendo solvente, se ve obligado a adoptar algún expediente que viene a ser un escarnio de su programa a largo plazo. Por varias razones, los vientos del cambio de la economía pueden ser muy fuertes en Chile -país donde el crédito financiero no es fácil de conseguir y los tipos de interés son notablemente elevados- de forma que los agricultores que deben constituir la espina dorsal del sistema agrícola son realmente los más vulnerables. En parte este factor contribuye en gran manera a explicar la grandísima frecuencia de la venta de propiedades rurales en Chile.

3. PRODUCTIVIDAD DEL SUELO

Es imposible ocultar el hecho de que la productividad del suelo, medida por los rendimientos medios de los trumaos y los ñadis, es deplorablemente pequeña. En la región de los trumaos septentrionales, incluso en los años buenos, el rendimiento medio de trigo puede ser inferior a 100 Kg por hectárea. En los fundos mejor explotados, en las campañas buenas, el rendimiento puede pasar de 3.000 Kg por hectárea; y aun este rendimiento es probablemente muy inferior al que estos suelos podrían dar si se los cultivase como es debido. La diferencia entre los rendimientos peores y los mejores en cualquier distrito es asombrosamente grande y refleja más que nada la gran diversidad existente en la calidad del manejo del suelo.

La producción de pastos probablemente también es muy inferior a las verdaderas posibilidades de los suelos. En grandes extensiones la capacidad de apacentamiento no es más que de una unidad oveja por hectárea (0,2 unidades de ganado vacuno por hectárea); mientras que la mayoría de los suelos de las regiones central y septentrional podrían fácilmente ponerse en condiciones de poder sostener dos unidades de ganado vacuno por hectárea. En algunos casos esta cifra se podría duplicar mediante una planificación agrícola exacta y un cuidadoso manejo del suelo. Un aumento décuplo en la productividad no sería posible en todos los fundos, pero las cifras de producción de algunos de los mejores fundos de las regiones de Cautín y Osorno indican que este aumento está dentro de lo posible.

Como el mal manejo del suelo es la causa fundamental de la mayor parte de los fracasos de la producción en estos suelos conviene poner de manifiesto que el prestar atención a sólo uno o dos aspectos de tal manejo con exclusión de los demás no sirve sino para extender los factores limitativos. Cuando se tenga el propósito de invertir dinero en la compra de maquinaria agrícola apropiada para las condiciones del suelo, deberá disponerse también del capital preciso para la adquisición de los abonos necesarios y de los productos químicos destinados a combatir todo brote repentino de malas hierbas y las plagas de insectos, etc. Todas las fases de la cadena del manejo del

suelo tienen que cubrirse análogamente. En realidad, podría parecer que estos suelos no son apropiados para que los exploten agricultores con recursos limitados. No obstante, en Nueva Zelandia grandes extensiones de suelos de cenizas volcánicas han sido adquiridas precisamente por agricultores de este tipo, es decir, por personas con recursos financieros muy limitados, pero respaldadas por créditos abundantes de tipo de interés pequeño. El trabajo puede efectuarlo el pequeño agricultor, pero el ambiente financiero debe prepararse de antemano.

4. APLICACIONES Y PROBLEMAS INGENIERILES

Los materiales que constituyen los trumaos y ñadis tienen pocas aplicaciones en ingeniería y presentan muchos problemas ingenieriles.

Tanto los trumaos como los ñadis drenados tienen una densidad aparente muy pequeña, una gran capacidad de campo y una gran capacidad de retención de agua en estado normal, no obstante lo cual, sometidos a fuerzas exteriores, pueden cambiar su naturaleza muy radicalmente, según se demostró durante el terremoto de mayo de 1960.

Por lo que concierne a la densidad aparente de estos suelos, una capa de suelo seco, de 1 Ha de superficie y unos 7,5 cm de alto, pesa sólo aproximadamente 400.000 Kg, lo que equivale a poco menos de la mitad del peso de un volumen equivalente de la mayoría de los demás suelos chilenos. Además, el suelo es muy poroso en su estado natural y cuando está muy húmedo sus poros pueden retener una cantidad considerable de agua. Existe, pues, la posibilidad de una gran diferencia entre el peso de un determinado suelo seco y el peso del mismo suelo cuando está húmedo.

En general, los trumaos y ñadis, cuando están completamente secos, se comportan en modo muy parecido a la arena muy fina o el limo. Por lo general resisten la penetración del agua inicialmente, pero cuando están completamente humedecidos su comportamiento es semejante al de la arcilla, pues realmente son suelos arcillosos. Mediante un tratamiento apropiado se los puede dispersar por completo, en cuyo caso la fracción arcilla alcanza porcentajes muy grandes.

Durante el terremoto de 1960 se pudo percibir que materiales ricos en alófana se habían usado para muchas aplicaciones ingenieriles para las que no eran convenientes. Los ejemplos más graves eran los del empleo de arcilla alofánica para rellenar irregularidades del terreno en la construcción de cimientos de edificios y en la construcción de rampas de tierras en los accesos a puentes y pasos superiores sobre vías férreas. La mayoría de los puentes y la mayor parte del sistema de carreteras de cemento no sufrieron las consecuencias del movimiento sísmico, pero grandes trozos del sistema viario quedaron intransitables inmediatamente después del terremoto, debido al derrumbamiento de las rampas de tierra de acceso a los puentes. Se probó que todos los casos de daños graves de esta índole se habían debido al empleo de materiales de trumaos o ñadis sacados de las tierras inmediatas al lugar de empleo (véase también, Wright, 1961, pág. 144). Estos materiales, cuando no están muy secos, parecen muy apropiados para rellenos, pero son extraordinariamente falsos cuando están húmedos y no pueden soportar cargas pesadas en este estado. Sometidas al choque de las ondas sísmicas, las arcillas parece ser que exudaron agua en cantidad suficiente para casi pasar al estado líquido, por lo que muchos edificios resbalaron literalmente sobre las superficies lubricadas por la alófana.

Los efectos del terremoto sobre las arcillas amorfas no se limitaron a los centros de población y a las principales líneas de comunicación sino que se manifestaron también principalmente en forma de muchos corrimientos catastróficos de tierras que ocurrieron en ciertas partes de la cordillera andina (Wright y Mella, 1960, 1963). Varias construcciones rurales pequeñas y sus habitantes fueron enterradas por los corrimientos de tierras que originaron las modificaciones internas en las arcillas alofánicas ocurridas en algunas capas del manto de cenizas volcánicas que, con gran espesor, se extiende por muchas de las laderas de dicha cordillera.

Como las propiedades de la alófana están sujetas a cambios repentinos y bruscos, los trumaos y ñadis apenas tienen aplicaciones en el campo de la ingeniería y, por la misma razón, presentan múltiples problemas ingenieriles.

C. POSIBILIDADES AGRICOLAS DE UN TRUMAO

En las partes precedentes de este informe se han relacionado diversos aspectos de las propiedades del suelo con los factores ambientales, con los actuales sistemas de uso de la tierra y con los problemas del manejo y la productividad. En esta sección el problema se enfocará desde otro punto de vista: el de la exploración de lo que el agricultor establecido en estos suelos puede hacerse mediante una seria planificación para asegurar el logro de una mejor compensación a sus esfuerzos. Esto equivale virtualmente al establecimiento de un plan detallado de las operaciones agrícolas, trazado dentro de la estructura económica actual y previsible de la nación, adaptado para el agricultor carente de recursos ilimitados de capital y apropiado para tipos representativos de trumaos.

Evidentemente no puede trazarse un plan común para toda la amplia diversidad de terrenos, de condiciones climáticas y de variaciones edáficas que se dan en el conjunto de estos suelos en Chile, pero puede establecerse un ejemplo para un conjunto determinado de condiciones que encuentre amplia aplicación en una región particular, y pueden indicarse las situaciones en que los procedimientos propuestos quizá no tengan aplicación. Unicamente de este modo es posible destacar el punto antes mencionado, es decir: que las prácticas de manejo del suelo consiguen el efecto deseado sólo cuando se las encuadra en un programa preestablecido de manejo y este programa se lleva adelante consecuentemente.

1. PROGRAMA PROPUESTO DE MANEJO AGRICOLA PARA UN FUNDO DE EXTENSION MEDIA DE TRUMAO SANTA BARBARA EN LAS PROVINCIAS DE BIO-BIO, MALLECO O ÑUBLE

La planificación del manejo agrícola sólo puede realizarse refiriéndola a alguna propiedad específica. El ejemplo que se presenta a continuación se escogió porque muchas de las condiciones del fundo son comunes a muchos otros fundos de la región septentrional de trumaos y porque se había preparado ya un plan de manejo agrícola para el propietario por el Sr. Guillermo Numhauser, que ha colaborado amablemente en la preparación de esta sección del informe. El plan detallado que se presenta aquí necesitaría algunas modificaciones antes de poderlo aplicar a otros fundos de la región, pero muchos de los principios generales en que se basa hallan amplia aplicación en toda la región septentrional de trumaos.

En primer lugar se describirá la ubicación y el estado original del fundo, haciéndose luego una breve descripción de las diversas cuestiones que deben examinarse para trazar un esquema del plan general adoptado para el fundo. Por último se presenta un resumen de las necesidades de capital y crédito para llevar a cabo el plan en los primeros años. Debe hacerse notar,de nuevo, que el atender únicamente a una o varias de las mejoras necesarias con arreglo al plan no dará los resultados apetecidos y que todos los aspectos del programa deben aceptarse y tratarse fielmente, pues, de lo contrario, gran parte del dinero invertido en mejorar el fundo podrá ser dinero perdido.

a) Ubicación y naturaleza del fundo en su estado original

El fundo se halla a cierta distancia, y hacia el interior, de la población de Santa Bárbara, en la que termina un ferrocarril que conduce a Los Angeles y a las principales arterias viarias y ferroviarias que van al norte y al sur. Está situado en las colinas de la cordillera andina y abarca terrenos ondulados, accidentados y montuosos que cubren una superficie de 4.500 Ha, extensión ésta corriente de los fundos de la región.

Prácticamente todos los suelos del fundo pertenecen a la serie Santa Bárbara (facies Santa Bárbara), cuya profundidad varía considerablemente según la pendiente del terreno. Los suelos menos espesos están en las partes montuosas, donde hay también algunos afloramientos de rocas andesíticas. Los suelos no presentan graves limitaciones naturales que impidan su aprovechamiento para el cultivo agrícola. El relieve es en parte ondulado o accidentado (pendientes de 2% hasta 8%) y gran parte del terreno ha sido dedicada largo tiempo al cultivo del trigo. En ciertos puntos ha hecho su aparición la erosión en cárcavas por no haberse adoptado ni las más elementales medidas para combatir la erosión.

Además del cultivo del trigo se mantienen en el fundo algunas cabezas de ganado ovino y vacuno, pero como actividad secundaria de importancia muy inferior a la del cultivo del trigo.

De las 4.500 Ha, 400 Ha consisten en terreno de relieve suave, más o menos completamente desprovisto del bosque original y dedicado al cultivo regular del trigo en una rotación bianual seguida de varios años de barbecho; 500 Ha son de tierras semejantes en que no se ha eliminado completamente el residuo forestal y que se aprovechan sobre todo para un pastoreo primitivo; y 3.600 Ha son de terreno montuoso con restos del bosque primitivo, manchas de bosque y matorral en regeneración y algunas manchas de pastos asilvestrados y malas hierbas.

Hasta ahora el manejo agrícola consistía en el antes mencionado cultivo, excesivo, del trigo; la siembra se hacía a voleo; no se empleaban abonos de ninguna clase; la labor de arada era irregular y profunda y se hacía con un arado monosurco arrastrado por bueyes; el barbecho se rompía generalmente tarde y deprisa; la cama de las semillas se preparaba muy mal y no se hacía nada para contrarrestar la invasión de las malas hierbas o las plagas de insectos. Los pastizales toscos y los pastos asilvestrados que surgían entre los cultivos de trigo proporcionaban apacentamiento de baja calidad para unas 400 cabezas de ganado entre ovinos, caprinos y vacunos. Estos últimos se compraban con año y medio o dos años de edad, se los mantenía en el fundo diez meses, más o menos, y luego se vendían; cada año se cebaban por lo general unos 80 vacunos. No se hacían vacunaciones ni tratamientos antiparasitarios, no obstante lo cual la mortalidad del ganado era pequeña, el número de partos considerable y, comparados con los tipos medios de la región, los animales eran de calidad superior a la media y se vendían bien. Por lo que se refiere a los ovinos, los corderos destetados a los cuatro o cinco meses pesaban 35 a 40 Kg, por término medio. Los vacunos, sin piensos complementarios, mostraban un aumento razonable del peso durante su permanencia en el fundo.

Este está ampliamente servido por una mano de obra residente y en los distritos vecinos abundan los peones. Los mercados son fácilmente accesibles y los cercanos centros de Los Angeles, Chillán y Concepción aseguran una gran demanda de productos agrícolas.

Ninguna parte del fundo dispone de riego, pero no sería difícil establecerlo en una gran extensión de la parte baja de la explotación. El desembolso de capital necesario para ello sería indudablemente considerable, por lo cual no es recomendable establecer el riego hasta que el fundo alcance un mayor nivel de producción. La lluvia que cae en la comarca alcanza una media anual de 1.643 mm, de la que sólo 7% cae en verano, 18% en primavera, 29% en otoño y 46% en invierno.

Como los rendimientos de trigo en los diez años últimos han sido pequeños y tienden a disminuir con los años (exceptuados los años excepcionalmente lluviosos), y como la experiencia ganadera del fundo es alentadora, se decidió planear el desarrollo del fundo basándolo en la cría de ganado en secano y especialmente en la de ganado lanar. El cultivo del trigo se relegaría a un papel secundario utilizándolo para dos fines: interrumpir la explotación de los prados antiguos y resembrar otros nuevos. Antes de poder emprender un cambio de esta índole tendrían que modificarse muchas de las actuales características del fundo.

b) Modificación de las características actuales

Tomando como base un plan preparado que muestra los recursos existentes y la estructura del fundo se señalaron las cuestiones siguientes como merecedoras de atención:

i) Subdivisión de los terrenos

La extensión y la forma de los terrenos son factores de importancia vital en la explotación ganadera en prados mejorados. Las cercas existentes se hallaban en estado nada más que regular y en su mayoría se habían establecido después de la roturación por partes del bosque sin atención a los suelos o a la topografía. Algunos de los campos

existentes podrían servir en el nuevo plan, pero casi todos ellos deben ser objeto de un nuevo trazado en que se tenga en cuenta la necesidad de un nuevo sistema de red de abastecimiento de agua para el ganado.

ii) Mejora de los pastos

Esta mejora se basaría en la siembra de especies gramíneas y leguminosas simultáneamente con el trigo. Se proyectó una iniciación en que se usarían los terrenos que no necesitaban nuevo trazado, aprovechando esta oportunidad para experimentar diversas combinaciones de especies y abonos.

iii) Vías internas de acceso

Los caminos existentes en el fundo estaban profundamente hundidos en el terreno a causa de la acción de la erosión eólica sobre la tierra desnuda y a causa de la acción de las aguas superficiales en los puntos donde los caminos sirven de drenes en el invierno. Las vías internas de acceso deben planearse prestando cierta atención a la topografía y, en el caso de los trumaos pulvurulentos, estas vías se deben recubrir de grava o mantener bajo una cubierta herbácea permanente desde un principio. El borrar parte del antiguo sistema de caminos agrícolas (importante tarea que exigiría el empleo de un bulldozer) y la construcción de un número adecuado de vías de acceso recibió orden de preferencia en el programa de planificación. Se proyectó que estas vías de acceso estarían cubiertas permanentemente de hierba, ya fuese la chépica indígena de la región o alguna gramínea mejor, introducida, y que el establecimiento de esta cubierta requeriría el empleo de abonos nitrogenados y fosfatados para conseguir un cubrimiento rápido en una sola temporada. Para conservar esta vía cubierta de hierba se proyectó sustituir las ruedas con llantas de hierro de los carros utilizados en el fundo con ruedas con llanta de goma.

iv) Fajas protectoras

Las fajas y las sombras existentes están espaciadas un poco al azar, y consisten principalmente en árboles y matas dejadas aquí y allá en las primitivas operaciones de roturación. La elección de árboles indígenas de sombra y la plantación de determinados árboles de sombra es importante si se tiene en cuenta lo cálido y seco que es el verano en la región. Todavía más importante es la plantación de fajas de protección debidamente alineadas para desviar los fuertes vientos del sudoeste que predominan en la región. Para poder atender las cercas como es debido conviene situar los árboles que constituyen la faja protectora bastante dentro del terreno y no a lo largo de las cercas.

v) Limpieza del terreno y roturación adicional del bosque

Gran parte de las antiguas praderas permanentes estaban invadidas de zarzas y matas. Se proyectó la inmediata limpieza de parte de este terreno y la roturación del resto de modo regular en años sucesivos. La roturación no afectaba a los árboles grandes, estimándose que esta tarea se podría realizar con la maquinaria agrícola ordinaria.

vi) Repoblación forestal

Se consideró que la extensa parte montuosa del fundo solamente es susceptible de un uso agrícola muy limitado, debido al elevado costo del establecimiento de prados permanentes y a la dificultad aún mayor de explotar estos prados debidamente. Como era evidente que la parte montuosa del fundo no se necesitaría para la ejecución del plan en los primeros años, una gran superficie de ella se destinó a la plantación de Pinus insignis de crecimiento rápido y a la formación de anchas barreras cortafuegos para proteger estos futuros bosques.

vii) Drenaje

Como las propiedades generales de drenaje de los trumaos oscilan entre buenas y excelentes se consideró que los drenes sólo se necesitaban como medio para combatir la erosión en los lugares donde se recoge una cantidad excesiva de agua superficial al pie de alguna de las laderas más pendientes. En estos casos, sería necesario efectuar ciertas obras especiales para contrarrestar la erosión (diques, terrazas, canales revestidos, etc.), pero en la mayor parte del fundo no se necesitan drenes.

viii) Lucha contra la erosión

Además de las medidas de que acaba de hablarse era claramente necesario adiestrar a quienes trabajasen el fundo en la ejecución de medidas de lucha contra la erosión tan elementales como la arada siguiendo las curvas de nivel, el empleo de rodillos livianos y pesados para apelmazar el suelo, etc. Estas sencillas prácticas, si bien no tienen efectos espectaculares, son muy importantes en estos trumaos ligeros y esponjosos. Se preveía que la preferencia local por la quema del rastrojo del trigo desaparecerá con la nueva práctica de sembrar pastos con el trigo.

ix) Elección de la maquinaria agrícola

De acuerdo con la experiencia adquirida en los años que llevan en explotación estos suelos sólo se recomendó la maquinaria ligera, aparte un rodillo pesado y un tractor de ruedas mediano (de 45 a 55 HP) provisto de un sistema hidráulico y de ruedas anchas. Para las labores de cultivo, se recomendaba una grada ligera excéntrica con un control exacto de la profundidad de penetración. Con este instrumento es menor el peligro de que, accidentalmente, un operario poco diestro pueda profundizar demasiado en la labor de cultivo. Los dientes flexibles de este instrumento son una ventaja más. Para extirpar las malas hierbas y para operaciones análogas sólo se preveía una labor superficial. Para la renovación de las praderas se pensó en una grada de punta de cincel con depósito para las semillas; y para la siembra normal del trigo y de los pastos se recomendó una sembradera normal con dispositivo portador de abonos. Para completar las necesidades fundamentales de maquinaria se recomendó un rodillo ligero y otro pesado. El resto sería maquinaria agrícola secundaria normal.

x) Edificios agrícolas

Se estimó que los edificios agrícolas existentes podrían servir durante los primeros años del desarrollo, aparte la construcción de un suelo de hormigón en un edificio destinado a almacenar los abonos.

xi) Uso y manejo del agua

En el fundo hay corrientes y fuentes suficientes para surtir de agua mediante tuberías los diversos campos. Se recomendó la instalación de depósitos permanentes de hormigón para agua potable cuando se subdividan los terrenos y que cada uno de estos depósitos tenga un sistema sencillo y automático de regulación del agua. Como se ha dicho anteriormente el agua para el riego requeriría una considerable planificación adicional, que abarcase incluso la construcción de presas de captación, canales, etc., lo cual se dejó por el momento hasta que el fundo proporcione un beneficio anual adecuado.

xii) Manejo de los pastos

Para regular de modo efectivo el pastoreo en las nuevas praderas se consideró que sería esencial el empleo de cercas eléctricas. Los postes permanentes y las cercas de alambre, con postes de hormigón fabricados localmente, servirían para delimitar los terrenos principales y de soporte para las cercas eléctricas temporales necesarias para subdividir los terrenos de pastoreo.

xiii) Mano de obra

En lugar de una sobreabundancia de mano de obra sin especializar se recomendó la institución de un plan de capacitación en el fundo, destinado a los obreros más destacados de entre los más jóvenes.

xiv) Lucha contra las malas hierbas y las plagas

Se supuso que, al principio, sería necesario hacer cierto uso de los herbicidas y plaguicidas. Gran parte de las malas hierbas puede suprimirse mediante oportunas labores antes de la siembra y cortando regularmente los pastos desiguales con una segadora, pero las malas hierbas que aparecen en los trigales y las pequeñas aunque vigorosas que brotan en los prados requieren el empleo de herbicidas. Por lo que se refiere a las plagas, los trumao son particularmente propensos a que se formen en ellos colonias de larvas de coleópteros y otros insectos terrícolas. Algunos de estos pueden ser atacados en los prados, pero un método más eficaz consiste en aplicar DDT al suelo al sembrar.

c) Plan general de desarrollo

El primer año el área sembrada de trigo se aumentaría desde 40 Ha hasta 100 Ha en la tierra ya roturada y se sembrarían de trigo otras 60 Ha más de terreno que se roturaría de las 500 Ha de prados permanentes toscos que todavía tienen árboles, etc. Esto supondría 160 Ha de nuevas tierras de pastos al final de la primera campaña. Además, se sembrarían el primer año 40 Ha de hierba y trébol para la obtención de semillas. Durante el primer año, el número de carneros se aumentaría de 8 a 30 y el de ovejas de 270 a 1.450. A la terminación de la primera campaña se necesitarían piensos complementarios en una cantidad del orden de unas 5.000 unidades ovinas por mes, pero esto es inevitable si se quiere que el hato sea tan numeroso como sea necesario para sacar el máximo provecho de los pastos de que se dispondrá el segundo año.

Mucho depende de la elección apropiada de la mezcla de semillas pratenses. Inicialmente sólo se emplearán semillas certificadas. La base del césped deberán ser tréboles anuales y perennes, con dos especies al menos de gramíneas pratenses (una de ellas de raíces profundas). Además, la semilla necesita modificarse en ciertos suelos para adaptarse a condiciones ecológicas específicas y debe modificarse aún más en el caso de áreas sembradas para heno, ensilado o prados permanentes. Normalmente se tiene el propósito de manejar el área principal de praderas en un sistema de rotación larga, con renovación una vez cada seis años aproximadamente.

El "cultivo de protección" de los pastos, el trigo, se siembra normalmente a razón de 110 Kg por hectárea. En las áreas cubiertas con el principal tipo de suelo del fundo el trigo se sembrará mezclado con semillas de trébol subterráneo "Tallarook" a razón de 3 Kg por hectárea; trébol subterráneo "Mt. Barker" a razón de 3 Kg por hectárea; trébol blanco de Nueva Zelanda a razón de 0,5 Kg por hectárea; "rye grass Wimmera" a razón de 1 Kg por hectárea y dáctilo apelotonado a razón de 6 Kg por hectárea. Para los suelos menos profundos de topografía muy accidentada esta mezcla deberá modificarse como sigue: trébol "Tallarook", Mt. Barker y trébol blanco de Nueva Zelanda, como anteriormente, pero la principal especie pratense deberá ser Festuca alta, a razón de unos 6 Kg por hectárea. En la pequeña superficie de praderas mejoradas de la parte montuosa se empleará el trébol como anteriormente, pero a razón de 2 Kg por hectárea. La semilla de "rye grass Wimmera", se sembrará con 4 Kg por hectárea de semilla de "rye grass" inglés. En las pequeñas parcelas de los llanos de la parte baja donde las condiciones de humedad son mejores, se recomienda el empleo de trébol rojo a razón de 8 Kg por hectárea, trébol blanco de Nueva Zelanda a razón de 1 Kg por hectárea y "rye grass" de rotación corta a razón de 6 Kg por hectárea. Todos los años a partir del primero una pequeña superficie (hasta 10 Ha) deberá sembrarse especialmente para heno, ensilado y piensos invernales para casos de necesidad. Para esto las mezclas de semillas apropiadas para las condiciones locales son: (1) trébol encarnado, variedad "Dixie" a razón de 15 Kg por hectárea, con "rye grass Wimmera" a razón de 4 Kg por

hectárea; (2) veza a razón de 60 Kg por hectárea; y (3) alfalfa a razón de 10 Kg por hectárea con dáctilo apelotonado a razón de 4 Kg por hectárea. El empleo de trébol blanco de Nueva Zelanda y de alfalfa en el fundo se hace con carácter más bien experimental, puesto que estas plantas no son muy conocidas en la región.

Todas las semillas deberán sembrarse en línea en una cama bien preparada, juntamente con la cantidad apropiada de abono. Este se distribuirá en bandas a lo largo de la hilera de semillas. Deberán aplicarse al menos 400 Kg de superfosfato por hectárea al efectuar la siembra, y al cultivo en crecimiento habrá de suministrársele nitrógeno en proporción no inferior a 150 Kg/Ha (ya sea de una vez o en varias aplicaciones) en forma de salitre potásico (que es el mejor de los pocos fertilizantes nitrogenados inorgánicos existentes en Chile). El fosfato puede ser o bien una forma grosera de superfosfato o, mejor aún, una mezcla de una forma muy soluble de fosfato y una forma de éste más lentamente soluble. Generalmente no es necesario aplicar a estos suelos elementos secundarios y algunos de éstos, como el azufre, dan respuestas irregulares, que parece ser que se relacionan con el estado climático estacional y la actividad microbiológica en el suelo. En caso de que aparezcan deficiencias de elementos secundarios, lo más económico es dar éstos al ganado en forma de piedra de lamer, con lo cual los elementos pasan al suelo en forma orgánica con las deyecciones de los animales. Después de la recolección del trigo el rastrojo contribuirá al desarrollo de los pastos jóvenes y a disminuir la erosión eólica. El pastoreo inicial deberá regularse atentamente, será muy ligero, y se cuidará que los animales no eliminen selectivamente todos los tréboles.

El segundo año, la superficie dedicada al trigo podrá reducirse a su extensión constante futura de 125 Ha, sembrándose la mitad en tierras roturadas ya y la otra mitad en terrenos en que hay que eliminar los árboles, tocones, etc. Durante el primer año la insuficiencia de los pastos tenía que compensarse adquiriendo piensos y aprovechando unas 440 Ha de pastos toscos de montaña, pero, a partir del segundo año disminuirá la necesidad de tener que utilizar estos pastos de montaña, hasta el punto de que al quinto año no habrá que emplear regularmente más que 140 Ha de estos pastos toscos. Los primeros rodales para la producción de semillas pueden establecerse el primer año. Como las semillas de gramíneas y de trébol son muy escasas en Chile, es conveniente que la producción de semillas para pastos sea una actividad regular en el fundo. Para este fin se proyecta destinar unas 60 Ha el segundo año. También se destinarán 10 Ha, aproximadamente, de terreno poco accidentado para el cultivo de piensos de invierno para casos de necesidad. Además de las parcelas cerradas al principio de la estación para hierba, para heno y ensilado se podrán sembrar determinadas plantas forrajeras como nabina (colza), "choumollier", pasto del sudán, colirrábano y alfalfa, para ver cuál de ellas tiene más probabilidades de convertirse en el cultivo principal más apropiado para esta finalidad en el fundo. Partiendo de las 1.000 ovejas reproductoras y de los 30 carneros comprados el primer año, el hato habrá aumentado en unas 450 corderas y en igual número de corderos al final del primer año. Estos últimos animales se venderán en el otoño del segundo año, pero la natalidad habrá aumentado el número total de cabezas en otras 872 a la terminación del segundo año. Además, a lo largo del año podrán comprarse unos 100 terneros castrados para su engorde y venta. Estos vacunos son utilísimos para regular severamente los pastos, puesto que comen las plantas de porte alto que frecuentemente dejan los ovinos, por lo que en esta región de Chile todo criador de ovejas deberá contar con un número apropiado de vacunos en la explotación de los pastizales. En esta fase del programa de desarrollo, el fundo consistirá en 160 Ha de pastos mejorados de gran producción; 125 Ha de trigo con nuevos pastos que aparecerán la temporada siguiente; 40 Ha de pastos cultivados exclusivamente para la producción de semilla; 10 Ha de cultivos forrajeros de invierno y pastos para heno o ensilado; 195 Ha de pastos naturales en terrenos poco accidentados y 320 Ha de prados toscos de montaña.

Los años siguientes se seguirá el mismo plan general de desarrollo hasta que para fines del quinto año se establezca un sistema agrícola permanente con arreglo al cual haya una superficie anual de 125 Ha dedicadas a trigo y pastos nuevos; unas 635 Ha de pastos mejorados en diversas fases de desarrollo; 100 Ha de pastos para la producción de semilla; unas 40 Ha reservadas para la producción de forrajes de invierno; 140 acres (sic) de prados

permanentes en los terrenos más accidentados y 100 Ha de prados de montaña permanentes en reserva. A fines del quinto año el fundo sostendrá una cabaña permanente de más de 4.000 ovinos con una venta anual de más de 100 borregos y una producción anual de lana de unos 10.000 Kg. Si el plan de manejo de los pastos se sigue fielmente deberá haber un abundante exceso de praderas disponibles cada temporada, lo que permitirá la compra de más cabezas de ganado si así se desea.

Para el buen éxito de este plan es vital que el ganado esté sano. Convendría iniciar una comprobación sistemática de la salud de los animales desde un principio, el primer año, y comenzar a adiestrar a los obreros que trabajan en el fundo en los procedimientos y las responsabilidades relacionados con este importante aspecto de la producción agrícola.

En el plan expuesto brevemente en las líneas anteriores se ha supuesto que el procedimiento de ordenación o manejo del ganado lanar sería el que se practica normalmente en la región, esto es: el apareamiento de las ovejas a los 19 meses. Si las ovejas pudiesen adquirir rápidamente un peso medio de 35 a 40 Kg se las podría aparear antes. Si los corderos se destetan a los tres o cuatro meses de edad y alcanzan rápidamente el peso deseado el apareamiento puede hacerse en marzo para el primer grupo y en mayo para las ovejas del año. Esto significaría dos períodos de parto (agosto y octubre) y el destete de dos generaciones de corderos cada año, lo que supondría un aumento anual de 49% en la propagación del rebaño de cría. Se dispondría de corderos para la venta en enero y marzo, meses en que estos animales alcanzan buenos precios.

d) Financiación del plan de desarrollo

En Chile se dispone de una cierta cantidad de crédito a plazo medio y a largo plazo para planes aprobados de desarrollo agrícola en los casos en que el agricultor puede demostrar que posee fondos apropiados para participar intensamente en el desarrollo. En el caso antes expuesto, para un agricultor modesto deberá disponerse de 25.000 dólares al menos a la iniciación del proyecto. Esta cantidad podría conseguirse de cuatro fuentes posibles: (1) crédito y préstamos a largo plazo de la CORFO; (2) préstamos por un año para la adquisición de ganado facilitados por los órganos de mercadeo de ganado al elevado tipo de interés de 2% mensual; (3) préstamos anuales para el cultivo del trigo, facilitados por el banco del Estado, que deben reembolsarse al recogerse la cosecha, y (4) los recursos particulares del agricultor. Se estima que los beneficios de las operaciones agrícolas del primer año serían de 10.000 dólares, de los que 4.000 dólares, aproximadamente, tendrían que destinarse al reembolso de los préstamos que vencen al final del primer año. El segundo año los beneficios de las operaciones agrícolas probablemente ascenderían a unos 16.000 dólares, pero ese año tendrían que reembolsarse aproximadamente 13.000 dólares, por lo que quedaría un beneficio menor para el agricultor. El tercer año la cantidad del préstamo que quedaría todavía por pagar sería mucho menor y los beneficios agrícolas serían mucho más considerables, por lo cual el propietario dispondría de una suma apreciable para efectuar nuevas mejoras en el fundo y para construir algunos edificios agrícolas. La situación sería todavía mejor en el cuarto año, y ya el quinto el fundo estaría libre de deudas y daría un beneficio muy considerable.

Sin embargo el que estas perspectivas doradas sean una realidad dependerá de que el agricultor se atenga estrechamente a todos los aspectos principales del programa de desarrollo. El descuido de uno cualquiera de ellos iniciaría una reacción en cadena que influiría en el funcionamiento de otras partes vitales del plan, por lo que el agricultor pudiera hallarse al final del quinto año en la desagradable situación de tener que solicitar más préstamos para llevar adelante el fundo.

e) Asistencia técnica

En los primeros años del programa de desarrollo casi todos los agricultores necesitarán asesoramiento técnico. En el Ministerio de Agricultura hay dos útiles departamentos (Asistencia Técnica y Conservación del Suelo) que cuentan con personal regional

justamente para esta labor y, en el mismo Ministerio, hay varios veterinarios y expertos en sanidad animal capacitados. A la larga, sin embargo, el agricultor debe aprender a depender cada vez más de sus propios recursos, a reconocer y recordar sus errores y a adiestrar a un número apropiado de sus obreros en las labores fundamentales del manejo agrícola. En gran medida el buen éxito de una empresa como la que acaba de describirse dependerá de la oportunidad: los acuerdos financieros deben establecerse antes de la fecha de la iniciación de las operaciones; la maquinaria, las semillas y los abonos deben adquirirse anticipadamente y almacenarse adecuadamente; la época apropiada para el inicio de cada operación deberá considerarse de antemano y el calendario estacional se deberá observar en la medida en que las fluctuaciones locales del tiempo lo permitan; las solicitudes de asistencia técnica habrán de preverse en lo posible en el caso de los fundos alejados de los centros rurales, y las situaciones de emergencia deberán reducirse al mínimo; todo esto hace que sea esencial que el agricultor viva continuamente en su propiedad para mantener una vigilancia continua de la marcha de la misma. En grado considerable el actual elevado tipo de interés que grava los préstamos para el desarrollo agrícola es consecuencia de las pérdidas debidas a haberse prestado dinero para planes agrícolas que se ejecutan sin que el prestatario esté al frente de los trabajos de modo continuo, ya que trata de administrar su fundo desde la ciudad, con lo cual deja de cumplir la primera condición fundamental para el buen éxito de las actividades agrícolas.

D. NATURALEZA, ORIGEN Y CLASIFICACION DE LOS ANDOSOLES Y SUELOS AFINES DE CHILE

En esta parte del informe se tiene el propósito de exponer ejemplos de los principales tipos de andosoles chilenos -principalmente trumaos y ñadis- y estudiar con algún detalle su morfología (esto es, su aspecto en el perfil), sus características químicas, su génesis y nomenclatura y su posible clasificación. Se examinará primeramente el grupo trumaos y luego el grupo ñadis. Dentro de estos grupos se describirán suelos representativos de cada una de las seis zonas ambientales (de meteorización) descritas en la Sección A, epígrafe 1(c). En la medida de lo posible se expondrán ejemplos de suelos con diferentes modos de formación (esto es cenizas subaéreas, loess volcánico, aluvium volcánico, etc.) y procedentes de rocas madres muy diferentes (por ejemplo, cenizas pumíticas y cenizas andesíticas finas). En el texto las referencias a la morfología del suelo serán todo lo concisas posible, destacándose únicamente los caracteres más significativos del perfil que son necesarios para el reconocimiento en el terreno. Otros datos más detallados se hallarán en la descripción del perfil correspondiente que se hace en el Apéndice I.

1. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL (TRUMAOS SEPTENTRIONALES EXTREMOS)

Los trumaos son relativamente raros en esta zona. Se presentan principalmente en pequeñas manchas en extensos cerros de la cordillera andina, en estrechas y altas terrazas que bordean algunos cursos de agua de la cordillera; un área algo más extensa se presenta en la orilla septentrional del río Maule donde éste penetra en el Llano Central, y pequeñas áreas existen a lo largo de la costa y cerca del límite entre las provincias de Maule y Ñuble. Estos dos últimos tipos de suelos se derivan claramente de loess volcánico, pero es también muy probable que la mayoría de los trumaos de la cordillera en esta zona procedan también, en parte, de loess.

a) Características ambientales de la zona

La precipitación media anual oscila entre 800 mm y 1200 mm, de la que más de la mitad cae en los meses de invierno. Hay cinco meses "secos" (en que la lluvia es inferior a 60 mm) cada año, y probablemente hasta siete meses del año en que la evaporación supera a la precipitación. Las temperaturas medias anuales están comprendidas entre 13°C y 15,5°C con medias estivales de 24°C a 30°C; y medias invernales que varían entre 9°C y 10,5°C. Apenas nieva en invierno, pero frecuentemente caen heladas muy fuertes.

Topográficamente los suelos se han formado sobre todo en un relieve muy accidentado, siendo relativamente pequeñas las áreas de terreno de relieve más o menos ondulado en que hay suelos muy parecidos a éstos. En casi ninguna de las laderas de pendiente moderada y grande hay trumaos en esta zona.

La cubierta vegetal natural asociada con estos trumaos era invariablemente en todas partes el bosque, con predominio de las especies arbóreas semixerofíticas sempervirentes de hoja pequeña (como boldo, litre, maitén, quillay, etc); un segundo piso (subpiso) de arbustos más definidamente xerofíticos; y, en algunos lugares, la especie de hoja caediza Nothofagus obliqua, var. maulino, o roble maulino del habla vulgar.

La roca madre de los trumaos es casi siempre arena andesítica muy fina o fina, con una gran proporción de cuarzo. Unicamente en el caso de los suelos afines formados alrededor de la laguna del Maule, a 2.100 m de altitud, es considerable la fracción de arena gruesa.

Los suelos no trumaos asociados de esta zona son principalmente suelos pardos no cálcicos de transición gradual a suelos forestales pardos y grumosoles.

b) Morfología general de los suelos

Capas arables:
- generalmente de 15 a 30 cm, y a veces 50 cm de profundidad;
- la textura varía de arena franca a franco arenosa fina;
- color: pardo gris muy oscuro (10YR 3/2) a pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo;
- friables a muy friables; con una estructura débilmente desarrollada en finos bloques subangulares, que se desagregan en gránulos muy finos y terrones;
- ni adherentes ni plásticos en húmedo; límites definidos;

Subsuelos:
- unos 60 cm a más de 100 cm de profundidad, con pocas señales de estratificación por sedimentación;
- escasa variación de la textura: suelos francos a francos arcillosos muy ligeros;
- color pardo (7,5YR 4/4) o pardo rojizo (5YR 4/3), que pasa a pardo rojizo (5YR 4/4 ó 3/4), raramente rojo (2,5YR 4/8);
- friables; estructura débilmente desarrollada en bloques medianos o groseros que se desagregan en gránulos irregulares en general;
- ni adherentes ni plásticos en húmedo; límites difusos.

c) Características químicas generales

Capas arables: las capas arables naturales tienen -

- reacción ligeramente ácida o casi neutra (pH, 6,1 a 7,0)
- contenido de materia orgánica considerable (13% y más)
- capacidad de cambio de cationes muy considerable (48 a 67 miliequivalentes, por ciento)
- calcio sustituible en gran proporción (16 a 28 m.e., %)
- saturación de bases media a grande (41 a 58 %)

Otras capas arables bajo vegetación que no es la natural tienen -

- reacción ácida media (pH, 5,6 a 6,1)
- contenido de materia orgánica medio (8,5 a 11,0 %)
- capacidad de cambio de cationes muy considerable (51 a 69 m.e., %)
- calcio sustituible en proporción pequeña o media (3 a 7 m.e., %)
- saturación de bases muy pequeña o pequeña (7 a 18 %)

Subsuelos: los subsuelos naturales tienen -

- reacción casi neutra (pH, 6,5 a 7,1)
- contenido de materia orgánica muy pequeño o pequeño (0,5 a 4,2 %)
- capacidad de cambio de cationes considerable o muy considerable (32 a 61 m.e., %)

- calcio sustituible en proporción media (4 a 7 %)
- saturación de bases pequeña (9 a 22%)

otros subsuelos tienen -

- reacción mediana a ligeramente ácida (pH, 5,7 a 6,7)
- contenido de materia orgánica medio a pequeño (3,6 a 8,4 %)
- capacidad de cambio de cationes considerable a muy considerable (39 a 67 m.e., %)
- calcio sustituible en proporción muy pequeña o pequeña (1,4 a 5,4 m.e.,%)
- saturación de bases muy pequeña o pequeña (5 a 21%)

Observaciones. Se han hecho análisis químicos de ocho perfiles de suelo, de los que uno (el correspondiente a las cercanías de la laguna del Maule) solamente tiene lejana relación con los suelos de este grupo y es notablemente más pumítico (andosol regosólico). No se han hecho aún análisis de los suelos afines hallados en la provincia de Aysén, en el límite con la pampa patagónica (suelos Ñirreguao). Tres de los análisis efectuados son de suelos bajo bosque natural y cinco de suelos bajo praderas que crecen espontáneamente después de la eliminación del bosque.

En las condiciones naturales los suelos son bastante fértiles, si bien gran parte de esta fertilidad reside al parecer en la fracción orgánica. Posiblemente mucha de la fertilidad del subsuelo se debe también a la relativamente profunda penetración de la materia orgánica.

Cuando se elimina el bosque natural se produce una cierta disminución del contenido de materia orgánica (pero poco cambio correspondiente en el color de la capa arable) y una reducción muy notable en los cationes sustituibles, especialmente el calcio, que es uno de los elementos que se acumuló considerablemente bajo la vegetación original.

La gran capacidad de cambio de cationes en estos suelos es, desde luego, característica de todos los suelos amorfos y a ella hay que atribuir los pequeñísimos valores del porcentaje de saturación de bases.

Se han hecho análisis de fusión total para algunos de estos suelos. Estos análisis revelan que el total de la reserva de sustancias minerales no es muy grande: el calcio total (en CaO) oscila entre 0,2 y 0,6 %; el magnesio total, entre 0,1 y 1,3 %; el potasio total, entre 0,5 y 1,1 %, y el sodio total presenta valores anormalmente grandes, de 1,2 a 1,8 %. La razón sílice/alumina está comprendida entre 0,6 y 0,8, mientras que la sílice/sesquióxido varía entre 0,5 y 0,7. El fosfato total oscila entre 0,5 % y aproximadamente 2,0 %.

Aunque estos suelos no están ni mucho menos poco meteorizados, el medio meteorizante es débil e incapaz de reemplazar los elementos nutrientes perdidos a consecuencia de la lixiviación normal después de la destrucción de la cubierta forestal natural.

El suelo afín, de las proximidades de la laguna del Maule tiene una capacidad del cambio de cationes muy inferior (que sólo es de 18 miliequivalentes por ciento en el subsuelo y de nada más que 9 miliequivalentes por ciento en la capa arable, debido a una cierta deposición de cenizas pumíticas recientes); tiene un contenido de calcio relativamente grande (1,5 % en total y 11 miliequivalentes por ciento de calcio sustituible en el subsuelo); y una saturación de bases comprendida entre 66% y 78%. Este suelo debe considerarse una fase de transición hacia suelos de cenizas volcánicas recientes, posiblemente un andosol regosólico.

d) Caracterfsticas de los suelos típicos

En esta zona hay algunos ejemplos de suelos procedentes de aluvium volcánico y muchos de suelos derivados de loess volcánico y de suelos derivados en parte de materiales subaéreos y en parte de loess. Los únicos suelos que proceden en su mayoría de materiales subaéreos son los de la provincia de Aysén y de la región del altiplano de la laguna del Maule. A continuación se describen cinco suelos:

i) Suelo franco arenoso fino Hornillos (Apéndice, perfil núm. 11)

Este suelo procede en parte de loess volcánico y en parte de cenizas subaéreas y se presenta en las extensas alturas accidentadas y los collados de la cordillera andina a altitudes comprendidas entre 500 m y 900 m, bajo monte claro dominado por Nothofagus obliqua (var. maulino), con radal, canelo, y otras especies siempre verdes. El perfil revela:

15 cm pardo oscuro, suelo franco arenoso fino, muy friable y granular (pH, en el campo, 5,9; en el laboratorio, 5,6);
20 cm pardo rojizo oscuro, suelo franco arenoso, de estructura en bloques gruesos, bastante firme (pH, en el campo, 5,6; en el laboratorio, 5,8);
100 cm pardo, suelo franco arcilloso muy ligero, firme y con estructura en bloques angulares gruesos (pH en el campo, 5,9; en el laboratorio, 6,0),
Sobre... suelo franco arcillo-limoso pardo intenso con estructura en bloques subangulares y angulares (pH, en el campo, 6,0; en el laboratorio, 6,3), con fragmentos de roca andesítica en meteorización que forman leves motas rojas.

Este suelo contiene una gran cantidad de materia orgánica en la capa arable bajo bosque y es particularmente rico en calcio, magnesio y potasio sustituibles. Cuando se aclara el bosque, y luego que transcurren unos pocos anos, se produce una brusca disminución de estos elementos nutrientes y la materia orgánica desciende lentamente a través del subsuelo disminuyendo en cantidad. Aunque en algunos casos los suelos son bastante ricos en reservas de fosfato la velocidad de liberación de éstos probablemente será lenta y es seguro que los fosfatos liberados serán atraídos por el gran número de superficies de cambio aniónico y, por consiguiente, no quedarán fácilmente a disposición de las plantas.

Para el establecimiento de praderas de gran producción en estos suelos son fundamentales las aplicaciones regulares de abonos fosfatados, y es oompletamente posible que una vez que se hayan acumulado las necesidades de fosfatos del suelo los pastos y los cultivos rospondan bien al encalado.

ii) Suelo franco arenoso muy fino a franco limoso Maitén (Apéndice, perfil núm. 12)

Este suelo procede principalmente de loess volcánico, aun cuando algunos de los lechos subyacentes quizá se hayan formado a partir de aluvium volcánico antiguo. Se halla mayormente en terrenos suavemente ondulados o accidentados a lo largo del frente de las colinas de la cordillera, cerca del punto donde el río Maule penetra en las planicies del Llano Central, y alcanza mayor extensión en la orilla septentrional del río. Se presenta en altitudes comprendidas entre 400 m y unos 550 m y originariamente sostenía un bosque siempre verde (de litre, boldo, maitén, arrayán, etc.) con algunos ejemplares del caducifolio, roble maulino.

El perfil revela:

30 cm pardo muy oscuro, suelo franco arenoso muy fino a limoso, friable y con estructura muy débil en bloques finos que se desagregan fácilmente en terrones y gránulos (pH, en el campo, 5,7; en el laboratorio, 5,8);
40 cm pardo oscuro, suelo franco limoso, muy poco firme y con estructura en bloques groseros definidos, que se deshacen por leve presión en gránulos gruesos (pH, en el campo, 5,9; en el laboratorio, 6,2);

80 cm entre amarillento oscuro y pardo rojizo oscuro, suelo franco arenoso denso muy fino, con pequeños guijarros a veces, algo firme y sin estructura visible en el terreno, pero que se desagrega en bloques entre toscos y finos y gránulos (pH en el campo, 6,0; en el laboratorio 6,2),

Sobre... suelo franco arcillo-arenoso fino pardo amarillento oscuro con guijarros a veces que indican una estratificación en un curso de agua, generalmente bastante compacto.

Este suelo es muy apreciado en el distrito porque tiene una capacidad de cambio de cationes algo inferior y un contenido de bases en el subsuelo muy superior a los correspondientes de la mayoría de los suelos de la zona. Posee una reserva de fosfatos relativamente considerable y su "poder de fijación de los fosfatos" es probablemente bastante menor que la de la mayoría de los trumaos. Además, es moderadamente rico en calcio, magnesio y potasio sustituibles, incluso durante algunos años después de eliminado el bosque original.

Su aprovechamiento para el pastoreo intensivo, o para el cultivo, requerirá la aplicación de abonos fosfatados y nitrogenados, pero este problema quizá sea menos agudo en este suelo que en los suelos Hornillos de que se ha tratado antes.

iii) Suelo franco arenoso muy fino Tregualemu (Apéndice, perfil N° 13)

Este suelo se deriva probablemente en su mayoría de loess volcánico, pues muestra muy poca estratificación o variación en la textura. Se presenta en manchas aisladas justamente bajo las crestas de la Cordillera de la Costa, en la vertiente que mira al mar y, por lo tanto, está a considerable distancia de la Cordillera Andina. En parte se compone de materiales de origen local (polvo arrancado por la erosión de esquistos tobáceos adyacentes), pero en algunas localidades se compone quizás en parte de polvo volcánico fino llevado hasta ellas desde tierras bajas costeras. Su distribución coincide con las partes de la línea de la costa donde ésta se ha levantado por la acción sísmica. Generalmente se presenta en terrenos de relieve accidentado, a altitudes comprendidas entre 150 m y 350 m, bajo un bosque natural de especies siempre verdes entre las que predominan el boldo, el litre y el arrayán.

El perfil revela:

15 cm pardo gris muy oscuro, suelo franco arenoso muy fino, friable y que se desagrega en bloques subangulares muy finos y gránulos (pH, en el campo, 6,3; en el laboratorio, 7);

65 cm pardo a pardo rojizo oscuro, suelo franco a suelo franco arcillo-limoso, generalmente muy friable (algo pulverulento cuando seco), con estructura muy débil en bloques medianos (pH, en el campo, 6,4; en el laboratorio, 7,1);

20 cm pardo rojizo oscuro a pardo, suelo franco arcillo-limoso, algo firme y sin estructura clara en el terreno, pero que se desagrega en bloques gruesos irregulares débiles cuando se le toca (pH, en el campo, 6,0; en el laboratorio, 6,5),

Sobre... lechos arcillosos moteados y compactos con una antigua línea de cantos que forman un pavimento de erosión a lo largo de la línea de contacto con el horizonte superior.

Aunque en total ocupan una superficie pequeña los suelos Tregualemu poseen un buen potencial agrícola. Lo mismo que el suelo Maitén, tienen una capacidad de cambio de cationes menor que la de la mayoría de los trumaos y, por consiguiente, puede suponerse que las aplicaciones de abonos darán mejores resultados que en los trumaos normales. Esto será así sobre todo en el caso de los abonos fosfatados. También el contenido de bases del subsuelo se mantiene bien en los terrenos en cultivo. Los suelos están bastante bien provistos de calcio sustituible, pero lo están menos de magnesio y potasio sustituibles que los suelos Maitén.

El cultivo intensivo en estos suelos requiere, no obstante, la aplicación regular de fosfatos y también de nitrógeno.

iv) Arena fina Ñirreguao (Apéndice, perfil N° 14)

Es éste un suelo recientemente descubierto en la provincia de Aysén en el límite con la pampa de la Patagonia, por lo que, al redactar este informe, se disponía de pocos datos relativos a sus propiedades químicas. Se trata de suelos "análogos a trumaos" más bien que trumaos, pero es probable que con el pasar del tiempo se acerquen cada vez más a los suelos verdaderamente alofánicos y principalmente por esta razón se los incluye en el presente estudio.

Estos suelos proceden principalmente de cenizas volcánicas subaéreas, de composición generalmente andesítica, y se forman a altitudes de unos 700 m en el ambiente fresco a frío subhúmedo del borde de la pampa patagónica. Aparecen bajo bosque enano de Nothofagus (ñirre) en terrenos suavemente ondulados, accidentados y casi llanos.

El perfil revela:

12 cm pardo rojizo oscuro a pardo oscuro, arena arcillosa pulverulenta y muy friable;
10 cm pardo oscuro a pardo amarillento oscuro, arena débilmente estructurada, muy friable;
28 cm pardo amarillento, arena gruesa, muy friable

Sobre... arena muy gruesa pardo amarillenta pálida con grava pumítica fina.

El cultivo en estos suelos se limita en su mayoría al pastoreo en praderas espontáneas (cuando se rotura el bosque aparecen generalmente "tussocks" de Festuca).

Se supone que estos suelos tienen una capacidad de cambio de cationes comprendida entre 25 y 30 miliequivalentes por ciento; una saturación de bases media (35%) y un moderado contenido de calcio. Estos suelos probablemente responderían bien al nitrógeno y a los fosfatos, pero las aplicaciones abundantes de estos últimos abonos quizá no resultasen económicas, a no ser que toda la explotación agrícola se hiciese intensivamente, eligiendo gramíneas y tréboles de gran producción adaptados al medio ambiente, manejando cuidadosamente el ganado y subdividiendo adecuadamente el terreno en fundos.

v) Arena franca laguna del Maule (Apéndice, perfil N°15)

Este suelo es otro que es "análogo a trumaos" en algunos aspectos y no un trumao verdadero. Procede principalmente de cenizas volcánicas pumíticas de origen subaéreo, pero ha habido en él también un grado considerable de desplazamiento secundario por la acción del viento, por lo cual es mejor considerarlo de origen parcialmente subaéreo y parcialmente loéssico. Estos suelos se hallan únicamente en partes altas de la Cordillera Andina, a altitudes comprendidas entre 1.800 m y 2.200 m, en llanos más o menos ondulados y bajo una vegetación natural de praderas de "tussock".

El perfil revela:

40 cm pardo gris muy oscuro, arena franca, muy friable y prácticamente sin estructura (pH, en el campo, 5,5; en el laboratorio, 5,1);
45 cm pardo rojizo a amarillo rojizo, tierra franca arenosa densa, que es algo firme, ligeramente adherente cuando está húmeda y tiene una estructura irregular apenas desarrollada en bloques que se desagregan en gránulos y terrones por compresión (pH en el campo, 6,2; en el laboratorio, 6,2);
Sobre... roca andesítica en meteorización.

Este suelo es muy fértil y posee una gran saturación de bases y una considerable abundancia de calcio y de magnesio, sobre todo en la capa arable. La capacidad de cambio de cationes es muy pequeña, y muy probablemente este suelo no fijaría en muy gran cantidad los fosfatos que se le aplicasen. La cantidad de potasio sustituible es más bien pequeña y la de materia orgánica, francamente pequeña.

Las actividades agrícolas se limitan a un pastoreo ocasional en los meses de verano. El largo y frío invierno probablemente limitaría el aprovechamiento de este suelo para métodos más intensivos de cultivo.

e) Génesis de los suelos

Todos los suelos comprendidos en la zona ambiental 1 están sujetos a procesos de meteorización más bien débiles y también a procesos de lixiviación de intensidad relativamente ligera a moderada. En estas condiciones naturales la vegetación desempeña una función importante en la disminución de la pérdida de fertilidad ocasionada por la lixiviación: los principios nutrientes son capturados por las raíces y circulan por los organismos vegetales, volviendo posteriormente al terreno, donde se acumulan con los restos orgánicos de la vegetación. Como ponen bien de manifiesto los análisis de los suelos Tregualemu y Hornillos bajo vegetación forestal la lixiviación sigue actuando en ellos, pero su acción empobrecedora se percibe sobre todo en la pequeñez de las cifras del contenido de base de los subsuelos. Cuando se elimina la vegetación natural el efecto del lavado puede percibirse tanto en la capa arable como en el subsuelo. En estas condiciones modificadas parte de la materia orgánica se pierde por oxidación directa, pero una cantidad relativamente grande desciende al subsuelo, donde a ella se suman los restos orgánicos procedentes de las raíces de las gramíneas. A pesar de estas variaciones de la materia orgánica, las capas arables siguen siendo decididamente más oscuras que los subsuelos, incluso después de muchos años de cultivo, lo que es una característica definida de la mayoría de los andosoles, que probablemente se debe a la formación de complejos coloidales, infrecuentes y poco conocidos hasta ahora, entre los coloides húmicos y los coloides minerales amorfos. Todos los suelos tienen un contenido total de alúmina relativamente grande en comparación con el contenido de sílice, y un pequeño contenido de hierro.

Provisionalmente, y hasta que se hagan nuevos estudios mineralógicos de estos suelos, se tiene la intención de considerarlos trumaos mínimos, formados en una zona de débil meteorización, de lixiviación ligera a moderada y melanización que no pasa de moderada.

f) Clasificación de los suelos

En Chile estos suelos frecuentemente apenas si se incluyen en el grupo de los trumaos: es únicamente a causa de sus características análogas y de su comportamiento en el cultivo a lo que se debe el que algunos edafólogos los consideren al menos una fase de transición al grupo trumao.

En la séptima aproximación de la clasificación de la Secretaría de Agricultura de Estados Unidos (U.S. Soil Survey Staff, 1960) estos suelos están comprendidos en el orden inceptisoles, suborden andeptes. Como no existe ningún horizonte cámbico definido, probablemente se trata de umbrandeptes énticos.

En la antigua clasificación neozelandesa (Taylor y colaboradores, 1948) (Taylor y Cox, 1956) estos suelos son generalmente suelos francos pardo amarillos y suelos francos pumíticos pardo amarillos débilmente meteorizados; en la última clasificación neozelandesa (Pohlen, 1962) probablemente se los consideraría suelos "sub-alvic" y "alvic". Se los podría definir por extenso como "suelos "sub-alvic" y "alvic" débil a moderadamente lixiviados ("enleached"), débilmente acumulativos, procedentes de cenizas andesíticas y riolíticas poco argilizadas y materiales derivados".

No son suelos alofánicos húmicos en el sentido que da Kanno (ibidem, 1962) a esta expresión, sino que son "alofánicos" por cuanto la presencia de alófana amorfa coloidal es su característica más significativa y dominante, característica de la que derivan casi todas las propiedades químicas, físicas y agronómicas.

2. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 2 (TRUMAOS SEPTENTRIONALES)

Los trumaos alcanzan gran desarrollo en esta zona, pero sólo en la Cordillera de los Andes y en las colinas situadas al pie de ésta. Suelos afines derivados de aluvium volcánico penetran ligeramente en las planicies del Llano Central hasta 20 Km del pie de las colinas de la cordillera. No se observan suelos de cenizas volcánicas alofánicas ni en las tierras bajas ni en la Cordillera de la Costa, como tampoco se los halla en el tramo de costa que se extiende hacia el sur desde la desembocadura del Ñuble hasta la provincia de Cautín.

Aparte algunos suelos análogos a los trumaos procedentes de aluvium volcánico, que tienen un relieve más bien llano o muy ligeramente ondulado y adoptan la forma de antiguos depósitos aluviales en forma de abanico y cuyo vértice apunta hacia los Andes, los suelos amorfos de esta zona se presentan generalmente en la zona ondulada o más o menos fuertemente accidentada denominada "ceja de montaña" y en las colinas moderada o fuertemente pendientes de la actual cordillera andina. Estos suelos aumentan en espesor hacia el centro de la cordillera, a pesar de la inclinación gradual de los declives. Incluso en la parte verdaderamente montañosa el manto de cenizas volcánicas es casi completo, faltando principalmente allí donde la erosión ha seguido a la destrucción del bosque natural ocasionada tanto por la acción del fuego como por un cultivo agrícola en lugares inapropiados.

Teniendo en cuenta la diversidad de volcanes que hay en la zona (hay seis importantes) los lechos de cenizas muestran una notable uniformidad. La roca madre formadora de suelos dominante es una ceniza de tipo andesítico, de carácter a veces entre neutro y básico, pero en ciertos puntos más bien ácido. Los horizontes de deposición intercalados son casi siempre pumíticos y con frecuencia claramente riolíticos, y en ocasiones parece que se han fijado en forma de lodo plástico. En esta zona raramente hay horizontes pumíticos en la superficie del manto de cenizas o cerca de ella, y no se ha descubierto ningún suelo derivado totalmente de materiales pumíticos, aunque materiales de esta clase se hallan entre los estratos más profundos del subsuelo en muchísimos suelos. Las cenizas volcánicas, la magnetita y varios minerales opacos son constituyentes comunes de todas las rocas madres formadoras de suelos que dan lugar a suelos alofánicos en esta zona.

a) Características ambientales de la zona

La precipitación media anual está comprendida entre unos 1.100 mm y más de 2.500 mm. La precipitación máxima no se recoge a lo largo de la divisoria de los Andes sino bastante al oeste de la frontera con Argentina, aproximadamente en la región en que se hallan los volcanes. Las lluvias en la región de la divisoria andina son probablemente inferiores a 2.000 mm. Sólo alrededor de 8% del total de las precipitaciones cae en los meses cálidos de verano y hasta 45% en los meses invernales más fríos. A lo largo de la falda occidental de la cordillera por lo menos tres meses del año tienen lluvias inferiores a 60 mm, e incluso en las cumbres hay generalmente un período de seis semanas a dos meses en que la evaporación es mayor que la precipitación. Por consiguiente, existe una estación seca muy definida, aunque relativamente corta. En las colinas y las tierras bajas adyacentes la estación seca es más definida y algo más larga: quizá el ambiente edáfico pueda caracterizarse como un medio en que hay un déficit de humedad durante un período de hasta ocho semanas al año. Las alturas se cubren regularmente de un leve manto de nieve todos los inviernos, pero rara vez nieva en las tierras bajas, aun cuando en ellas lo corriente es que las noches sean muy frías en invierno y que en diciembre se hayan registrado temperaturas de tan sólo 4°.

La temperatura media anual es del orden de 15°C a 14,5°C, con temperaturas medias estivales (en diciembre) que oscilan entre 28°C y 22°C y medias invernales (en julio) comprendidas entre 9,5°C y 8,5°C. El régimen climático de la zona se aproxima a la categoría de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) "húmedo, mesotérmico, con falta de agua en verano: B B's". Regímenes climáticos comparables, aunque en modo alguno idénticos, existen

a lo largo del valle del Tajo, al nordeste de Lisboa en Portugal y en el extremo sudoccidental de Australia, cerca de Albany (R.G. Simmers, N.Z. Meteorological Service, comunicación personal, 1960).

Topográficamente los suelos aparecen en terrenos de toda clase de relieves, pero las principales tierras de cultivo se hallan en terrenos ondulados o accidentados.

La cubierta vegetal natural era bosque de tipo de parque dominado por Nothofagus obliqua (roble) en las colinas exteriores, con una cubierta forestal más completa en las colinas interiores y en las alturas de los Andes. La proporción de roble disminuye constantemente con la altitud y el lugar de esta especie lo ocupan otras del género Nothofagus, sobre todo coigüe (N. dombeyi) y ñirre (N. antarctica); esta última se halla por lo general únicamente a gran altitud. El roble es una de las especies de hoja caediza del género Nothofagus y su desaparición coincide con el inicio del bosque sempervivente en el que son importantes el laurel (Laurelia sempervirens), el canelo (Drimys winteri) y el olivillo (Aextoxicon punctatum), además de las especies semperviventes del género Nothofagus. Podocarpus nubigensis (manio) es corriente en los valles superiores y Pilgerodendron sp. (ciprés) aparecen en las terrazas fluviales escoriáceas cercanas a los volcanes. En la proximidad más inmediata de éstos el bosque ha sido destruido por los gases nocivos, y aparecen comunidades de "tussock" tosco.

Los suelos no trumaos asociados de esta zona son principalmente suelos pardos no cálcicos de transición gradual a suelos lateríticos pardos y a suelos forestales pardos; suelos forestales pardos; y latosoles pardo rojos (Roberts, y colaboradores, 1958).

b) Morfología general de los suelos

Capas arables:
- generalmente entre 20 cm y 40 cm de profundidad, excepto en los suelos derivados de aluvium volcánico donde la profundidad total de la capa arable puede llegar a 70 cm;
- textura generalmente más fina que en los suelos de la zona 1, pues casi todos los suelos son francoarenosos muy finos, si bien la variación de la textura en el terreno oscila entre franco arenosa y franco limosa (los análisis mecánicos de materiales debidamente dispersos indican que las texturas son arcillosas);
- los colores son predominantemente el pardo oscuro o el pardo grisáceo oscuro en seco; que pasan a pardo muy oscuro o pardo gris muy oscuro en húmedo (10YR 3/3, 7,5YR 3/2, 10YR 5/2 en seco; 10YR 3/2, 10YR 2/2, 7,5YR 3/2-2/2, en húmedo);
- corrientemente muy friables en las condiciones naturales pero pueden volverse ligeramente firmes bajo pastizal, - nunca compactas;
- las estructuras muy desarrolladas en finos bloques subangulares son muy corrientes en la capa arable, y se desagregan fácilmente en gránulos y terrones muy finos; razón peso/volumen muy pequeña; los gránulos son algo difíciles de humedecer; más bien esponjosas en seco;
- generalmente no adherentes y muy poco plásticas en húmedo;
- límites por lo común bastante definidos e incluso muy definidos bajo pastizales, pero algo indefinidos e irregulares bajo bosque natural.

Subsuelos:
- generalmente de color pardo amarillento oscuro, que pasa gradualmente a pardo amarillo en seco (10YR 4/4 a 10YR 5/4 ó 5/6; el color varía mucho cuando la tierra está húmeda, pues el subsuelo superior pardo amarillo oscuro pasa a pardo oscuro (7,5YR 3/2) o incluso pardo rojizo oscuro (5YR 3/3), mientras que el subsuelo inferior se vuelve pardo rojizo oscuro (5YR 4/3) o pardo rojizo (5YR 4/4), excepto en algunas de las capas pumíticas de más antigua deposición que cambian a pardo oscuro (7,5YR 5/6 ó 5/8);

- los subsuelos están corrientemente estratificados y pueden tener capas pumíticas destacadas; la profundidad de aquéllos oscila entre 1 m y hasta 4 m;
- la textura varía ampliamente, desde franca limosa densa a franca arcillosa ligera, con capas pumíticas de textura entre franca arenosa y franca arcillosa con grava;
- la parte superior del subsuelo es típicamente muy friable, muy blanda y pulverulenta en seco, y se deshizo prontamente en la trinchera de una carretera recién excavada; por el contrario, los horizontes inferiores del subsuelo son mucho menos friables,a veces bastante firmes, y tienden a endurecerse al secarse, por lo que es característico que las viejas trincheras de las carreteras tengan un perfil inferior convexo y una parte superior ahuecada sobre la que la capa arable, menos friable y mantenida unida por las raíces, queda como colgando;
- la agregación estructural es mala en la parte superior de la capa arable, pues se limita a gránulos muy finos y terrones; pero al aumentar la profundidad existe un límite inferior del subsuelo muy claramente definido por debajo del cual los agregados son grandes y bastante bien formados y que, al hacerse mayor la presión, se desagregan en bloques muy finos y gránulos finos; algunos de los agregados en bloques subangulares medianos y finos del subsuelo inferior presentan señales de débiles corrientes de arcilla, pero esta característica no está bien desarrollada en los suelos de esta zona; una característica bastante particular de estos suelos es la presencia en ellos de gran número de agregados nodulares, redondeados, firmes, entre el material friable del subsuelo superior, - posiblemente deben su origen a insectos o a gusanos, pero como persisten en los suelos agrícolas después de muchos años de cultivo bajo una biota completamente diferente, quizá sean agregaciones de alófana amorfa formadas por la desecación estacional del suelo; estos nódulos no tienen ninguna de las características claramente perceptibles de la gibsita; la penetración de las raíces es excelente, llegando a menudo a más de 1 m;
- los materiales del subsuelo corrientemente no son adherentes en húmedo, pero pueden ser ligera o moderadamente plásticos, - esta característica aparece sólo cuando el suelo húmedo se amasa entre los dedos bastante tiempo;
- la "resbalabilidad" o "untuosidad" típicas (propias de la mayoría de los suelos ricos en arcilla alofánica) no se aprecia inmediatamente en algunos de estos trumaos, a menos que el suelo haya estado humedecido naturalmente durante algún tiempo; en las condiciones secas propias del verano este fenómeno no puede observarse si el suelo no se humedece y amasa en la mano largo rato;
- el límite del subsuelo inferior está por lo general bien definido.

c) <u>Características químicas generales</u>

Capas arables: el análisis de la composición mineral de las capas arables revela la presencia de alófana dominante, con algunos complejos orgánico-minerales, geles de hierro, cuarzo, cristobalita, lepidocrita y geotita; muchos de estos minerales puede que sean contaminantes recientes procedentes del polvo de la carretera (que abunda mucho en las áreas de trumaos), pues sólo se los halla en los 5 cm superiores; la geotita y la cristobalita son los únicos minerales, aparte la abundante alófana, que se encuentran en la parte inferior de la capa arable, aun cuando la gibsita aparece bastante cerca de la superficie del suelo; la presencia de gibsita y alófana juntas en la misma parte del perfil parece que es más bien una característica común de los trumaos chilenos en esta zona y es una de las distinciones que los diferencia de los suelos de cenizas volcánicas, tan afines a ellos por lo demás, de Nueva Zelandia;

las capas arables bajo su cubierta vegetal natural tienen
- reacción ácida mediana a débilmente alcalina (pH, 5,7 a 7,5);
- contenido de materia orgánica muy grande (mayor de 30 por ciento);
- capacidad de cambio de cationes media a grande (20-40 miliequivalentes por ciento);
- contenido de calcio sustituible grande a muy grande (10-30 miliequivalentes por ciento);
- gran saturación de bases (65-80 por ciento)

Otras capas arables bajo vegetación que no es la natural tienen
- reacción casi neutra (pH, 6,8) a alcalina (pH, 7,5);
- contenido de materia orgánica que disminuye con la profundidad, pero que es todavía bastante considerable (13-15 por ciento) cerca de la superficie;
- gran capacidad de cambio de cationes (30-37 miliequivalentes por ciento);
- contenido de calcio sustituible bastante grande (unos 9 miliequivalentes por ciento);
- saturación de bases pequeña o media (30 a 40 por ciento).

Subsuelos: los subsuelos presentan una diversidad bastante reducida de minerales arcillosos, predominando también en este caso la alófana y aumentando la cantidad de gibsita con la profundidad; minerales accesorios son la cristobalita, la geotita y, en ocasiones, la boehmita y los geles de hierro;

los subsuelos naturales tienen las características siguientes
- reacción que varía entre muy ácida y alcalina (pH, 5,1 - 8,3);
- materia orgánica fuertemente decreciente con la profundidad, pero aun así a más de 1 m de hondo puede haber todavía 4 por ciento de materia orgánica (variación, entre 3,3 y 16,3 por ciento);
- capacidad de cambio de cationes entre 33 y más de 90 miliequivalentes por ciento, esto es, entre media y muy considerable;
- calcio sustituible en proporción que va desde muy pequeña (0,9 miliequivalentes) a algo más de media (4,6 miliequivalentes)
- saturación de bases muy pequeña (oscilación entre 5 y 11 por ciento).

los subsuelos de suelos agrícolas muestran
- reacción neutra a levemente alcalina (pH, 7,0 a 7,9);
- contenido de materia orgánica que disminuye con la profundidad, desde cifras altas (10 por ciento) a bajas (2,8 por ciento), esta última a más de 1 m de la superficie;
- capacidades de cambio de cationes entre medias y grandes (24-41 miliequivalentes por ciento);
- calcio sustituible en proporción generalmente grande (8 a 11 miliequivalentes);
- saturación de bases media (30 a 50 por ciento).

Observaciones - se han hecho análisis químicos del contenido de bases de cuatro perfiles de suelo nada más, todos ellos de la región de las colinas donde la roca madre dominante es el loess volcánico con materiales de deposición subaérea. No se han hecho aún análisis de los trumaos subaéreos verdaderos ni de ninguno de los suelos afines de la provincia meridional de Aysén, como tampoco de los suelos análogos a trumaos procedentes de aluvium volcánico de esta zona. De los análisis de que se dispone, dos son de áreas bajo bosque natural de roble, y dos de áreas de pastizales que actualmente dan pastos toscos, más bien pobres, pero que casi con toda certeza se han sometido periódicamente al cultivo (sobre todo de trigo).

En las condiciones naturales los suelos muestran una buena fertilidad en la capa arable y esta fertilidad reside casi ciertamente en la fracción orgánica. La fertilidad de la capa arable disminuye rápidamente cuando los suelos se cultivan.

En contraste con los trumaos de la zona 1 éstos de la zona 2 no revelan una pérdida considerable de cationes sustituibles cuando se inicia en ellos el cultivo. Todos los análisis efectuados indican que las concentraciones de calcio y magnesio sustituibles del subsuelo se mantienen bastante bien, a pesar de que la lluvia es mucho mayor en la zona 2 que en la zona 1. Esto quizá se deba a los abonos empleados durante el cultivo, pero puede que se deba también a que los procesos más intensos de meteorización tienen un efecto más profundo una vez que se elimina el bosque.

Es poca la información de que se dispone acerca de las reservas totales de nutrientes en estos suelos. Los escasos datos recogidos apenas hacen más que confirmar que el contenido total de alúmina es mayor que el total de sílice, y que el contenido total de hierro es relativamente pequeño.

De las pruebas disponibles se supone provisonalmente que los suelos se hallan en un medio de meteorizaoión algo más avanzada que aquél en que se hallan los suelos de la zona 1; y que la meteorización puede reemplazar parte de los nutrientes perdidos por la lixiviación normal; quizá, más específicamente, bajo las temperaturas más bien elevadas del suelo que subsisten cuando se elimina el bosque. Sólo se dispone de registros locales, casuales, para apoyar este último punto, pero las medidas reales efectuadas en diversas ocasiones muestran que frecuentemente existen diferencias comprendidas entre 10° y 20°C entre los suelos con vegetación forestal y sin ella en las temperaturas tomadas hasta la profundidad de 50 cm. En una ocasión, durante un verano seco y cálido, el suelo a la profundidad de 35 cm estaba algo más húmedo y tenía una temperatura 25°C mayor que la del suelo con cubierta forestal a igual profundidad. Provisionalmente estos suelos se consideran trumaos submoderadamente meteorizados.

d) Características de los suelos típicos

En esta zona hay muchos ejemplos de trumaos derivados de loess volcánico y de cenizas subaéreas y depósitos de precipitación. Hay también algunos suelos formados principalmente a partir de aluvium volcánico. Se estudiará uno de estos últimos suelos y tres de los formados de loess volcánico mezclado con materiales cinericios de deposición. Con fines comparativos, se describirá un quinto suelo desarrollado a partir de materiales principalmente subaéreos en el lejano sur, cerca del límite de la pampa patagónica.

i) Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Chillán (Apéndice, perfil N° 16)

Este suelo procede principalmente de materiales volcánicos subaéreos mezclados en parte con loess volcánico y se desarrolla en terrenos muy accidentados cerca de las colinas andinas a unos 30 Km al sudeste de Chillán. En esta región la precipitación media anual es de unos 1.350 mm y la temperatura media anual, de 14,7°C aproximadamente, y existen al menos dos meses secos al año. Este suelo se presenta a altitudes comprendidas entre 500 m y más de 1.000 m, y la cubierta vegetal era principalmente bosque de roble (Nothofagus obliqua), con abundancia de especies arbóreas siempre verdes de hoja lauriforme.

El perfil revela:

20 cm pardo oscuro a pardo, suelo franco arenoso muy fino; friable y muy finamente granular, con muchas raíces (pH, en el campo 6,0; en el laboratorio, 6,5);
30 cm pardo amarillento muy oscuro, suelo franco arenoso muy fino o franco limoso, muy friable y poroso (pH, en el campo, 6,3; en el laboratorio, 7,3);
40 cm pardo amarillento oscuro a pardo amarillento, suelo franco arenoso muy fino o franco ligeramente firme y denso, con estructura en bloques poco desarrollada (pH, en el campo, 6,4; en el laboratorio, 8,0).
50 cm pardo amarillento, suelo franco arcillo-limoso más bien firme, con una estructura en bloques subangulares definidos y moderada plasticidad en húmedo (pH, en el campo 6,6; en el laboratorio, 8,3).

Este suelo se desarrolla en materiales ligeramente estratificados, pero hasta una profundidad de unos 140 cm la estratificación no es muy perceptible, a no ser que se examinen muestras del terreno al microscopio. Por debajo de 140 cm hay capas muy definidas, de color amarillento pálido a pardo intenso, de cenizas pumíticas meteorizadas (suelo franco arcillo-arenoso compacto con algo de grava; arcilla limosa muy estructurada de color pardo pálido, etc.), intercaladas con suelo franco arcillo-limoso pardo amarillento, comparable en muchos aspectos con el último horizonte descrito antes en el perfil.

Los suelos cultivados son extremadamente deficientes en fosfatos asimilables y poseen una grandísima "fijación de fosfatos" (hasta 90% de la totalidad de los fosfatos se fija en estos suelos: O. Schenkel, 1962, comunicación personal). Los cultivos responden al nitrógeno y a los fosfatos y en ausencia de éstos muchos de aquéllos no dan rendimiento alguno. Los abonos fosfatados aplicados en pequeña cantidad muy cerca de las semillas parece que dan mejores resultados económicos que las aplicaciones de los mismos en cantidades muy grandes hechas generalmente a la superficie del terreno.

ii) Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Santa Bárbara (Apéndice, perfil N° 17)

Este suelo procede principalmente de loess volcánico con algo de material de deposición, y se desarrolla en declives accidentados entre las colinas de la cordillera y el llano en la provincia de Bio-Bio. La precipitación media anual es de unos 1.400 mm, habiendo hasta dos meses secos al año. La temperatura media anual es del orden de los 13,5°C, con medias invernales de 8,5°C, aproximadamente, y medias estivales de alrededor de 19,3°C. Este suelo se presenta a altitudes comprendidas entre unos 350 m y más de 700 m, y la cubierta vegetal original era bosque de roble, en parte, parque abierto.

El perfil del suelo revela:

20 cm pardo oscuro, suelo franco arenoso muy fino, con algo más arcilla que los trumaos de Chillán, con estructura en bloques finos y gránulos (pH, en el campo, 6,0; en el laboratorio, 6,8);

25 cm pardo, suelo franco limoso, más bien esponjoso en seco y con estructura granular muy fina (pH, en el suelo, 6,1; en el laboratorio, 7,0);

80 cm pardo amarillento, suelo franco limoso denso, que se seca con estructura prismática incipiente (pH en el campo, 5,9; en el laboratorio, 7,5);

95 cm pardo intenso, suelo franco arcillo-limoso, con fuerte estructura en bloques, en húmedo, pero que forma columnas prismáticas cuando está seco. (pH, en el campo, 5,4; en el laboratorio, 7,4),

Sobre... cenizas volcánicas estratificadas pardo amarillentas compactas.

Al pareoer este suelo está comprendido en la asociación de suelos Santa Bárbara, pero se diferencia considerablemente de los trumaos de Chillán por su textura en el campo, ligeramente más densa, la tendencia del subsuelo a contraerse en formas toscamente columnares en las trincheras secas de las carreteras, y quizá por su color amarillo algo más intensc. Ambos suelos tienen el horizonte superior del subsuelo muy friable y esponjoso, con nódulos redondeados y endurecidos, y señales incipientes de débiles corrientes de arcilla en el subsuelo inferior.

Desde el punto de vista agronómico son suelos muy semejantes. Los trumaos de Bio-Bio de esta especie se cultivan casi de igual modo que los trumaos de Chillán y presentan los mismos problemas derivados de su muy considerable fijación de fosfatos. Ambos responden bien al nitrógeno.

iii) Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Mulchén (Apéndice, perfil N° 18)

Este suelo es también muy semejante a los descritos anteriormente como característicos de los trumaos de Chillán derivados de loess volcánico y cenizas subaéreas. Se desarrolla unos 200 Km más al sur que el descrito anteriormente, aunque en parte de la misma faja longitudinal de cenizas que se extiende entre las colinas de la cordillera y el llano. El clima de la región de Mulchén es algo más húmedo, con unos 1.500 mm de lluvia anual en la localidad donde mejor se desarrolla este suelo, y una temperatura media anual de 8,2°C, aproximadamente. Por lo general, hay unos dos meses secos al año. El suelo aparece en terrenos más o menos ondulados e incluso llanos, bajo una cubierta vegetal natural de bosque de roble que es menos abierta que en el caso de los suelos Santa Bárbara del centro de la provincia de Bio-Bio.

El perfil del suelo revela:

25 cm pardo oscuro, más bien rojizo, suelo franco arenoso muy fino o suelo franco, de estructura finamente granular y friable (pH en el campo, 5,4);
10 cm pardo, suelo franco muy suelto y friable, con muchos nódulos redondeados de agregados de suelo, que son mucho más firmes que la masa general de suelo (pH en el campo, 5,6);
30 cm pardo a pardo amarillento, suelo franco arcillo-limoso, que se agrieta ampliamente al secarse formando columnas de estructura toscamente prismática (pH en el campo, 5,8);
60 cm pardo amarillento osouro, suelo franco arcillo-limoso, bien estructurado, que también se contrae mucho al secarse (pH en el campo, 6,0),
Sobre... lechos de cenizas amarillentas estratificados y capas de deposición.

Este suelo representa el estadio más meteorizado de la asociación Santa Bárbara, aun cuando no es todavía más que submoderadamente meteorizado en la amplia escala de la meteorización. Tiene una capacidad de cambio de cationes mucho mayor que la mayoría de los suelos Santa Bárbara, y posee también una capacidad extremadamente grande de fijación de fosfatos (hasta 95%). Posiblemente por esta razón parece ser que este suelo está paulatinamente dejando de cultivarse; últimamente, al menos, los agricultores emplean en él una rotación de pastizales más prolongada que anteriormente. Los suelos cultivados son más bien pobres en cal y potasa, pero el factor limitativo principal es ciertamente el problema de los fosfatos.

iv) Suelo franco limoso Arrayán (Apéndice, perfil N° 19)

Este suelo es uno de los muchos tipos de trumaos derivados de aluvium volcánico. Son característicos de todos ellos los horizontes de la capa arable profundos y más bien oscuros, cuyo color pasa gradualmente a pardo amarillento oscuro en el subsuelo. Las texturas son por lo general franco limosas en la capa arable y franco arcillo-arenosas finas o francas ligeramente arenosas en el subsuelo.

El suelo franco limoso Arrayán se desarrolla en terrenos llanos o muy suavemente ondulados derivados de antiguos materiales de depósitos aluviales volcánicos, predominantemente andesíticos, pero que contienen más cuarzo fino que la mayoría de los demás trumaos de la zona. Este suelo se forma en toda la gama climática de la zona, y la cubierta vegetal original era probablemente bosque de parque de roble.

Un perfil típico revela:

50 cm gris muy oscuro, suelo franco limoso, más bien firme cuando está cultivado, y con buena estructura granular que permite un excelente tempero después de la arada;
90 cm pardo amarillento o pardo, suelo franco algo arenoso a suelo franco arenoso fino y denso (que puede variar bastante dentro de un área muy reducida), también con estructura bien desarrollada,
Sobre... suelo franco arcillo-arenoso amarillo pardusco, que generalmente descansa sobre grava a una profundidad comprendida entre 150 cm y 200 cm.

Estos suelos tienen una capacidad de cambio de cationes más bien considerable y muestran una bastante fuerte fijación de fosfatos, incluso después de muchos decenios de cultivo. No obstante, son suelos de grandísimo valor agrícola, ya que conservan bien su color oscuro y su contenido de humus en todas las condiciones de cultivo.

v) Suelo franco arenoso fino Baguales (Apéndice, perfil N° 20)

Los suelos Baguales se desarrollan en condiciones de temperatura muy inferior, pero de aproximadamente igual precipitación anual (con una distribución algo semejante) que las de los demás trumaos de este grupo. Son sobre todo los trumaos de la parte oriental de la cordillera andina, a unos 35°S en la provincia de Aysén. En condiciones naturales sostienen bosque caducifolio de lenga (Nothofagus pumilio) y a veces también ñirre (N. antarctica) y matorral.

El clima a que están sometidos estos suelos está dominado por los frecuentes y fortísimos vientos fríos del sudoeste que dejan gran parte de su humedad en el paso de la cordillera y hacen que llueva unos 150 a 180 días del año, con una precipitación total de 1.000 mm a 1.200 mm anuales. Los meses de primavera y de verano son notablemente más secos que los restantes del año, pero se duda que exista un mes verdaderamente seco. Otra diferencia es que nieva más en invierno, y que las temperaturas en esta estación son mucho más frías (temperatura media de julio, 6°C). Las temperaturas medias estivales (enero, media 14°C) no son muy diferentes de las que se observan en la región principal de los suelos Santa Bárbara y de los muy afines a éstos.

Un perfil típico revela:

20 cm pardo oscuro, suelo franco arenoso fino, friable y con estructura bastante granular;
20 cm pardo, suelo franco arenoso, ligeramente firme y con estructura en bloques definidos;
40 cm pardo a pardo amarillento, suelo franco arenoso denso, y con estructura en bloques menos pronunciados o granular,
Sobre ... arenas con grava y arcillas arenosas, principalmente de origen glacial.

No se dispone todavía de datos químicos acerca de estos suelos. Se espera que tales datos demuestren que los mismos están menos meteorizados y algo menos lavados que los trumaos Santa Bárbara, no obstante lo cual quedan comprendidos en la categoría de suelos submoderadamente meteorizados, y que el mineral arcilloso predominante en ellos es la alófana. De los informes recogidos de los agricultores acerca de estos suelos -y la experiencia agrícola es bastante menos extensiva que en el caso de los suelos Santa Bárbara, puesto que la agricultura se inició mucho más recientemente en la provincia de Aysén- parece deducirse que la fijación de los fosfatos es un problema importante en estos suelos y que los abonos que principalmente se necesitan son los nitrogenados y los fosfatados. También se supone que gran parte de la fertilidad natural de estos suelos reside en el horizonte de la capa arable orgánica formada bajo el bosque, que los subsuelos son relativamente pobres en nutrientes de las plantas fácilmente asimilables, y que, por consiguiente, la necesidad de un programa de abonamiento equilibrado en los fundos será cada vez mayor a medida que pase el tiempo.

e) Génesis de los suelos

Los procesos edáficos que se manifestaban en los trumaos de la zona 1 actúan con alguna mayor intensidad en los trumaos de la zona 2. El suelo modal de los trumaos de esta zona se viene considerando de antiguo el Santa Bárbara del distrito de Santa Bárbara (véase Rodríguez, 1949). Un sencillo examen microscópico de los materiales de la capa arable y del subsuelo de este suelo revela que la hornblenda y la hiperestena son atacados mucho más fuertemente que en los suelos Hornillos y Tregualemu. Los análisis mecánicos son una guía menos útil de la meteorización del suelo en el caso de los trumaos, sobre todo debido a lo muy difícil que es dispersar completamente el material. Por lo general la "fracción arcilla" dista de ser completa, puesto que gran parte de la arcilla se sedimenta con la "fracción limo". A causa de la facilidad con que la alófana se agrega en condiciones naturales en

Chile en las condiciones de campo las partículas agregadas se comportan como limo y no vuelven fácilmente a su estado amorfo. Sin embargo, las capas arables de los trumaos de la zona 2 contienen hasta 50 por ciento más de arcilla en su composición que los de la zona 1.

Parece ser que es poca la diferencia en la intensidad de la lixiviación entre las dos zonas; la diferencia está principalmente en la intensidad de la meteorización y la formación de agregados de alófana durante los períodos estacionales de sequedad. La presencia de cierta cantidad de gibsita en los mismos perfiles junto con la alófana es un rasgo muy interesante, que hace pensar que el medio ambiental del suelo es suficientemente rico en alúmina para que parte de la alófana amorfa cristalice directamente en gibsita. Nunca se han observado agregados céreos típicos de gibsita en estos suelos, pero este mineral puede que se halle presente en forma muy fina, dispersado en el suelo; o puede incluso que sea, en parte, causante de la formación de los nódulos térreos redondeados que aparecen corrientemente en los subsuelos.

Se sabe de antiguo que muchos trumaos tienen cantidades relativamente grandes de alúmina fácilmente extraíble, la cual posiblemente es un producto muy prematuro de la meteorización de los feldespatos plagioclásicos y de los vidrios volcánicos. Sherman (1962) propuso que, en los trópicos, el sistema de meteorización podría reducirse a: primero, la formación de un sistema iónico seguido de un sistema amorfo, luego de un sistema criptocristalino y, por último, de un sistema cristalino. La meteorización de las cenizas volcánicas en las regiones templadas tiene algo en común con la meteorización de los suelos tropicales porque la naturaleza de las cenizas es tal que la meteorización puede penetrar en ellas profundamente y actúa con mucha rapidez al principio debido a que los materiales están finamente divididos y las superficies de los cristales se rompen con frecuencia. De producirse una cantidad grande de alúmina ionizada durante la fase iónica de la meteorización, ello podría tener presumiblemente algún efecto acondicionador sobre el sistema amorfo y pudiera ser que parte de la alófana amorfa se transformase después directamente en gibsita cristalina durante la deshidratación gradual de los suelos al iniciarse la falta estival de agua.

Letelier (Letelier y Wright, 1962) considera que la presencia de una fracción de alúmina activa en los trumaos está íntimamente relacionada con ciertos problemas de la fertilidad de estos suelos. En muchos trumaos, incluso cuando tienen un contenido de bases considerable comprobado, los rendimientos de los cultivos son pequeños y algunos cultivos (especialmente la beterraga sacarina) apenas sobreviven a la fase de germinación, a no ser que se les suministre fosfatos. Aunque la fijación de fosfatos es indudablemente muy grande en estos suelos, puede ser que este factor no sea el único que impide el aprovechamiento agrícola del suelo; al parecer existe una toxicidad umbral debida a la alúmina que, en el caso de los cultivos sensibles a esta clase de toxicidad, la aplicación de una cantidad de fosfato, incluso pequeña, contribuye a neutralizar. Este efecto es muy pronunciado cuando los fosfatos se utilizan en una forma muy soluble.

La naturaleza y el origen de esta alúmina activa en estos trumaos es todavía objeto de investigación, pero hay muchas pruebas de su existencia, aparte los efectos que pudieran deberse a las cantidades excesivamente grandes de silicatos alumínicos amorfos contenidos en el suelo. En este caso existe también la posibilidad de que la presencia de alúmina iónica se relacione con la formación de gibsita. La deshidratación estacional del suelo facilitaría indudablemente la formación de gibsita.

La función que desempeña la vegetación natural en el sistema edáfico puede resultar ser muy interesante. En las condiciones naturales existe la usual acumulación de fertilidad en la capa arable y la usual formación de los más bien estables compuestos húmicos, quizá junto con alófana. Cuando se destruye la cubierta forestal puede ocurrir un notable aumento de la temperatura en la capa arable (y en la parte superior del subsuelo) que facilitaría la intensificación de la meteorización en estos horizontes causando el aumento de los nutrientes sustituibles de las plantas y también un cierto aumento de la formación de arcilla y de la transformación de ésta (León, 1962). Esto podría acontecer en un medio ambiente con un equilibrio muy delicado.

f) Clasificación de los suelos

En Chile estos suelos se consideran característicos del grupo que se designa con el nombre de trumaos. Mella (1958, i) ha estudiado la microestructura de los trumaos de esta zona y los relaciona con el lehm pardo terroso del sistema de Kubiena (1938; 1950) y con los suelos de cenizas volcánicas de la Guinea Española y de las islas Canarias (Mella, 1958, ii)

En la séptima aproximación del actual sistema estadounidense (U.S. Soil Survey Staff, 1960), estos suelos son probablemente umbrandeptes mólicos, aun cuando los valores del pH (medidos en el campo) son más bien pequeños y no se dispone de información alguna acerca de las razones carbono/nitrógeno.

En las antiguas clasificaciones neozelandesas estos suelos son francos pardo amarillos. En la moderna nomenclatura de Nueva Zelandia son "alvic" con horizonte "B" sencillo.

Estos suelos son semejantes, aunque no idénticos, a los alofánicos húmicos definidos por Kanno (Kanno, 1962), siendo la divergencia principal su menor contenido de humus en la capa arable, su mayor contenido de bases y el mayor pH en los horizontes superiores del perfil.

Provisionalmente basta considerar estos trumaos suelos amorfos desarrollados en una zona de meteorización submoderada con una estación seca estival definida, bajo una lixiviación y una melanización entre ligeras y moderadas.

3. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 3 (TRUMAOS CENTRALES)

Esta es la zona en que los trumaos chilenos alcanzan su máxima extensión; se los puede hallar cerca de la costa, a través de toda la República hasta la frontera con Argentina y más allá de la región desértica del centro de este último país.

Los trumaos centrales comprenden muchos ejemplos de suelos derivados totalmente de depósitos subaéreos (que se hallan sobre todo en las colinas y las alturas de la cordillera andina); algunos suelos derivados de aluvium volcánico de las planicies del Llano Central; y muchos suelos procedentes principalmente de loess volcánico, entre ellos algunos cercanos a la costa donde el loess posiblemente procede en parte de acarreos costeros levantados y precipitados nuevamente.

Estos trumaos se hallan en una gran variedad de terrenos que comprende desde llanuras aluviales planas y terrenos escalonados y más o menos ondulados, hasta los declives muy accidentados de la precordillera de la Cordillera de la Costa y de la precordillera andina; y también en los sectores alomados y muy escarpados y montañosos de los Andes. Los mejores suelos agrícolas, y por consiguiente los trumaos mejor conocidos de esta zona son los de las llanuras y declives que circundan la región agrícola de Temuco, centro administrativo de la provincia de Cautín. En esta zona hay once volcanes importantes, todos en la vertiente chilena del confín con Argentina; y muchos de ellos son todavía activos, dando origen de vez en cuando a deposiciones de cenizas volcánicas. Por lo general la mayoría de las cenizas asciende a gran altura y es arrastrada por los vientos más altos hacia la Argentina, pero de tiempo en tiempo cae ceniza reciente (polvo volcánico finísimo) en los terrenos de cultivo de las tierras bajas centrales que puede llegar incluso hasta la costa. Esta lluvia de polvo de materiales volcánicos recientes que se precipita sobre los suelos agrícolas es generalmente muy ligera, pues rara vez alcanza unos pocos milímetros de espesor, si bien en las proximidades de los volcanes el espesor puede ser de varios pies. Las áreas en que las cenizas recientes tienen un espesor mayor de 20 cm se consideran "suelos volcánicos recientes" y quedan fuera de la categoría de los trumaos.

Las rocas madres de los suelos de cenizas volcánicas en esta zona están, pues, frecuentemente bastante bien estratificadas y por lo común existe una brusca yuxtaposición de rocas que difieren ampliamente en cuanto a su composición mineralógica. Capas de cenizas

riolítico-pumíticas silíceas pueden alternar con arenas basálticas y cenizas andesíticas en algunas partes; en otras, la roca dominante está constituida por grava y arena pumíticas, mientras que, aun a gran distancia de los volcanes, un lecho al parecer uniforme de cenizas andesíticas puede presentar una considerable estratificación mineralógica observado al microscopio. Sin embargo, parece ser que todos los trumaos contienen una gran proporción de vidrios volcánicos, magnetita y diversos minerales opacos (como augita, hornblenda, hiperestena y otros minerales volcánicos corrientes) mezclados en proporciones tales que dichos suelos muestran una disposición geográfica definida que, mediante estudios más prolongados, podría relacionarse ciertamente con determinadas erupciones de los distintos volcanes. El examen mineralógico preciso de los trumaos de esta zona apenas se ha iniciado, y debiera emprenderse porque los resultados del mismo serían útiles para los agricultores de la región, ya que gran parte de la reserva de fertilidad de estos suelos depende de la naturaleza de los minerales incluidos en la fracción arena.

a) Caraoterísticas ambientales de la zona

Las precipitaciones medias anuales varían desde algo menos de 1.500 mm en la costa hasta entre 2.000 mm y más de 2.500 mm en el Llano Central, y hasta más de 4.000 mm en el centro de los Andes chilenos, y descienden de nuevo a unos 2.000 mm cerca de la frontera con Argentina. En la mayor parte de la zona hay de cuatro a seis semanas en que la lluvia es por término medio inferior a 60 mm al mes, por lo que los sueldos pueden secarse durante dos o tres semanas, aun cuando rara vez se quedan tan secos como los de la zona precedente, a no ser que se trate de un año de una sequía excepcional. Aunque cerca de la superficie parezca que están bastante secos, los subsuelos conservan por lo general bastante humedad; además, las muestras de capa arable y de suelo superior aparentemente secas desprenden por lo general una gran cantidad de agua en los sacos de plástico en que se las conserva. En toda la zona, aproximadamente 10% del total de la precipitación ocurre en los meses de verano, las más de las veces en forma de breves aguaceros que se repiten con pocos días de intervalo. Parte de las precipitaciones que caen sobre las colinas de la cordillera andina son regularmente de nieve en invierno.

Las temperaturas medias anuales están comprendidas entre 13,5°C y 14,5°C, siendo la media invernal (julio) de unos 9,5°C y estando comprendida la media estival (enero) entre los 21°C y los 24°C. Los regímenes térmicos son, por consiguiente, bastante semejantes a los de la región de Taranaki de Nueva Zelandia, aunque el verano chileno es bastante más seco. El clima de Salem, Oregón, es también bastante análogo, pero más frío en invierno y más seco en verano.

La cubierta vegetal natural en esta zona era el bosque, correspondiente a la formación Nothofagus obliqua-Laurelia sempervirens (de Pisano, 1950) en el Llano Central y en las colinas de los Andes; con bosque costero valdiviano en la Cordillera de la Costa y en los llanos costeros y bosque andino valdiviano en la cordillera andina, incluyendo algunas áreas de bosque de Araucaria en las altas altitudes, y formaciones de matorral xeromórfico con manchas de pradera de "tussock" a las altitudes superiores a 1.200 m en las tierras altas más secas cercanas a la frontera con Argentina.

Los suelos no trumao asociados de esta zona son suelos lateríticos pardo rojos, suelos forestales pardos y suelos podsólicos pardos, según Roberts y colaboradores (Roberts y colaboradores, 1958).

b) Morfología general de los suelos

Capas arables:
- por lo general algo menos profundas que en la zona 2, con una profundidad de 12 cm a 30 cm, excepto en el caso de algunos suelos derivados de aluvium volcánico, en que la capa arable puede tener 60 cm;
- la textura es generalmente más fina que la de los suelos de las zonas 1 y 2, predominando las franco limosas, franco limosas densas y francas, excepción hecha de los suelos que proceden de materiales pumíticos, de algunos suelos de loess y de ciertos suelos aluviales;
- los colores son predominantemente el pardo a pardo oscuro, en seco, y los ligeramente grisáceos en la mayoría de los trumaos de origen aluvial, y a menudo el gris muy oscuro en los suelos de cenizas subáereas de las grandes altitudes de la cordillera andina; los colores en húmedo son el pardo rojizo oscuro a negro o pardo muy oscuro, es decir, que son bastante más oscuros que en la zona 2;
- las capas arables son por lo común ligeramente firmes en condiciones naturales y muestran estructuras granulares o en bloques subangulares muy finos, por lo que se diferencian poco de las capas arables de la zona 2;
- las capas arables son algo más adherentes y plásticas, en general, que las de la zona 2, pero esto no siempre resulta evidente, a no ser que se comparen simultáneamente muestras de las dos zonas;
- el límite inferior de la capa arable es corrientemente muy definido.

Subsuelos:

- generalmente son pardos que pasan a pardo amarillentos cuando están secos; y pardo amarillentos oscuros en la parte inferior del subsuelo cuando están húmedos, con una notable diferencia entre los colores cuando el suelo está empapado, humedecido, seco o humedecido y triturado: generalmente un subsuelo seco pardo amarillento se vuelve pardo amarillo muy oscuro cuando se le humedece, pardo intenso cuando está humedecido y triturado, y pardo oscuro cuando está empapado;
- los subsuelos muestran siempre estratificación, incluso los que derivan de loess; a menudo esta estratificación heredada de la roca madre presenta bandas intercaladas muy perceptibles de material pumítico que puede estar cementado con sílice y, por ello, recuerda algo los suelos "talpetate" (véase también, Valencia, 1957);
- las texturas son generalmente franco arcillo-limosas a franco arcillosas ligeras en los subsuelos; pero varían desde arenosas gruesas francas y franco arenosas gruesas en los suelos muy pumíticos y franco arenosas en algunos de los trumao procedentes de aluvium volcánico, hasta arcillo-limosas en algunos de los estratos de cenizas más profundos y más antiguos;
- a cierto nivel de la parte superior del subsuelo es característica la presencia de un horizonte muy friable y suelto, de estructura semejante a la de la parte superior de los subsuelos trumaos de la zona 2, pero sin los nódulos redondeados de tierra endurecida; este material ligero y esponjoso tiene a veces terrones irregulares de naturaleza ligeramente más firme (algo duros cuando están secos), pero no se presenta siempre; este horizonte frecuentemente tarda mucho en humedecerse una vez que se ha secado. Una característica muy constante del horizonte inferior del subsuelo es la aparición de amplias fisuras debidas a la contracción por la desecación en las trincheras de las carreteras; al parecer estas fisuras se forman en los veranos particularmente secos y persisten en las tres estaciones siguientes; las columnas de suelo separadas por las fisuras permanecen unidas formando prismas alargados irregulares; sin embargo, estas características sólo se perciben en las trincheras de las carreteras y no aparecen en el suelo de los bosques ni en el de las tierras de labor; las capas más bajas del subsuelo, donde las texturas de campo son siempre más arcillosas, no se agrietan por contracción en los cortes de las carreteras y probablemente en estos materiales más antiguos aparecen otras arcillas además de la alófana;
- los subsuelos son por lo general ligeramente adherentes y a veces más que moderadamente plásticos, lo que supone una intensificación de ambas propiedades con relación a los horizontes análogos de los trumaos de la zona 2.
- la "resbalabilidad" y la "untuosidad" características de las arcillas alofánicas en estado húmedo están muy claramente desarrolladas en esta zona; casi todos los materiales del subsuelo (y de las capas arables) muestran estas propiedades, que presentan también incluso gran número de los suelos muy pumíticos;
- son muchos los límites entre los horizontes del subsuelo que están clara y tajantemente definidos, lo que indica que a menudo coinciden con características de estratificación heredadas.

c) Características químicas generales

Se carece todavía de buena parte de la información química esencial necesaria para caracterizar debidamente los trumaos de la zona 3. Casi todas las muestras de suelo necesarias se hallan en el Ministerio de Agricultura y probablemente se dispondrá de ellas a su debido tiempo. Actualmente sólo se dispone de cuatro análisis de perfiles.

Capas arables: - No existen análisis mineralógicos de los trumaos de esta zona y análisis de fusión de la fracción arcilla únicamente existen de un suelo que procede principalmente de materiales volcánicos aluviales y de loess.

Las capas arables naturales muestran

- acidez media (pH 5,3 - 5,7);
- gran contenido de materia orgánica (25% y más);
- capacidad de cambio de bases muy grande (59 - 75 miliequivalentes por ciento);
- calcio sustituible en proporción menor que en las capas arables naturales de los trumaos de la zona 2, pues varía desde 3,6 a 15,9 miliequivalentes por ciento;
- saturación de bases mucho menor que en las capas arables naturales de los trumaos de la zona 2_2 con una oscilación que va de 7,2% a 27,4% (es decir, muy pequeña a pequeña).

Los subsuelos naturales muestran

- aumento gradual en el pH con la profundidad, pero la reacción va de muy ácida a casi neutra (pH, 5,1 a 6,5);
- contenido de materia orgánica decreciente con la profundidad, pero incluso a 1 m de profundidad hay a menudo más de 3% (campo de variación, 2,2% a 21,3%, esto es, pequeño a grande);
- capacidades de cambio de cationes comprendidas entre 48 miliequivalentes por ciento y 71 miliequivalentes por ciento, que corresponden, en general, a la categoría "muy grande" de Metson (1961);
- contenido de calcio sustituible que oscila entre 2,9 miliequivalentes por ciento y 9,8 miliequivalentes por ciento (pequeño o medio) y que disminuye con la profundidad, excepto en el caso de la muestra única de aluvium volcánico, en la que es evidente la influencia de una capa freática estacional;
- saturaciones de bases comprendidas entre 4,7% y alrededor de 17%, es decir, valores muy pequeños.

Observaciones - Aparte la muestra única de materiales volcánicos aluviales, todos los datos se refieren a trumaos de origen principalmente subaéreo y todos corresponden a suelos inalterados, es decir, en condiciones naturales. No se dispone aún de datos relativos a los suelos de cultivo.

Los suelos naturales tienen una capacidad de cambio de cationes siempre muy grandes y son pobres en bases sustituibles. La fertilidad de estos suelos, a juzgar por la saturación de bases, es francamente inferior a la de los trumaos de las zonas 1 y 2. Además, estos suelos se caracterizan por un índice muy elevado de fijación de fosfatos (Schenkel, comunicación personal, 1962), pues, a veces, hasta 75% de los fosfatos aplicados al terreno se transforman rápidamente en compuestos fosfatados que no son asimilables por las plantas. No se dispone de información alguna concerniente al total de la reserva de nutrientes existente en estos suelos; observaciones microscópicas casuales revelaron la presencia de hornblenda, hiperestena y, alguna vez, de cristales de augita y cuarzo en la mayoría de los suelos, pero se observaron relativamente pocos minerales feldespáticos. Se notó la abundancia de magnetita en todos los suelos.

De las pruebas existentes se desprende que estos suelos están ligeramente más meteorizados y (en general) mucho más lixiviados que los trumaos correspondientes de la zona 2. Aunque los análisis físicos hechos para determinar la textura de estos suelos ofrecen generalmente pocas garantías, la fracción arcilla determinada es casi siempre 20% mayor en los trumaos de la zona 3 que en los suelos correspondientes de la zona 2. Las temperaturas del suelo tomadas en verano a diversas profundidades indican

que las medias de tales temperaturas difieren poco de las de los trumaos de la zona 2 tomadas a igual profundidad y bajo tipos de vegetación equivalentes. No obstante, los suelos de la zona 3 son mucho más húmedos en el verano. Provisionalmente los trumaos de la zona 3 se consideran suelos de cenizas volcánicas alofánicas moderadamente meteorizadas; su régimen de humedad se considera "subhydrous" (¿subhidratado?) (Taylor, 1963).

d) Características de los suelos típicos

En esta zona abundan los ejemplos de suelos derivados sobre todo de materiales volcánicos subaéreos; muchos suelos proceden en parte de materiales subaéreos mezclados con loess volcánico; gran número de suelos deben su origen al aluvium volcánico; otros son totalmente de loess en cuya composición dominan los minerales volcánicos; y hay también suelos de cenizas volcánicas recientes de transición a trumaos. Los suelos derivados de cenizas riolítico-pumíticas son bastante frecuentes en la cordillera andina.

De estos abundantes materiales se describirán detalladamente siete suelos en el apéndice: tres de ellos pertenecen a la categoría del "material principalmente subaéreo" y su descripción se hace sobre todo para poner de manifiesto que estos suelos muestran características consecuentes que los diferencian claramente de los suelos equivalentes de la zona 2 (por ejemplo, los suelos Santa Bárbara). En Chile es costumbre considerar todos estos suelos de las zonas 2 y 3 como pertenecientes a una zona común de suelos: sin embargo, tanto las pruebas recogidas en el campo como las obtenidas en el laboratorio (al menos hasta el presente) revelan que los trumaos de la zona 3 son suficientemente distintos de los de la zona 2 para justificar su separación en una asociación independiente. Provisionalmente se ha adoptado el nombre CAUTIN para los suelos que antes se denominaban Santa Bárbara en esta zona, pues estos suelos son trumaos característicos de la Provincia de Cautín.

i) Suelo franco limoso Cautín (apéndice, perfiles N^{os} 21, 22 y 23)

Los suelos de la asociación Cautín tienen en el perfil las siguientes características:

15 a 25 cm	pardo grisáceo oscuro a pardo oscuro, suelo franco limoso, ligeramente firme, y con estructura en bloques finos o gránulos, pH en el campo, 5,8 en el laboratorio, 5,3);
20 cm	pardo, suelo franco limoso, generalmente friable o muy friable, que se desmorona fácilmente en las trincheras de las carreteras, de estructura finamente granular o migajosa, pero a veces aterronada (pH en el campo, 5,4; en el laboratorio, 5,1);
60 cm	pardo intenso o pardo amarillento, suelo franco arcilloso limoso, con estructura en bloques gruesos, a menudo bastante firme, y frecuentemente con amplias grietas de contracción en las trincheras de las carreteras donde se aprecia una estructura prismática irregular. (pH en el campo, 5,8; en el laboratorio, 5,5);
40 cm	pardo amarillento, suelo franco arcilloso limoso más denso que constituye una transición a arcilla limosa, con menos tendencia a formar fisuras por contracción y más plástico. (pH en el campo, 5,8; en el laboratorio, 6,0),
sobre ...	varias capas de cenizas volcánicas estratificadas, algunas bastante compactas, capas pumíticas débilmente cementadas y lechos espesos de arcilla limosa muy plástica pardo amarillenta a parda.

Este suelo se desarrolla normalmente sobre lechos de cenizas y capas de deposición muy estratificados; en algunas partes las capas pumíticas están ligeramente cementadas, probablemente con sílice.

El cultivo agrícola en estos suelos consiste principalmente en una rotación de pastos y trigo cuya duración varía ampliamente de unos a otros agricultores. Se usan regularmente los abonos nitrogenados y fosfatados en los cultivos de cereales. A veces

se siembran papas, lino o betarraga sacarina como primer cultivo en las tierras recién ganadas a los pastos, y en ocasiones se efectúan dos cosechas sucesivas de cereales (trigo, avena o cebada). En algunos fundos arrendados se cultivan en sucesión continua los cereales, pero estos fundos cambian de propietario con gran frecuencia y se hallan muy esquilmados. El factor que principalmente limita la producción de cereales y de remolacha azucarera es evidentemente la falta de fosfatos asimilables en el suelo. La producción de pastos se ve también afectada por este factor, cuya influencia se manifiesta sobre todo en la dificultad de mantener las leguminosas en el césped. Debidamente aprovechados y cuidadosamente abonados estos suelos dan excelentes pastos para el ganado vacuno, y su capacidad de apacentamiento está limitada particularmente por la cantidad de piensos de verano disponibles para el ganado. En algunas áreas se han establecido sistemas locales de riego cuyos resultados son excelentes con frecuencia. Aunque estos suelos rara vez se secan por completo en verano la gran capacidad de retención del agua de las arcillas alofánicas ocasiona un período de sequía fisiológica que rebaja bruscamente la producción de pastos en los tres meses estivales. El riego permite superar en modo espectacular este obstáculo de la producción agrícola.

ii) Arena gruesa franca Icalma (apéndice, perfil núm. 24)

Este suelo se incluye aquí porque constituye un brusco contraste en la morfología del suelo, debido a la grandísima proporción de cenizas pumíticas riolíticas de su roca madre. Se desarrolla en condiciones pluviales bastante semejantes (unos 2.000 mm de lluvia al año), pero a una altitud cerca de 800 m superior en los Andes, donde las temperaturas medias anuales son algo más bajas (13,5°C en vez de 14,5°C) y parte de las precipitaciones invernales cae en forma de nieve. La vegetación natural en este suelo era bosque de Araucaria.

El perfil revela:

30 cm negro, arena gruesa franca, ligeramente firme, pero con estructura en bloques;
25 cm pardo oscuro, arena gruesa franca, más bien friable y con estructura (granular) mucho más fina;
25 cm pardo a pardo amarillento oscuro, suelo franco arenoso grueso, con muchos terrones grandes de pómez en meteorización;
90 cm amarillo o amarillo pálido, grava pumítica, más bien gruesa, muy apretada;
40 cm pardo gris muy oscuro, suelo franco arenoso grueso, antiguo horizonte de capa arable enterrado;
20 cm pardo grisáceo oscuro, suelo franco arenoso con algo de grava, de aspecto más bien masivo,
sobre ... suelo franco arenoso, con grava, pardo intenso y otros varios estratos muy pumíticos que se continúan hasta más de 5 m de profundidad.

Los suelos de este tipo cubren un area considerable de las tierras altas accidentadas de la provincia de Malleco y se los encuentra también en muchas laderas de considerable inclinación de la cordillera central. Son bastante estables bajo el bosque natural y, con el debido cuidado, incluso las laderas de gran pendiente pueden roturarse para dedicarlas a pastizal, pero, en la mayoría de los casos, solamente se tala el arbolado y se quema la hojarasca dejando las gramíneas espontáneas como base de los pastizales. En estas condiciones la quila y el coligüe (Chusquea spp.) y el bambú invaden los pies de las laderas, por lo que se efectúan nuevas quemas para combatir estas plantas. En este tipo de aprovechamiento, la erosión se acelera inevitablemente, hasta el punto de que quedan al descubierto los horizontes pumíticos subyacentes, y una vez que esto ocurre en un área extensa el cultivo resulta casi imposible. En casos extremos pueden ocurrir grandes corrimientos de tierra que entierran los suelos más aprovechables de la parte baja de las laderas bajo un manto espeso de cantos pumíticos sueltos.

No se dispone aún de datos químicos relativos a este suelo, pero se cree que su reacción es ligera a moderadamente ácida, que es mucho más rico en fosfatos asimilables que los trumaos de las tierras bajas y de las colinas, y también es generalmente mucho

más rico en bases. En estos suelos pumíticos podría prosperar bien el cultivo agrícola pero antes de alentar a los agricultores a que se asienten en este área debieran efectuarse experimentos con abonos y mezclas de semillas, y no como ocurre hasta ahora que en gran número de los distritos más remotos del país, la colonización de la tierra se lleva a cabo antes de que se valoren científicamente los recursos del suelo.

iii) Suelo franco a suelo franco limoso Vilcún (apéndice, perfil núm. 25)

Los suelos Vilcún se desarrollan en terrazas horizontales situadas al norte de Temuco; y yacen sobre varios tipos de antiguos rellenos del valle y en parte sobre viejas corrientes de brechas procedentes de la cordillera andina. En este último caso son algo semejantes a los suelos Victoria de la provincia de Malleco. Los suelos Vilcún tienen de 80 cm a 1,5 m de profundidad sobre los substratos consolidados, y el principal constituyente del suelo es aluvium volcánico bastante mezclado. Estos suelos se desarrollan bajo una precipitación media anual de unos 2.200 mm que cae durante todo el año, excepción hecha del período seco estival que dura un mes aproximadamente. La cubierta vegetal natural era principalmente bosque de roble, con lingue, canelo, etc.

Un perfil típico del suelo revela:

30 cm	pardo grisáceo oscuro, suelo franco, con gran abundancia de limo, ligeramente firme y con estructura fuerte pero fina;
30 cm	pardo o pardo débilmente amarillento, suelo franco arenoso muy fino, que es friable y tiene una débil estructura en bloques;
30 cm	pardo claramente amarillento, suelo franco arenoso fino, con pequeños cantos rodados, generalmente muy friable en este horizonte, pero sin estructura manifiesta;
30 cm	pardo amarillento, arena franca con grava, a menudo bastante compacta y levemente cementada,
Sobre ...	arena franca, con grava, poco compacta y arena con grava.

Es este uno de los mejores suelos agrícolas de la provincia de Cautín, que tiene además la ventaja de que es relativamente fácil de cultivar con riego. Los análisis químicos muestran que el contenido de bases de este suelo mejora continuamente con la profundidad y que su acidez no es muy grande. La fijación de fosfatos, sin embargo, probablemente es bastante grande, por lo que todos los agricultores que explotan este suelo emplean abonos fosfatados y nitrogenados. Algunos utilizan también regularmente abonos potásicos, si bien el contenido de potasio del subsuelo no es demasiado pequeño.

Este suelo se utiliza sobre todo para el cultivo (trigo, avena, lino y colza, pudiendo cultivarse también la betarraga sacarina, pero puede sacársele un rendimiento muy bueno con prados permanentes para ganado vacuno y cultivando trébol para semilla.

iv) Suelo franco limoso Temuco (apéndice, perfil núm. 26)

Este es otro suelo del grupo trumaos derivado de aluvium volcánico que se describe aquí para compararlo con los suelos Vilcún. El perfil que se describe completo en el apéndice es más profundo que lo normal en este suelo, que corrientemente alcanza una profundidad de 20 a 45 cm, pero muestra una secuencia de horizontes y estratos aproximadamente igual a la del perfil del apéndice.

Los suelos Temuco se desarrollan en terrazas fluviales en las proximidades de la población de Temuco y en terrazas semejantes situadas más al sur. Estas terrazas presentan un relieve llano o muy suavemente ondulado. Estos suelos se desarrollan bajo una precipitación anual de unos 2.000 mm, habiendo al año algo más de un mes sin lluvia. El substrato de estos suelos es a menudo grava fluvial y donde el aluvium volcánico es poco espeso sobre esta grava, el suelo está sujeto a condiciones de sequía estival que duran bastante más de un mes. Esto tiene poca importancia cuando los suelos se riegan, pero limita considerablemente el uso de los mismos en las áreas donde no existe riego.

Un perfil típioo de suelo (menos profundo que el que se presenta en el apéndice) revela:

20 cm pardo grisáoeo, suelo franoo limoso, friable y con estruotura en finos bloques bien desarrollada; este horizonte contiene frecuentemente fragmentos de pómez fina;
20 cm pardo amarillento (10YR 5/8, en húmedo), suelo pardo limoso denso con algo de oascajo, con fragmentos muy finos de pómez, ligeramente firme, y con estruotura bien desarrollada granular y en bloques finos;
15 cm grava pumítica media muy apretada que muestra una oierta estratificaoión horizontal;
10 cm pardo amarillo oscuro, arena franoa más bien oompaota;
Sobre ... grava fluvial redondeada grande.

Al parecer los suelos Temuoo poseen una fertilidad análoga a la de los suelos Vilcún o quizás un pooo menor y su produotividad depende prinoipalmente de la disponibilidad de agua. En los lugares donde estos suelos se rie gan debidamente, los rendimientos son oon frecuenoia tan buenos como en los suelos Vilcún. En los lugares donde la oapa de pómez está bien desarrollada en estos suelos el agua puede que tarde en descender desde las oapas superiores a las inferiores del subsuelo la primera vez que se los riega. En los puntos donde las gravas subyaoentes (u otros leohos aluviales antiguos) están consolidados e intercalados de arcilla limosa debe asegurarse el drenaje antes de emprender la oonstruoción de obras de riego, pues en tales oasos es fácil que las fases menos profundas de los suelos Temuoo se aneguen, por lo oual es de importanoia capital para los agrioultores el establecimiento de un drenaje apropiado.

v) Suelo franco arenoso muy fino Trevolhue (apéndioe, perfil núm. 27)

Los suelos Trevolhue se desarrollan en un área bastante limitada ceroana a la costa y a lo largo de la orilla septentrional del río Imperial en la provinoia de Cautín. Estos suelos prooeden oasi con seguridad de loess voloánioo. Se forman bajo una lluvia media anual de 1.900 mm en terrenos suave o moderadamente aooidentados, y su cubierta vegetal primitiva era el bosque de roble oon una amplia diversidad de espeoies siempre verdes de hoja anoha, entre las que figuraban algunas oaraoterísticas de los bosques de la oosta.

Un perfil típico muestra:

20 cm pardo oscuro, suelo franoo arenoso muy fino, friable, con estruotura fina muy destacada;
25 cm pardo amarillento, suelo franco limoso, más bien denso, también friable y menos bien estruoturado que el horizonte anterior;
30 om pardo amarillento, suelo franco aroilloso limoso, todavía más friable que los dos horizontes precedentes y que presenta grietas vertioales, debidas a la contraooión por deseoación, en las trinoheras de las carreteras;
Sobre ... aroillas pardo rojizas de la categoría Collipulli.

En ciertos puntos los suelos Trevolhue tienen una profundidad muoho mayor de 1 m, pero en algunas pequeñas áreas su profundidad no llega a 40 cm. Casi por lo general yacen sobre "aroillas rojas" (los "suelos rojos aroillosos" de los edafólogos chilenos: por ejemplo, Besoain, ibid 1958), que se oree representan oenizas volcánicas muy antiguas, probablemente en parte derivadas de loess, y que han madurado hasta el punto que la alófana se ha transformado en halloysita y caolinita. Estas capas subyacentes son oomúnmente arcillas más bien oompaotas y plástioas.

Los suelos Trevolhue tienen todavía que analizarse totalmente, pero se oree que su reacoión es ligeramente áoida o oasi neutra, que poseen capaoidades de oambio de cationes bastante inferiores a las de los demás trumaos de la zona; que son más bien ricos en oaloio, magnesio, potasio y sodio en forma sustituible; y que abundan

bastante más en bases que la mayoría de los otros trumaos. Sus principales limitaciones desde el punto de vista agronómico parece que son su gran poder de fijación de los fosfatos, relativa pobreza en nitrógeno y humus y, sobre todo, su sequedad estival. Este último factor limita ciertamente la producción de pastos en estos suelos (únicamente las fases menos profundas no son tan afectadas por este factor porque las arcillas rojas subyacentes están más cercanas a la superficie) y se debe a que esta parte de la provincia de Cautín tiene muchos años un período de sequía bastante prolongado. Estos suelos se hallan elevados con relación al río Imperial y por ello no son fáciles de regar, a no ser mediante un costoso equipo de bombeo.

e) Génesis de los suelos

Tanto la meteorización como la lixiviación son más intensas en los suelos de la zona 3 que en los de las zonas anteriores y también es más intensa en ella la melanización en la capa arable. La mayoría de los trumaos no presentan ya agregaciones térreas nodulares en las capas superiores del subsuelo, si bien este horizonte es a menudo muy friable y tiende a corroerse en las trincheras de las carreteras. Una característica que se ha observado en la facies meridional de los trumaos de la zona 2 (véase apéndice, perfil núm. 18): la tendencia a que las capas inferiores del subsuelo formen grietas por contracción en los cortes de las carreteras -está mucho más desarrollada en los suelos de la zona 3. Esto se atribuye a que estos horizontes del subsuelo están por lo general bastante húmedos todo el año en su estado natural en la zona 3, y cuando quedan expuestos a la intemperie y a la desecación brusca en las trincheras de las carreteras las arcillas amorfas se contraen progresivamente y pasado un punto de la deshidratación nunca vuelven a adquirir su turgencia anterior. La formación de estas grietas de contracción va acompañada de la aparición de agregados más o menos prismáticos en las columnas verticales que quedan entre las fisuras; ni los prismas ni las fisuras verticales se pueden percibir claramente en las fosas recién abiertas en el terreno, pero cuando las fosas se dejan también abiertas durante todo un verano tales estructuras comienzan a aparecer en las paredes de aquéllas. Esta desecación irreversible de los materiales del subsuelo es semejante a la que se ha referido a propósito de latosoles hidrol-húmicos de Hawaii (Cline, 1955; Sherman, 1952) y Samoa (Wright, 1963). Cuando la tierra seca de los cortes de las carreteras de Chile se echa en agua los terrones más pequeños flotan algún tiempo y luego se desintegran repentinamente y vuelven a aparecer en el agua formando una suspensión de finas partículas de limo.

No se dispone aún de análisis de las arcillas para confirmar si estos trumaos tienen menos gibsita que los trumaos de la zona 2 o carecen en absoluto de ella. Es posible que, como la desecación estacional del suelo es menor, no acontezca la cristalización de la gibsita, excepto en las capas más profundas del subsuelo. En algunos casos se han observado pequeños nódulos céreos en los estratos de arcilla limosa a unos 2,5 m bajo la superficie que, debidamente analizados (Birrel, comunicación personal, 1961) resultaron ser de gibsita. En ambos casos la acumulación de gibsita se asociaba no con el material de las capas superiores del suelo dominadas por la alófana, sino con los materiales de las capas inferiores que tenían todas las características de campo de las arcillas caolinítica y halloysítica. Este fenómeno se ha observado también en Nueva Zelandia (Taylor y Pohlen, 1962).

En muchos de los trumaos subaéreos y loéssicos de esta zona hay algunas pruebas de desplazamiento de la arcilla: escamas o costras y corrientes de arcilla aparecen débilmente a unos 35 cm de profundidad y son más intensas en las capas del subsuelo comprendidas entre 50 cm y 80 cm. A profundidad mayor, se combinan a veces con efectos de presión entre los aglomerados, y en las capas más profundas del subsuelo estas superficies de presión son a menudo la característica dominante. En ninguno de los trumaos hay verdaderos horizontes de acumulación de arcilla visibles; en ocasiones existe un horizonte de aparente acumulación de arcilla, pero un examen más atento revela invariablemente que esta característica se relaciona más con el modo heredado de la disposición de la estratificación y con la edad del material del suelo que con cualquier característica adquirida resultante del desplazamiento y la acumulación de

arcilla. La presencia de escamas de arcilla atestigua el heoho de que existe un cierto desplazamiento de arcilla, pero no presupone que éste sea muy considerable y, por otra parte, este desplazamiento no se percibe en los trumaos de origen aluvial.

De igual manera, los análisis de la composición de estos suelos revelan claramente que los trumaos de la zona 3 están más lavados que los de la zona 2, aun cuando esto se manifiesta mucho menos en la morfología del suelo. No sólo el porcentaje de saturación de bases es pequeño, porque la capacidad de oambio de cationes es muy grande, sino que la cantidad total de bases sustituibles es muy reducida. Si estos suelos se hubiesen formado a partir de rocas madres más normales, menos ricas en vidrios volcánicos y más ricas en cuarzo, el perfil modal de esta zona podría haber sido algo parecido al de un suelo forestal pardo ácido, en que la huella moderadamente gravada de los procesos de lixiviación se percibiría claramente en la morfología del perfil del suelo. Por desgracia, en la zona hay pooas localidades con rocas madres de este tipo, y todas están muy contaminadas de minerales volcánicos (véase también León, 1962).

Aunque el grupo de los trumaos es indudablemente muy difíoil de evaluar en lo que se refiere a la acción de la meteorización y de la lixiviación se puede considerar provisionalmente que los trumaos de la zona 3 representan suelos al menos moderadamente meteorizados, y que la amplitud de la lixiviación va de moderada a fuerte, siendo los representantes moderadamente lixiviados los trumaos de loess cercanos a la costa; los moderada a fuertemente lixiviados los de las tierras bajas y las colinas; y los representantes más fuertemente lixiviados los de las proximidades de Cunco, Cherquenco y Lonquimay.

En estas últimas localidades la experiencia agrícola indica que los suelos son muy pobres en bases, pero los perfiles reales del suelo presentan pocas pruebas morfológicas de ello, aparte una mayor fragilidad de los agregados del subsuelo, un ligero aumento en la formación de costras de arcilla y un aumento muy notable de la melanización de la capa arable. Algunos de estos suelos corresponden casi exactamente a las descripciones hechas por Kanno (Kanno) de algunos suelos alofánicos húmicos. Sin embargo, en estos trumaos chilenos el pH oscila entre 5,0 y 5,3 y nunca pasa de 5,4 a no ser que haya una deposición reciente de cenizas volcánicas nuevas sobre la superficie del suelo, mientras que en el Japón muchos suelos de morfología semejante son mucho más ácidos.

La melanización, en comparación con toda la gama de trumaos existente en Chile, se puede considerar moderada a fuerte en los trumaos de la zona 3. Como era de esperar existen variaciones locales secundarias en la intensidad de la melanización que pueden correlaoionarse con la naturaleza de la cubierta vegetal o con la historia de los cambios ecológioos ocurridos en el área. Por ejemplo, los trumaos que han permaneoido ininterrumpidamente bajo bosque de roble están por lo general menos melanizados que los suelos semejantes que se roturaron hace cincuenta u ochenta años y a los que se dejó volviesen a adquirir la vegetación arbustiva. Los trumaos en que se ha estableoido el helecho están también mucho más melanizados que los suelos vecinos en que se ha penetrado este invasor.

f) Clasificación de los suelos

En Chile estos suelos se consideran buenos ejemplos del grupo de trumaos y sin duda alguna se podrían incluir también en la categoría lehm pardo terroso de Kubiena. Mella (comunicación personal, 1963) investiga actualmente la micrcedafología de los trumaos de esta zona en el laboratorio del Profesor Kubiena en Alemania.

En el actual sistema estadounidense (séptima aproximación, U.S. Soil Survey Staff, 1960) quizá constituyen transiciones entre los umbrandeptes y los ocrandeptes, más cercano a aquéllos que a éstos; o quizás no son sino umbrandeptes mólicos con un contenido de bases menor de lo corriente.

En la antigua clasificación neozelandesa estos suelos se habrían considerado suelos francos pardo amarillos moderada a fuertemente lixiviados y moderadamente meteorizados. En la actualidad se los consideraría suelos francos limosos "álvicos" iluviales, débilmente arcillosos, moderada a fuertemente lixiviados ("enleached"), derivados de cenizas andesíticas y riolíticas moderadamente argilizadas. Por consiguiente serían muy afines al suelo franco limoso Otorohanga, al cual se parecen mucho tanto en las características agrícolas como en las químicas y en gran número de las morfológicas. También se los consideraría "álvicos subhúmedos" con un débil horizonte "B" iluvial (Taylor, 1965).

En muchos aspectos tienen características muy parecidas a las establecidas por Kanno para el grupo de suelos alófano húmicos, pero muchos de los suelos que nos ocupan no están comprendidos en este grupo definido por Kanno.

Provisionalmente basta reconocerlos como suelos amorfos desarrollados en una zona de meteorización moderada con una estación seca estival muy corta, que se forman bajo unas condiciones de lixiviación entre moderadas y fuertes y con una melanización también moderada a fuerte. Los representantes fuertemente pumíticos del grupo debieran considerarse aparte, pero aun así se cree que son suelos en que la alófana domina la mayoría de las propiedades edáficas, aunque la cantidad de arcilla en ellos sea probablemente pequeña. Así, pues, en esta zona conviene añadir la frase "... que se desarrollan a partir de cenizas pumíticas" o "...que se desarrollan a partir de cenizas andesíticas", etc., en la identificación anterior.

4. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 4 (TRUMAOS MERIDIONALES)

En esta zona los trumaos se limitan a las laderas y las colinas de los Andes y a una faja relativamente estrecha de declives y terrazas bien drenadas. El área principal de tierras bajas del Llano Central está ocupada por terrazas mal drenadas con suelos de ñadi.

Casi todos los trumaos de esta zona proceden directamente de depósitos de cenizas volcánicas y sólo en algunas de las terrazas aparecen suelos derivados de loess o de origen aluvial. El manto de cenizas subaéreas que hay en la región de la cordillera de los Andes es excepcionalmente espeso; se han medido varios perfiles con más de 8 m de profundidad y ésta disminuye poco incluso en las laderas de mayor pendiente. Estas capas espesas de cenizas parece ser que permanecen muy estables en tanto el bosque natural no se altera gravemente. Las capas de cenizas y los horizontes de deposición disminuyen de profundidad (pero se multiplica grandemente en ellos el número de estratos diferentes) en las proximidades de los volcanes de la zona, entre los que hay siete importantes. Las cumbres actuales de la mayoría de estos volcanes están cubiertas de cenizas volcánicas recientes que a menudo cubre la nieve, excepto en los días más cálidos del verano.

Las rocas madres del suelo varían ampliamente en cuanto a su naturaleza, pudiendo observarse estratos de composición mineralógica muy distinta en sucesión inmediata. Esto ocurría también en la zona 3, pero la diferencia más notable es quizás la presencia bastante más frecuente de pequenísimos fragmentos de pómez en los lechos de ceniza fina de la zona 4. Estos fragmentos se pueden apreciar a simple vista en la mayoría de los suelos donde aparecen como diminutas máculas blanquecinas entre los materiales pardos o pardo-amarillentos.

No se dispone de datos mineralógicos de ninguno de los principales lechos de cenizas o capas de deposición formadores de suelo en esta zona, no obstante tratarse de un conocimiento que no deja de tener importancia para la agricultura.

a) Características ambientales de la zona

Aparte las características de configuración del terreno y rocas madres que acaban de describirse el medio ambiente de esta zona está sometido a un régimen climático caracterizado por una lluvia superior a 2.000 mm en el área principal de trumaos (exceptuada una región algo más seca alrededor de Osorno, donde la precipitación media anual es del orden de 1.500 mm). En algunos lugares de la cordillera andina, la lluvia supera los 5.000 mm. De 12% a 16% de la totalidad de la lluvia cae en los meses de verano, por lo que la distribución estacional de las precipitaciones acuosas comienza a ser más parecida a las condiciones que predominan en las regiones de cenizas volcánicas de Nueva Zelandia. En esta parte de Chile, aproximadamente 40% de la lluvia ocurre en los meses invernales; algo más de 25% cae en el otoño; un porcentaje un poco inferior a 20% corresponde al período de primavera, y el resto lo constituyen las lluvias de verano, estación en la que a varios días lluviosos siguen otros de buen tiempo. Por consiguiente, los suelos no están muy secos en ninguna época del año y la mayoría de los subsuelos nunca se desecan.

Las temperaturas medias anuales en las tierras bajas están comprendidas entre 11°C y 12°C y en la cordillera andina son mucho menores. En las tierras bajas las temperaturas medias estivales oscilan entre 14°C y 17,5°C; las invernales varían de 7°C a 8,5°C. En invierno puede nevar alguna vez, pero las nevadas son de muy corta duración en las tierras bajas, mientras que la nieve perdura más de dos meses en algunas de las colinas más altas, y mucho más tiempo en las altitudes superiores.

En la mayor parte de la zona no hay ningún mes seco en los años normales, si se prescinde de una pequeña región de las proximidades de la ciudad de Osorno donde puede haber de seis a ocho semanas en verano en que no caen lluvias apreciables.

Las condiciones climáticas más parecidas a las de esta zona son quizás las de la provincia de Nelson en Nueva Zelandia y las de partes de la provincia de Westland (por ejemplo, Greymouth), aunque el régimen que predomina en Nueva Zelandia es algo más seco en invierno y algo más húmedo en verano. Desgraciadamente no se conocen suelos de cenizas volcánicas en estas localidades neozelandesas (véase Gibbs, 1950).

La cubierta vegetal natural de gran parte de esta zona (prescindiendo de los bosques semipantanosos de los ñadis) era el bosque de roble con una gran proporción de canelo, laurel, ulmo, olivillo, quila y coligüe; la proporción de especies sempervirentes aumenta en las colinas, donde en muchas partes el coigüe va siendo gradualmente la especie dominante. A las altitudes mayores el ñirre es frecuentemente el único árbol que se ve en los bosques, pero el límite de la vegetación arbórea asciende, frecuentemente hasta el límite de las nieves perpetuas, merced a toda una multitud de pequeñas plantas arbustivas entre las que figuran muchas Ericaceae y Berberidaceae.

Los suelos asociados de esta zona que no son ni trumaos ni ñadis son suelos lateríticos pardo-rojos (Roberts y Díaz, ibid, 1959), suelos forestales pardos ácidos, podsoles incipientes y suelos de gley podsolizados.

b) Morfología general de los suelos

Capas arables: aproximadamente, en general, la misma profundidad (12 cm a 30 cm) que en la zona 3 en las tierras bajas y en las colinas exteriores, pero la profundidad aumenta notablemente hacia el interior de la cordillera andina;

- colores francamente más oscuros que en la zona 3, pues son siempre de un pardo muy oscuro a negro en húmedo (excepto en el caso de algunos suelos de cenizas volcánicas loéssicos y aluviales de las terrazas cercanas a las poblaciones de Osorno y Valdivia, donde son de un tono menos oscuro) y en el caso de las capas arables bajo vegetación

forestal de los Andes que pueden ser de color rojo muy oscuro a pardo rojizo muy oscuro y algo turbosas;
- las texturas varían mucho, pues van de franco limosas (muy corrientes en las planicies y los declives de las tierras bajas) a arenas gruesas francas (sobre todo en los suelos pumíticos de la cordillera andina);
- las estructuras están por lo general mejor definidas que en la zona 3 y muchos de los agregados tienen una definida "fragilidad"; predominan las estructuras granulares;
- las capas arables son, por lo general, friables cuando se desmenuzan, pero con frecuencia tienen una ligera firmeza en masa; son de naturaleza algo más compacta que las de la zona 3, pero raramente son adherentes y su plasticidad no pasa de muy ligera; el límite inferior de las capas arables es en general menos definido que en los horizontes de las capas arables de la zona 3.

Subsuelos:
- el color de la mayoría de los subsuelos oscila entre pardo y pardo amarillento, en general, si bien hay algunos suelos que muestran un tono ligeramente más rojizo, aunque rara vez pasa de pardo intenso (7,5YR 5/6); en el interior de los Andes todo el perfil puede ser pardo oscuro en húmedo, excepción hecha de los estratos pumíticos incluidos, que más corrientemente son de color amarillo parduzco o amarillo pálido;
- los subsuelos están siempre estratificados, a veces muy intensamente; pero en la zona 4 es menos corriente hallar estratos pumíticos más profundos semicementados; no son infrecuentes las capas arables enterradas y en algunos pocos casos se han observado diminutos fragmentos de carbón vegetal en la parte superior de estas capas arables enterradas (hasta ahora no se ha recibido ningún resultado de análisis de este material con carbono 14);
- las texturas varían ampliamente, siendo la textura media franca limosa densa o franca, con extremos que van de arena franca a suelo franco arcilloso; casi todos los horizontes y las capas del subsuelo son bastante firmes y en la mayoría de los casos no hay ningún horizonte superior del subsuelo muy suelto o pulverulento como ocurre en muchos suelos de la zona 3 y en casi todos los de la zona 2; se percibe un cierto grado de adhesividad y plasticidad en todos los materiales del subsuelo excepción hecha de los más pumíticos;
- las grietas en el subsuelo, debidas a contracción, tan características de muchos trumaos de la zona 3 apenas existen en los suelos de la zona 4, y a menudo son inexistentes en los trumaos, si bien son muy perceptibles en los ñadis que se han deshidratado; son corrientes en los subsuelos las estructuras en bloque y granular, pero raras las prismáticas irregulares; la "resbalabilidad" y la "untuosidad" características de la alófana en los subsuelos es muy fácil de descubrir en todos los suelos menos en los más pumíticos;
- los límites de los horizontes del suelo coinciden frecuentemente con los límites originarios de las capas, por lo cual son generalmente definidos o bruscos.

c) Características químicas generales

En general se carece de datos químicos relativos a los trumaos (y ñadis) de esta zona. Son muchas las muestras que quedan todavía por examinar. Se dispone de tres perfiles en que se conoce el contenido de bases; de dos horizontes únicamente de los que se ha hecho análisis por fusión de la fracción arcilla; y de dos horizontes de los que se tienen algunos datos mineralógicos de la fracción arena.

Con estos pocos datos es imposible hacer una descripción general de las características químicas de estos suelos.

d) Características de los suelos típicos

En el apéndice se hallarán las descripciones detalladas de once perfiles de suelo considerados representativos de esta zona. Se trata, en general, de suelos derivados de cenizas subaéreas, y entre ellos figuran suelos desarrollados en cenizas pumíticas riolíticas, cenizas andesíticas finas y gruesas de composición mineralógica intermedia, y un suelo procedente de cenizas andesíticas más básicas. Con fines comparativos se incluyen dos suelos originados a partir de loess y de materiales aluviales.

Los suelos Puerto Octay son representativos del tipo de perfil que aparece a lo largo del margen de las planicies bajas; y los suelos Puerto Fonck se desarrollan en declives accidentados equivalentes al pie de las colinas andinas, bajo un clima algo más húmedo y quizá más frío; los suelos Puyehue se forman en las colinas en laderas muy accidentadas o francamente montuosas, pero a partir de materiales cineríceos no muy diversos de los suelos Puerto Fonck y Puerto Octay; los suelos Choshuenco son semejantes a los Puyehue, pero derivan de materiales andesíticos más básicos; los suelos Rupanco se originan en cenizas pumíticas y arenas riolíticas ácidas; los suelos Quillelhue y Pucón se forman también a partir de cenizas pumítico-riolíticas y son muy semejantes a los francos pumíticos pardo-amarillos de Nueva Zelandia, mientras que los suelos Osorno y Pelchuquín proceden de materiales volcánicos mucho más mezclados y provienen en parte de loess y materiales aluviales.

i) Suelo franco limoso y suelo franco arenoso fino Puerto Octay (Apéndice perfiles núms. 28 y 29)

Es éste uno de los principales suelos agrícolas de la zona 4, juntamente con suelos Osorno. Los suelos Puerto Octay se presentan en una faja de terreno suavemente ondulado o accidentado, de unos 200 km de longitud y menos de 10 km de ancho en ciertos puntos, que se extiende a lo largo del borde interior de las planicies y terrazas bajas en las provincias de Llanquihue, Osorno y Valdivia. Este suelo se desarrolla bajo una precipitación anual de unos 2.000 mm a altitudes comprendidas entre 100 m y 300 m.

El perfil está húmedo en las condiciones naturales y revela:

15 cm negro o pardo muy oscuro, suelo franco limoso o suelo franco arenoso muy fino, muy friable y bien estructurado;
25 cm pardo oscuro, pardo o pardo intenso, suelo franco limoso a suelo franco arenoso, friable y menos compacto que el horizonte superficial;
20 cm pardo oscuro o pardo intenso que tiende ligeramente a rojo amarillento, suelo franco, muy friable pero generalmente más plástico que los horizontes precedentes;
60 cm pardo oscuro o pardo, suelo franco limoso o suelo franco arcillo-arenoso, por lo general bastante firme o muy firme, pero a menudo menos plástico que el horizonte inmediatamente superior;
20 cm pardo amarillento oscuro, pardo intenso o amarillo pardusco, suelo franco arcillo-limoso o arcilla, más friable pero menos plástico que el último horizonte,
Sobre ... un substrato más bien compacto, claramente arcilloso pero frecuentemente también con grava.

La composición del substrato varía considerablemente, pero, por lo general, está constituído por materiales aluviales periglaciales, entre los que hay a veces cantos angulares de gran tamaño.

El cultivo en estos suelos consiste generalmente en una corta rotación entre pastos para ganado de leche o de engorde y cultivos arables de muchas clases, como son papas, lino, betarraga sacarina, avena, colza y diversas hortalizas. Frecuentemente se aplica nitrógeno, potasa, fosfatos y boro como abonos y algunos agricultores

utilizan la cal regularmente. Los suelos son por lo común ligeramente ácidos en las condiciones naturales y muchos suelos cultivados han llegado a adquirir una reacción casi neutra. Probablemente no todo el abono que se aplica es necesario para mantener la producción (excepción hecha de los fosfatos que son ciertamente muy necesarios) pero los agricultores están satisfechos de que sus programas de fertilización producen beneficios económicos. Los vendedores de abonos son particularmente activos en este área. La capa arable sigue siendo oscura y bien floculada en esta forma intensiva de manejo del suelo y parece ser que conserva muy bien su contenido de humus.

ii) Suelo franco arenoso muy fino y suelo franco limoso Puerto Fonck (apéndice, perfiles núms. 30 y 31)

Los suelos Puerto Fonck constituyen una transición gradual a los suelos Puerto Octay a lo largo de sus límites occidentales y a varios trumaos con capas arables más espesas y más oscuras a lo largo de su límite oriental. La anchura media de la faja que ocupan es quizá de 10 a 15 Km y se desarrollan en terrenos más accidentados que los suelos Puerto Octay. Soportan una precipitación de unos 2.500 mm y están casi siempre ligeramente húmedos o empapados en su estado natural.

El perfil revela:

30 cm pardo muy oscuro a negro, suelo franco arenoso fino o suelo franco limoso ligeramente turboso, friable y bien estructurado, que no es ni adherente ni plástico;
40 cm pardo amarillento muy oscuro o pardo rojizo oscuro, suelo franco a suelo franco arenoso fino, generalmente friable y que es algo adherente y plástico;
40 cm pardo amarillento oscuro a pardo amarillento, suelo franco limoso a suelo franco, que puede contener pequeños fragmentos de pómez y es ligeramente adherente y moderadamente plástico en general;
80 cm pardo amarillento oscuro, suelo franco arcillo-arenoso o limoso, generalmente muy friable y bien estructurado, adherente y plástico;
Sobre ... sustrato de materiales graciálicos arcillosos más bien compactos o materiales aluviales que contienen restos glaciales.

El cultivo en estos suelos es análogo al que se efectúa en los suelos Puerto Octay, pero la topografía más accidentada impone ciertas restricciones a la agricultura; un mayor porcentaje de estos suelos se dedica a pastizales; parte de estos como prados permanentes y parte en rotación larga con cultivos arables. En estos suelos se cultiva más avena que en los Puerto Octay y, en general, se aplican menos fertilizantes. El color muy oscuro de las capas arables persiste en los suelos cultivados. Por lo general, el pH de campo de los suelos Puerto Fonck es muy ligeramente inferior al de los suelos Puerto Octay.

iii) Suelo franco limoso Puyehue (apéndice, perfil núm. 32)

Los suelos Puyehue se hallan principalmente a lo largo del borde interior (oriental) de los suelos Puerto Fonck y se desarrollan en terrenos muy accidentados y montañosos. Gran parte de este suelo está cubierta con bosque natural o con bosque secundario y matorral revertido.

El perfil del suelo revela:

40 cm pardo muy oscuro a negro, suelo franco limoso, friable, bien estructurado, ligeramente adherente y plástico;
50 cm pardo muy oscuro, suelo franco limoso, ligeramente firme, bastante granular y ligeramente adherente y plástico;
60 cm pardo muy oscuro a pardo, suelo franco limoso, friable, bien estructurado, ligeramente adherente y ligera a moderadamente plástico y con abundancia de partículas minerales negras diminutas;

40 cm pardo oscuro, suelo franco, ligeramente firme, pero muy bien estructurado, ni adherente ni plástico;
60 cm pardo oscuro, suelo franco denso, ligeramente firme, levemente adherente y plástico;
Sobre ... lechos de ceniza y materiales de deposición estratificados, parduscos, principalmente francos o franco-arcillosos, en parte claramente pumíticos.

Es difícil evaluar las posibilidades agrícolas de este suelo en la actualidad porque son pocos los fundos establecidos hace largo tiempo en él. Parece ser que muchos agricultores consideran que pueden mantener prados permanentes sin el empleo de abonos, aunque probablemente los tréboles al menos se beneficiarían de las aplicaciones de fosfatos. El pH del suelo es de 6,0, aproximadamente, tanto en las tierras agrícolas como en las cubiertas de bosque natural. En los suelos Puyehue es relativamente escaso el cultivo agrícola que se efectúa actualmente, y parece ser que los rendimientos no son peores que los que se obtienen en los suelos Puerto Fonck en lo que se refiere a la avena, si bien se produce por lo general una cierta pérdida de cereales a causa de las difíciles condiciones del tiempo durante la época de la recolección.

iv) Suelo franco arenoso Choshuenco (apéndice, perfil núm. 33)

Los suelos Choshuenco son semejantes en muchos aspectos a los suelos Puyehue, pues generalmente son de color oscuro en todo el perfil, aunque tienen un tono más rojizo (5YR en vez de 7,5YR) y texturas más arenosas. Un componente importante de la roca madre es la arena basáltica, o andesítica básica negra, arrojada por el vecino volcán Choshuenco.

El perfil del suelo revela:

25 cm rojo muy oscuro o negro, suelo franco arenoso, claramente turboso, que es friable, muy bien estructurado y ni adherente ni plástico;
20 cm pardo rojizo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro, arena franca, con grava, con fragmentos de escoria, a veces de estructura bastante mala y ni adherente ni plástico;
Sobre... capas repetidas de suelo franco arenoso fino y grueso y arena limosa, en parte claramente escoriáceo; generalmente de color pardo rojizo oscuro o pardo; rara vez más que levemente adherente o plástico.

Gran parte de estos suelos está todavía bajo bosque natural, pero donde se ha roturado el bosque aparecen excelentes pastos espontáneos, generalmente con tréboles espontáneos. Se observaron algunos casos en que los agricultores habían aplicado abonos en estos pastizales. Se obtuvieron algunas respuestas notables a los abonos nitrogenados y a los fosfatados, y el trébol respondió muy bien a la adición de fosfatos. Los suelos Choshuenco se hallan sobre todo en terrenos de relieve montañoso o muy accidentado y se desarrollan bajo una precipitación de unos 4.000 mm al año, factores ambos que limitan el aprovechamiento del suelo para la producción de pastos permanentes. El ganado vacuno Hereford parece ser que medra especialmente bien en estos suelos.

v) Suelo franco arenoso grueso, con grava, Rupanco (apéndice, perfil núm. 34)

Los suelos Rupanco se hallan principalmente ceroa del circo del lago Rupanco en bancales de las orillas del lago, aunque se han observado también suelos bastante semejantes a ellos en situaciones análogas en los circos de los lagos Villarrica y Calafquén. La roca madre es claramente pumítica y al parecer es de origen principalmente subaéreo, en lugares poco frecuentados por el agua. No parece que se trate de depósitos lacustres sino de depósitos subaéreos muy densos que experimentaron algún movimiento coluvial seguido de flotación después de su emplazamiento original. Se hallan en terrenos ondulados o llanos y sufren una precipitación que probablemente es del orden de 3.500 mm al año. Algunos de estos suelos están todavía bajo bosque natural.

El perfil del suelo revela:

45 cm negro, suelo franco arenoso grueso, con grava, friable, bastante bien estructurado y ni adherente ni plástico;
20 cm pardo muy oscuro, arena franca, con grava, más bien firme y con granos visibles de pómez;
85 cm pardo intenso, grava pumítica gruesa, firmemente apretada;
45 cm pardo, suelo franco arcilloso-arenoso, levemente firme y con terrones de pómez en meteorización y reblandecidos a veces;
Sobre ... suelo franco arenoso, con grava, de color pardo amarillento oscuro con muchos fragmentos de pómez en meteorización.

Los suelos Rupanco están ocupados sobre todo por pequeños agricultores pertenecientes a las colonias establecidas por la Caja de Colonización del Gobierno de Chile, o se hallan en áreas de la reserva forestal. Se los siembra a veces de avena, pero más corrientemente están dedicados a pastos naturales en los que es bastante notable la invasión espontánea de trébol blanco. No se los abona y parece ser que conservan bien su fertilidad en el régimen de cultivo a que están sometidos actualmente. Se dice que dan excelentes cosechas de papas y hortalizas. Sin embargo, es probable que sólo ocupen una extensión relativamente pequeña.

vi) Arena franca Quillelhue (apéndice, perfil núm. 35)

Los suelos Quillelhue se desarrollan a partir de cenizas volcánicas pumíticas de origen totalmente subaéreo, al pie del volcán Lanin cerca de la frontera con Argentina, en la parte alta de la cuenca del río Minetué. Se accede a ellos por Villarrica y Pucón, en la provincia de Cautín. Se hallan sobre todo bajo bosque de Nothofagus y comienzan a aparecer a la altitud de 700 m más o menos.

El perfil del suelo revela:

15 cm pardo rojizo oscuro, arena franca, muy friable, pero bien estructurada;
20 cm pardo muy oscuro, arena franca, con algunos fragmentos de pómez ligeramente firme y de estructura bastante deficiente;
80 cm pardo amarillento, grava pumítica densamente apretada, más bien gruesa;
100 cm pardo amarillento oscuro, suelo franco arenoso denso, con algo de grava, a suelo franco arcilloso con arena gruesa, que es firme pero no está particularmente bien estructurado;
Sobre ... lechos alternados de cenizas pumíticas gruesas y finas.

Los suelos Quillelhue se hallan solamente en terrenos de relieve accidentado o montañoso y abrupto, por lo que las labores agrícolas se reducen a los esfuerzos de los agricultores de la pequeña Colonia y de los agricultores abusivos. Las tierras roturadas son ocupadas principalmente por pastos espontáneos naturales, tréboles y malas hierbas, y de tiempo en tiempo se las ara y siembra de avena y trigo o papas. En estos suelos no se utilizan los abonos, aunque los fosfatados serían probablemente beneficiosos incluso en cantidades muy pequeñas. De las pruebas de que se dispone parece ser que el contenido de bases de estos suelos es más bien pequeño (18%), pero que la capacidad de cambio de cationes es también pequeña. Probablemente pequeñas cantidades de abonos darían una respuesta satisfactoria. El pH del suelo pasa de levemente ácido en la capa arable a neutro en el subsuelo.

vii) Suelo franco arenoso grueso Pucón (apéndice, perfil núm. 36)

Los suelos Pucón se desarrollan en una roca madre muy semejante a la de los suelos Quillelhue, pero a mayores distancias de la abertura de que procedían tales rocas. Los suelos Pucón se hallan en las laderas más o menos fuertemente onduladas de ambas vertientes del valle de Minetué a unas 25 millas tierra adentro de Pucón. Estos suelos soportan una lluvia de unos 4.000 mm al año y en otro tiempo estaban cubiertos de arbolado, si bien gran parte del bosque primitivo ha desaparecido ya de estos suelos.

Un perfil típico revela:

15 cm pardo rojizo oscuro, suelo franco arenoso grueso, friable, pero bastante débilmente estructurado;
15 cm pardo grisáceo muy oscuro, suelo franco arenoso, con grava, con muchos terrones pequeños de pómez, muy friable y malamente estructurado;
30 cm pardo amarillento, grava pumítica fina, bastante densamente apretada;
50 cm pardo intenso, arena limosa, más bien compacta, débilmente estructurada y con algunos fragmentos muy finos de pómez.
Sobre ... varios estratos pumíticos y capas delgadas de suelo franco arcillo-arenoso compacto.

Los suelos Pucón no están bien cultivados, pero esto se debe probablemente más a la situación financiera y social de los muchos agricultores que a defectos del suelo. Análisis del contenido de bases revelan que estos suelos tienen una saturación de bases media (50% en la capa arable), pequeña capacidad de cambio de cationes y que son de reacción neutra o ligeramente alcalina. Probablemente los abonos nitrogenados y los fosfatados darían muy buenos resultados en estos suelos. El uso a que se los destina actualmente es sobre todo las praderas naturales con cultivos ocasionales de avena y de algo de trigo.

viii) Suelo franco arenoso muy fino Osorno (apéndice, perfil núm. 37)

Los suelos de la asociación Osorno se desarrollan en terrenos de relieve típicamente ondulado o muy suavemente accidentado, que originariamente estaban cubiertos de bosque de roble y bajo un microclima más bien seco para la zona, con precipitaciones comprendidas entre 1.250 y 1.500 mm de lluvia anual. Las rocas madres varían algo: en general, son cenizas volcánicas (de procedencia riolítica y andesítica) redepositadas por el viento, pero el subsuelo es en parte de evidente origen aluvial local, formado quizá por lavado laminar de materiales sobre una subsuperficie congelada. El substrato que yace bajo los suelos Osorno varía desde depósitos de terrazas aluviales con grava hasta depósitos periglaciales con ciertas características comunes con las morrenas de fondo (till) glaciales.

Un perfil típico del suelo en húmedo revela:

20 cm pardo oscuro, suelo franco arenoso o suelo franco arenoso muy fino, friable y bien estructurado, pero ni adherente ni plástico en húmedo;
15 cm pardo oscuro, suelo franco limoso, muy friable, con tendencia a desagregarse en las trincheras de las carreteras;
15 cm pardo oscuro, suelo franco limoso, ligeramente firme, friable, pero bien estructurado y que se vuelve ligeramente adherente y plástico cuando se humedece;
20 cm pardo amarillento oscuro, suelo franco limoso denso, friable, bien estructurado y que se vuelve moderadamente plástico cuando se humedece;
20 cm pardo amarillento oscuro a pardo intenso, suelo franco arcillo-limoso, ligeramente firme, bien estructurado y cuyos aglomerados son algo resistentes a la presión en un principio; manifiestamente adherente y plástico cuando se humedece;
20 cm pardo intenso, suelo franco muy limoso, denso, firme, con estructura más bien débil,
Sobre ... arcilla arenosa, con grava, de bastante compacidad.

Existen muchas variaciones de este perfil modal en la asociación de suelos Osorno, pero el ejemplo anterior muestra la mayoría de las características significativas de estos suelos. El substrato subyacente es también de relieve muy variable. Localmente, allí donde el substrato es cóncavo, existen manchas de suelos de gley ligera a fuertemente abigarrados.

Los suelos Osorno son de reacción ácida o casi neutra, poseen pequeña a media saturación de bases y probablemente su capacidad de cambio de bases no es más que mediana. Esto puede deducirse del hecho de que la mayoría de los agricultores que cultivan estos suelos refieren respuestas más bien buenas a las aplicaciones de abonos fosfatados, aún cuando éstos se emplean en dosis pequeñas, lo cual probablemente no ocurriría así si los suelos tuviesen una capacidad de cambio de cationes muy grande.

En estos suelos hay muchos buenos fundos, e incluso granjas lecheras. Las praderas se manejan a menudo de acuerdo con un sistema de rotación larga, con trigo, avena y muchos otros cultivos arables. El empleo de los abonos nitrogenados y de los fosfatados es bastante frecuente en estos suelos, y los rendimientos de los cultivos son buenos en general. Los suelos Osorno son de los mejor manejados de todos los trumaos de Chile y casi todos los fundos tienen una superficie satisfactoria, pues no son ni demasiado extensos para manejarlos apropiadamente ni demasiado pequeños para una explotación económica.

ix) Suelo franco arenoso fino Pelchuquín (apéndice, perfil núm. 38)

Los suelos Pelchuquín son en muchos aspectos análogos a los suelos Osorno, pues se desarrollan en terrenos suavemente accidentados o muy levemente ondulados, a partir de cenizas volcánicas mixtas depositadas en parte por la acción aluvial y en parte por el viento que las transportaba en forma de loess. Estos suelos soportan un clima bastante más húmedo (unos 2.500 mm de lluvia al año) que el que soportan los suelos Osorno y originariamente se hallaban cubiertos de bosque de roble con gran proporción de especies asociadas de hoja ancha siempre verde.

Un perfil típico revela (en suelo húmedo):

20 cm pardo, suelo franco arenoso fino, friable y bien estructurado, y ligeramente adherente y plástico cuando está húmedo;
20 cm rojo oscuro, suelo franco arenoso, muy friable y difícil de humedecer si está seco (esta capa no existe siempre, pero a pesar de ello es lo bastante corriente para considerarla característica de estos suelos: se origina por la desecación de la parte superior del subsuelo durante la quema de los residuos forestales, especialmente trozas, tocones y raíces grandes);
60 cm pardo amarillento oscuro, suelo franco limoso denso a suelo franco arcilloso limoso, ligeramente firme, bien estructurado, adherente y moderada a fuertemente plástico;
100 cm pardo, arcilla limosa, muy firme y muy bien estructurada, moderadamente adherente y fuertemente plástica;
Sobre ... toba volcánica silícea cementada de color pardo claro, yacente sobre materiales aluviales compactos con grava.

No se dispone de datos químicos relativos a estos suelos, pero probablemente se parecen a los suelos Osorno (es decir, que su contenido de bases es moderado, que son de reacción ligeramente ácida a casi neutra, y que poseen una capacidad de cambio de cationes entre pequeña y mediana). Los horizontes inferiores del subsuelo, con su plasticidad muy incrementada, es probable que tengan una proporción bastante considerable de arcillas que no sean amorfas; posiblemente halloysíticas y caolinísticas.

En general, estos suelos están bien cultivados, siguiendo un programa con arreglo al cual se establecen praderas en rotación larga que corrientemente alcanzan un alto grado de productividad mediante el empleo de abonos y manteniendo una buena proporción de trébol en las empastadas. El trigo y la avena dan, al parecer, buenos rendimientos y la respuesta a los abonos es muy buena. En estos suelos se vieron algunos pastizales para ganado vacuno muy buenos.

e) Génesis de los suelos

Al comparar los trumaos de la zona 3 con los de la zona 4, y como prácticamente se carece todavía de pruebas confirmativas derivadas de detallados estudios de laboratorio, es difícil a primera vista justificar la afirmación de que los procesos de meteorización actúan con alguna mayor intensidad en los trumaos de la zona 4 que en los de la zona 3. Es casi igualmente difícil justificar la afirmación de que, en general, los primeros están sometidos además a una lixiviación más intensa que la que soportan los segundos. La única característica morfológica indiscutible es que las capas arables están más intensamente melanizadas en la zona 4. Estos trumaos podrían sin disputa alguna calificarse de "muy fuertemente melanizados".

La situación es confusa porque la superficie del suelo ha recibido más frecuentes (y más recientes) adiciones de cenizas volcánicas nuevas en el caso de casi todos los trumaos (y ñadis) de la zona 4. Por lo que respecta a la acumulación de rocas madres como proceso edafogenético, estos suelos se pueden caracterizar como "suelos moderadamente acumulativos", a diferencia de los ligeramente acumulativos de las áreas de trumaos de la zona 3. A la adición de estas cenizas nuevas a la superficie del suelo hay que atribuir la "arenosidad" superficial de muchos de los perfiles y la reacción ligeramente ácida o casi neutra de tantos suelos. Probablemente, los datos de los análisis revelarán que la mayoría de los suelos muestra una acumulación de fertilidad en la capa arable. Las observaciones microscópicas confirman que los minerales recientes agregados a la superficie del suelo parece que se meteorizan muy rápidamente. Por ejemplo, el delgado depósito de cenizas finas consistente en vidrios volcánicos de color claro con abundancia de cristales de plagioclasa, que se extendió sobre el territorio próximo al lago Ranco a causa de la erupción del pico Carran del centro volcánico de Nilahue en julio de 1955 (analizado por León y Polle, 1956) volvió a examinarse después de transcurridos seis anos. Resultó extremadamente difícil reconocer esta originariamente fina capa de arena gris claro en el suelo, pero se recogieron muestras de ella en viejos tocones, afloramientos de rocas y en los nichos protegidos formados en las ramificaciones de los árboles mayores, siguiendo la técnica utilizada por Oliver (1931) cuando demostró que el volcán Mt. Egmont de Nueva Zelandia había estado en erupción desde los días de la primitiva ocupación de esta comarca por el pueblo Maorí. Las muestras de cenizas del pico de Carran recogidas en 1963 eran de color gris oscuro en húmedo, muy ricas en humus y de textura franco arenosa. Examinadas al microscopio, parecían consistir enteramente en vidrios volcánicos porosos muy meteorizados, no pudiendo descubrirse cristales feldespáticos de ninguna clase. La primitiva capacidad de cambio de cationes de este material inmediatamente después de la erupción era de unos 3,8 miliequivalentes por ciento; la capacidad actual es superior a 60%, aun cuando en parte esto se deberá al gran contenido de materia orgánica. El material contiene aún una gran proporción de cationes sustituibles (principalmente calcio y magnesio), pero la saturación de bases ha bajado desde 100% hasta 65%, aproximadamente. El contenido de fosfatos solubles en ácido cítrico (asimilables) que anteriormente era de más de 6 partes por millón ha bajado ahora a menos de 0,01 p.p.m. Tomando como base esta prueba, que se reconoce no es muy definitiva, podría parecer que la meteorización es realmente bastante intensa en la zona, pues en un período de seis años se ha producido la destrucción completa de los feldespatos plagioclásicos y un considerable ataque de los vidrios volcánicos, que ha originado lo que casi ciertamente son compuestos amorfos de alúmina y sílice coloidales con complejos órgano-minerales.

Existen algunas diferencias, quizás significativas, en la morfología de los perfiles entre los trumaos de las zonas 3 y 4. No es sorprendente que las grietas que por contracción se forman en el suelo falten o que sólo estén apenas esbozadas en los trumaos de la zona 4; tampoco está bien desarrollado el horizonte friable muy delgado yacente inmediatamente debajo de la capa arable. Los diferentes horizontes y estratos presentan la diversidad normal de consistencia, pues varía entre friable y firme, pero se obtiene además la impresión de que los materiales que constituyen el suelo están más sólidamente unidos entre sí (sin llegar a ser lo que se entiende verdaderamente por compactos) en los trumaos de la zona 4. Esta característica puede relacionarse con una

nueva propiedad que aparece en los agregados de suelo aislados; en muchos de estos suelos los agregados estructurales están muy bien formados (cualquiera que sea su tamaño o su forma) y, cuando se los tritura levemente, parece que resisten durante un breve momento la presión en mayor grado que los aglomerados de los trumaos de la zona 3. Esta propiedad probablemente habría pasado desapercibida si no hubiese sido porque es todavía más pronunoiada en los trumaos de la zona 5, donde se la puede percibir a veces en su expresión final oonsistente en que los agregados están recubiertos de un delgado revestimiento de óxido de hierro. (La investigación de esta característica incipiente en los trumaos de la zona 4 corresponde a los especialistas en micromorfología, habiéndose enviado ya muestras a A. Mella, actualmente en Hamburgo, para que vea si esta propiedad puede caracterizarse más exactamente mediante el examen de delgadas secciones de suelo.)

Las escamas de arcilla, las corrientes de arcilla e incluso las superficies de presión son muy raras en los trumaos de la zona 4. Esta observación, añadida a las anteriormente mencionadas, conduce a la posible oonclusión de que las arcillas amorfas de estos suelos están normalmente en un grado de hidratación mayor y por lo tanto son menos móviles. Las grietas estruoturales del suelo son más permanentes y quizás más definidas por la formación de un finísimo revestimiento de sílice o de hierro alrededor de los agregados estructurales. La desecación del suelo puede que se limite principalmente a estas grietas estructurales y no a toda la masa del suelo.

Una característica que no se aprecia claramente en las descripciones detalladas de los perfiles de suelo del apéndice es que en los trumaos de la zona 4 hay casi invariablemente un cambio evidente de color cuando los agregados se desmenuzan por completo. Un agregado del subsuelo que tiene un color superficial de 5YR 3/4 ó de 7,5YR 3/2 (o sea, que es pardo rojizo oscuro o pardo oscuro) tomará corrientemente un color pardo amarillo oscuro (10YR 4/4) al triturarlo. Esto hace pensar que los agregados quizá estén fuertemente revestidos de coloides húmicos, lo cual concuerda con la observación de que los terrones en meteorización de pómez que hay en muchos estratos del subsuelo parece que están muy tenidos de humus. Estos terrones cuando se calientan pasan de pardo amarillentos o amarillo parduscos a casi blancos. Es casi seguro que cantidades considerables de humus se desplazan a través de estos suelos, por lo que, a falta de los necesarios datos químicos, se puede suponer que la lixiviación del suelo es enérgica y probablemente resulta intensificada por los ácidos orgánicos procedentes de los horizontes superficiales húmicos.

f) Clasificación de los suelos

En Chile estos suelos se consideran trumaos, pero hasta ahora no se los diferencia específicamente de los trumaos centrales o de los septentrionales. No obstante, los agricultores los juzgan una entidad diferente.

En la clasificación expuesta en la séptima aproximación de la Secretaría de Agricultura de Estados Unidos estos suelos son, probablemente, umbrandeptes mollicos.

En la antigua clasificación neozelandesa son suelos franoos pardo amarillos y suelos francos pumíticos pardo amarillos de diversos grados de meteorización y lixiviación, aunque predominantemente moderada a fuertemente meteorizados y moderada a fuertemente lixiviados, y todos serían fuertemente melanizados. En el sistema reciente de Pohlen (ibid, 1962) probablemente son "suelos francos álvidos" fuertemente lixiviados "enleaohed" procedentes sobre todo de cenizas andesíticas y cenizas riolíticas finas moderada a fuertemente argilizadas con inclusiones de arenas francas "subálvicas" moderadamente lixiviadas "enleaohed" derivadas de cenizas pumítico-riolíticas gruesas débilmente argilizadas. También podría oonsiderárselos suelos "hidrus alvic" y "subalvic" con horizontes "B" ferro-aluviales incipientes.

Aparte el pH relativamente elevado de algunas capas arables estos trumaos tienen oaraoterísticas muy pareoidas a las del grupo de suelos de alófano-húmicos atribuidas por Kanno (ibid, 1962) a muchos suelos japoneses de cenizas voloánicas.

Provisionalmente basta considerarlos suelos amorfos derivados de cenizas volcánicas en una zona de meteorización bastante fuerte, carente de una estación seca estival definida, bajo procesos de lixiviación fuertes, pero con acumulación superficial intermitente de cenizas volcánicas recientes y que muestran una melanización intensa. En resumen: suelos de cenizas volcánicas amorfas fuertemente melanizados, moderada a fuertemente meteorizados y lixiviados, moderadamente acumuladores, de un medio ambiente húmedo frío derivados de materiales muy silíceos y moderadamente silíceos.

5. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 5 (TRUMAOS MERIDIONALES EXTREMOS)

En esta zona los trumaos aparecen de nuevo bastante ampliamente dispersos en el territorio del sur de Chile, extendiéndose en algunos lugares desde la frontera con la Argentina al este hasta la costa del Pacífico al oeste. El manto de cenizas no está tan completo como en las zonas 3 ó 4, pero en la mayoría de los terrenos se perciben manchas considerables de suelos derivados de cenizas, incluso en las laderas más pendientes de la cordillera andina. También existen ñadis en algunos de los terrenos en terraza malamente drenados, pero estos suelos no ocupan aquí tanta superficie como en la zona 4, debido a la poca extensión de las planicies en el conjunto del paisaje.

Casi todos los trumaos de la zona 4 proceden de materiales subaéreos depositados directamente en el terreno en el caso del área principal, pero en la isla de Chiloé parece ser que algunos de los suelos comprenden subsuelos que pueden ser de origen loéssico o aluvial. Se desconoce todavía el origen exacto de los materiales que constituyen los trumaos de la isla de Chiloé.

El manto de cenizas volcánicas es particularmente espeso en las laderas de la cordillera de los Andes, en las proximidades de los volcanes, de los que hay aproximadamente ocho en la zona. Los suelos de cenizas volcánicas de las laderas de gran pendiente de los Andes se estudiarán en la sección 8: "trumaos en laderas inclinadas y suelos afines de laderas (trumaos de laderas)".

Las rocas madres de que proceden los suelos varían bastante, pero tienen la característica de ser algo pumíticas: más que en la zona 4 y mucho más que en la zona 3. Muchos de los lechos de cenizas finas, que parecen ser de naturaleza principalmente andesítica, contienen por lo general granos bastante grandes de arena silícea porosa parecidos a pómez fina. En la provincia de Aysén son corrientes las capas de pómez claramente definidas.

Por desgracia no se dispone de datos mineralógicos relativos a los trumaos de la zona 5, como tampoco se dispone todavía de análisis acerca del contenido de bases.

a) Características ambientales de la zona

Las precipitaciones medias anuales en esta zona son de unos 2.000 mm en el oeste, pasan de 5.000 mm en el centro de la cordillera andina y descienden luego a unos 1.500 mm en la vertiente oriental de ella. En ningún mes del año llueve regularmente menos de 60 mm y los suelos están por naturaleza más o menos continuamente humedecidos. Entre 15% y 20% de la lluvia cae en verano; aproximadamente 30% en invierno y el resto se reparte bastante equitativamente entre la primavera y el otoño. Algunos años la primavera es notablemente más seca que el verano. A oriente de los Andes gran parte de las precipitaciones invernales es en forma de nieve que puede permanecer en el terreno varias semanas.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 8°C y 10°C, con medias invernales (julio) comprendidas entre 4°C y 8°C, y medias estivales (enero) que varían entre 18°C y 20°C.

El clima más parecido al de la parte occidental de la zona es probablemente el de Westport en la provincia de Westland de Nueva Zelandia, mientras que el que reina en los fiordos andinos no se diferencia quizás del de la región de los fiordos de Nueva Zelandia (Wright, 1952).

En esta zona el roble caedizo (Nothofagus obliqua) desaparece virtualmente, pero otra especie caducifolia del género Nothofagus (lenga: N. pumilio) aparece en las alturas orientales de los Andes. Nothofagus antarctica (ñirre) se hace también frecuente en el límite oriental de la zona, pero las especies dominantes, que se extienden por casi la totalidad de la anchura de la zona son coigüe (Nothofagus dombeyi), Weinmannia trichosperma, y Laurelia serrata. El canelo (Drimys winteri), el tepu (Tepualia stipularis), el mañio (Podocarpus nubigensis), el alerce (Fitzroya patagonica) y Saxegothea conspicua se presentan más raramente. Quila y coligüe (Chusquea spp.) abundan bastante en las tierras de cultivo abandonadas.

Los suelos no trumaos asociados de esta zona incluyen podsoles de gley, podsoles, suelos de gley podsolizados, suelos de pradera alpinos, suelos orgánicos o turbosos, suelos forestales pardos ácidos y suelos de gley húmicos, muchos de los cuales se desarrollan en laderas de bastante pendiente y por lo tanto son algo litosólicos por la forma (Roberts y otros, 1958).

b) Morfología general de los suelos

Capas arables:
- generalmente tienen entre 15 cm y 25 cm de espesor y a menudo son claramente turbosas con una capa de hojarasca forestal o de turba forestal en los puntos donde el bosque natural no ha sido hollado;
- los colores son generalmente el negro, el rojo muy oscuro o el pardo muy oscuro, cuando el suelo está húmedo; los colores del suelo seco raramente se perciben en la naturaleza, pero el de los suelos secados en el laboratorio suele ser generalmente pardo grisáceo muy oscuro o pardo grisáceo oscuro; las capas arables muy espesas y oscuras son relativamente raras;
- las texturas que predominan en las capas arables son las franco limosas, si bien son también bastante corrientes las franco arenosas finas, sobre todo en la provincia de Aysén;
- las estructuras son buenas en todas partes y están muy bien definidas;
- muchas capas arables tienen muchos agregados estables al agua que flotan en ésta cuando están secos; los agregados son a menudo moderada a fuertemente resistentes a la presión y tiene una evidente "fragilidad" cuando están húmedos;
- las capas arables son casi siempre friables en húmedo y bastante blandas en seco; son también por lo general ligeramente plásticas y adherentes;
- el límite inferior de la capa arable se percibe bastante bien las más de las veces o está ligeramente difuso, pero nunca es brusco.

Subsuelos:
- los colores del subsuelo son siempre más bien oscuros, oscilando entre pardo muy oscuro o pardo rojizo oscuro y pardo amarillento oscuro en húmedo; los del subsuelo seco únicamente se perciben en la naturaleza en las trincheras de las carreteras o en las paredes de las zanjas y son corrientemente pardos o pardo amarillentos bastante oscuros;
- los subsuelos están por lo general visiblemente estratificados en algunos puntos, pero las capas arables enterradas son muy raras; el grado de estratificación de los perfiles es frecuentemente menor que en la zona 4;

- las texturas de los materiales constituyentes del subsuelo son por lo general más bien densas, oscilando desde suelo franco a suelo franco arcilloso o incluso arcilla limosa; por lo común no hay horizontes sueltos y pulverulentos (secos) en los perfiles, pero los suelos son generalmente más fáciles de excavar que muchos de los de la zona 4, posiblemente a causa de la friabilidad extraordinariamente profunda de estos suelos de la zona 5; subsuelo firme o muy firme;
- los horizontes pumíticos rara vez se hallan a menos de 1 m de profundidad; casi todos los materiales del subsuelo son bastante adherentes y a menudo moderadamente (o incluso fuertemente) plásticos por naturaleza;
- la agregación estructural está bien desarrollada, pero los agregados son con frecuencia bastante más finos que en la zona 4; otra característica más es la notable firmeza de estos agregados (cuando no están excesivamente húmedos) y la presencia de revestimientos de óxido de hierro que recubren muchos de los agregados de los horizontes inferiores del subsuelo;
- en algunos suelos se observan fenómenos evidentes de blanqueamiento y agrisamiento de los materiales de las capas superiores del subsuelo, lo que indica la formación incipiente de un horizonte fortísimamente lixiviado (o débilmente podsolizado);
- sin excepción, los materiales constituyentes del subsuelo son notablemente "grasos" y "resbaladizos" cuando se los comprime en la mano;
- los límites de los horizontes del subsuelo son por lo general difusos cuando se deben a características adquiridas y a menudo bruscos cuando se deben a características heredadas, con excepción de la formación de delgados horizontes de fierrillo que siempre tienen límites superior e inferior muy definidos.

c) Características químicas generales

Al redactar este informe se carecía por completo de datos químicos relativos a los trumaos de esta zona. No se dispone aún de datos acerca del contenido de bases o de la composición mineralógica de las fracciones arena, como tampoco de determinaciones de la arcilla.

d) Características de los suelos típicos

Seis de los trumaos más representativos de esta zona se describen detalladamente en el apéndice. Todos estos suelos proceden principalmente de cenizas volcánicas subaéreas de naturaleza andesítica o riolítica, pero algunos de ellos contienen estratos inferiores que poseen ciertas características del loess volcánico, en que aparecen mezclados los rasgos andesíticos y riolíticos. Es muy corriente en esta zona hallar pequeñas máculas de color parduzco pálido o blanco amarillento de material silíceo poroso finísimo que se extienden a través de una o más capas del subsuelo. Cuatro de los suelos que se describen detalladamente son de la isla de Chiloé y dos de la provincia de Aysén.

i) Suelo franco limoso Castro (apéndice, perfil núm. 39)

Los suelos Castro se desarrollan en la parte centro-oriental de la isla de Chiloé en terrenos muy accidentados, pero en los que hay algunos sectores suavemente accidentados u ondulados. Estos suelos están claramente estratificados (véase también Wright, 1958, p. 118) y en la mayoría de los casos los lechos de cenizas y las capas de deposición se adaptan suavemente a la topografía actual en un modo que hace pensar que los materiales volcánicos de origen loéssico o aluvial han desempeñado escasa función en su formación. Estos suelos se hallan bajo bosque costero valdiviano mixto de

la variante denominada "Monte de Chiloé" por Pisano (ibid, 1950), en el que las especies más importantes son Eucryphia cordifolia, Weinmannia trichosperma, y Laurelia serrata (E.J. Godley, comunicación personal, 1959; y Godley, 1960), con abundancia local de Nothofagus dombeyi. Las precipitaciones medias anuales son algo mayores de 2.000 mm, de las que 11% cae en verano y 43% en invierno.

El perfil del suelo revela:

20 cm pardo muy oscuro, suelo franco limoso, friable, granular y ligeramente adherente y plástico (pH en el campo, 5,0);
34 cm material semejante pero algo menos oscuro y con una estructura en bloques subangulares medios (pH, 5,0);
36 cm pardo amarillento muy oscuro, suelo franco ligeramente firme, con estructuras en bloque y granular bien desarrolladas (pH, 5,0);
10 cm matriz semejante a la anterior, pero con terrones irregulares de una antigua precipitación de fango de color pardo amarillo más pálido, de firmeza más bien considerable, que se endurecen bastante al secarse (pH de los terrones, 5,3);
40 cm pardo amarillento oscuro, suelo franco arcillo-arenoso ligeramente firme, con estructura poco desarrollado en la masa (pH, 5,3)
70 cm pardo amarillento oscuro a pardo amarillento, suelo franco arcillo-arenoso a franco arenoso, friable, de estructura generalmente débil (pH, 5,3);
Sobre ... suelo franco arenoso grueso, con grava, compacto y de color pardo oscuro.

Los suelos Castro son probablemente más bien pobres en bases y probablemente también tendrán una capacidad de cambio de cationes considerable (hasta 50 m.e.%). Muchos agricultores de la comarca echan regularmente algas marinas o estiércol en estos suelos y, los que pueden conseguirlos, aplican además abonos fosfatados y nitrogenados. Los suelos se dedican principalmente al cultivo de la papa y de la avena, con intervalos entre las campañas de cultivo en que se permite la invasión del terreno por los pastos espontáneos. El intervalo de rotación es más bien corto (3 a 4 anos), debido sobre todo a las condiciones económicas en que se hallan la mayoría de los agricultores. Las tierras de pastoreo sin mejorar son de muy mala calidad.

ii) Suelo franco limoso Quellón (apéndice, perfil núm. 40)

Los suelos Quellón se desarrollan en el sudeste de la isla de Chiloé, en terrenos de relieve accidentado o muy accidentados grabado sobre todo en depósitos periglaciales. El manto de cenizas tiene aproximadamente 1,5 m a 2 m de espesor, y contiene gran cantidad de arena silícea porosa muy fina. La vegetación natural ocupa aún la mayoría del terreno y consiste en un bosque dominado por Nothofagus dombeyi, equivalente al "Bosque higroffítico del norte de la Patagonia" de Schmithüsen (1956). La precipitación media anual se acerca a los 3.000 mm de la que alrededor de 16% cae en verano y 43% en los meses de invierno.

El perfil del suelo revela:

20 cm negro, suelo franco limoso friable y granular, que es ligeramente adherente y plástico en húmedo (pH en el campo, 4,8);
30 cm pardo muy oscuro, suelo franco limoso ligeramente firme, con buena agregación en bloques medianos y agregados más bien firmes (pH, 5,0);
100 cm pardo muy oscuro, suelo franco limoso, más bien firme, con agregación mucho más débil, pero con agregados que todavía muestran fragilidad cuando están sueltos (pH, 5,6);
15 cm pardo amarillento, suelo franco limoso, denso (pH, 5,9);
Sobre ... materiales glaciálicos compactos y cementados.

Los suelos Quellón tienen al parecer poca fertilidad natural, por lo que grandes extensiones de terrenos de estos suelos roturados en otro tiempo para el cultivo han sido posteriormente abandonados. Solamente cerca de la costa, donde la tierra puede abonarse fácilmente con algas marinas en putrefacción y estiércol, perdura el cultivo con algún éxito. Los intentos encaminados a dedicar estos suelos a pastos espontáneos permanentes sin abonado han fracasado, pues la cantidad de pasto producido en tales condiciones es tan pequeña que son pocos los agricultores que se molestan en repeler la invasión de las plantas jóvenes forestales, los juncos y las zarzas que inevitablemente se produce. Probablemente, la capacidad de cambio de cationes y la de fijación de fosfatos de este suelo es tan grande que se necesitaría un considerable capital para establecer fundos de productividad adecuada para compensar el elevado costo del mantenimiento de la fertilidad en estos terrenos. En vista de las actuales dificultades de comunicación y exportación de la producción agrícola a los centros manufactureros del continente es dudoso que tal inversión de capital pueda estar justificada. La mayoría de los agricultores son poco más que agricultores de subsistencia cuya principal fuente de ingresos la constituyen la extracción de la madera y la pesca.

iii) Suelo franco limoso Mañiuales (apéndice, perfil núm. 41)

Los suelos Mañiuales se desarrollan principalmente en la provincia de Aysén y en ciertas partes de la zona continental de la provincia de Chiloé bajo una precipitación media anual de unos 3.500 mm de la que casi 20% cae en verano y 30% en invierno. Se trata de un suelo formado en restos de antiguas terrazas y salientes de laderas de alturas de los valles de la transcordillera principal, como el valle de Simpson; ocupa una superficie pequeña, pero está formado por un manto de cenizas que tiene frecuentemente más de 3 m de espesor. La mayor parte de este material se depositó por acumulación subaérea directa, pero en algunos puntos se ha producido un considerable espesamiento coluvial subsiguiente del manto. En general, el relieve que adopta este suelo es muy accidentado. Los materiales que le constituyen son principalmente andesíticos, aunque hay también en el subsuelo capas pumíticas.

Un perfil típico del suelo revela:

17 cm rojo muy intenso a negro, suelo franco limoso muy intensamente estructurado, ligeramente firme, a menudo más bien turboso;
17 cm pardo rojizo oscuro, suelo franco arenoso fino, intensamente estructurado, ligeramente firme, en el que los aglomerados son muy frágiles;
6 cm rojo amarillento, suelo franco arenoso con grava pumítica, sin estructura en la masa;
7 cm pardo rojizo oscuro, arena gruesa friable, en parte pumítica, pero principalmente granos de arena silícea porosa mezclados con muchos granos de arena negra;
35 cm pardo rojizo, suelo franco arenoso muy fino, firme, a suelo franco limoso sin estructura bien definida;
70 cm pardo intenso a rojo amarillento, suelo franco arcillo-limoso más bien firme, con buena estructura y aglomerados resistentes, frágiles,
Sobre ... gravas en terraza de cantos redondeados.

Estos suelos se cultivan a menudo conjuntamente con los de las riberas próximas y se mantienen en pastizales toscos permanentes para disponer de piensos de invierno cuando los ríos van crecidos. No parece que sean muy fértiles. Los pastos son, por lo general, malos y están densamente invadidos de arbustos y árboles, juncos y zarzas. Se supone que son más bien pobres en bases, que tienen una gran capacidad de cambio de bases y de fijación de fosfatos. Actualmente no se usan en ellos los abonos y es dudoso que resultase económico abonarlos.

iv) Suelo franco arenoso Puerto Lumas (apéndice, perfil núm. 42)

Los suelos Puerto Lumas se hallan en las proximidades de la población de Aysén y más a occidente y al sur. Se caracterizan por la presencia de una capa superior de

cenizas volcánicas pumíticas que forman la totalidad del horizonte de la capa arable y la parte superior del subsuelo. En muchos lugares la parte inferior de este material pumítico está débilmente cementada, probablemente con sílice y hierro. Sin embargo, no está lo suficientemente cementada para constituir un serio impedimento al drenaje. Las capas inferiores del subsuelo son o de cenizas andesíticas o de cenizas riolíticas finas, generalmente pumíticas, pero de mayor finura y edad que las de los materiales superiores. Los suelos Puerto Lumas se desarrollan sobre antiguas terrazas, en salientes de laderas y en restos de llanuras aluviales en el valle inferior del Simpson, bajo bosque higrofítico dominado por laurel, tepa, coigüe, etc., con abundancia de quila en los fundos abandonados; la precipitación media anual es de unos 2.800 mm, de la que aproximadamente 20% cae en verano y 30% en invierno.

El perfil del suelo revela:

18 cm pardo rojizo muy oscuro, suelo franco arenoso, friable, con buena estructura granular;
15 cm pardo amarillento suelo franco arenoso grueso o franco arcillo-arenoso, más bien firme, a menudo débilmente cementado en su estado natural, pero que se desagrega en bloques angulares regulares cuando se le desplaza;
20 cm pardo o pardo amarillento, arena gruesa muy firme y parcialmente cementada, con un límite inferior brusco;
2 cm pardo rojizo oscuro, capa de arena gruesa y pómez fina bastante suelta cuando se la desplaza;
17 cm pardo a pardo oscuro, suelo franco arenoso grueso o franco arcillo-arenoso grueso, denso, firme, bien estructurado y moderadamente plástico;
30 cm pardo intenso a pardo amarillento oscuro, suelo franco arcillo-arenoso fino, algo friable, bien estructurado y con aglomerados muy frágiles recubiertos levemente de óxido de hierro y con débiles indicaciones de la formación de un fierrillo muy delgado, aproximadamente en el centro de este horizonte,
Sobre ... arcilla densa, con grava, frecuentemente con un fierrillo manifiesto aunque delgado que señala la unión con el horizonte superior.

Los suelos Puerto Lumas se cultivan con bastante buen resultado en las proximidades de la población de Aysén, donde se los destina a la cría de ganado vacuno con intervalos de cultivo de hortalizas. Estos suelos probablemente no son muy fértiles, pero se supone que tienen una capacidad de cambio de cationes muy inferior (quizá 25 m.e.,%) y un contenido de bases muy superior a los correspondientes de los suelos Mañiuales. En estos suelos se emplean poco los abonos, no obstante lo cual la proporción de trébol blanco en las praderas es bastante grande. Es posible que exista en ellos algo de fosfato natural asimilable por las plantas y que su capacidad general de fijación de fosfatos sea bastante pequeña. Sin embargo, es probable que estos suelos sean algo deficientes en fosfatos (y también en nitrógeno) y que esta deficiencia se manifestara fuertemente si se los cultivase más intensivamente. Debido al leve impedimento ocasionado por la parte cementada del subsuelo las praderas tienden a verse invadidas por juncos, hasta el punto de que donde no se ha combatido esta invasión algunas de estas tierras han tenido que dejar de cultivarse. La tierra, una vez que es densamente invadida por los juncos, es mucho más difícil de arar. Los arados se arrastran todavía mediante caballos y bueyes siendo pocos los tractores existentes en la región.

v) Suelo franco arcillo-arenoso fino turboso Natri (apéndice, perfil núm. 43)

Los suelos Natri se hallan principalmente bajo bosque natural de Nothofagus dombeyi, habiéndose hecho solamente pequeñas roturaciones para el cultivo a lo largo de la carretera que conduce de Castro a Quellón, en la isla de Chiloé. Estos suelos se desarrollan en terrazas accidentadas, en general esculpidas principalmente en materiales aluviales periglaciales consistentes en gravas, arenas y arcillas muy compactas y cementadas en algunos puntos. Por esta razón los suelos Natri se presentan asociados complejamente con suelos de ñadi, suelos de gley turbosos y tremedales turbosos, dependiendo principalmente el grado de humedad de la estación de la horizontalidad del terreno.

Los suelos Natri son más corrientes hacia los bordes de la terraza, donde las laderas son accidentadas y el drenaje es algo mejor. Las rocas madres de los suelos son probablemente cenizas volcánicas subaéreas de origen andesítico y riolítico sobre todo, aunque también hay en las capas del subsuelo algunos materiales loéssicos y quizás aluviales.

Un perfil típico revela:

15 cm rojo oscuro, turba forestal muy fibrosa (humus bruto)
15 cm pardo rojizo oscuro, suelo franco arcillo-arenoso fino, más bien compacto, con muchas deposiciones de óxido de hierro en los canales de antiguas raíces, pero bien estructurado y con agregados frágiles;
13 cm pardo rojizo oscuro, suelo franco arcilloso-arenoso fino, muy bien estructurado, muy firme, los prismas y bloques mayores están abundantemente recubiertos de óxido de hierro y el material es moderadamente plástico;
47 cm pardo rojizo, arcilla limosa ligeramente firme, con estructura muy fuertemente desarrollada, pero no tan tosca como en el horizonte anterior, aglomerados muy firmes y densamente recubiertos de óxido de hierro, hasta el punto de que casi se forma un enrejado de éste en el suelo;
25 cm pardo oscuro a pardo intenso, suelo franco arcillo-arenoso, débilmente abigarrado, friable y con buena estructura,
Sobre ... gravas gruesas y arenas cementadas con óxido de hierro, manganeso y probablemente sílice; el alios ferruginoso (fierrillo) tiene hasta 0,5 cm de espesor en algunos puntos y, por lo general, forma una lámina continua.

Los suelos Natri resultan muy difíciles de cultivar, debido a su poquísima fertilidad natural. Los agricultores que actualmente los cultivan hallan difícil sacar para vivir, ni siquiera en las partes en que por abundar la hojarasca forestal acumulada es mayor la fertilidad; y sin un manejo muy diestro, sin capital abundante y sin una aplicación regular e intensa de abonos (principalmente fosfatados y nitrogenados, aunque quizás se necesite también algo de cal y de potasa) estas actividades agrícolas indudablemente fracasarán. Los ingresos de las familias han aumentado actualmente, debido a la venta de madera y a que los hombres trabajan en la construcción de carreteras y en la pesca. Por ahora no hay indicación alguna de que la agricultura vaya a prosperar en estos suelos, de lo que se infiere que es mucho mejor que esta tierra se destine a bosque para aumentar los recursos madereros de la nación. La destrucción deliberada del arbolado en estos suelos para dar paso al cultivo agrícola es un despilfarro de los recursos naturales de la región que no tiene excusa.

vi) Suelo franco arenoso muy fino Chepu (apéndice, perfil núm. 44)

Los suelos Chepu se hallan corrientemente en asociación con los suelos Castro en las partes centro-occidentales de la isla Chiloé. Estos suelos se desarrollan en lugares donde los lechos de cenizas son algo más arenosos y donde el bosque tiene una gran proporción de especies muy formadoras de humus (es decir, formadoras de turba superficial), sobre todo Podocarpus sp., Saxegothea sp. y Weinmannia trichosperma. El perfil del suelo Chepu rara vez es continuo en un área muy extensa, presentándose principalmente en manchas correspondientes a la composición de la cubierta de copas del bosque, y teniendo los suelos intermedios perfiles que recuerdan más los de los suelos Castro. El perfil Chepu es, pues, principalmente consecuencia del poder de acondicionamiento de la vegetación. Estos suelos fueron descritos por vez primera por Wright y Funes (véase Wright, 1958), y son semejantes por su origen a algunos suelos de la isla meridional de Nueva Zelandia (Wright, 1951; 1959).

Los suelos Chepu se desarrollan sobre un relieve accidentado u ondulado, bajo bosque sempervirente mixto dominado por Laurelia y Eucryphia, con abundancia local de Weinmannia, Aextoxicum, y masas ocasionales de Podocarpus y Saxegothea; y bajo una precipitación de unos 2.750 mm al año de la que 25% corresponde a los meses de verano.

El perfil del suelo revela:

5 cm rojo oscuro, turba franca fibrosa;
20 cm negro, suelo franco arenoso fino, claramente turboso, friable y con estructuras muy fuertes y tosoas;
10 cm gris rosáceo, suelo franco arenoso muy fino, bien estructurado ligeramente firme,
0,3 cm capa discontinua muy delgada de humus férrico que forma un claro revestimiento que recubre los agregados de suelo;
35 cm pardo intenso a pardo amarillento oscuro, suelo franco muy limoso, que pasa gradualmente a suelo franco arcillo-limoso ligero, friable y poco estructurado;
20 cm pardo amarillento, suelo franco arcillo-limoso, ligeramente firme, con estructuras débiles y moderada plasticidad,
Sobre ... arena franca, parcialmente cementada, de color amarillo rojizo que descansa sobre gravas empotradas en arcilla densa.

Los Chepu presentan, por lo tanto, señales evidentes de una lixiviación muy fuerte que ha progresado hasta la fase en que el perfil revela claras muestras de podsolización. No se dispone todavía de datos químicos relativos a estos suelos, pero se puede presumir que son muy pobres en bases y deficientes en la mayoría de los nutrientes de las plantas. Es probable que tengan capacidades moderadas de cambio de cationes y un índice bastante grande de fijación de fosfatos. En su morfología general se asemejan algo al suelo franco limoso Te-Rau-Moa de Nueva Zelandia. Es sabido que estos últimos suelos responden a los fosfatos, la cal, el nitrógeno y varios elementos secundarios. Taylor (1933) refiere también la presencia de características de podsol en los suelos derivados de cenizas volcánicas andesíticas de Nueva Zelandia.

El cultivo agrícola en los suelos Chepu es notablemente más difícil que en los suelos Castro; los rendimientos son muy pequeños una vez que la fertilidad acumulada en la capa arable forestal natural se agota; casi todos los suelos Chepu, o bien están cubiertos de pastizales agotados y abandonados a la invasión de las especies forestales o bien se hallan aún bajo la cubierta forestal original. Gran parte de los ingresos de los agricultores procede de la explotación de los árboles madereros y de la obtención de postes para cercas de los árboles menores en las manchas forestales que aún quedan en el terreno. Los suelos Chepu podrían dar una producción agrícola bastante considerable mediante el uso de abonos, pero es probable que el costo de éstos sobrepase los medios financieros de los actuales agricultores.

e) Génesis de los suelos

Aunque en la actualidad faltan por completo datos químicos y físicos de los trumaos de la zona 5 son pocas las dudas existentes acerca de la génesis de estos suelos. Prácticamente todos los trumaos de esta zona muestran con gran claridad los efectos de procesos de lixiviación muy enérgicos.

Se supone que la intensidad de los procesos de meteorización sea poco diferente de la correspondiente a los suelos de la zona 4, esto es: "moderada a fuerte", pero parece ser que la adición de cenizas volcánicas recientes a la superficie del suelo ha sido mucho menos frecuente en la zona 5 que en la zona 4, por lo que ha habido un enriquecimiento en materiales superficiales menor que en los trumaos de la zona 4. Los trumaos de la zona 5 son suelos con muy poco poder de acumulación y ciertamente no ha habido en ellos ninguna adición importante de cenizas volcánicas en los años últimos.

Los trumaos de la zona 5 están todos muy fuertemente melanizados, pero la naturaleza de la melanización es quizá bastante diferente de la que experimentan los suelos de la zona 4, que constan de compuestos húmicos de color rojizo muy oscuro. En casi todos los suelos que están en condiciones naturales los residuos forestales se acumulan lentamente constituyendo una capa de humus bruto ácido (o turba forestal)

sobre la su erfioie del terreno y de esta oapa el agua de lluvia, al infiltrarse, extrae ácidos orgánioos fuertes y otros compuestos húmioos oomplejos que desoienden a través del perfil del suelo.

Los subsuelos están, por lo general, muy húmedos naturalmente y es probable que haya un fuerte contraste en lo que respecta a las condioiones químicas y físicas entre el material edáfico adyaoente a los oanales estructurales naturales del suelo y el material edáfico de la parte interior de los agregados de suelo. El aspecto de los subsuelos en las trinoheras de las oarreteras revela que el material que los constituye tiene una considerable oapaoidad de oontraooión. Es posible que los agregados de suelo se compongan en su parte central de aroilla amorfa muoho más hidratada y que en su parte periférioa, y en la proximidad de las fisuras estruoturales, se produzca, por reaoción con los oompuestos orgánicos que se infiltran, un tipo más flooulado de arcilla que da a los aglomerados el aspeoto partioular de fragilidad caracteristioo de todos estos suelos. Cuando en el subsuelo ocurre deposioión de óxido de hierro éste aparece al prinoipio en forma de una lámina delgadísima que rodea los aglomerados, la cual, en algunos casos, se espesa hasta oonstituir casi un enrejado de delgadísimo fierrillo en todo un horizonte partioular del subsuelo; pero, en otros oasos, la acumulación de hierro presenta una disposición lineal más pronunciada y da origen a un fierrillo más normal. No son frecuentes en modo alguno los horizontes "A2" blanqueados y los "B" gleyizados o abigarrados, pero suelen presentarse en ocasiones como características incipientes en los más silioeos de estos trumaos. Estas características son bastante más corrientes en los ñadi asooiados de esta zona.

En los trumaos de ella no se han registrado nunca escamas o corrientes de arcilla y no existe ninguna otra indioación de iluviación arcillosa. El aumento de la densidad de la textura con la profundidad que se observa en muchos perfiles se debe sobre todo a la mayor edad de las oapas inferiores del subsuelo. Esto tiene por oausa probablemente la evolución gradual de la alófana amorfa a formas criptooristalinas y cristalinas de arcilla. En algunos subsuelos se han obtenido de estas oapas de subsuelos nódulos de aspecto gibsítico oéreos que muestran texturas más densas y una plastioidad entre moderada y fuerte. El análisis de estos nódulos (Birrell, comunicación personal 1962) revela que consisten totalmente en gibsita.

f) Clasifioación de los suelos

Los trumaos de la zona 5 no se han estudiado mucho en Chile. Se admite, en general, que son suelos íntimamente relacionados con los trumao más típicos del resto del país y se los denomina a menudo suelos de transición trumao-ñadi. En el oeste de Chiloé, Roberts y Díaz (ibid, 1959) los incluyen en el grupo de suelos de pradera alpinos-podsólicos. Roberts menoiona su relaoión con los latosoles pardos y los suelos laterítioos pardo-rojizos (Roberts y colaboradores, 1958).

En la séptima aproximaoión (A.S. Soil Survey Staff, 1960) estos suelos parecen estar comprendidos entre los umbrandeptes mólioos y los durandeptes mólioos, pero su verdadera posición no está clara todavía.

En las olasifioaoiones antiguas de Nueva Zelandia se los consideraría principalmente suelos franoos pardo-amarilllos fuertemente lixiviados (New Zealand Soil Bureau, 1954). En la clasifioación de Pohlen (ibid, 1962) se los juzgaría en general, "suelos álvioos y podi-álvioos muy fuertemente lixiviados ("bnleaohed") Taylor (1965) quizás los oonsiderase suelos "hydrous alvic" oon horizontes "B" iluviales de hierro de transioión a suelos "podi-álvio".

Es dudoso que la mayoría de estos suelos quede incluída dentro de los límites establecidos por Kanno (ibid, 1962) para los suelos alofánioos húmioos del Japón; son bastante ácidos pero oarecen de muchas de las oaracterísticas morfológioas que dicho autor describe oomo propias de los suelos de este grupo.

Provisionalmente basta considerarlos suelos amorfos procedentes de cenizas volcánicas en una zona de meteorización bastante fuerte que no presenta estación seca estival delimitada, desarrollados bajo una lixiviación intensísima (condicionada en parte por la cubierta vegetal formadora de humus bruto) y que muestran una melanización muy fuerte, o, dicho con otras palabras son: "suelos de cenizas volcánicas alofánicas moderada a fuertemente meteorizados, muy fuertemente lixiviados, muy fuertemente melanizados, de medios ambientes húmedos frescos derivados de materiales moderadamente silíceos o muy silíceos."

6. TRUMAOS DE LA ZONA AMBIENTAL 6 (TRUMAOS TROPICALES CHILENOS)

Los trumaos de la zona 6 comprenden algunos suelos muy fuertemente meteorizados derivados de cenizas volcánicas que se hallan en una pequeña área de la isla de Pascua.

a) Características ambientales de la zona

La isla de Pascua consiste principalmente en lechos de tobas volcánicas, escorias y lavas andesíticas (Chubb, 1933). Hay en ella tres diferentes aberturas volcánicas principales que forman los conos en los tres vértices de esta isla triangular. Las rocas tobáceas más blandas de estos tres antiguos conos han sido erosionadas por el mar que ha formado elevados promontorios, y los vientos alisios que azotan estos acantilados levantan una gran cantidad de minerales volcánicos, parte de los cuales es depositada posteriormente sobre la isla. Además del material volcánico finamente dividido de esta procedencia hay una cantidad considerable de cenizas volcánicas mucho más antiguas mezcladas con escorias de los conos volcánicos. Como este material finamente dividido se meteoriza con gran rapidez, es a menudo muy difícil distinguir claramente los componentes del suelo procedentes de loess volcánico reciente procedentes de cenizas volcánicas más antiguas; y distinguir ambos de los productos de meteorización normal de los lechos tobáceos y las lavas más considerables.

No obstante, se supone (Wright y Díaz, 1963, en prensa) que en la isla hay algunos suelos semejantes a los trumaos que pueden considerarse trumaos. Los suelos denominados Rano Kao, Vinapu y Poike (y quizás el suelo Kanina) son de este tipo (Díaz, 1949).

El régimen climático de la isla de Pascua es prácticamente tropical. Knoche (1913) le denomina "tropical"; Skottsberg (1920) le califica de "clima templado-cálido-oceánico dominado por los vientos alisios" y Heyerdahl (1961) le considera clima semitropical bastante uniforme. Ciertamente se trata de un clima moderadamente húmedo, muy cálido, parecido al de la isla Raúl en el archipiélago Kermadec (Wright y Metson, 1959). La precipitación media anual es de unos 1.200 mm, bastante uniformemente distribuida a lo largo del año. Las temperaturas del aire son del orden de 20°C, con una pequeña variación entre los valores máximo (24°C) y mínimo (17°C). Los índices de evaporación, sin embargo, son muy grandes, pues más de la mitad de la lluvia se evapora apenas caída. Las temperaturas medias del suelo son, en general, bastante altas (23°C). De tiempo en tiempo se han registrado intensas sequías prolongadas varios meses.

La cubierta vegetal natural de la isla probablemente no fue nunca otra que praderas con manchas ocupadas por árboles de pequeño porte de la especie Sophora toromiro. Skottsberg (ibid, pág. 492) supone que la pobreza de la cubierta vegetal se debe al extremo aislamiento de la isla y que la vegetación original probablemente consistía en una sabana de tipo de parque con algunos bosquetes y matorrales en depresiones abrigadas y en la parte baja de las laderas de las elevaciones del terreno. La vegetación actual consta, sobre todo, de pradera de Sporobolus inducida por el apacentamiento de ovinos y el ensilado. La isla tiene un aspecto bastante triste y árido.

Los suelos no trumaos asociados de la isla son mucho más difíciles de clasificar. Al parecer son algo semejantes a algunos de los latosoles más jóvenes de Samoa occidental (Wright, ibid, 1963), o a los latosoles húmicos bajos de Hawaii (Cline, 1955).

b) Morfología general de los suelos

Capas arables:
- los colores son principalmente el pardo a pardo rojizo, que se vuelven más intensamente rojos cuando las capas arables están mezcladas con escorias;
- las texturas son por lo común franco arenosa fina, siendo más densas cuando hay mezcla con escoria;
- el espexor de la capa arable es las más de las veces inferior a 25 cm;
- la consistencia y la estructura varían dentro de amplios límites, pero las capas arables son generalmente algo friables, corrientemente bastante bien estructuradas y ligeramente adherentes y plásticas cuando están húmedas;
- el límite inferior de la capa arable no es muy perceptible frecuentemente.

Subsuelos:
- los colores son principalmente pardo rojizo a rojo;
- las texturas son bastante densas y oscilan entre franco arcillosa y arcillosa;
- los subsuelos no están claramente estratificados por lo general, pero no es raro que se perciban claramente dos o tres límites de horizonte de suelo;
- la parte superior del subsuelo puede ser friable, apareciendo la firmeza al aumentar la profundidad;
- la adherencia y la plasticidad también crecen con la profundidad.

c) Características químicas generales 1/

Falta todavía una gran cantidad de los datos esenciales relativos a las características químicas de los trumaos de la zona 6.

Los análisis de fusión se refieren a la totalidad del suelo y no sólo a la fracción arcilla, por lo que no son comparables con los datos anteriores correspondientes. Sin embargo dichos análisis revelan que las razones sílice/alúmina son pequeñas. Las capacidades de cambio de cationes son medias o grandes y el fosfato fácilmente extraible es verdaderamente muy poco, lo que hace pensar que es posible que en estos suelos haya una cantidad considerable de alófana.

El calcio y el magnesio totales y sustituibles son muy reducidos, como también es muy pequeño el porcentaje de saturación de bases; los índices de pH en el campo de los subsuelos franco arcillo-limosos Poike son por lo general inferiores a 5,0 (es decir, moderada a fuertemente ácidos) y pocas determinaciones del pH en el terreno revelaron que ninguno de los suelos fuese más que moderadamente ácido. El contenido de materia orgánica es medio o pequeño; probablemente muy pequeño en muchos de los suelos. De los elementos secundarios faltan casi por completo el bario y el estroncio, mientras que el molibdeno, el cromo y posiblemente también el cinc y el boro, (Wells, comunicación personal, 1962) es probable que también escaseen en estos suelos.

1/ Una información más detallada se presenta en una reciente comunicación de Bescain, León y Wright, que aparecerá en las Trans. VIII Int. Sci. Cong. (Bucarest) en 1965.

Los datos químicos de que se dispone indican que estos suelos están muy fuertemente lixiviados, con fracciones arcilla que probablemente contienen una cantidad considerable de alófana.

d) Características de los suelos típicos

Tres de estos suelos de cenizas volcánicas alofánicas se describen detalladamente en el apéndice. Representan suelos de materiales escoriáceos con cantidades variables de cenizas finas más recientes depositadas sobre la superficie del suelo. El perfil Rano Kao tiene unos 25 cm de este polvo, probablemente loéssico, más joven, en su parte superior; el suelo Vinapu tiene cerca de 70 cm de material de igual origen sobre las escorias en meteorización, mientras que el suelo Poike tiene poco polvo reciente distinguible, pero probablemente encierra una cantidad considerable de cenizas volcánicas entre los materiales que lo constituyen y que derivan en parte de tobas volcánicas andesíticas.

i) Suelo franco arenoso fino, denso, Rano Kao (apéndice, perfil núm. 45)

Los suelos Rano Kao se desarrollan en las "planezes" occidentales del volcán Rano Kao a altitudes comprendidas entre unos 20 m y más de 300 m. Por lo general tienen una pendiente del orden de 6° a 14° y probablemente se formaron originariamente bajo un ligero monte de matorral de Sophora y praderas.

El perfil del suelo revela:

25 cm pardo a pardo rojizo (en húmedo), suelo franco arenoso fino, denso, ligeramente firme y bastante bien estructurado (pH, 5,9);
40 cm pardo rojizo (en húmedo), suelo franco arcilloso muy friable, sin buena estructura en la masa, pero que se desagrega fácilmente en gránulos y agregados muy finos (pH, 5,8);
90 cm rojo (en húmedo), arcilla limosa firme, con débil estructura pero fuerte plasticidad (pH, 5,8);
Sobre ... arcilla limosa roja con agregados de escorias en meteorización.

Los suelos Rano Kao se han dedicado con cierto éxito al cultivo del maíz, pero había que dejar descansar la tierra un período bastante largo pues no se usaban abonos. Ensayos hechos en el campo (Schanz, comunicación personal, 1962) hace pensar que estos suelos responden muy bien a los fosfatos y que quizá respondan favorablemente también a pequeñas adiciones de molibdeno para los cultivos de leguminosas, como, por ejemplo, la alfalfa.

ii) Suelo franco arenoso muy fino Vinapu (apéndice, perfil núm. 46)

Los suelos Vinapu se hallan en la parte inferior de las laderas nordorientales del volcán Rano Kao y son suelos friables y profundos aprovechados de antiguo por los indígenas para el cultivo del maíz. Estos suelos parece ser que se forman principalmente por la acumulación de materiales loéssicos arrastrados por los vientos alisios que los arrancan de los arrecifes vecinos. Se hallan a altitudes comprendidas entre unos 20 m y unos 200 m y probablemente estaban cubiertos en un principio de praderas naturales. Su relieve es entre suave y fuertemente inclinado, con una pendiente media de unos 7°.

El perfil del suelo revela:

28 cm pardo oscuro a pardo (en húmedo), suelo franco arenoso muy fino, friable, sin estructura reconocible en la masa (pH 5,4);
40 cm pardo oscuro a pardo rojizo oscuro (en húmedo), suelo franco arcillo arenoso, muy friable, sin estructura reconocible en la masa, pero que se desagrega muy fácilmente en gránulos y terrones, y contiene algunos fragmentos de carbón al nivel aproximado de 50 cm (pH, 5,6);

70 cm pardo rojizo (en húmedo), suelo franco arcilloso, friable, también sin apenas estructura en la masa, pero que se desagrega en gránulos (pH, 5,7),
Sobre ... arcilla limosa firme, pardo rojiza (en húmedo) con estructuras fuertemente desarrolladas (pH, 5,8)

Los suelos Vinapu se han dedicado en otro tiempo con bastante intensidad al cultivo del maíz y actualmente muestran señales evidentes de agotamiento. Ensayos de abono en pequeña escala con tratamientos N-P-K han mostrado que estos suelos responden bien a los abonos de las tres clases empleados tanto aislada como conjuntamente y, además, los tréboles manifestaron una cierta respuesta al molibdeno utilizado en pequeñísimas cantidades.

iii) Suelo franco arcillo-limoso Poike

Los suelos Poike se desarrollan en las extensas "planezes" del monte Poike en el vértice oriental de la isla de Pascua, sobre los escarpados acantilados de la península de Poike. El terreno es por lo común ondulado o accidentado, con una pendiente general hacia la cumbre del acantilado de 8° a 14°, aproximadamente. La altitud de estos suelos varía entre 60 m y 200 m. Estos suelos, casi con seguridad, se han formado principalmente a partir de loess volcánico, procedente del acantilado, pero la unión entre este material y los más antiguos derivados de tobas volcánicas andesíticas, o de depósitos subaéreos de cenizas más viejos, es muy difícil de descubrir en el perfil del suelo. La cubierta vegetal primitiva de los suelos Poike era posiblemente bosque de Sophora o, más probablemente, praderas naturales.

El perfil del suelo revela:

30 cm pardo oscuro (en húmedo) suelo franco arcillo-limoso, más bien firme, con estructura bien desarrollada (pH, 5,1)
35 cm pardo (en húmedo), arcilla limosa friable, de estructura más bien débil (pH, 5,0);
50 cm pardo rojizo (en húmedo) arcilla limosa, ligeramente compacta en el terreno, pero friable cuando se la desplaza y con una estructura bien desarrollada (pH, 4,9);
35 cm rojo amarillento (en húmedo), arcilla limosa, más bien firme, con estructura poco desarrollada (pH, 4,8),
Sobre ... arcilla limosa de color rojo amarillento con fragmentos de toba volcánica en meteorización.

Los suelos Poike se usan solamente para el apacentamiento del ganado, siendo pocas las señales que permitan indicar cuál pudiera ser la fertilidad de los mismos. No se dispone aún de datos químicos. Un pequeño ensayo en el campo con abonos se vió afectado por una grave sequía poco después de iniciado. Las indicaciones existentes hacen pensar que estos suelos son más bien pobres en bases y particularmente pobres en fosfatos. Se espera que análisis posteriores muestren que estos suelos tienen cantidades considerables de minerales amorfos en la fracción arcilla, poseen gran capacidad de cambio de cationes, pocas bases sustituibles y poca saturación de bases y gran capacidad de fijación de fosfatos.

e) Génesis de los suelos

La génesis de los grandes monolitos de piedra de la isla de Pascua casi no es tan misteriosa como la de los suelos de la isla.

Es difícil explicar las características generales del suelo, basándose en el medio ambiente actual de la isla. Los suelos están mucho más lixiviados y mucho menos meteorizados que lo que sería de esperar de la comparación con suelos derivados de rocas madres semejantes desarrollados en condiciones ambientales en otros lugares del globo.

Este comentario es válido para todos los suelos de la isla (véase también Wright y Díaz, 1963, en prensa), pero se aplica particularmente a los suelos que se consideran de naturaleza parcialmente amorfa. Ciertamente no ha habido erupciones volcánicas recientes en la isla, pues probablemente no ha habido ninguna en muchos millares de años. Las formas del terreno son bastante antiguas y, por consiguiente, la mayoría de los suelos deben de estar muy fuertemente meteorizados.

Los materiales constituyentes del subsuelo lo están en verdad, pero muchas capas arables presentan texturas que apenas son más consistentes que las de suelo franco. En parte esto probablemente se debe a la constante acumulación de polvo, del tamaño de grano del loess, derivado de la acción abrasiva de los vientos alísios sobre los dilatados y abruptos acantilados, pero en parte puede que se deba a la desecación casi irreversible de una porción de la fracción arcilla durante los cortos aunque intensos períodos de sequía que sufre la isla. El examen microscópico del material del suelo revela poquísimas sustancias minerales sin meteorizar, aparte una cantidad considerable de magnetita y algunos agregados minúsculos de óxido de hierro. En esto, estos suelos recuerdan los suelos francos Hakupu de la isla de Niue (Wright, 1963, en prensa) que también se cree proceden principalmente de cenizas volcánicas mezcladas con algo de material sedimentario de las profundidades del mar. El aparente carácter de suelo franco de la capa arable quizá no sea indicativo de la verdadera fase de meteorización.

La capacidad de cambio de bases de estos suelos oscila entre media y grande. Esto, unido a la prueba de la escasísima disponibilidad de fosfatos, y la gran capacidad de cambio de cationes, sugiere que puede que haya presentes cantidades considerables de arcilla amorfa. Se supone que la fracción arcilla consta de algo de alófana, con quizás una proporción bastante cuantiosa de minerales arcillosos cristalinos, como halloysita, y también gibsita finamente agregada y óxidos de hierro. La proporción de óxido de hierro en el análisis de fusión total del suelo es aproximadamente igual a la total de alúmina, característica ésta que no se percibe en ninguno de los trumaos de las otras zonas ambientales.

El grado de lixiviación está muy poco en consonancia con el medio ambiente actual, a lo cual puede que hayan contribuidos dos factores. En primer lugar, el medio ambiente se presta muy bien para el desarrollo forestal, no obstante lo cual, y a causa del aislamiento de la isla, estos suelos nunca han tenido una cubierta arbórea. El ciclo de los nutrientes de las plantas se ha efectuado siempre a través de las raíces de plantas herbáceas. Además, los indígenas acostumbran desde hace muchos siglos a quemar estos pastos naturales (véase también Lisjanski, 1812; Beechey, 1831), lo que hace que los minerales pasen a formas muy solubles relativamente fáciles de ser arrastradas por el agua de lixiviación.

f) Clasificación de los suelos

Los edafólogos chilenos, como han tenido pocas oportunidades de estudiar suelos formados en condiciones tropicales, se han abstenido prudentemente de intentar clasificar los suelos de la isla de Pascua. Se admite que los más parecidos a los trumaos de estos suelos se relacionan en cierto modo lejanamente con los trumaos del continente, pero por ahora no se pasa de ahí.

En la séptima aproximación (U.S. Soil Survey Staff, 1960) parece ser que los suelos quedan comprendidos entre los umbrandeptes y los ustox, carentes de un horizonte oscuro, pero mucho más cercanos al primero que al segundo grupo.

En la antigua clasificación neozelandesa se los podría considerar suelos francos pardo-amarillos muy fuertemente meteorizados y muy fuertemente lixiviados; y en la moderna clasificación de Pohlen (ibid, 1962), "suelos francos adálvicos, muy fuertemente lixiviados ("enleached"), derivados de cenizas andesíticas fuertemente argilizadas". Taylor (1965) probablemente los consideraría suelos "adálvic" con un régimen de humedad "hygrous".

7. ÑADIS

a) Características ambientales de los ñadis

La palabra "ñadi" es una voz indígena con la que se designan condiciones de drenaje particulares en el terreno y que se utiliza para indicar las tierras pantanosas, pero con una subsuperficie firme y, por consiguiente, transitables con cuidado. En Chile centromeridional, entre los 38°30'S y los 43°00'S, las áreas de ñadis soportaban invariablemente una cubierta forestal. Para designar los terrenos pantanosos cubiertos de cañas y juncos y las tierras intransitables cuando húmedas se utilizaron diferentes palabras indígenas. Así, pues, el significado primitivo de ñadi era un amplio concepto ecológico que suponía malas condiciones de drenaje, relieve suave, densa cubierta forestal y suelo firme a poca profundidad. La palabra no lleva en sí idea alguna que haga pensar en las cenizas volcánicas, no obstante lo cual, es un hecho que el estado ñadi del terreno, en el concepto de los indígenas, se produjo únicamente como consecuencia de la deposición de un manto de cenizas volcánicas sobre el suelo. Las capas superficiales de cenizas volcánicas admiten el agua de lluvia hasta saturarse, y como el substrato cementado y duro restringe considerablemente el drenaje vertical, el manto de cenizas volcánicas permanece húmedo y cenagoso hasta que la lluvia disminuye al punto tal que el drenaje lateral puede evacuar el aporte de agua. Los agrónomos y los edafólogos admiten que los suelos de ñadi son suelos estacionalmente pantanosos, puesto que éste es el estado más aparente en ellos cuando la tierra se rotura para dedicarla al cultivo agrícola (CORFO, 1961).

Los ñadi comienzan a aparecer a la latitud aproximada de 38°30'S en restos de extensas llanuras aluviales en la provincia de Cautín, y se presentan con frecuencia creciente en las provincias meridionales vecinas de Valdivia y Osorno, hasta los 41°00'S, y todo corte transversal hecho en la provincia de Llanquihue desde la costa hasta la cordillera andina revela que más de la mitad de los terrenos bajos está ocupada por suelos de ñadi. (Figura 11.B) Los ñadis ocupan la mayoría de la parte llana y ondulada del terreno. Se presentan asociados con suelos mejor drenados procedentes de cenizas volcánicas (trumaos) que ocupan las partes más onduladas, accidentadas y montañosas del terreno. En la sección "A", en el epígrafe "Ñadis" (páginas), se ha tratado ya del clima, la topografía, las rocas madres y la cubierta vegetal natural de estos suelos.

b) Morfología general de los ñadis

No es fácil, ni mucho menos, precisar las características morfológicas generales más salientes de los ñadis debido a la considerable variación en los rasgos más salientes de los perfiles. Muchos de estos rasgos son características heredadas -la naturaleza y disposición de los diversos estratos sedimentarios- y, por consiguiente, no son admisibles como características morfológicas generales. Sin embargo, prescindiendo de la estratificación heredada, todos los ñadis muestran:

- capas arables de color muy oscuro
- un cambio del color hacia el pardo amarillento (que oscila desde pardo amarillento oscuro hasta pardo intenso) en algún punto del subsuelo,
- un cambio brusco de los colores amarillentos que pasan a pardo más bien pálido o gris o pardo rojizo en algunos puntos de la parte inferior del subsuelo,
- estructuras granulares bastante bien fuertemente desarrolladas en la capa arable,
- estructuras débilmente desarrolladas en el subsuelo cuando éste está húmedo y en condiciones naturales, que cambian muy notablemente, al secarse, a estructuras regulares en bloques subangulares muy toscos,
- a menudo a prismas bien formados,
- fragilidad de los aglomerados húmedos que se convierte en dureza por desecación,

- indicaciones incipientes muy débiles de abigarramiento en los límites superior e inferior del subsuelo en las condiciones naturales (el grado de abigarramiento contrasta singularmente con la extrema humedad estacional de estos suelos),
- aparición de manchas más destacadas en el horizonte superior del subsuelo en los suelos que se han drenado y cultivado intensamente muchos años, característica ésta que va acompañada de apelamiento y acumulación de arcilla en este horizonte en casos extremos,
- la formación ligera a pronunciada de escamas de arcilla en la parte inferior del subsuelo es una característica de la mayoría de los ñadis,
- acumulación de óxidos de hierro y compuestos afines, bien sea en la unión de las capas de ceniza sin consolidar con el substrato consolidado subyacente o bien a cierta profundidad en este substrato,
- en las trincheras de las carreteras y en las paredes de las zanjas abiertas en la mayoría de los subsuelos de ñadi aparecen, cuando están secas, grietas muy profundas y pronunciadas formadas por contracción, las cuales dejan entre sí prismas secos que a menudo adoptan la configuración de columnas irregulares de suelo inestable.

c) Características químicas generales

La CORFO ha emprendido estudios químicos de los ñadis, pero todavía no se ha publicado nada acerca de estos estudios.

d) Características de los ñadis típicos

Del gran número de ñadis que se han identificado en Chile (Díaz y colaboradores, 1958; 1959) se han escogido cuatro por ser bastante representativos del grupo. Los ñadis Pitrufquén se presentan únicamente en el límite septentrional de la zona de ñadis; los ñadis Frutillar y Carel se hallan en el centro de la zona de ñadis, el primero en terrazas altas y el segundo en terrazas más bajas; y los ñadis Calonje aparecen en la isla Chiloé, cerca del límite meridional de la zona de ñadi.

i) Suelo franco arenoso denso Pitrufquén (Apéndice, perfil núm. 48)

Los suelos Pitrufquén se hallan en la provincia de Cautín, principalmente en los sistemas de terrazas altas del curso superior del Toltén y sus afluentes. Estos suelos se desarrollan sobre terrenos llanos o de relieve muy levemente ondulado, y en su origen sostenían un bosque pantanoso con abundancia de canelo, radal, arrayán, avellano, etc. La precipitación media sobre estos suelos es de unos 2.000 mm a 2.500 mm, de la que 10 % cae en verano y 50 % en invierno. En los meses estivales los suelos están bastante secos, pero en invierno se forma una capa freática colgada a 60-70 cm bajo la superficie, y después de algunos días de lluvia todo el suelo que yace sobre el substrato de grava está claramente húmedo. Las temperaturas medias anuales son cercanas a los 12°C, las de verano oscilan alrededor de 17°C y las de invierno son de unos 7,5°C.

Un perfil típico revela:

20 cm pardo rojizo oscuro (en húmedo); suelo franco arenoso denso, abundante en raíces y con estructura granular muy fina;

18 cm pardo oscuro (en húmedo), suelo franco arenoso, ligeramente firme y con estructura en bloques bien desarrollada;

20 cm pardo rojizo oscuro a rojo amarillento (en húmedo), suelo franco arenoso en bloques más bien firme;

15 cm pardo oscuro, suelo franco arenoso algo más denso, firme y con estructura en prismas pequeños cuando se deseca en las trincheras de las carreteras;

100 cm gravas compactas, con arena gruesa y arcilla densa, recubiertas de óxidos de hierro,
Sobre.. gravas fluviales de color gris oscuro.

Los suelos Pitrufquén son buenos para el cultivo agrícola cuando se los drena superficialmente, pero cuando se los drena hasta cerca del substrato de grava sufren una notable escasez de agua en verano. Sostienen buenas praderas permanentes, incluso aunque no se los drene, siempre que se utilicen abonos (principalmente fosfatados) y que en invierno sean pocas las cabezas de ganado que pasten en ellos.

ii) Suelo franco limoso Frutillar (Apéndice, perfil núm. 49)

Los suelos Frutillar se desarrollan extensivamente en las terrazas superiores y los llanos de las provincias de Llanquihue y Osorno, y en muchas partes muestran todavía restos del bosque pantanoso original. Su relieve es llano o muy suavemente ondulado, con algunas ligeras depresiones cenagosas y a veces un micro-relieve natural abundante en protuberancias. La precipitación media anual probablemente oscila entre 1.700 mm y 1.200 mm en toda la extensión de estos suelos, cayendo más de 200 mm cada mes del invierno y a veces menos de 100 mm en algunos meses de verano. La evaporación puede llegar a ser de 40 mm mensuales en los meses estivales, pero disminuye hasta alrededor de 15 mm al mes en invierno. Las temperaturas medias anuales se acercan a los 10°C y las invernales y estivales son de alrededor de 6,8°C y 14,5°C, respectivamente. La humedad del aire puede ser de tan sólo 27 % en verano y pasa a menudo de 87 % en invierno.

Un perfil típico revela:

8 cm pardo muy oscuro (en húmedo), suelo franco limoso granular, friable, que es notablemente duro cuando está seco;
12 cm pardo muy oscuro (en húmedo), suelo franco arenoso muy fino en bloques, friable, que es duro cuando está seco y difícil de volverse a humedecer;
20 cm pardo oscuro (en húmedo), suelo franco limoso denso, muy friable, con estructura pronunciada en bloques, siendo éstos difíciles de rehumedecer una vez que se han secado (en las condiciones agrícolas, en los suelos bien drenados, esta capa tiende a volverse compacta, débilmente abigarrada, y adquirir además una estructura más densa);
20 cm pardo rojizo oscuro (en húmedo), suelo franco limoso denso, más bien firme, con marcada estructura en bloques y a menudo prismático cuando está seco, con pequeñas fisuras de contracción entre los prismas; en ocasiones débilmente abigarrado;
20 cm pardo a pardo intenso (en húmedo), suelo franco arcillo limoso, fuertemente estructurado, firme, que al secarse forma fuertes prismas con fisuras de contracción muy marcadas;
15 cm pardo intenso (en húmedo), suelo franco arcillo limoso, bien estructurado, firme, con pequeños cantos a veces; en muchos de los aglomerados mayores hay corrientes de arcilla,
Sobre.. grava gruesa muy compacta de color amarillo pálido (en húmedo) y arcilla densa con arena gruesa. La parte superior es abigarrada y presenta deposición de óxido y la inferior es de color gris pardusco claro y más pedregosa.

Los suelos Frutillar están, por lo general, bien cultivados pero muchos agricultores atienden excesivamente al drenaje para conseguir suelos más bien secos en invierno, de lo que resulta que los subsuelos se desecan parcialmente en verano. Esto disminuye grandemente el crecimiento estival de las gramíneas y los cultivos, cuando es precisamente el verano la época en que la temperatura es más favorable para el desarrollo de las plantas. El valor nutritivo de los pastos de estos suelos en invierno no es tan grande que resulte muy beneficioso el tener los suelos tan completamente drenados. Los suelos son de fertilidad natural más bien pequeña, a juzgar de las respuestas a los abonos: 50-70 kg/ha de fertilizantes fosfatados dan resultados muy buenos y, en el

caso del trigo, se aplican también frecuentemente 50 kg/ha de nitrato de sodio. En los cultivos especiales, por ejemplo: betarraga sacarina, se usa también boro. Algunos agricultores utilizan regularmente fertilizantes potásicos en el cultivo de la papa. La cal es cada vez más popular entre muchos agricultores.

iii) Suelo franco arenoso fino Carel (péndice, perfil núm. 50)

Los suelos Carel se hallan en el mismo medio ambiente general que los Frutillar, pero corrientemente en una serie de terrazas más jóvenes.

Un perfil típico revela:

15 cm pardo muy oscuro (en húmedo), suelo franco arenoso granular, friable, que es algo duro cuando está seco;
20 cm pardo oscuro (en húmedo), suelo franco, bien estructurado, friable, que también se endurece al desecarse;
15 cm pardo oscuro (en húmedo), suelo franco limoso denso a suelo arcillo-limoso, friable, bien estructurado y que al desecarse se presenta en prismas con grandes grietas de contracción;
20 cm pardo intenso en húmedo, suelo franco arcilloso ligero, friable, pero muy fuertemente estructurado, que da prismas destacados con grietas de contracción muy amplias cuando se seca; los aglomerados tienen escamas de arcilla;
10 cm pardo intenso, suelo franco arcillo-limoso denso, en bloques más bien firmes, con notables escamas de arcilla alrededor de los aglomerados;
0,5 cm delgado fierrillo continuo,
Sobre.. suelo franco arcillo-arenoso grueso, con grava, muy compacto y cementado de color pardo grisáceo muy oscuro (en húmedo).

Los suelos Carel se pueden cultivar mediante el empleo de abonos fosfatados nitrogenados. Algunos agricultores aplican hasta 150 unidades de fosfato por hectárea, juntamente con 30 a 40 unidades de nitrato sódico. Es un suelo excelente para pastos; las gramíneas espontáneas (incluso Holcus mollis, y muchas leguminosas, especialmente alfalfa chilota) crecen con gran vigor. Este suelo parece que es muy apropiado para praderas de ballico y trébol blanco de gran producción para la cría de ganado lechero, en caso de que se empleen adecuadamente los abonos. Muchos agricultores tienden a drenar excesivamente los suelos, lo cual se refleja negativamente en la producción en verano.

iv) Suelo franco arenoso muy fino Calonje (Apéndice, perfil núm. 51)

Los suelos Calonje se desarrollan principalmente en la isla de Chiloé bajo un medio ambiente algo más húmedo que el de los ñadi anteriores. Los suelos Calonje se presentan en terrazas con relieve suavemente ondulado o llano, y antiguamente soportaban un bosque pantanoso de Nothofagus.

Estos suelos están sometidos a una precipitación media anual de unos 2.000 mm a 2.500 mm, de la que algo más de 40 % cae en invierno y poco más de 10 % en los meses estivales. En las condiciones naturales estos suelos no se desecan, pero cuando se los drena intensivamente pueden mostrar señales de deficiencia de humedad en verano. Las temperaturas medias anuales son de unos 11°C, con medios estivales de alrededor de 20°C e invernales de 7,5°C.

Un perfil típico del suelo revela:

20 cm casi negro (en húmedo), suelo franco arenoso fino, friable, aunque más bien denso, con buena estructura granular;
10 cm pardo muy oscuro (en húmedo), suelo franco arcillo-arenoso fino, ligeramente firme, con buena estructura y aglomerados frágiles;

8 cm gris oscuro (en húmedo), arcilla limosa, con algunos cantos pequeños (generalmente de cuarzo, redondeados); friable y en bloques pero que se deseca en prismas;
15 cm pardo grisáceo oscuro (en húmedo), arcilla ligera firme con estructura no muy definida;
20 cm pardo (en húmedo), arcilla algo pedregosa, firme y sin estructura definida,
Sobre.. arena franca compacta con grava de color aceituna (en húmedo); gravas teñidas de óxido de hierro.

e) Génesis de los suelos

Las características heredadas de los ñadis incluyen un sustrato aluvial que estaba cementado parcialmente en la superficie antes de la deposición del manto de cenizas o se cementó rápidamente con sílice durante las primeras fases de la acumulación de las cenizas; el sustrato está cubierto por capas estratificadas de cenizas volcánicas consistentes en materiales andesíticos finos, interestratificadas en parte con materiales de deposición ácidos más gruesos. Coincidente con la acumulación del manto de cenizas debe de haberse producido un cambio en el clima que de estepario, relativamente seco y frío, pasó a templado fresco y húmedo, y bajo el cual el bosque pasó a ser la cubierta vegetal dominante (véase también Auer, 1958). En muchos lugares el material aluvial yacente bajo el manto de cenizas muestra una antigua superficie erosionada.

Entre las características adquiridas de los ñadi figuran:

- la meteorización relativamente rápida de los vidrios volcánicos finamente divididos que pasan a arcillas alofánicas, y un cambio posterior en las capas de ceniza más antiguas hacia halloysita y caolinítica y quizás arcillas gibsíticas;
- lixiviación moderada a fuerte, enérgicamente condicionada por una tendencia a la acumulación de hojarasca forestal ácida, bruta, sobre la superficie del terreno en la parte meridional de la región de ñadis, que origina la formación de bandas ricas en sesquióxido en las partes de discontinuidad textural en el subsuelo, y
- fuertes condiciones reductoras que aparecen cuando los suelos están saturados por exceso de lluvia.

La existencia de fuertes condiciones reductoras se puede demostrar en el terreno y puede deducirse del olor característico de las arcillas del subsuelo. Sin embargo, es una peculiaridad de los suelos de ñadi el que los suelos por sí mismos rara vez desarrollan una morfología de gley típica; los subsuelos raramente son abigarrados y nunca muestran las coloraciones gris verdosa o gris azulada características que aparecen cuando fuertes condiciones reductoras actúan en suelos de composición sílice/alúmina más normal. Parece como si el gran contenido de alófana del suelo estorbase el desarrollo de la morfología de gley típica; en vez de un abigarramiento o una gleyización intensas muchos ñadis muestran un horizonte amarillo parduzco brillante inmediatamente encima del sustrato silicificado, y a veces aparecen coloraciones semejantes en otros puntos del perfil del suelo en la proximidad de los fierrillos. En parte esta característica se asocia con un tipo particular de material volcánico en el que pueden aún discernirse fragmentos finos de pómez, no obstante lo cual es más o menos la única característica del perfil del suelo que podría considerarse expresión de fuertes condiciones reductoras. El horizonte amarillo parduzco brillante parece ser que contiene una cantidad considerable de arcilla amorfa y se contrae notablemente al desecarse formando prismas verticalmente alargados que se hinchan de nuevo al humedecerse para constituir una capa casi impermeable. Es a esta capa sobre todo a lo que se debe la aparición de las capas freáticas colgadas en los ñadis durante las primeras lluvias intensas de invierno después de la sequía de verano y otoño. La superficie de esta capa se hincha impidiendo el descenso del agua de lluvia. Una segunda capa freática colgada se forma en la superficie del sustrato con grava cementado, y esta capa freática inferior se espesa gradualmente hasta que constituye una unidad con la capa freática superior dejando todo el perfil completamente anegado.

f) Clasificación de los suelos

Físicamente los ñadis son suelos amorfos con limitadas condiciones de drenaje. Morfológicamente no siempre es fácil distinguirlos de los mejor drenados trumaos de la región, conociéndose muchas fases intermedias. Como no existe ninguna expresión característica de la gleyización que denote la intensidad de las condiciones reductoras estacionalmente presentes en estos suelos el impedimento del drenaje tiene que deducirse a menudo de la profundidad del manto de cenizas, la naturaleza de los estratos en este manto y la presencia y posición de horizontes de sílice o acumulación de sesquióxido. La vegetación natural, donde no ha sido trastornada, proporciona una guía infalible de las condiciones de ñadi en el norte y en el centro de la zona de estos suelos; pero en el sur, sobre todo en la isla de Chiloé, donde la lixiviación es más intensa y está más enérgicamente condicionada por la vegetación formadora de humus bruto, la composición de la cubierta vegetal indígena es una guía poco útil. En Chiloé, casi todos los ñadis son virtualmente suelos de gley podsolizados sin la expresión típica de la gleyización. Constituyen una transición hacia suelos que se comportan como podsoles gleyizados típicos, pero, es tan grande la influencia de la arcilla amorfa, que ninguna de las características morfológicas típicas de los podsoles gleyizados se manifiesta en el perfil del suelo. En el sur de Chiloé estos suelos peculiares son el componente principal de los suelos de la región y en la presente coyuntura sólo se los puede clasificar como suelos amorfos muy fuertemente lixiviados de la región templada-fresca, muy húmeda, con una capa freática estacional.

La búsqueda de suelos semejantes a éstos en otros puntos del globo puede limitarse a priori a las regiones donde hay terrenos periglaciales cubiertos por un delgado manto de cenizas volcánicas yacentes sobre un sustrato impermeable; donde las condiciones térmicas y pluviales son análogas a las de Chile centromeridional; y donde la vegetación natural es el bosque sempervirente con una gran proporción de especies predispuestas para la formación de humus bruto ácido. No hay ñadis en Nueva Zelandia, no obstante existir en las tierras bajas de la costa occidental de la isla meridional condiciones climáticas equivalentes y una cubierta vegetal comparable. Aquí, a la misma latitud del norte de Chiloé, tanto el clima como la vegetación son muy parecidos a los de esta parte de esta isla chilena (Godley, 1960), pero en la parte mencionada de Nueva Zelanda no existe manto alguno de cenizas volcánicas; en lugar de suelos de ñadis se hallan suelos "pakani" (de gley podsolizados) (Gibbs, 1950).

Japón es otro país donde podría haber suelos semejantes a los ñadis, pero en ninguna de las descripciones publicadas de suelos de cenizas volcánicas con drenaje limitado se mencionan suelos muy semejantes a los ñadis. Kanno (1956) ha estudiado un suelo de tierras bajas derivado de cenizas volcánicas que impide lo bastante el drenaje para permitir utilizarlo para el cultivo del arroz. En este suelo, las arcillas del subsuelo consisten principalmente en illita y halloysita hidratadas, con cantidades variables de alófana, gibsita, vermiculita y clorita. No se tiene aún conocimiento de la naturaleza de la arcilla del subsuelo de los ñadis de Chile, pero se ha recogido una muestra del horizonte amarillo parduzco destacado de un ñadi la cual se ha enviado a Nueva Zelanda para su análisis.

8. TRUMAOS EN LADERAS INCLINADAS Y SUELOS AFINES DE LADERAS (TRUMAOS DE LADERAS)

Más de la mitad de los trumaos de Chile se hallan en laderas inclinadas de la Cordillera Andina; son éstos los "trumaos de laderas" que generalmente están asociados en modo complejo con otros suelos de laderas y suelos litosólicos derivados de la roca encajante.

En muchas partes de los Andes el manto de cenizas volcánicas es espeso y prácticamente continuo en todo el áspero terreno; pero, en otras partes, el manto de cenizas ha sido desgarrado y reducido por la erosión artificial o natural, por lo que sólo una pequeña porción del complejo de suelos de laderas se deriva realmente de cenizas volcánicas.

Las cenizas volcánicas como roca madre de los suelos de laderas comienzan a aparecer en la cordillera andina hacia los 36° de latitud S, y un manto más o menos completo de cenizas se extiende desde unos 38° S hacia el sudoeste virtualmente íntegro (exceptuada la erosión local) hasta los 47° S. Por consiguiente, esta característica importante de los suelos andinos cubre una faja de latitud de casi 10°. En casi todos los mapas de suelos de América Latina este sector de los Andes se representa generalmente como poseedor de suelos principalmente litosólicos; esto dista mucho de la realidad actual, pues este terreno montañoso está ocupado en su mayoría por suelos de laderas (tal como los define Gibbs, 1962) derivados de cenizas volcánicas, no por litosoles, aunque otro siglo de cultivo agrícola pudiera muy bien establecer la validez de los antiguos mapas de suelos, por cuanto en algunas áreas la erosión ocasionada por el hombre es verdaderamente horrorosa (véase también Vogt, 1948).

a) Características ambientales de los trumaos de laderas

Las formas de terreno asociadas con estos suelos varían entre moderadamente inclinadas y escarpadas, si bien predominan las inclinadas (28° a 33°) y las muy inclinadas (33° a 37°). El terreno original ha sido esculpido en rocas andinas duras (principalmente andesitas, granitos y rocas sedimentarias endurecidas anteriores al Terciario) por los ciclos erosivos normales. El predominio de formas del terreno inclinadas se debe a los movimientos de levantamiento e inclinación de la superficie del terreno a fines del Terciario, asociados con la orogenía andina. Sobre esta base disecada se han acumulado perfectamente cenizas volcánicas con un espesor notable.

Muchos de los volcanes de Chile son actualmente activos, por lo que es relativamente fácil estudiar la mecánica de la acumulación de las cenizas. La formación de un manto de cenizas sobre un terreno escarpado se relaciona evidentemente con el clima regional y la cubierta vegetal y con la naturaleza de las cenizas que se depositan. Al norte de los 36° S el clima es demasiado seco para que pueda desarrollarse una cubierta forestal cerrada, y a falta de una vegetación forestal densa todas las cenizas finas que se depositan sobre la superficie del terreno son apartadas de éste por el viento y el agua, quedando en el suelo solamente algunos de los materiales más groseros (especialmente los que son producto de una erupción paroxismal, durante la cual pueden precipitar en corto espacio de tiempo grandes cantidades de materiales finos y gruesos). Es necesaria la existencia en el medio ambiente de un cierto grado de humedad, no sólo para el establecimiento de una cubierta forestal que proteja las cenizas recién depositadas sino también para facilitar la rápida meteorización de los vidrios volcánicos y se forme una cierta cantidad de materiales amorfos que aglutinen las cenizas. En el extremo meridional, más al sur de los 46° S, hay frecuentemente una adecuada cubierta forestal, pero es por lo común una cubierta de especies caducifolias y en las condiciones normales el frío es tan intenso que la meteorización de los vidrios volcánicos tarda relativamente en comenzar. En todas las latitudes el manto de cenizas puede ser reducido o faltar casi por completo en la inmediata proximidad de los volcanes. Las laderas cónicas de la mayoría de los volcanes están constituidas casi siempre de cenizas gruesas y escorias volcánicas interestratificadas con corrientes de lava. Los lechos de cenizas finas faltan generalmente, excepto donde han quedado protegidos por una corriente de lava más reciente. Sin embargo, aun a cierta distancia del verdadero cono volcánico puede ocurrir que el manto de cenizas esté rudimentariamente desarrollado. Es probable que esto se deba en gran parte a la repetida destrucción de la cubierta forestal (por los gases nocivos o por los incendios originados por las lavas en fusión), con lo que desaparece una de las condiciones requeridas para la continua acumulación de las cenizas.

Estudios efectuados durante las erupciones del Puyehue (1960), el Calbuco (1961) y el Villarrica (1962, 1963) sobre la formación de lechos de cenizas (Wright y Mella, 1963) han revelado que durante cada una de estas breves erupciones se depositaron sobre el terreno capas de cenizas volcánicas finas cuyo espesor variaba entre unos milímetros y más de 6 cm. En la mayoría de los casos estas cenizas se depositan principalmente sobre las hojas de la vegetación, por lo que en las áreas densamente arboladas es poca

la cantidad de cenizas que llega directamente al suelo. En todos los casos llovió antes de transcurrida una semana de la expulsión de las cenizas y después de estas lluvias las cenizas desaparecieron del follaje (pero quedaron alojadas en las axilas de las ramas y troncos de los árboles) llegando a la superficie del terreno, aunque solamente en casos raros se podían reconocer las cenizas recientes en la superficie del suelo sin un examen microscópico. En muchos casos se pudo descubrir una delgada película de cenizas recientes descendiendo por el tronco de árboles durante el período de lluvias, de lo que se deduce que es posible que sea mayor la concentración de cenizas frescas alrededor de la base de los árboles que en otros puntos del suelo de los bosques.

La meteorización de los minerales constituyentes de las cenizas era evidente al cabo de un mes, época en la que ya se pudieron descubrir con el microscopio cenizas meteorizadas en muestras de suelo superficial, a menudo a la profundidad de 2 a 3 cm; probablemente los procesos de incorporación por la acción de los animales terrícolas actuaban ya intensamente. Es una característica de todos los bosques de la región de cenizas volcánicas de Chile el que la rizosfera principal de los árboles y arbustos sea muy poco profunda. Esto quizá refleje la mucha mayor riqueza en bases de esta parte del perfil del suelo como consecuencia de la adición periódica de minerales a la superficie del terreno. El sistema radical de las especies de estos bosques consiste característicamente en una maraña de raíces grandes y pequeñas de árboles en los primeros 20 a 30 cm del perfil del suelo, y muchas de las raíces se engarzan uniendo todo el sistema radical en una red firme aunque superficial. Esta red radical desempeña una función importante en la estabilidad de estos bosques en las laderas inclinadas (véase también Wright y Mella, 1961). No todas las especies forestales concentran la mayoría de sus raíces en la inmediata superficie del suelo; existen claras diferencias entre el hábito de arraigamiento de, por ejemplo, el ulmo (Eucryphia cordifolia) y el coigüe (Nothofagus dombeyi), pero incluso los árboles como este último (que normalmente tienen un sistema radical más bien profundo) muestran una tendencia a la proliferación superficial de sus raíces en los suelos de cenizas volcánicas.

El tipo más abundante de bosque en los trumaos de laderas inclinadas es una formación siempre verde compuesta de laurel (Laurelia serrata), olivillo (Aextoxicum punctatum), canelo (Drimys winteri) y Nothofagus spp. Estas últimas tienden a separarse como masas puras, siendo frecuente hallar ejemplares de coigüe que ocupan una faja de vegetación definida a cierta altitud en las laderas de las montañas. Las especies caducifolias de Nothofagus (ñirre, N. antarctica, y lenga, N. pumilio) presentan la misma tendencia en las montañas andinas más meridionales. En estos suelos hay Araucaria y Fitzroya que también tienden a separarse como masas relativamente puras en el bosque.

Por encima del límite superior del bosque la cubierta vegetal consiste principalmente en arbustos bajos en los que están bien representadas Berberidaceae, Vacciniaceae, Epacridaceae; y a altitudes aun superiores pueden aparecer algunas praderas de "tussock". Bajo esta vegetación subalpina marginal el espesor del manto de cenizas decrece bruscamente; probablemente el terreno escasamente cubierto de vegetación, barrido por los vientos y muy frío es un medio menos apropiado para la acumulación de las cenizas volcánicas.

El espesor y la composición del manto de cenizas varían ampliamente de unos a otros lugares. Un espesor medio en los declives de pendiente comprendida entre unos 30° y 35° sería 3 m, aproximadamente, con alguna menor acumulación en las laderas pequeñas convexas y considerablemente mayor en las largas y algo cóncavas. El espesor máximo medido es 8 m en el valle del Golgol. La "columna estratigráfica" del manto de cenizas varía de acuerdo con el tipo de la actividad volcánica de la región inmediata, pero casi todas las fosas edáficas abiertas en laderas pendientes mostraban capas repetidas de materiales finos y gruesos en que entraban desde cenizas andesíticas finas (las más corrientes) hasta arenas pumítico-riolíticas y silíceas gruesas, arenas basálticas negras (menos corrientes) y escorias basálticas finas (bastante raras). La transición de un estrato al siguiente en la columna es generalmente brusca, excepto en el caso de las cenizas andesíticas de categoría y composición mineral ligeramente diferentes en que la transición puede ser más gradual.

Los datos climáticos relativos al territorio de los trumaos de laderas inclinadas son muy deficientes. Se sabe, en modo general, que la precipitación media anual oscila entre unos 2.500 mm y más de 5.000 mm; que gran parte de la precipitación invernal cae en forma de nieve; que las lluvias de verano no suponen mucho más de 20 % de la precipitación anual; que la temperatura media anual oscila entre 5°C y 13°C, aproximadamente; que la media invernal está comprendida entre 9°C y 0°C; y que la media estival es probablemente próxima a 20°C. En general estos suelos se hallan en medio ambiente fresco a frío y húmedo a superhúmedo.

b) Características generales de los trumaos de laderas

Es casi imposible describir estos suelos de un modo general debido, sobre todo, a la gran variación de características heredadas que poseen.

Los rasgos principales de los perfiles que tienen en común estos suelos son una capa arable intensamente negra o negra rojiza muy oscura, no muy espesa, por lo común (15 a 25 cm); manifiesta tinción de humus en los estratos y horizontes superiores del subsuelo; friabilidad muy considerable de la capa arable, a causa de la abundancia de raíces y quizá a la acción de balanceo de la cubierta forestal; abundancia de agregados más bien redondeados en la capa arable, a consecuencia de la intensa actividad de los insectos y los gusanos de tierra -incluso a grandes altitudes; aumento de la compacidad al crecer la profundidad; y aumento, también con la profundidad, del contenido de arcilla, la adherencia y la plasticidad (excepto cuando en la columna estratigráfica aparecen arenas pumíticas gruesas); colores pardo amarillentos en los subsuelos que pasan, a medida que aumenta la profundidad, a pardo-rojizos o amarillo rojizos (excepto cuando en la columna estratigráfica hay arenas basálticas).

c) Características químicas generales

Se han recogido muchas muestras de estos suelos, pero todavía no se dispone de análisis de las mismas.

d) Características de los suelos típicos

En el apéndice no se presentan perfiles detallados de éstos suelos, puesto que es todavía demasiado pronto para poder decir cuáles son los suelos más típicos del grupo. Los que se describen a continuación se han reconocido en el campo porque cubren una considerable superficie de muchas laderas de montaña. Sus límites reales no se han delimitado todavía en los mapas, pues estos suelos son a menudo más interesantes para los forestales que para los agrónomos y los organismos forestales de Chile no cuentan aún con medios para levantar mapas de suelos y el Ministerio de Agricultura carece por ahora de hombres y material para emprender esta labor.

i) Suelos de laderas Atacalco: Estos suelos se hallan cerca del límite septentrional de los trumaos de laderas y están constituidos por lechos de cenizas y capas de deposición procedentes principalmente de los volcanes Chillán y Antuco. Las rocas madres son principalmente cenizas volcánicas andesíticas, de reacción quizá algo más básica de lo normal, con buena cantidad de arena basáltica en estratos definidos. El manto de cenizas es completo en sus tres cuartas partes, aproximadamente, en las laderas de hasta 30° y en 45 %, más o menos, en las de pendiente superior a 30°. El terreno es muy inclinado y montanoso. El clima de la región está comprendido entre subhúmedo y húmedo, con una precipitación media anual de unos 2.500 mm, habiendo tres meses al año en que prácticamente no llueve; la temperatura media anual oscila probablemente alrededor de 14°C.

Un perfil de suelo, húmedo, corriente revela:

20 cm pardo muy oscuro, arena franca, friable con una estructura granular muy débil, sin plasticidad o adherencia en húmedo y con límites precisos;

20 cm pardo-rojizo oscuro, suelo franco arenoso, muy friable, ligeramente adherente y plástico con estructura en bloques débilmente desarrollada y límite inferior difuso;
35 cm pardo intenso, suelo franco arenoso, friable, ligeramente adherente y moderadamente plástico, con estructura en bloques moderadamente desarrollada y límite inferior definido;
30 cm pardo, suelo franco a suelo franco arcillo-limoso, más compacto que los horizontes superiores y de firme consistencia, con estructura en bloques groseros débilmente desarrollada y aglomerados que contienen algo de grava pumítica fina; límite inferior brusco.
8 cm gris oscuro, arena franca de origen basáltico;
25 cm pardo amarillento pálido, suelo franco arenoso pumítico, compacto;
15 cm pardo-rojizo muy oscuro, arena franca, probablemente basáltica;
55 cm pardo oscuro, suelo franco arcillo-limoso, untuoso, más bien compacto;
120 cm pardo, suelo franco arcilloso, muy bien estructurado y muy plástico;
10 cm pardo rojizo, suelo franco arcilloso con arena gruesa, con terrones de escoria basáltica en meteorización,
Sobre.. roca granítica débilmente meteorizada.

Los suelos de laderas Atacalco están ocupados generalmente por bosques de segunda generación con manchas aisladas del bosque original de frondosas sempervirentes. En muchos lugares el fuego ha destruido repetidamente la cubierta forestal, y la erosión ha hecho desaparecer el suelo dejando al descubierto la roca madre. Esto explica en gran manera lo incompleto del manto de cenizas, característica ésta que ya se ha mencionado anteriormente. Los suelos Atacalco se hallan a una altitud que oscila entre 1000 m y unos 2200 m, y su valor potencial para la nación es evidentemente como reserva forestal, pues no se prestan en modo alguno para el cultivo agrícola.

ii) Suelos de laderas Momolluco

Los suelos Momolluco se desarrollan principalmente en la provincia de Cautín en la parte de los Andes que está bajo la influencia del volcán Llaima, si bien en el manto de cenizas hay casi ciertamente cenizas de los volcanes Lonquimay, Tolhuaca y otros cercanos. El manto de cenizas es totalmente completo en las condiciones naturales, pero ha sido destruido gravemente por la erosión en las cercanías de los fundos. El terreno es inclinado o muy inclinado en su mayoría y la altitud a que están estos suelos varía entre 1200 m y cerca de 2500 m.

El clima es decididamente húmedo, probablemente, unos 4.000 mm. de lluvia anual y sin una estación seca muy definida. Incluso en verano los suelos están generalmente húmedos. Las temperaturas medias anuales son del orden de 10°C y en los meses de invierno hace mucho frío, hiela frecuentemente y nieva alguna que otra vez.

Un perfil de suelo, húmedo, corriente revela:

10 cm gris muy oscuro, grava (escoria) y arena basálticas
15 cm pardo-rojizo oscuro, arena franca
40 cm pardo amarillento muy oscuro, arena franca gruesa
30 cm pardo amarillento pálido, suelo franco pumítico, con algunos indicios de agregación estructural y muy poca plasticidad y sin adhesibilidad;
50 cm pardo, suelo franco arcillo-limoso, untuoso, pero más bien compacto;
110 cm pardo amarillento, suelo franco arenoso fino, con algunos fragmentos de pómez, compacto y casi cementado;
70 cm pardo-rojizo oscuro, arena franca, posiblemente basáltica;
5 cm gris rojizo muy oscuro, escorias basálticas cementadas;
115 cm pardo, suelo franco arcilloso, muy bien estructurado, firme y muy plástico;
10 cm pardo, suelo franco arcillo-arenoso, bien estructurado, adherente y plástico, con abundancia de granos gruesos de arena,
Sobre.. granito en meteorización.

Los suelos Momolluco son muy erosionables y originan fácilmente gigantescos deslizamientos y aludes de detritos cuando la cubierta forestal natural es alterada; incluso la extracción forestal en estos suelos debe hacerse con gran cuidado. La principal especie arbórea es Araucaria, que es un valiosísimo árbol maderero, y es muy triste ver la criminal desatención que las compañías madereras que explotan esta especie tienen respecto de los incendios y el uso abusivo del fuego, para roturar parcelas de terreno para dedicarlo al cultivo agrícola, que hacen los colonos usurpadores a continuación de las operaciones de extracción de la madera. Desde un punto de vista ideal, este suelo debiera comprenderse en la categoría "reserva de cuencas de captación" y dedicarse estricta y únicamente a regenerar lo que sea aún posible del bosque original.

iii) Suelos de laderas Chanleufu

Los suelos de laderas Chanleufu se hallan sobre todo en la provincia de Osorno, en declives de pendiente mediana o considerable, en las proximidades de los volcanes Casablanca y Antillanca y en la vertiente meridional del valle del Río Golgol. Este suelo se percibe bien en la carretera que atraviesa el Parque Nacional Puyehue y ha sido descrito detalladamente por Díaz y colaboradores (1959). La vegetación natural que cubre estos suelos es un bosque mixto de frondosas siempre verdes en que dominan laurel, olivillo y ulmo, con algunas masas casi puras de Nothofagus dombeyi y N. antarctica.

Los suelos están formados de hasta dieciocho estratos derivados de cenizas volcánicas que constituyen una transición desde arena basáltica a arena riolítico-pumítica ácida, con lechos intercalados de cenizas andesíticas muy finas. Estas últimas forman casi siempre la mayor parte del perfil y son el material principal del subsuelo. Todos estos materiales son de claro origen subaéreo, pero algunas de las capas parece ser que se depositaron en forma de fango durante lluvias intensas.

El clima asociado con este suelo es notablemente húmedo y más bien fresco. La precipitación media anual asciende a más de 4.500 mm, de la que parte cae en forma de nieve en invierno. Las lluvias de verano suponen alrededor de 16 % del total de las precipitaciones. La temperatura media anual es probablemente inferior a 10°C.

Un perfil típico revela:

10 cm pardo muy oscuro, suelo franco limoso, finamente granular, friable y ligeramente adherente y plástico (pH en el campo, 5,3);
10 cm gris muy oscuro, suelo franco arcillo-arenoso en bloques moderados, que es bastante friable, pero moderadamente adherente y plástico (pH en el campo, 6,0);
7 cm negro, arcilla arenosa gruesa, con granos blancos gruesos perceptibles de arena, estructura en bloques subangulares finos y adhesividad y plasticidad mucho mayores que el horizonte anterior (pH en el campo, 5,5);
4 cm pardo gris muy oscuro, arena gruesa, friable, sin estructura ni adhesividad ni plasticidad (pH en el campo, 5,5);
8 cm pardo aceituna pálido, arcilla arenosa gruesa, con fragmentos amarillo-rojizos de escorias en meteorización, estructura en bloques subangulares muy finos y adhesividad y plasticidad moderadas (pH en el campo, 6,2);
7 cm pardo gris muy oscuro, arcilla arenosa friable, sin agregación estructural visible, pero muy adherente y plástico (pH en el campo, 6,1);
12 cm parda rojizo oscuro, grava cementada (pH en el campo, 5,3);
20 cm gris muy oscuro, grava muy débilmente cementada, principalmente de escorias basálticas, pero con algunos granos de arena blanca gruesa (pH en el campo, 6,4);
20 cm pardo amarillento oscuro y pardo amarillento en bandas bastante inmediatas, suelo franco arcillo-arenoso muy fino, cuya dureza varía desde débilmente cementado a ligeramente duro (incluso en estado húmedo) (pH en el campo, 6,3)
Sobre ..arena y grava gris muy oscura de fragmentos lávicos escoriáceos, particularmente apelmazados y duros (pH en el campo, 6,2)

Los suelos Chanleufu son relativamente jóvenes, no obstante lo cual son demasiado viejos para considerarlos suelos volcánicos recientes. No son apropiados para la agricultura y lo mejor es considerarlos suelos para reservas forestales o, donde han sido roturados por agricultores impacientes, suelos que deben dejarse para que se regenere en ellos el bosque. Sufrieron una severísima y muy espectacular erosión con motivo del terremoto de 1960 que destruyó la mayoría de las comunicaciones en el valle inferior del Golgol; pero se pudo ver perfectamente que sólo las laderas roturadas dieron origen a deslizamiento masivos, mientras que los mismos suelos con cubierta forestal únicamente sufrieron aludes de detritos locales.

iv) Suelos de laderas Peulla

Estos suelos se hallan cerca del circo del lago Todos los Santos y se extienden considerablemente en sentido meridional hacia Palena. Muchos volcanes han contribuido a su origen, entre ellos: Osorno, Calbuco, Casablanca, Hornopiren y, posiblemente, Tronador. Se desarrollan principalmente bajo bosque de Nothofagus (N. dombeyi y N. antarctica en un clima muy húmedo y fresco con más de 4.000 mm. de precipitación y temperaturas medias anuales inferiores a 10°C.

Un perfil típico revela:

25 cm negro, arena gruesa franca, friable y de estructura débilmente granular, pero no adherente y sólo muy ligeramente plástico;
20 cm pardo muy oscuro, suelo franco arenoso grueso, friable y de estructura en bloques moderada, ligeramente adherente y plástico;
45 cm pardo rojizo, suelo franco arenoso grueso, a suelo franco arenoso friable, bien estructurado y ligeramente adherente y moderadamente plástico;
20 cm pardo amarillento oscuro, arena franca pumítica más bien compacta ligeramente adherente y plástica;
40 cm pardo muy oscuro, suelo franco arcillo-limoso muy untuoso, con estructura en bloques angulares toscos muy bien desarrollada y moderadamente adherente y plástico;
80 cm pardo amarillento oscuro, suelo franco arcillo-arenoso pumítico
20 cm gris oscuro, arena basáltica ligeramente cementada;
Sobre .. bandas alternas de arena basáltica gruesa y fina con muchas de las bandas de textura más fina claramente cementadas.

Los suelos Peulla no son apropiados para el cultivo agrícola, pues únicamente se presentan en laderas muy inclinadas y laderas montañosas acantiladas. Se erosionan con facilidad cuando desaparece de ellos la cubierta forestal y se los debiera conservar para reserva forestal o parques nacionales.

v) Suelos de laderas Huemules

Estos suelos se presentan principalmente en la provincia de Aysén y sobre todo en el sur del valle del Simpson. Se desarrollan sobre laderas montañosas muy inclinadas o acantiladas que, no obstante su extremada pendiente, tienen un manto de cenizas volcánicas, que alcanzan hasta 150 cm de espesor, más o menos continuo, excepto cuando está destruido por la erosión que sigue a la destrucción de la cubierta forestal natural. De todo el espesor de este manto de cenizas más de la mitad lo constituyen arenas riolítico-pumíticas y grava fina, consistiendo el resto principalmente en cenizas andesíticas muy finas. Por lo general en la columna estratigráfica del manto de cenizas hay representados al menos seis estratos diferentes de cenizas y deposiciones. Hacia el límite septentrional de este suelo aparece además una banda delgada de arena volcánica basáltica negra.

La cubierta vegetal natural de estos suelos está constituida principalmente por bosques de Nothofagus, con N. dombeyi al pie de las montañas, y N. pumilio y N. antarctica en las partes más elevadas.

El clima es frío y muy húmedo, con precipitaciones anuales del orden de 4.500 mm a 5.000 mm de las que aproximadamente un cuarto cae en forma de nieve. La temperatura media anual probablemente no pasa de 6° C.

En el caso de los suelos de laderas Huemules la roca madre es el granito. Por lo común esta roca tiene una superficie relativamente sin meteorizar. El manto de cenizas descansa directamente sobre esta roca y cuando se destruye el monte natural por la acción del fuego todo el manto de cenizas puede deslizarse lentamente montaña abajo dejando afloramientos de roca desnuda de gran extensión sobre las que difícilmente pueden encontrar sostén las plantas jóvenes forestales.

Un perfil típico revela:

15 cm rojo muy intenso, arena franca gruesa, turbosa, con estructura granular bien desarrollada, friable y muy poco adherente y plástico;
20 cm pardo amarillento oscuro, suelo franco con grava (pumítica), friable, débilmente estructurado y poco adherente y plástico;
30 cm pardo oscuro, suelo franco arenoso con algo de grava, más bien firme y quizá débilmente cementado, poco adherente y moderadamente plástico;
50 cm pardo rojizo oscuro, suelo franco arcillo-arenoso, firme, muy bien estructurado (en bloques groseros) y moderadamente adherente y plástico;
30 cm pardo amarillento oscuro, arena franca gruesa, con algunos fragmentos de granito levemente meteorizado en la parte inferior;
2 cm pardo-amarillento, arcilla arenosa gruesa;
Sobre.. roca granítica dura.

Los suelos de laderas Huemules ciertamente no son apropiados para el cultivo agrícola, resultando evidente de la magnitud de la erosión que ya han sufrido estos suelos en la provincia de Aysén que toda actividad agrícola debe mantenerse lejos de ellos. El peligro principal es el fuego. Este lo emplean muchos pequeños agricultores en los suelos del fondo del valle como medio para eliminar los arbustos y árboles indeseables que invaden sus praderas. Debido a la naturaleza abrupta del terreno resulta casi imposible regular estos fuegos en los meses de verano y otoño, cuando la vegetación está más seca. En un año excepcionalmente seco, o en los años en que los arbustos de quila (Chusquea spp.) florecen y se secan (esto ocurre cada veinte años aproximadamente) los fuegos iniciados en el fondo del valle pueden propagarse decenas de kilómetros destruyendo el bosque natural de las laderas montañosas en medida suficiente para que las fuerzas de la erosión inicien su acción. En poco años todo el manto de cenizas puede ser arrancado de estas laderas montañosas y gran parte de las tierras de cultivo aluviales de los terrenos situados al pie de las montañas pueden quedar cubiertos de capas de fango roca y grava. Los suelos de laderas Huemules y muchos trumaos de laderas semejantes deben preservarse severamente para usos forestales nada más. Incluso bajo una estricta vigilancia de los servicios forestales la explotación maderera permisible deberá ser inevitablemente de pequeña magnitud y estar muy bien planeada.

e) Génesis de los suelos

Los trumaos de laderas son una categoría especial del grupo de suelos de laderas propuesto originalmente por Gibbs (1954). Dichos suelos son, en efecto, muy semejantes a los de laderas relacionados con los pumíticos pardo-amarillos y francos pardo-amarillos de Nueva Zelandia (Gibbs, 1962).

Tanto en Chile como en Nueva Zelandia tales suelos muestran pocas de las señales normales de estar sometidos constantemente a desplazamiento que es una característica de la mayoría de los demás tipos de suelos de laderas. Los trumaos de laderas son mucho más inclinados que los suelos normales de laderas y deben su origen más a la deposición de cenizas volcánicas sobre la superficie que a la meteorización progresiva de la roca madre y a la acumulación de productos de meteorización de las rocas. Como ya se ha mencionado en la descripción introductoria, en Chile los trumaos de laderas no pueden

formarse donde la cubierta forestal es inadecuada y no pueden ocupar continuamente las laderas de las montañas. Tampoco se pueden formar donde el clima es demasiado seco para permitir el desarrollo de una cubierta forestal completa y permanente. Por consiguiente, desde un principio intervienen condiciones especiales en la génesis de estos suelos.

Como son suelos relativamente muy profundos y porosos, retenidos en su emplazamiento por una red de raíces forestales superficiales, no son tan vulnerables a la erosión como otros tipos de suelos de laderas. En condiciones naturales raramente la intensidad de las precipitaciones supera la capacidad de estos suelos profundos y porosos de almacenamiento (y posterior liberación lenta) del agua de lluvia. En las condiciones naturales, el desplazamiento de suelo es mínimo y hay pocas muestras de movimientos descendentes lentos y deslizamientos del suelo. A causa de la red protectora que constituyen las raíces de los árboles, tampoco se forman cárcavas ni se originan desprendimientos en estos suelos en las condiciones naturales. La formación de túneles y canalillos subterráneos es en realidad más corriente que los fenómenos erosivos superficiales.

Sin embargo, a pesar de su estabilidad aparente, estos suelos de laderas son potencialmente muy inestables. Aun el más leve trastorno de las condiciones naturales origina aludes de detritos (tal como los define Sharp, 1938) y pequeños desprendimientos. Un incendio forestal que destruye sólo una porción relativamente pequeña de los árboles tiene efectos todavía más grandes y causa la producción de corrimientos mayores y de aludes más frecuentes de detritos. La roturación completa de las laderas de las montañas para permitir el establecimientos de praderas origina una erosión en gran escala que se traduce en la destrucción de tierras agrícolas muy valiosas del fondo del valle adyacente e incluso de las llanuras más distantes de la parte baja del valle. En condiciones extremas, por ejemplo cuando sobrevienen seísmos graves. todo el manto de cenizas de laderas enteras de las montañas puede quedar muy inestable. Muchas laderas roturadas quedan sumidas en un amasijo de fango, desprendimientos catastróficos, aludes de detritos, etc., y caudalosos ríos de fango, rocas y restos humanos se esparcen por las tierras bajas adyacentes.

Los elementos de inestabilidad están latentes en la naturaleza del suelo. Los suelos están muy estratificados, yaciendo cada capa sin conformidad sobre la inmediata inferior. Algunos estratos son pumíticos y capaces de absorber un gran volumen de agua en sus poros. Otros estratos son arenas basálticas que se desecan muy rápidamente. Entre estos dos diversos materiales hay generalmente otro intermedio de cenizas andesíticas finas, meteorizadas hasta tal punto que se componen sobre todo de coloides minerales amorfos. Cada uno de estos materiales puede dar muestras de debilidad en determinadas condiciones. Las capas de pómez, cuando están saturadas de agua de lluvia, aumentan grandemente el peso de la carga que soportan las laderas de la montaña; las arenas basálticas, cuando están secas, son sueltas y fácilmente deslizantes, por lo que durante los vendavales de verano los árboles grandes se derrumban y el manto de cenizas se rompe generalmente en esta capa de arena; las capas de cenizas andesíticas ricas en alófana, cuando están húmedas o empapadas, forman un horizonte untuoso o deslizante, lubricante, que probablemente es la causa principal de la espectacular erosión que se produce en las laderas cultivadas de las montañas. En cierto modo es bastante notable que la red de raíces de los árboles pueda lograr sostener el manto de cenizas, no obstante la gran debilidad física propia de la composición estratigráfica del propio manto.

A pesar de los elementos de inestabilidad inherentes al sistema estos suelos de laderas, cuando están en condiciones neutras, son, sin embargo, lo bastante estables para registrar en gran medida la huella zonal de la formación del suelo. Por ejemplo, cuando las precipitaciones son abundantes, los perfiles del suelo muestran muchas señales de lixiviación. Los procesos de melanización del suelo parece ser que actúan normalmente, lo mismo que los de meteorización. Es ciertos que los perfiles del suelo pueden mostrar características extraordinarias, debido a que el movimiento del agua a través del suelo tiene un fuerte componente lateral y los elementos solubles perdidos en la

parte superior de la ladera tienden a volver a emerger en puntos inferiores de la misma, con lo que se introduce el concepto de "derrame" en los procesos edáficos. Los suelos muy silíceos pueden mostrar horizontes A_2 lixiviados enteramente normales (pero más bien delgados), muy pobres en bases hacia la parte alta de las laderas montañosas, mientras que a niveles más bajos es posible hallar nuevamente en el perfil el mismo tipo de horizonte lixiviado, que, no obstante, puede ser relativamente rico en bases a causa del proceso de "derrame" a que hay que atribuir el retorno de los compuestos solubles a la superficie del suelo. En algunos casos estas áreas de enriquecimiento del suelo son fácilmente distinguibles por la distribución de las especies de que se compone la vegetación forestal. También se las puede reconocer en la constitución de las asociaciones vegetales secundarias que se desarrollan en laderas aclaradas y abandonadas.

f) Clasificación de los suelos

Los suelos de laderas se consideran frecuentemente suelos esqueléticos o litosoles o, lo que es aún peor, se los incluye en el grupo de tipos de suelos diversos. Raramente se los examina con detalle y se les concede un puesto por derecho propio. Como el medio ambiente en que se forman tiene como característica más destacada la extrema pendiente de la ladera tampoco se los puede relacionar fácilmente con otros suelos que se desarrollan en tierras de relieve más suave en el mismo régimen climático general. Los suelos de montaña se pueden relacionar con poca dificultad con los suelos de las tierras llanas, pero los de las laderas tienen demasiadas características diferenciales para permitir esta fácil solución. En el caso de los trumaos de laderas de Chile (y de Nueva Zelandia) tales suelos no pueden considerarse ciertamente ni esqueléticos ni litosoles.

La denominación "suelos de laderas" se creó en Nueva Zelandia para satisfacer necesidad de una denominación descriptiva de los suelos existentes en las laderas de pendiente considerable que no son ni esqueléticos ni litosoles ni regosoles. Se utilizó para designar los suelos de las laderas de gran pendiente que poseen, en cierto grado, un manto de roca en meteorización y resultó especialmente apto en los casos en que este manto de detritos de roca crecía por la acumulación de cenizas volcánicas. Los suelos de laderas son muy corrientes en las montañas de Nueva Zelandia, incluso en puntos muy alejados de la influencia de las cenizas volcánicas. Esto es probablemente consecuencia del hecho de que en el medio edáfico de Nueva Zelandia faltaron por completo hasta los tiempos históricos los mamíferos apacentadores. Los suelos de laderas son también muy frecuentes en las tierras tropicales húmedas con formas topográficas disecadas recientemente. En los trópicos húmedos son a menudo los suelos de laderas el sostén principal de la población que extrae de ellos sus cosechas de subsistencia por un sistema de cultivo migratorio aprovechando ingeniosamente varios aspectos de los procesos edáficos (Wright y Twyford, 1957).

La expresión semipopular "suelos de laderas" ha sido reemplazada por una nomenclatura más precisa en la última clasificación neozelandesa de los suelos (Pohlen,1962; Taylor y Pohlen, 1962). Los suelos de laderas de las antiguas clasificaciones se incluyen actualmente en la clase esqueliforme o esquélica ("skeliform" o "skellic") y se considera que pertenecen en su mayoría a la subclase clínica, en que hay un cierto rejuvenecimiento por movimiento ladera abajo. Los suelos de laderas amorfos de Nueva Zelandia se consideran suelos clínico-álvicos y clínico-subálvicos (aplicándose esta última denominación a los suelos de laderas derivados principalmente de cenizas volcánicas pumíticas) más que álvico-clínicos. Esto es una indicación más de la notable estabilidad de estos suelos en condiciones naturales.

9. SUELOS DE TRANSICION ENTRE LOS TRUMAOS Y OTROS GRUPOS DE SUELOS

a) Suelos de transición a suelos de cenizas volcánicas recientes (regosoles o suelos amorégicos)

1. Características generales

Los trumaos muestran un apreciable engrosamiento de las texturas a lo largo de cualquier radio hacia el volcán de procedencia de sus cenizas originarias, y en ciertos puntos en el corte transversal las características típicas de los trumaos se pierden al mezclarse estos suelos con materiales cineríceos de erupciones más recientes. El límite interior de los trumaos típicos y el exterior de los suelos de "cenizas volcánicas recientes" es característicamente muy difícil de definir con seguridad, porque la unión ocurre generalmente en terrenos montañosos y escarpados. En condiciones óptimas es posible, en general, establecer el límite donde existe un depósito superficial de cenizas volcánicas recientes de más de 10 cm de espesor, pero más comúnmente sólo se puede indicar la región aproximada donde las cenizas volcánicas recientes aparecen en bolsas superficiales dispersas aquí y allá en las laderas.

Por consiguiente, hay una categoría definida de suelos de transición a suelos de "cenizas volcánicas recientes". Estos suelos tienen por lo común poca importancia agrícola, pero como son muy ricos en reservas de nutrientes de las plantas tienen un cierto interés para los forestales. En el campo estos suelos de transición se pueden identificar por su semejanza con los trumaos normales de la región, pero presentan además una delgada capa superficial de arena muy gruesa o de grava fina, entre la que hay a menudo muchos fragmentos escoriáceos o pumíticos, algunos de los cuales tienen el aspecto fusiforme de minúsculas bombas volcánicas o lapilli.

En Chile los más comunes de estos suelos de transición se forman a partir de cenizas andesíticas, aun cuando no son infrecuentes los materiales silíceos, riolíticos y pumíticos y también las escorias basálticas finas.

2. Suelos de transición típicos

A continuación se describen, de un modo general, cuatro suelos de transición típicos cuya descripción más completa se expone en el apéndice.

i) Arena Chillán, de transición a suelo franco arenoso Santa Bárbara. (Apéndice, perfil num. 52)

Este suelo se halla a una distancia de 5 a 9 Km del volcán de Chillán. Se desarrolla principalmente sobre laderas de pendiente moderada o grande, bajo bosques siempre verdes de Nothofagus donde dominan localmente Podocarpus y Libocodrus. La precipitación media anual en la región es probablemente cercana a 3.000 mm, y la temperatura media anual oscila alrededor de 13°C.

Un perfil típico del suelo revela: -

18 cm pardo rojizo oscuro (5YR 3/2, en húmedo; pardo 7,5YR 4/4, en seco), arena gruesa, con fragmentos fusiformes de grava escoriácea negra,
5 cm pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo; pardo, 7,5 YR 4/4, en seco), arena gruesa y arena franca,
Sobre...perfil típico Santa Bárbara, pero con texturas que van de arena franca a suelo franco arenoso grueso en los 100 cm superiores.

Este suelo de transición parece que es estable bajo el bosque natural, pero en los 15 cm superficiales es muy erosionable cuando se rotura el bosque para introducir el cultivo agrícola; en muchos casos toda la ceniza reciente ha sido arrancada de las laderas roturadas y se acumula a lo largo del pie de estas laderas recubriendo los postes de las cercas casi totalmente.

ii) Arena gruesa y grava Lonquimay, de transición a suelo franco arenoso Cautín (apéndice, perfil num. 53)

Este suelo se desarrolla en las proximidades del volcán Lonquimay, principalmente sobre laderas cubiertas de bosques de Araucaria. Se halla a una altitud de 1.500 m y soporta una precipitación media anual de unos 3.000 mm y temperaturas medias anuales de alrededor de 12°C.

Un perfil típico del suelo revela:

8 cm negro (5YR 2/1 en húmedo; gris muy oscuro, 7,5 YR 3/0 en seco), arena y grava escoriácea;
15 cm gris claro, grava escoriácea muy fina,
Sobre...arena gruesa, franca, de color pardo intenso a pardo amarillento, de transición a suelo franco arenoso a 100 cm.

Este suelo es muy valioso desde el punto de vista forestal, pero ha demostrado ser muy erosionable cuando se rotura el bosque natural. Es indudablemente fertilísimo, si bien el sentido común dice que este suelo es de esos suelos fértiles que nunca deben dedicarse al cultivo agrícola cualquiera que éste sea. Desgraciadamente están apareciendo en este suelo pequeños agricultores, familias procedentes de las tierras bajas, que tratan de hacer valer su derecho a la propiedad de un trozo de tierra, por lo cual se está iniciando en la región la inevitable destrucción de un valioso recurso nacional.

iii) Arena gruesa Villarrica, de transición a arena franca Pucón (apéndice, perfil num. 54)

Estos suelos se hallan en las "planezes" de las laderas inferiores del volcán Villarrica bajo bosque de Nothofagus; se desarrollan bajo una precipitación media anual de unos 2.800 mm y una temperatura media anual de alrededor de 12°C. Topográficamente ocupan laderas muy onduladas o de pendiente moderada.

Un perfil típico revela:

5 cm pardo rojizo oscuro (5YR 3/2, en húmedo; gris pardusco claro, 10YR 6/2, en seco), arena franca,
13 cm pardo a pardo oscuro (7,5YR 3/2-4/4, en húmedo; pardo grisáceo pálido, 10YR 5/2 en seco), arena franca, con grava,
Sobre...perfil típico de arena limosa Pucón.

Estos suelos son muy fértiles y en terrenos de relieve ondulado puede roturarse el bosque nativo y emprenderse con muy buen éxito el cultivo agrícola. Los tréboles espontáneos y las gramíneas de pasto de buen tipo se establecen rápidamente en estos suelos roturados. En las laderas de pendientes superior a 20° estos suelos resultan ser muy erosionables, por lo cual se les debe dejar su cubierta forestal natural.

iv) Arena pedregosa Antillanca, de transición a suelos Chanleufu (apéndice, perfil num. 55)

Estos suelos se presentan principalmente en las partes altas de las laderas de los volcanes Casablanca y Antillanca en las provincias de Osorno. Su cubierta vegetal natural es bosque de Nothofagus, y soportan una precipitación anual de unos 3.500 mm y una temperatura media anual de alrededor de 10°C. Su altitud oscila entre 1.500 m y 1.650 m, en declives de pendiente moderada o grande.

Un perfil típico revela:

7 cm negro, arena escoriácea, gruesa y pequeños cantos basálticos,
3 cm gris, arena escoriácea y grava fina,
15 cm rojo muy intenso, arena franca gruesa,
10 cm pardo rojizo oscuro, arena gruesa franca
Sobre...perfil Chanleufu típico.

Estos suelos están dentro del Parque Nacional y por consiguiente a salvo de toda explotación. Incluso bajo bosque natural parece que son muy erosionables.

b) Suelos de transición a arcillas volcánicas rojas

Las arcillas volcánicas rojas (suelos rojos arcillosos) de Chile constituyen un amplio grupo de suelos, importantes desde el punto de vista agronómico centro del conjunto de los suelos del país. Muchos de ellos proceden originariamente de cenizas volcánicas, pero con el pasar del tiempo la arcilla amorfa que entraba en su composición ha evolucionado transformándose en arcillas estructuradas como halloysita, metahalloysita, caolinita y gibsita. La evolución de la fracción arcilla en estos suelos va acompañada de cambios muy evidentes en el color, la textura y la consistencia, lo que hace que sea relativamente fácil de identificar en el campo la fase de evolución de estos suelos de cenizas volcánicas.

Por lo general, existe una distinción muy marcada entre los suelos de cenizas volcánicas en fase trumao de evolución y los suelos más evolucionados con características de rojos arcillosos; la distinción es tan definida que hay ciertas razones para pensar que estos últimos suelos representan materiales cineríceos volcánicos anteriores al período posglacial y depositados quizá durante una época interglacial. Puede que esto sea así en el caso de la mayoría de los suelos rojos arcillosos de las tierras bajas, pero evidentemente no lo es por lo que se refiere a los materiales rojos arcillosos yacentes a profundidad bajo los trumaos de la cordillera Andina. El examen cuidadoso de la serie estratigráfica en estos últimos suelos revela que hay una disminución gradual de las características típicas de los trumaos en los sucesivos estratos y un aumento correspondientemente gradual en las características típicas de los suelos rojos arcillosos, representando toda la serie un cambio normal con el envejecimiento de los materiales. Como la distribución de los materiales constitutivos de deposiciones de cenizas varía considerablemente de una a otra erupción es inevitable que haya casos en los que el manto de cenizas más jóvenes sea relativamente delgado y el subsuelo esté formado de materiales cineríceos más antiguos que ya no tengan las características típicas de los trumaos. En estos casos se ve que muchos de los suelos son estadios de transición entre trumaos y arcillas volcánicas rojas. En algunos casos el suelo de transición es evidentemente una mezcla de una capa poco espesa de trumaos en el suelo rojo arcilloso; pero en muchos casos se forma un tipo intermedio de suelo que tiene parte de las características de los trumaos y parte de las de las arcillas volcánicas rojas. A continuación se presenta un ejemplo de cada tipo de estadio de transición.

i) Suelo franco arenoso Collipulli (apéndice, perfil num. 56)

Este suelo se halla cerca del límite de los suelos Santa Bárbara a unos 6 Km al este de la población de Collipulli, a una altitud de unos 260 m, en terrenos de relieve suavemente accidentado. La lluvia media anual que cae sobre este suelo alcanza a 1.300 mm y la temperatura media anual es de alrededor de 12,5°C. La cubierta vegetal primitiva era probablemente bosque, si bien no queda actualmente ningún resto de ella en la región.

El perfil del suelo revela:

5 cm pardo oscuro, suelo franco arenoso,
10 cm pardo rojizo oscuro, suelo franco arcillo-arenoso,
45 cm pardo rojizo oscuro, suelo franco arcilloso de transición a arcilla,
80 cm pardo rojizo, arcilla compacta
150 cm pardo oscuro, arcilla plástica densa,
40 cm rojizo oscuro, arcilla densa gris,
Sobre...puntos brechas andesíticas en meteorización.

Este suelo es bueno para el cultivo agrícola, pero muy erosionable, incluso en las laderas de pendiente suave. Su fertilidad es moderada o pequeña, escaseando especialmente en él los fosfatos y la cal.

11) Suelo franco Maquehue (apéndice, perfil num. 57)

Estos suelos se hallan en terrenos accidentados entre Temuco y la costa en la provincia de Cautín. Su altitud es de 80 m a 180 m y el clima que reina en ellos se caracteriza por una precipitación anual de unos 1.200 mm y temperaturas medias anuales de alrededor de 12°C. La cubierta vegetal original era bosque de Nothofagus obliqua.

Un perfil típico revela:

10 cm pardo oscuro, suelo franco ligeramente arenoso,
35 cm pardo, suelo franco arenoso denso,
45 cm pardo amarillento oscuro, suelo franco arcillo arenoso,
20 cm pardo amarillento, suelo franco arcillo arenoso denso,
Sobre...suelo franco arcilloso pardo amarillento a pardo.

Los suelos Maquehue los aprovechan los indígenas principalmente para el cultivo del trigo, pero los rendimientos son por lo común pequeños, debido a la escasez de fosfatos de estos suelos.

10. SUELOS DE TRANSICION ENTRE LOS ÑADIS Y OTROS GRUPOS DE SUELOS

a) Suelos de transición a suelos de gley húmicos

Características generales

Cerca del límite septentrional de los ñadis hay algunos suelos que presentan características intermedias entre las de los ñadis y los suelos de gley húmicos. Estos suelos se caracterizan por estar mucho menos gleyizados en el subsuelo que los de gley húmicos verdaderos, pero en lugar del horizonte gleyizado tienen un horizonte amarillento más bien brillante. Se desarrollan a partir de materiales aluviales que contienen una gran proporción de minerales de cenizas volcánicas, depositados generalmente sobre gravas de antiguas terrazas fluviales. No hay señal alguna de formación de fierrillo, como ocurre en algunos ñadis verdaderos.

i) Suelo franco arcillo-limoso Freire (apéndice, perfil num. 58)

Los suelos Freire se desarrollan en terrazas horizontales a una altitud de 100 m, aproximadamente, y bajo un clima con unos 1.100 mm de lluvia por año y temperaturas medias anuales de alrededor de 12°C. La cubierta vegetal original era un bosque semipantanoso.

Un perfil típico presenta:

35 cm gris muy oscuro, suelo franco arcillo-limoso,
20 cm pardo oscuro, suelo franco arcilloso, ligerísimamente moteado de gris oscuro y pardo amarillento,
25 cm pardo intenso a amarillo pardusco, arcilla, más bien plástica,
10 cm pardo, arcilla con grava,
Sobre...grava compacta y arcilla.

Los suelos Freire son suelos de mucha utilidad para la agricultura, tanto para pastizales como para cultivos ocasionales. Responden bien a las aplicaciones de fosfatos.

b) Suelos de transición a suelos de gley podsólicos y podsoles de gley

Características generales

Los suelos de transición de este tipo son particularmente corrientes en la isla de Chiloé. Generalmente son suelos de poco espesor formados en la parte superior del

perfil a partir de cenizas volcánicas y en la parte inferior a partir de la roca subyacente que, en general, la constituyen lechos de micasquisto o de grava cuarcítica. Estos suelos se forman principalmente en terrenos de suave relieve, a veces en tierras bajas, pero más frecuentemente en altiplanos; en localidades con precipitación anual relativamente considerable (comprendida entre 2.000 mm y más de 3.000 mm) y temperaturas anuales bastante bajas (temperatura media anual de unos 10°C a 8,5°C). La cubierta vegetal natural de estos suelos era, en la mayoría de los casos, el bosque, bien de Nothofagus dombeyi y N. antarctica, o bien de Fitzroya y Saxegothea. Presentan la característica de poseer una espesa capa de humus forestal bruto formado sobre la superficie del suelo. En algunos lugares altas formaciones de "tussock" sustituyen el bosque natural, pero esta asociación vegetal puede ser el resultado de las quemas y del pastoreo.

i) Suelo franco arenoso turboso Maldonado (apéndice, perfil num. 59)

Los suelos Maldonado se desarrollan en los altiplanos de la Cordillera de la Costa en la isla de Chiloé a una altitud de 900 m, aproximadamente, bajo un clima que se caracteriza por las precipitaciones casi continuas y la baja temperatura (lluvia media anual, unos 4.000 mm y temperatura media anual, alrededor de 9°C). Estos suelos se hallan actualmente bajo una pradera de "tussock" en que hay ejemplares dispersos de Saxegothea. La roca subyacente es micasquisto, con abundantes venas de cuarzo.

Un perfil típico del suelo revela:

5 cm pardo oscuro, suelo franco arenoso turboso,
25 cm pardo gris, suelo franco limoso, moteado de pardo rojizo oscuro a lo largo de los canales que abren las raíces y de gris pálido,
10 cm gris verdoso, suelo franco arenoso, con grava, con muchos fragmentos de cuarzo y micasquisto de meteorización,
Sobre...fragmentos laminares blandos de micasquisto, fragmentos de cuarzo y un suelo franco arenoso gris algo pálido.

Los suelos Maldonado se utilizan para el apacentamiento ocasional de ovinos y bovinos, pero son poco fértiles y el régimen de pastoreo se mantiene únicamente mediante quemas repetidas del "tussock" en los meses de verano. En las áreas donde el bosque natural está en su mayoría intacto los suelos tienen una capa de turba de humus forestal bruto; en los espacios quemados es intensa la formación de ciénagas turbosas en todas las partes llanas y cóncavas.

B I B L I O G R A F I A

Almeyda, E., 1958 — "Recopilación de Datos Climáticos de Chile". DTICA, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.

Aomine, S., y Yoshinaga, N., 1955 — "Clay minerals of some well drained volcanic ash soils in Japan". Soil Sci. 79, p. 349-358.

Auer, V., 1950 — "Las capas volcánicas como base de la cronología post glacial de Fuego-Patagonia". Rev. Investigaciones Agrícolas, Vol. 3, N° 2 Buenos Aires, Argentina.

Baak, J.A., 1948 — "De mineralogische samenstelling van enkele recente vulcanische assen op Java". Landbouw (Buitenzorg), N° 20, p. 269-274.

Beechey, F.W., 1831 — "Narrative of a voyage to the Pacific and Beering's strait", 2 Vols. Londres. Inglaterra.

Besoaín, E., 1958 — "Mineralogía de las arcillas de algunos suelos volcánicos de Chile". Agric. Técnica Año XVIII, N° 2, p. 110-165, Santiago, Chile.

Besoaín, E., 1963 — "Clay mineralogy of some volcanic ash soils of Chile". En prensa.

Besoaín, E. Serratosa, J.M., e Hidalgo, A., 1961 — En prensa.

Besoaín, E; Leon, L. y Wright, A.C.S. — (En prensa) Rapa-Nui (Easter Island): Soil mineralogy, and soil genesis relationships, Trans, VIIIth Int. Cong. Soil Sci. Bucarest, 1964.

Birrell, K.S., 1951 — "Some physical properties of volcanic ash soils". Proc. 7th Sci. Cong., Roy, Soc.N.Z. p. 208-216, Wellington, Nueva Zelandia.

Birrell, K.S., 1958 — "Reactions of amorphous colloids with ions in solution". Proc. N.Z. Soc. Soil Sci., Vol 3, p. 11-13, Wellington, Nueva Zelandia.

Birrell, K.S., 1960 — "Absorption of cations from solution by allophane in relation to their effective size". Journal of Soil Science.

Birrell, K.S., 1961 — "Ion fixation by allophane". New Zealand Journ. of Science, Vol.4, N° 3, p. 393-414, Wellington, Nueva Zelandia.

Birrell, K.S., y Fieldes, M., 1952 — "Allophane in volcanic ash soils of New Zealand". Journ. of Soil Sci., 3, p.156-166.

Birrell, K.S., y Gradwell, M.W., 1956 — "Ion exchange phenomena in some soils containing amorphous mineral constituents" Journ. Soil Sci., Vol. 7, p. 130-147, Inglaterra.

Borde, J., 1955 — "Las depresiones tectónicas del Maipo inferior: (1) Glaciaciones y cenizas volcánicas". Informe geográfico del Instituto de Geografía de la Universidad de Chile, Vol. 5, Santiago, Chile.

Bramao, D.L., 1957 — "Ando Soils". Document FAO/57/11/8178 (inédito).

Chubb, L.J., 1933 — "The geology of Galapagos, Cocos and Easter Island" B.P. Bishop Museum, Bull. N° 110, p. 67, Honolulu, E.U.A.

Cline, M.G., 1955 — "Soil survey of the territory of Hawaii". Soil Survey Bull. U.S. Dept. Agric. (ser. 1939) N° 25, p. 644.

CORFO, 1961 — "Plan Ñadis. Informe preliminar sobre la habilitación de terrenos pantanosos en las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue". Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. (Diciembre, 1961).

Dames, T.W.G., 1949 — "Some notes on the soil survey of Java". Comm. Bur. Sci. Tech. Bull. N° 46, Harpender, Inglaterra.

Díaz, C., 1949 — "Asociación de suelos de la Isla de Pascua" Agric. Técnica, Año IX, N° 2. p. 115-126, Santiago, Chile.

Díaz, C., 1951 — "Posibilidades agrícolas de la Isla de Pascua". Geochile, Vol. 1, N° 1, Santiago, Chile.

Díaz, C., 1959 — "Aplicación de la carta agrológica a los problemas de la ingeniería y agricultura". Agric. Técnica, Años XIX y XX, p. 212-226, Santiago, Chile.

Díaz, C., y otros, 1958 — "Estudio sobre habilitación de los ñadis, o suelos húmedos del Departamento de Puerto Varas (1954)". Agric. Técnica. Año XVIII, N° 2., p. 412-486, Santiago, Chile.

Díaz, C., y otros, 1959 — "Reconocimiento de suelos de las provincias de Osorno y Llanquihue. Primer Revisión". Agric. Técnica, Años XIX y XX, p. 125-205, Santiago, Chile.

Dudal, R., y Soepraptohardjo. M., 1960, — "Some considerations on the genetic relationship between Latosols and Andosols in Java". Proc. 7th Int. Congr. of Soil Sci. Madison, Wis., Vol. 4, p. 229-237, E.U.A.

Egawa, T., Watanabe, Y., y Sato, A., 1955 — "Studies of the clay minerals of some upland soils in Japan". Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Series B., N° 5, Japón.

Fieldes, M., y Swindale, L.D. 1954 — "Chemical weathering of silicates and soil weathering". New Zealand Journal Sci. and Tech. Section B., N° 36, p. 140-154, Wellington, Nueva Zelandia.

Fieldes, M., 1955 — "Clay mineralogy of New Zealand soils; part 2: Allophane and related mineral colloids". N.Z. Journ. Sci. and Tech. B. N° 37. p. 336-350, Wellington, Nueva Zelandia.

Fieldes, M., 1958 — "The role of clays in soil fertility" Proc. N.Z. Soc. Agri. Sci., 1958, p. 84-102, Wellington, Nueva Zelandia.

FAO, 1965 — Report on the meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash, Tokio, Japón. 11-27 Junio 1964.

Fox, R.L.; de Datta, S.K., y Sherman, G.D., 1962 — "Phosphorus solubility and availability to plants and the aluminium status of Hawaiian soils as influenced by liming". Proc. Int. Cong. Soil Sci. Wellington, Nueva Zelandia.

Gerasimov, I.P., 1958 — Izv. Ansssr. Seriya Geografischeskaya, 2 p. 54-63, Moscú, U.R.S.S.

Gerasimov, I.P., 1959 — Dokl. Sovetskikx Pochvovedeov k. VII Mezhdunarod. Kongr. v/SShA. p. 275-279, Moscú, U.R.S.S.

Gibbs, H.S., 1954 — "Soils and agriculture of Matakaca County" N.Z. Soil Bureau, Bull, N° 11, Wellington, Nueva Zelandia.

Gibbs, H.S., 1962 — "Steepland soils and their problems". Proc. Int. Soil Sci. Cong. Wellington, Nueva Zelandia.

Gibbs, H.S.; Mercer, A.D., y Collie, T.W., 1950 — "Soils and agriculture of Westland, New Zealand". New Zealand Soil Bureau Bull. N° 2 (new series), Wellington, Nueva Zelandia.

Godley, E.J., 1960 — "The botany of southern Chile in relation to New Zealand and the Subantarctic". Proc. Roy Soc. B., Vol. 152, Londres, Inglaterra.

Gradwell, M.W., y Birrell, K.S., 1954 — "Physical properties of certain volcanic clays". N.Z. Journ. Sci. and Tech. B. N° 36, p. 108-122, Wellington, Nueva Zelandia.

Heyerdahl, T., y otros, 1961 — "Reports of the Norwegian Archeological Expedition to Easter Island and the Eastern Pacific". School of American Research and the Museum of New Mexico, Monograph N° 24, Part I, p. 559, Santa Fé, Nuevo México.

Ivanova Ye., N., y Rozov, N., 1960 — Dokl. Sovetskikx Pochvovedov k. VII Mezhdunardd. Kongr. v/SShA, p. 280-293, Moscú, U.R.S.S.

Jackman, R.H., 1955 — "Organic phosphorus in New Zealand soils under pasture". Soil Science, 79, p.207-214.

Kanno, I., 1956 — "A pedological investigation of Japanese volcanic ash soils". Bull. Kyushu Agric. Exp. St., 4, N° 1, p. 81-84, Japón.

Kanno, I., 1962 — "Genesis and classification of Humic Allophane soils in Japan". Proc. Int. Soil Conf., N.Z. Wellington, Nueva Zelandia.

Kanno, I., y Arimura, S., 1954 — Bull, Kyushu Agric. Exp. Sta., 2, p.307-320, Japón.

Kawamura, K., 1950 — Agric. and Hort., 25, p. 11-14, Japón.

Knoche, W., y otros, 1913 — "Observaciones meteor. en la Isla de Pascua, (Mayo 1911 - Abril 1912)" Imp. de Inst. de Investig. Meteorológicas, Santiago, Chile.

Kubiena, W., 1938 — "Micropedology" Collegiate Press, Arnes, Iowa, E.U.A.

Kubiena, W., 1950 — "Para la terminología actual de la denominación de horizontes en el perfil de suelo" An. de Edaf. y Fis. Veg., Vol. IX, N° 2, C.S.I.C., p. 117-128, Madrid, Espana.

Latcham, R.E., 1924 — "La organización social y las creencias de los antiguos Araucanos" Public. del Museo de Etnol. y Antrop. de Chile, Vol. 3, N° 2-4, Santiago, Chile.

León, L., 1962 — "Clay formation in some Chilean soils under natural forest and under pasture". Proc. Int. Soil Conf., New Zealand, Wellington, Nueva Zelandia.

León, L., y Polle, O., 1956 — "Las capas volcánicas de Carrán y la erupción del Nilahue" Publ. N° 7, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Instituto de Geología Universidad de Chile. p. 97-131, Santiago, Chile.

Letelier, E., y Wright A.C.S., 1962 — "Some relationships between soil process and fertilizer response in Chile". Proc. Internat. Soil Conf., New Zealand, 1962, Wellington, Nueva Zelandia.

Lisjanski, U.F., 1812 — "Putesjestvije vokrug svjeta 1803-1806" Petersburgo, Rusia.

Masui, J., 1954 — Tohoku Journ. Agric. Research, IV., p. 97 y V, p. 71.

Meléndez, E., y Wright A. C. S. 1963 (i) — En prensa. ("Estudio de suelos de la parte inferior del valle Lluta").

Meléndez, E., y Wright, A.C.S., 1963 (ii) En prensa. ("Los suelos de la región central del valle del Loa y su desarrollo agrícola potencial").

Mella, A., 1958 (i) "Vergleichende Untersuchungen ueber eine wichtige chilenische Bodenform und senliche Bildungen in Spanisch-Guinea und auf den Kanarischen Insel". Zitschrift f. Pflanzenernaehrung, Duengung, Bodenkunde. 83, 128 N° 2, p. 97-103, Berlín, Alemania.

Mella, A., 1958 (ii) "Estudio micromorfológico de algunos suelos volcánicos chilenos". Agric. Técnica, Año XVIII, N° 2, p. 166-184, Santiago, Chile.

Metson, A.J., 1961 "Methods of chemical analysis for soil samples" New Zealand Soil Bureau Bull. N° 12 p. 208, Wellington, Nueva Zelandia.

New Zealand Soil Bureau, 1954 "General survey of the soils of the North Island, New Zealand". N.Z. Soil Bureau Bull. 5, p. 286 Wellington, Nueva Zelandia.

Oliver, W.R.B., 1931 "An ancient Maori oven on Mount Egmont" J. Polynes Soc. 40, N° 2, p. 73-80, Wellington, Nueva Zelandia.

Papadakis, J., 1961 "Climatic tables for the world". Buenos Aires, Argentina.

Peralta, F. de, y Decena, S.A., 1940 "The effect of volcanic ash ejected from the Mayon volcano upon the growth of tobacco" Philippines Journ. Agric., 11, p. 355, Manila, Filipinas.

Pisano, E., 1950 "Mapa de las formaciones fitogeográficas de Chile" Geografía Económica de Chile, CORFO, Santiago, Chile.

Pohlen, I.J., 1962 "Soil classification in New Zealand". Proc. Int. Soil Conf. New Zealand, Wellington, Nueva Zelandia.

Ritchie, T.E., 1951 "Reconnaissance Soil Survey of Japan". Report N° 110-I of the Natural Resources Section, G.H.Q. Supreme Commander for the Allied Powers, Tokio.

Roberts, R.; Rodríguez, M.; Díaz, C.; Astudillo, J.; y Alcayaga, S., 1958 Informe inédito sobre los "Major soils of Chile and their relationship to natural land and water resources". Joint report of the United Nations and the Ministry of Agriculture, Santiago, Chile.

Roberts, R. y Díaz, C., 1959 "Los grandes grupos de suelos en Chile". Agric. Técnica, Años XIX y XX, p. 7-36, Santiago, Chile.

Rodríguez, M., 1948 — "Survey of the soils of the Province of Osorno and Llanquihue in the Republic of Chile, and statement of problems arising from their use". Proc. Inter-Am. Conf. of Nat. Resources, Sec. IV, p. 535-548, Denver, Colorado.

Rodríguez, M., 1949 — "Reconocimiento de los suelos de la Provincia de Bío-Bío". Agric. Técnica, Año IX, N° 2, 133-161.

Saunders, W.M.H., 1956 — "Effect of phosphate topdressing on the distribution of phosphorus in a soil formed from volcanic ash". Proc. 6th Int. Cong. Soil Sci., Vol. 2, París, Francia.

Saunders, W.M.H., 1959 — "Effect of phosphate topdressing on a soil from andesitic volcanic ash". New Zealand Journ. of Agric. Research, Vol. 2, p.427-462 Wellington, Nueva Zelandia.

Schmithüsen, J., 1956 — "Die Raümliche Ordnung des chilenischen Vegetation". Geogr. Abhandl. 17, p. 1-86, Bonn, Alemania.

Sharp, C.F.S., 1938 — "Landslides and related phenomenon". Columbia University Press, New York, E.U.A.

Sherman, G.D., 1952 — "The genesis and morphology of alumina-rich lateritic clays" Symposium on "Problems of clay and laterite genesis". Amer. Inst. min. (metall.) Engrs., p. 154-161.

Sherman, G.D., 1962 — "Weathering and soil science". Proc.Internat. Soil Conf., New Zealand, 1962, Wellington, Nueva Zelandia.

Skottsberg, C., 1920 — "The natural history of Juan Fernández and Easter Island", Vol. II, Uppsala, Suecia.

Sudo, T., 1951 — Science, 113, p. 266-267.

Sudo, T., 1953 — "Clay mineralogical aspects of the alteration of volcanic glass in Japan". Clay Min. Bull. Vol. 12. N° 9.

Taylor, N.H., 1933 — "Soil processes in volcanic ash beds, Part I" New Zealand Journ. Sci. and Tech., Vol. 14, p. 193-202, Wellington, Nueva Zelandia.

Taylor, N.H., 1933 — "Soil processes in volcanic ash beds, Part II". N.Z. Journ. Sci. Tech., Vol. 14, p. 338-352, Wellington, Nueva Zelandia.

Taylor, N.H., 1949 — "Soil survey and classification in New Zealand". Proc. 7th Pacific Science Congr. Auckland, N.Z., 6, p. 108-113, Auckland, Nueva Zelandia.

Taylor, N.H., 1965 (En prensa) — "The classification of ash-derived soils in New Zealand" (in Report of FAO. Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash, Tokio, Japón).

Taylor, N.H., y otros, 1948 — "Soil map of New Zealand", accompanying "A genetic classification of New Zealand soils". N.Z. Soil Bureau Bull, n.s., N° 3, Wellington, Nueva Zelandia.

Taylor, N.H., y Cox, J.E., 1956 — "The soil pattern of New Zealand". Proc. N.Z. Inst. Agric. Sci., p. 29-43, Wellington, Nueva Zelandia.

Taylor, N.H., y Pohlen, I.J., 1962 — "Soil survey method; a New Zealand handbook for the field study of soils". N.Z. Soil Bureau Bull. N° 25, Wellington, Nueva Zelandia.

Thornthwaite, C.W., 1948 — "An approach towards rational classification of climate". Geog. Rev. 38, p. 55-94.

Thorp, J., y Smith, G.D., 1949 — "Higher categories of soil classification: order, suborder and great soil groups". Soil Sci. 67, p. 117-126.

U.S. Soil Survey Staff, 1960 — "Soil classification - a comprehensive system: 7th approximation". Soils Conservation Service, U.S.D.A., Washington, E.U.A.

Valencia, R.F.J., 1957 — "Talpetate soils - preliminary report". FAO, Roma (inédito).

Vogt, W., 1948 — "Road to survival". W. Sloan Assoc. Inc., p. 188, New York, E.U.A.

Weischet, W., 1958 — "Studien über den glazial bedingten Formenschatz der südchilenischen Langssenke im West-Ost-Profil beiderseite Osorno". Sonderabdruck aus "Petermann"s Geographischen Mitteilungen', 3, Alemania.

Wright, A.C.S., 1951 — "The soil factor in plant ecology". Wellington Bot. Soc. Bull. N° 24, p. 2-6, Wellington, Nueva Zelandia.

Wright, A.C.S., 1952 — "Soils of southwest fiordland". N.Z. Soil Bureau, Bull. (N.S.), N° 7, 31 pp., Wellington, Nueva Zelandia.

Wright, A.C.S., 1959 — "Soils of Chatham Island (Rekohu)". N.Z.Soil Bureau, Bull., N° 19, 60 pp., Wellington, Nueva Zelandia.

Wright, A.C.S., 1959 — "Observaciones sobre los suelos de la zona central de Chile". Agric. Tec., Años XIX y XX, p. 65-95, Santiago, Chile.

Wright, A.C.S., 1961 — "The earthquake of May, 1960 in south-central Chile". Pacific Viewpoint, Vol. 2. N° 2, p. 137-154, Weillington, Nueva Zelandia.

Wright, A.C.S., 1963 — "Soils and land uses of western Samoa". N.Z. Soil Bureau, Bull. N° 22, Wellington, Nueva Zelandia.

Wright, A.C.S., y Espinoza, 1962 — "Environment and soil process in the Chilean sector of the west coast of South America". Proc. Int.Soil Conf., N.Z., Wellington, Nueva Zelandia.

Wright, A.C.S., y Metson, A.J., 1959 — "Soils of Raoul (Sunday) Island, Kermadec Group" N.Z. Soil Bureau, Bull. N° 10, 49 pp., Wellington, Nueva Zelandia.

Wright, A.C.S., 1963 (i) — En prensa. ("Soils of Niue Island", Soil Bureau, Bull. N° 17).

Wright, A.C.S., 1963 (ii) — En prensa. (Ñadi soils and related humic allophane soils of south-central Chile").

Wright, A.C.S., 1963 (iii) — En prensa. ("Catastrophic erosion in the Chilean Andes and resulting landforms").

Wright, A.C.S., 1963 (iv) — En prensa. ("A preliminary study of the soils of part of Aysén Province").

Wright, A.C.S., y Díaz, C., 1963 — En prensa. ("Soils and the agricultural development of Easter Island").

Wright, A.C.S., y Meléndez, E., 1963 (i) — En prensa. ("Environment, soil and land use in the Department of Arica, Tarapacá Province, Chile").

Wright, A.C.S., y Mella, A., 1963 (i) — En prensa. ("La incidencia de los deslizamientos en relación a los suelos de la zona central-sur de los Andes").

Wright, A.C.S., y Mella, A., 1963 (ii) — En prensa. ("Modifications to the soil pattern of south-central Chile following the earthquake of May 1960").

Wright, A.C.S., y Twyford, I.T.T., 1963 — En prensa. (Soils and land use in the Fijian archipelago").

Zambrano, L., y Urrutia, B., 1961 — "Calidad de las aguas del río Lluta y afluentes" Bol. Tec., N° 9, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

APENDICE I

DESCRIPCIONES DE LOS PERFILES DE SUELOS MENCIONADOS EN EL TEXTO

Lista de los suelos descritos

Perfil núm.		Página núm.
1.	Arena Poroma	126
2.	Arena gruesa Campanani	127
3.	Arena Ocsaya	128
4.	Arena Chubire	129
5.	Arena San Martín	130
6.	Arena, con grava, Lascar	131
7.	Arena fina Piedra Solitaria	132
8.	Suelo franco arenoso muy fino Sora	133
9.	Suelo franco arenoso Alhue	134
10.	Arena franca turbosa Loreto	135
11.	Suelo franco arenoso fino Hornillos	136
12.	Suelo franco arenoso muy fino a franco limoso Maitén	137
13.	Suelo franco arenoso muy fino Tregualemu	138
14.	Arena ligeramente franca Ñirreguao	139
15.	Arena franca Laguna del Maule	140
16.	Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Chillán	141
17.	Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Santa Bárbara	142
18.	Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Mulchén	143
19.	Suelo franco limoso Arrayán	144
20.	Suelo franco arenoso fino Baguales	145
21.	Suelo franco limoso Cautín, facies San Patricio	146
22.	Suelo franco limoso Cautín, facies Los Prados	147
23.	Suelo franco limoso Cautín, facies Cumbli	148
24.	Arena gruesa franca Icalma	149
25.	Suelo franco a suelo franco limoso Vilcún	150
26.	Suelo franco limoso Temuco, fase profunda	151
27.	Suelo franco arenoso muy fino Trevolhue	152
28.	Suelo franco limoso Puerto Octay	153
29.	Suelo franco arenoso fino Puerto Octay	154
30.	Suelo franco arenoso muy fino Puerto Fonck	155
31.	Suelo franco limoso Puerto Fonck	156
32.	Suelo franco limoso Puyehue	157
33.	Suelo franco arenoso Choshuenco	158
34.	Suelo franco arenoso grueso, con grava, Rupanco	159
35.	Arena franca Quillelhue	160
36.	Suelo franco arenoso grueso Pucón	161
37.	Suelo franco arenoso muy fino Osorno	162
38.	Suelo franco arenoso fino Pelchuquín	163
39.	Suelo franco limoso Castro	164
40.	Suelo franco limoso Quellón	166
41.	Suelo franco limoso Mañiuales	167
42.	Suelo franco arenoso Puerto Lumas	168
43.	Suelo franco arcillo-arenoso fino turboso Natri	169
44.	Suelo franco arenoso muy fino Chepu	170
45.	Suelo franco arenoso fino, denso, Rano Kao	171
46.	Suelo franco arenoso muy fino Vinapu	172
47.	Suelo franco arcillo-limoso Poike	173
48.	Suelo franco arenoso denso Pitrufquén	174
49.	Suelo franco limoso Frutillar	175

Página núm.

50. Suelo franco arenoso fino Carel 177
51. Suelo franco arenoso muy fino Calonje 178
52. Arena Chillán, de transición a suelo franco arenoso Santa Bárbara 179
53. Arena gruesa Lonquimay, de transición a suelo franco arenoso Cautín 180
54. Arena gruesa Villarrica, de transición a arena franca Pucón . . . 181
55. Arena pedregosa Antillanca, de transición a suelos Chanleufú . . 182
56. Suelo franco arenoso Collipulli 183
57. Suelo franco Maquehue 184
58. Suelo franco arcillo-limoso Freire 185
59. Suelo franco arenoso turboso Maldonado 186

Perfil núm. 1 - Arena Poroma

Ubicación	:	Cerca de la Estación Central en el ferrocarril Arica - La Paz, provincia de Tarapacá.
Altitud	:	1450 m.
Relieve	:	Ondulado.
Roca madre	:	Cenizas volcánicas pumítico-riolíticas.
Cubierta vegetal	:	Completamente desprovisto de vegetación.

Perfil

0 - 7 cm	gris rosáceo (5YR 7/2, en seco); pómez muy dura y cementada; superficie relativamente lisa encima pero alveolar debajo, estando ocupados los alvéolos por material cretáceo, probablemente mirabilita,
7 - 18 cm	pómez cementada blanquecina; estructura en masa, pero con amplias fisuras verticales ocupadas por pómez más blanda con estructura laminada verticalmente,
18 - 45 cm	blancuzco muy apagado (7,5YR 8/1); arena muy fina, con grava.
sobre ..	pómez localmente cementada impregnada de sal; con bolsas de pómez blanda con estructura ligeramente alveolar; varias capas de pómez dura, en masa, cementada con yeso.

Perfil núm. 2 - Arena gruesa Campanani

Ubicación : Unos 8 km al suroeste de Sapahuira, provincia de Tarapacá.
Altitud : 3150 m.
Relieve : Superficie horizontal de mesa poco extensa.
Roca madre : Cenizas volcánicas pumítico-riolíticas.
Cubierta vegetal : Casi inexistente; ejemplares dispersos de Baccharis tola.

Perfil

0 - 2 cm — pardo muy pálido (10YR 7/4, en seco); pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); arena gruesa muy ligeramente franca; estructura laminar poco desarrollada; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

2 - 9 cm — pardo rojizo (5YR 5/4, en seco); arena franca gruesa con fragmentos de roca riolítica en descomposición; bastante firme cuando está seco, friable cuando húmedo; estructura en bloques medianos poco desarrollada; muy ligeramente calcáreo; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites imprecisos,

9 - 18 cm — suelo franco arenoso grueso, rojo amarillento; "fragipan" en seco, bastante friable en húmedo; algo variopinto debido a las manchas de hierro que presentan algunos de los fragmentos de pómez y riolita; se desagrega por presión en bloques angulares finos, también débilmente teñidos superficialmente de rojo claro; no adherente y casi no plástico en húmedo; límites definidos,

18 - 22 cm — arena pumítica gruesa más bien compacta y débilmente cementada, con grava, de color blanco rosado; posiblemente ligeramente cementada con sílice; límites difusos,

sobre .. — grava pumítica blancuzca, regularmente compacta en el terreno pero bastante suelta cuando se la desplaza.

Perfil núm. 3 - Arena Ocsaya

Ubicación : Unos 8 km al oeste de Ticnamar, provincia de Tarapacá.
Altitud : 3300 m.
Relieve : muy débilmente ondulado.
Roca madre : cenizas volcánicas principalmente riolíticas con algo de erosión difusa.
Cubierta vegetal : matorrales dispersos de tantalagua.

Perfil

0 - 2 cm — arena parda oscura (7,5YR 3/2, en húmedo), parda muy pálida (10YR 7/4, en seco); en algunos lugares este acarreo arenoso tiene una costra superficial muy ligera de cristales salinos y muestra una cierta estratificación laminar debajo; ni adherente ni plástico en húmedo; límites bruscos; (pH 6,6); el primer centímetro del perfil del suelo contiene fragmentos de residuos orgánicos procedentes de la vegetación,

2 - 7 cm — arena franca gruesa, con algo de grava, abigarrada; los colores se presentan en manchas, debido a lo desigual de la meteorización en el horizonte, posiblemente en relación con la porción anterior de raíces vegetales; color fundamental, pardo (7,5YR 4/4 en húmedo) con manchas de pardo rojizo (5YR 4/4 en seco): pardo claro (7,5YR 6/4) y pardo rojizo (5YR 5/4), con tendencia a que los colores rojizos se hagan más intensos en el caso de la estructura con fisuras verticales que en el de la estructura laminar horizontal; las manchas de color rojizo tienden a tener más arcilla; todo el horizonte es friable cuando está húmedo, pero propende a tener la fragilidad del "fragipan" cuando está seco; sin agregación consistente; horizonte prácticamente sin estructura; muy poco adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites definidos; (pH 7,0; no efervesce con HCl; digestión local y efervescencia con H_2O_2),

7 - 13 cm — suelo franco arcillo-arenoso, con algo de grava (grava pumítica) de color pardo en general (7,5YR 4/4, en húmedo); pardo pálido (7,5YR 7/3, en seco), pero se perciben también áreas débiles de color más rojizo; muy friable cuando está húmedo con débil cementación perceptible cuando seco, es decir, con características de "fragipan"; estructura en masa, pero se deshace en agregados laminares planos de tamaño de gránulos gruesos cuando está seco y se le comprime; muy ligeramente adherente y ligera a moderadamente plástico en húmedo; de límites difusos; (pH 7,2; no efervesce con HCl; efervescencia y digestión ligeras con H_2O_2),

13 - 33 cm — capas estratificadas de suelo franco arcillo-arenoso y arena gruesa franca, mezclados ambos con grava pumítica fina; las capas de textura más pesada tienen de 3 cm a 5 cm de espesor y están claramente cementadas (probablemente con sílice) formando "fragipans" quebradizos interestratificados con arena gruesa franca suelta que carece por completo de material cementante; el color de las capas cementadas es rojo amarillento (5YR 4/6 en húmedo); (7,5YR 6/4, en seco); finamente abigarrado 5YR 7/3 y 5YR 7/4; el color de la capa sin cementar es también 5YR 4/6, en húmedo, pardo rojizo claro (5YR 6/4, en seco), pero sin motas; las raíces de la vegetación actual tienden a extenderse lateralmente entre las capas cementadas y alcanzan una profundidad de unos 35 cm; agregados estructurales sin forma consistente; no adherente y muy poco plástico en húmedo; límites bruscos; (pH, 6,8 en las capas sin cementar; 7,7 en las cementadas; efervescencia y digestión débiles a moderadas con H_2O_2).

sobre .. — arena pumítica pulverulenta blanda y arena limosa; muy densamente apelmazada pero no cementada; dura cuando seca, friable en húmedo; masiva; ni adherente ni plástica en húmedo; color pardo claro (7,5YR 6/4) y rosa (7,5YR 5/4, en seco); (pH, 7,8 y moderada efervescencia con HCl).

Perfil núm. 4 - Arena Chubire

Ubicación	:	En el cruce de las carreteras de Parinacota, Cauquena y Allane en el altiplano chileno, provincia de Tarapacá.
Altitud	:	4600 m.
Relieve	:	muy suavemente ondulado.
Roca madre	:	ceniza volcánica pumítica riolítica.
Cubierta vegetal	:	praderas de Stipa ichu y matorral de Baccharis tola.

Perfil

0 - 0,5 cm	hojarasca y ramas secas de tola (pH 6,4),
0,5 - 2 cm	arena gris (10YR 5/1) con pequeñísimos cantos de pómez; friable; ni adherente ni plástico en húmedo; estructura en grano simple; límites bruscos; (pH, 6,7; reacción moderada con H_2O_2; ninguna reacción con HCl),
22 - 72 cm	arena gruesa franca de color pardo muy pálido (10YR 7/4); friable a firme (hace pensar en un "fragipan" - cementación muy débil); contiene cantos de pómez de hasta un 1 cm de diámetro; sin estructura; ni adherente ni plástico en húmedo; límites indefinidos; (pH, 6,7; ninguna reacción con H_2O_2 o HCl),
22 - 72 cm	semejante al horizonte anterior, con la diferencia de que los cantos de pómez son más blandos y están más meteorizados; color del suelo: 10YR 7/4 - 7,5YR 7/4, es decir: pardo pálido ligeramente rosáceo,
sobre ..	pómez gruesa compacta y meteorizada.

Perfil núm. 5 - Arena San Martín

Ubicación : Paso entre Salar San Martín y Salar Ascotán, unos 20 km al sud-oeste de Ollagüe, provincia de Antofagasta.
Altitud : 3800 m.
Relieve : ondulado.
Roca madre : cenizas volcánicas andesíticas y riolíticas mezcladas.
Cubierta vegetal : matorral de Baccharis tola y, a veces, "tussocks" de Stipa.

Perfil:

0 - 2 cm — pardo pálido (10YR 6/3 en seco); arena fina y un poco limosa; muy friable; bastante compacto en el terreno, pero con estructura laminar débilmente desarrollada y poco desarrollo de cortas fisuras verticales; se desagrega en bloques medianos más bien rectangulares; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

2 - 10 cm — pardo (7,5YR 5/4 en seco); arena franca, con grava; muy friable a suelto; estructura en bloques subangulares muy finos que se desagregan en gránulos; vetas muy finas de carbonato de calcio cerca de los canales de las raíces; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

10 - 16 cm — rosa (7,5YR 7/4 en seco); arena franca gruesa, con mucha grava pumítica; firme en el terreno, pero que se deshace fácilmente cuando se le desplaza; sin estructura regular; ni adherente ni plástico en húmedo; límites imprecisos,

16 - 36 cm — blanco-rosado (7,5YR 8/2, en seco); grava pumítica (andesítica); más bien compacto y quizás débilmente cementado en el terreno; se deshace dando terrones aislados de pómez y arena suelta; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos.

36 - 45 cm — gris oscuro (7,5YR 4/0, en seco); arena basáltica negra; cementado, con leves fisuras y grietas teñidas de amarillo rojizo; límites bruscos,

45 - 50 cm — amarillo pálido (2,5YR 7/4, en seco); arena pumítica gruesa débilmente cementado,

sobre .. — gravas pumíticas moderadamente cementadas que alternan con arena basáltica de color pardo oscuro.

Perfil núm. 6 - Arena, con grava, Lascar

Ubicación	:	5 km al oeste del volcán Lascar, provincia de Antofagasta
Altitud	:	unos 3000 m.
Relieve	:	muy accidentado.
Roca madre	:	cenizas volcánicas principalmente pumíticas.
Cubierta vegetal	:	formaciones dispersas de Baccharis tola con pequeños cactos.

Perfil

0 - 15 cm	gris rojizo (5YR 5/2, en seco); pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); arena, con grava; sin estructura; ni adherente ni plástico en húmedo; límites difusos;
15 - 30 cm	pardo (7,5YR 5/4, en seco); pardo rojizo (5YR 3/3, en húmedo); arena; transición a arena franca gruesa hacia la parte inferior de este horizonte, muy friable; algo compacto en el terreno y sin estructura reconocible, pero que se desagrega por suave presión en gránulos y bloques subangulares irregulares; ni adherente ni plástico en húmedo; límites difusos;
30 - 45 cm	pardo rojizo (5YR 5/4, en seco); pardo rojizo oscuro (5YR 3/4, en húmedo); arena franca, con algo de grava; estructura en bloques subangulares medianos y finos débilmente desarrollada, que se desagrega dando granos y terrones; no adherente y muy poco plástico en húmedo; límites bruscos,
sobre ..	láminas duras de lava riolítica con fisuras que contienen suelo franco arcillo-limoso pardo amarillento muy untuoso al tacto en húmedo.

Perfil núm. 7 - Arena fina Piedra Solitaria

Ubicación : 2 km al oeste de la frontera con Argentina, cerca de Coyhaique Alto, provincia de Aysén.
Altitud : 700 m.
Relieve : accidentado.
Roca madre : probablemente cenizas volcánicas en su mayoría subaéreas, en parte pumíticas, mezcladas con loess volcánico.
Cubierta vegetal : praderas de "tussock" de Festuca.

Perfil

0 - 15 cm — gris pardusco claro (10YR 6/2, en seco); pardo oscuro (10YR 3/2, en húmedo; arena fina; muy friable; pulverulento cuando está seco; sin estructura; no plástico en húmedo; límites definidos,

15 - 40 cm — pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2, en seco); pardo oscuro (7,5YR 2/2 - 10YR 4/3, en húmedo); arena ligeramente franca; muy friable; algo pulverulento cuando seco; estructura extremadamente débil en bloques que se deshacen fácilmente en granos de polvo; ni adherente ni plástico en húmedo; límites difusos,

40 - 60 cm — pardo amarillento claro (10YR 6/4, en seco); pardo amarillento (10YR 5/6, en húmedo); arena más bien gruesa; con fragmentos finos de pómez; friable, pero ligeramente compacto en el terreno; se deshace con facilidad en bloques irregulares débilmente desarrollados y agregados granulares; ni adherente ni plástico cuando está húmedo,

sobre .. arcilla arenosa y pedregosa de color pardo amarillento más oscuro.

Perfil núm. 8 - Suelo franco arenoso muy fino Sora

Ubicación	:	55 km al este de Chacabuco, Valle de Lluta, provincia de Tarapacá
Altitud	:	unos 1.000 m.
Relieve	:	laderas inferiores, pendientes, cubiertas de loess.
Roca madre	:	polvo fino de loess procedente de lechos fluviales.
Cubierta vegetal	:	carece de ella.

Perfil

0 - 5 cm — pardo pálido (10YR 6/3, en seco) o pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino; suelto o muy friable; no adherente, pero muy ligeramente plástico cuando está humedecido; casi sin estructura, ligera tendencia a la agregación en bloques finos muy débiles; pH, 4,9; no calcáreo; muy ligera reacción con el peróxido de hidrógeno; límites difusos,

5 - 15 cm — pardo amarillento claro (10YR 6/4, en seco) o pardo intenso (7,5YR 5/4, en húmedo), arena franca muy fina, mezclada con algo de grava liparítica angular; friable a suelta; ni adherente ni plástico cuando está humedecido; estructura muy débilmente desarrollada en bloques medianos y regulares que se desagregan en terrones y granos mediante comprensión muy leve; pH, 6,8; no calcáreo; ninguna reacción con el peróxido de hidrógeno; límites definidos,

sobre .. — arena, con grava, gris parduzca clara (10YR 6/2, en seco) o parda grisácea oscura (10YR 4/2, en húmedo) con fragmentos angulares de roca; impregnada de sal y ligeramente cementada; ni adherente ni plástico cuando está húmedo; débil estructura laminar en la grava; pH 7,5; ninguna reacción con el peróxido de hidrógeno; límites imperceptibles.

Perfil núm. 9 - Suelo franco arenoso Alhue

Ubicación	:	unos 3 km al sur de Los Quillayes, provincia de O'Higgins.
Altitud	:	130 m.
Relieve	:	muy accidentado.
Roca madre	:	cenizas volcánicas riolítico-pumíticas silíceas.
Cubierta vegetal	:	bosque de quillay con litre, boldo, etc.

Perfil

0 - 15 cm	pardo oscuro (10YR 3/3, en húmedo); suelo franco arenoso más bien firme en el terreno, pero que se desagrega difícilmente cuando se le desplaza y está ligeramente seco; friable cuando está muy húmedo, muy duro cuando está muy seco; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos que se deshacen en bloques finos y gránulos; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos (pH, en el campo, 5,8),
15 - 30 cm	pardo a pardo oscuro (10YR 4/3, en húmedo); suelo franco arenoso fino; friable cuando está completamente empapado pero algo duro cuando está seco; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos y finos que se deshacen en gránulos muy finos y terrones; algunas concreciones moderadamente duras de compuestos de humus y manganeso; ni adherente ni plástico en húmedo; límites bruscos (pH, en el campo, 6,3),
30 - 33 cm	pardo oscuro (10YR 4/3 - 3/3, en húmedo); tierrillo duro muy fuertemente cementado, consistente en arena pumítica fina cementada con sílice, insoluble en agua tanto fría como caliente; límite inferior brusco; (pH, en el campo, 6,3),
33 - 48 cm	pardo amarillento oscuro (10YR 4,4, en húmedo); arena pumítica fina con algunos pequeños cantos de pómez; muy friable o suelto; sin estructura reconocible en la masa, pero que se desagrega con facilidad en bloques angulares finísimos muy débilmente desarrollados y en granos de arena; ni adherente ni plástico cuando está húmeda; límites difusos; (pH, en el campo, 6,8),
sobre ..	arena pumítica fina de color pardo muy pálido (10YR 7/3, en húmedo); suelta y pulverulenta; sin estructura visible en la masa o cuando se la extrae del perfil; ni adherente ni plástica cuando está húmeda; se extiende hasta más de 1 m de profundidad; (pH, en el campo, 7,6).

Perfil núm. 10 - Arena franca turbosa Loreto

Ubicación : unos 10 km al sudoeste de Punta Arenas en la carretera al Ski Club, provincia de Magallanes.
Altitud : unos 320 m.
Relieve : tierras altas muy onduladas.
Roca madre : materiales de la morrena terminal de la cuarta glaciación con ligero recubrimiento de cenizas volcánicas silíceas.
Cubierta vegetal : bosque caducifolio de Magallanes con ñirre y lenga.

Perfil

0 - 5 cm — pardo muy oscuro (10YR 3/2, en húmedo); turba franca ligeramente arenosa, levemente fibrosa y con clara estructura laminar; límites bruscos (pH 4,9)

5 - 19 cm — gris a gris pálido (10YR 6/1, en húmedo); suelo franco arenoso fino, levemente teñido de turba, más bien firme, duro cuando está seco; estructura laminar gruesa formada de agregados angulares extendidos horizontalmente de tamaño mediano a pequeño; levemente adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites bruscos y ondulados; (pH 4,6),

19 - 25 cm — pardo rojizo oscuro a pardo rojizo (5YR 3/3 - 4/3, en húmedo; suelo franco arcillo arenoso muy fino a suelo franco arcillo limoso; friable a firme cuando está húmedo, ligeramente duro cuando seco; estructura moderadamente desarrollada en bloques medianos que se desagregan fácilmente en gránulos; agregados ligera e irregularmente recubiertos de escamas de arcilla con materia orgánica y con algo de acumulación de óxido de hierro; agregados ligeramente frágiles; moderadamente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos (pH 5,0),

25 - 40 cm — pardo rojizo (5YR 4/3, en húmedo); suelo franco arenoso denso; compacto en el terreno; muy duro cuando seco; parece que tiene una estructura laminar muy intensamente desarrollada, probablemente heredada de materiales originarios glaciales; ligeramente adherente y ligeramente plástico cuando está pulverizado y humedecido; límites indefinidos; (pH 5,2),

sobre .. — suelo franco arenoso a arena franca de color pardo rojizo (5YR 4/3, en húmedo); algo compacto, pero menos que el horizonte anterior; estrías horizontales de compresión glacial muy marcadas con alguna acumulación de hierro en las grietas; de transición a materiales glaciálicos con grava muy fina y cantos.

Perfil núm. 11 - Suelo franco arenoso fino Hornillos

Ubicación	:	2,5 km al oeste de la entrada del túnel de riego de Hornillos, provincia de Linares.
Altitud	:	735 m.
Relieve	:	terraza ondulada algo disecada y erosionada.
Roca madre	:	cenizas volcánicas y loess volcánico andesítico.
Cubierta vegetal	:	bosque secundario con roble maulino, radal y canelo.

Perfil

0 - 15 cm	pardo oscuro (7,5YR 3/2, en seco), pardo rojizo oscuro (5YR 3/4, en húmedo; suelo franco arenoso fino; se desagrega fácilmente en gránulos muy finos y terrones; ni adherente ni plástico cuando está húmedo; límites difusos,
15 - 35 cm	pardo rojizo (5YR 4/4, en seco), pardo rojizo oscuro (5YR 3/4 en húmedo); suelo franco arenoso; friable a firme; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares gruesos y medianos que se deshacen fácilmente en terrones y gránulos muy finos; no adherente y no plástico en húmedo; límites definidos,
35 - 60 cm	pardo (7,5YR 4/4, en seco y en húmedo); suelo franco arcillo-limoso a suelo franco arcilloso muy ligero; firme a friable; estructura moderadamente desarrollada en bloques angulares gruesos, casi ligeramente prismáticos, que se desagregan con bastante facilidad en bloques muy finos y gránulos gruesos; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico cuando húmedo; límites difusos,
60 - 140 cm	pardo generalmente intenso (7,5YR 5/6, en seco), pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo) con manchas de rojo débil (10YR 4/3, en seco), rojo amarillento (5YR 5/6, en húmedo) debidas a los fragmentos incluídos de roca andesítica; suelo franco arcillo-limoso firme, duro cuando está seco; estructura muy marcadamente desarrollada en bloques muy groseros que se deshacen con dificultad en bloques irregulares medianos y finos; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites imprecisos,
sobre..	roca andesítica en meteorización.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "subhygrous subalvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil núm. 12 - Suelo franco arenoso muy fino a franco limoso Maitén

Ubicación	:	22 km al este de San Clemente, provincia de Talca.
Altitud	:	unos 600 m.
Relieve	:	ondulado a accidentado.
Roca madre	:	loess volcánico andesítico y riolítico
Cubierta vegetal	:	maitén, boldo, litre, roble maulino, máqui, etc.

Perfil

0 - 30 cm	pardo a gris rojizo oscuro (7,5 - 5YR 4/2, en seco), pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino a limoso; muy friable; estructura muy poco desarrollada en bloques finos que se desagregan fácilmente en gránulos finos y terrones; muy ligeramente adherente pero no plástico en húmedo; límites definidos,
30 - 70 cm	pardo amarillento (10YR 5/4, en seco), pardo amarillento oscuro a pardo oscuro (10YR - 7,5YR 4/4, en húmedo); suelo franco limoso; friable a firme; estructura débilmente desarrollada en bloques gruesos que se deshacen en bloques medianos y finos y ulteriormente en gránulos groseros; prácticamente no adherente pero muy ligeramente plástico cuando húmedo; límites definidos,
70 - 150 cm	pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en seco), pardo oscuro a pardo rojizo oscuro (7,5YR 4/4 - 5YR 3/2, en húmedo) suelo franco arenoso muy fino denso; con pequeños cantos a veces; firme a friable; sin estructura visible en el terreno pero que se desagrega en bloques irregulares débilmente desarrollados de tamaño grueso y más tarde en bloques angulares finos y gránulos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,
sobre ..	suelo franco arcillo-arenoso fino pardo amarillento oscuro a veces con capas de cantos finos de origen fluvial que a mayores profundidades son gravas de antiguos ríos.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "subhygrous subalvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil núm. 13 - Suelo franco arenoso muy fino Tregualemu

Ubicación : 10,4 km al este de Cobquecura, provincia de Maule.
Altitud : 375 m.
Relieve : Ondulado.
Roca madre : Loes probablemente volcánico en su mayoría.
Cubierta vegetal : Bosque con boldo, litre, arrayán, maitén, etc.

Perfil

0 - 15 cm — Pardo (10YR 4/3, en seco), pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino; friable; se desagrega, al separarlo de la masa, en bloques muy finos, gránulos y terrones; no adherente y muy ligeramente plástico cuando está húmedo; límites definidos,

15 - 80 cm — Pardo amarillento claro (10YR 6/4, en seco), pardo oscuro a pardo rojizo oscuro (7,5YR 3/2 - 5YR 3/3, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso a suelo franco; muy friable, algo pulverulento cuando está seco; estructura muy débilmente desarrollada en bloques medianos que se desagregan en bloques muy finos, gránulos y terrones; muy poco adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos,

80 - 100 cm — Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en seco), pardo rojizo oscuro a pardo (5YR 3/4 - 7,5 YR 4/4, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso; friable a firme; casi sin estructura definida en el terreno, pero que se deshace sometido a ligera presión en bloques irregulares muy poco desarrollados de todos los tamaños, que a su vez se desmenuzan en gránulos y terrones; moderadamente adherente y plástico en húmedo; límites bruscos,

sobre.. — lechos arcillosos abigarrados, compactos, con una manifiesta capa de cantos en la zona de contacto; bajo la línea de piedras hay arcilla arenosa roja, blanca y pardo amarillenta que a unos 170 cm de profundidad se presenta en forma de láminas meteorizadas.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "Subhygrous subalvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil núm. 14 - Arena ligeramente franca Ñirreguao

Ubicación	: Unos 10 km al oeste de Coyhaique Alto en la carretera a Coyhaique, Provincia de Aysén.
Altitud	: Unos 600 m.
Relieve	: Suavemente accidentado.
Roca madre	: Cenizas volcánicas principalmente andesíticas y riolíticas.
Cubierta vegetal	: Bosque de ñirre enano.

Perfil

0 - 2,5 cm	Hojas y ramas secas procedentes del bosque de ñirre,
2,5 - 12 cm	Pardo rojizo oscuro a pardo oscuro (7,5 - 5 YR 3/2, en húmedo); arena ligeramente franca; muy friable, pulverulento cuando seco; sin estructura reconocible; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,
12 - 22 cm	Pardo oscuro a pardo amarillento oscuro (10YR 3/4 - 7,5YR 4/4, en húmedo; arena muy friable, pulverulento cuando está seco; estructura muy débilmente desarrollada en bloques finos que se pulverizan fácilmente en granos; ni adherente ni plástico en húmedo; límites imprecisos,
22 - 50 cm	Pardo amarillento a pardo (10YR 5/4 - 7,5YR 4/2, en húmedo); arena gruesa; muy friable; sin estructura; ni adherente ni plástico en húmedo; límites difusos,
sobre..	arena muy gruesa de color pardo amarillento pálido.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): suelo "subhygrous subalvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil núm. 15 - Arena franca laguna del Maule

Ubicación : Aproximadamente 1 Km al noroeste de la Laguna del Maule, provincia de Talca.
Altitud : 2.060 m.
Relieve : Accidentado a fuertemente accidentado.
Roca madre : Cenizas volcánicas riolítico-pumíticas de origen principalmente subaéreo, mezcladas con algo de loess volcánico.
Cubierta vegetal : Pradera de tussock, en parte Stipa, Festuca, etc.

Perfil

0 - 40 cm — Gris parduzco claro (10YR 6/2, en seco); pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en húmedo); arena franca; muy friable; sin estructura en la masa, pero que cuando se le separa de ella adopta una estructura muy débilmente desarrollada en bloques regulares medianos; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

40 - 85 cm — Pardo rojizo claro a amarillo rojizo (5YR 6/4 - 6/6, en seco); suelo franco arenoso denso; friable a firme; estructura débilmente desarrollada en bloques irregulares que se desagregan en gránulos por presión; ligeramente adherente y ligera a moderadamente plástico cuando está húmedo; límites definidos,

sobre .. roca andesítica rosácea (ácida) en meteorización.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963 1965): Suelo "subhygrous el-subalvic" de transición a "Amoregic"

Perfil núm. 16 - Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Chillán

Ubicación : 30 Km al sudeste de Chillán, cerca de Recinto, provincia de Ñuble.
Altitud : Unos 1.000 m.
Relieve : Cerro achatado en terreno muy accidentado.
Roca madre : Cenizas andesíticas, principalmente subaéreas mezcladas con loess.
Cubierta vegetal : Bosque de roble, con canelo, olivillo, etc.

Perfil

0 - 20 cm — Pardo oscuro (10YR 4/3, en seco); pardo muy oscuro a pardo rojizo oscuro (7,5YR 3/2 a 5YR 3/2, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares muy finos con abundancia de gránulos finos y muy finos y terrones; muchas raíces, no adherente y muy poco plástico en húmedo; límites definidos,

20 - 50 cm — Pardo amarillento oscuro que pasa a pardo amarillento (10YR 4/4 y 10YR 5/4, en seco); pardo rojizo oscuro a pardo oscuro) (5YR 3/3 a 7,5YR 3/2, en húmedo) suelo franco arenoso muy fino a franco con nódulos redondeados bastante duros compuestos de material edáfico agregado; verdaderamente muy friable, blando y pulverulento en seco; muy poroso; estructura granular muy fina y en terrones; no fácil de mojar, pero cuando está húmedo no es adherente y prácticamente no es plástico; límites difusos,

50 - 90 cm — Pardo amarillento (10YR 5/4, en seco); pardo rojizo (5YR 5/4 en húmedo); suelo franco; friable a firme, bastante duro cuando está seco; estructura moderadamente bien desarrollada en bloques subangulares medianos, que se deshacen en gránulos gruesos y finos; algo difícil de mojar, pero cuando está húmedo no muestra adherencia y tiene muy poca plasticidad; indicaciones muy ligeras de corrientes de arcilla en los agregados mayores; límites imprecisos,

90 -140 cm — Pardo amarillento (10YR 5/4, en seco); pardo oscuro a pardo (7,5YR 4/4, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso; firme a friable, a menudo bastante duro cuando está seco; estructura moderadamente bien desarrollada en bloques subangulares a angulares gruesos y medianos, con ciertos indicios de corrientes de arcilla en la superficie de los agregados, que se deshacen en bloques finos y gránulos gruesos; no adherente y ligera a moderadamente plástico cuando húmedo; límites definidos,

140-180 cm — Pardo amarillento pálido (10YR 6/4, en seco); pardo intenso (7,5YR 5/6, en húmedo); suelo franco arcillo-arenoso con algo de grava, con terrones de pómez en descomposición; firme y compacto, duro en seco; sin estructura reconocible en la masa, se desagrega irregularmente; ligeramente adherente y moderadamente plástico cuando está húmedo; límites bruscos,

sobre.. — varios estratos de cenizas andesíticas y cenizas riolítico-pumíticas que se extienden hasta una profundidad mayor de 4 m.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hygrous Alvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil núm. 17 - Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Santa Bárbara

Ubicación	: 5 Km al noroeste de Santa Bárbara, provincia de Bío-Bío.
Altitud	: Unos 480 m.
Relieve	: Accidentado, fuertemente disecado en parte.
Roca madre	: Materiales volcánicos andesíticos, principalmente loéssicos.
Cubierta vegetal	: Matorral secundario con romerillo, etc.

Perfil

0 - 20 cm	Pardo oscuro (10YR 4/3, en seco); pardo oscuro a pardo rojizo oscuro (7,5YR 3/2 - 5 YR 2/2, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino a suelo franco limoso; muy friable; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares finos y gránulos; muy ligeramente adherente y plástico en húmedo; límites definidos,
20 - 45	Pardo (10YR 5/3, en seco); pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en húmedo); suelo franco limoso; verdaderamente muy friable, blando y esponjoso en seco; estructura fuertemente desarrollada en bloques muy finos y en granos finos; abundantes nódulos redondeados formados de material edáfico agregado, algunos transformados en fragmentos que recuerdan el ladrillo y de color rosado; muy difícil de mojar, pero cuando está húmedo no es adherente y sólo muy ligeramente plástico, si es que lo es; límites indefinidos,
45 - 125 cm	Pardo amarillento pálido (10YR 6/4, en seco); pardo a pardo intenso (7,5 YR 4/4 - 5/6, en húmedo; suelo franco limoso más bien denso; friable a firme, ligeramente duro cuando seco; estructura débilmente desarrollada en bloques gruesos con el eje vertical ligeramente más largo (se deseca en las trincheras de las carreteras en una estructura prismática muy débilmente desarrollada), los agregados se deshacen, sometidos a presión mayor, en bloques finos, gránulos y terrones; levísimas indicaciones de corrientes de arcilla; muy ligeramente adherente y ligera a moderadamente plástico en húmedo; límites difusos,
125 - 220 cm	Pardo intenso a amarillo rojizo (7,5YR 5/6 - 6/6, en seco), pardo (7,5YR 4/4, en húmedo) suelo franco arcillo-limoso; firme, duro en seco; estructura en bloques prismáticos irregulares, muy gruesos, que se desagregan ulteriormente en bloques angulares medianos y gránulos gruesos; muy raras escamas de arcillas sobre los agregados; ligeramente adherente y plástico en húmedo; límites bruscos,
sobre..	Materiales más antiguos de cenizas volcánicas, principalmente pardo amarillentos, compactos, arcillosos y bien estructurados.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hygrous alvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil núm. 18 - Suelo franco arenoso muy fino Santa Bárbara, facies Mulchén

Ubicación : 34,5 Km al este de Mulchén, hacia El Morro, provincia de Malleco.
Altitud : 535 m.
Relieve : Muy levemente ondulado.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas, subaéreas y loéssicas.
Cubierta vegetal : Bosque de roble.

Perfil

(capa superficial, de unos 3 cm de espesor, de hojas y ramitas)

0 - 2 cm — Pardo oscuro (7,5YR 3/2, en seco); rojo muy oscuro (2,5YR 2/2, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino ligeramente turboso; muy friable; estructura migajosa muy fina; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos; pH 6,0, pero manchas de micelios funginos tienen pH 5,0,

2 - 22 cm — Pardo oscuro a pardo rojizo oscuro (7,5 - 5YR 3/2, en seco); pardo rojizo oscuro (5YR 2/2, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino a suelo franco; friable a firme en húmedo; estructura granular y en bloques muy fina; muchísimas raíces; muy difícil de mojar cuando está seco, pero no adherente y muy ligeramente plástico cuando húmedo; límites difusos; pH, 5,4,

22 - 32 cm — Pardo (7,5YR 4/4, en seco), pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); suelo franco; friable, suelto y blando en seco; estructura muy débilmente desarrollada en bloques subangulares muy finos que se deshacen en gránulos muy finos; algunos módulos de suelo redondeados, muy firmes, muy finos (1/8 a 1/16 de centímetro de diámetro); no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites difusos; pH 5,6,

32 - 65 cm — Pardo (7,5YR 4/4, en seco); pardo oscuro a pardo amarillento oscuro (7,5YR 3/2 - 10YR 4/4, en húmedo); suelo franco a suelo franco arcillo-limoso; muy friable, muy suelto y esponjoso en seco; estructura débilmente desarrollada en bloques, pero cuando está seco en las trincheras de los caminos muestra estructuras prismáticas irregulares; los agregados finales en el suelo húmedo no son ya sino terrenos; múltiples módulos duros de suelo, algunos de hasta 0,5 cm de diámetro; muy difícil de mojar cuando está completamente seco; no adherente pero moderadamente práctico cuando está muy humedecido; límites difusos,

65 - 130 cm — Pardo amarillento oscuro (aproximadamente 7,5YR 5/6, en seco; 10YR 4/4, en húmedo) suelo franco arcillo-limoso: friable a firme; estructura muy débilmente desarrollada en bloques, apenas discernible en la masa del suelo húmedo, pero que en las trincheras de los caminos se presenta en estructuras prismáticas muy fuertes, cuando irregulares, que se desagregan en gránulos; muy ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos; pH 5,8,

sobre .. — capas de deposición de cenizas y lechos de cenizas estratificados de color pardo amarillento en parte pumíticos y en ciertos casos compactos y muy duros en seco; pH, 6,0 - 6,4.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hygrous alvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil núm. 19 - **Suelo franco limoso Arrayán**

Ubicación	: 20 Km al sudeste de Chillán, cerca de Quiriquina, provincia de Ñuble,
Altitud	: 340 m.
Relieve	: Llano a muy suavemente ondulado.
Roca madre	: Aluvium volcánico sobre gravas fluviales.
Cubierta vegetal	: Praderas mejoradas (originalmente bosque de roble, roturado y sometido al cultivo desde hace unos 150 años).

Perfil

0 - 50 cm	Gris oscuro (10YR 4/1, en seco); negro (10YR 2/1, en húmedo); suelo franco limoso; friable a firme; de estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares irregulares gruesos, que se deshacen en gránulos irregulares gruesos; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos pero algo alterados por la acción de los gusanos; algunas manchas de color amarillento pálido debidas a la acción de los gusanos en la base de este horizonte,
50 - 140 cm	Pardo amarillento pálido (10YR 6/4, en seco); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); suelo franco arenoso fino; friable; de estructura moderadamente bien desarrollada en bloques medianos y finos en el suelo húmedo, pero en los lados de las excavaciones secas aparece una fisuración vertical muy intensa que recuerda prismas alargados; muy ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,
140 - 180 cm	Amarillo pardusco (10YR 6/6, en seco); pardo amarillento (10YR 5/6, en húmedo); suelo franco arcillo-arenoso; firme; estructura fuertemente desarrollada en bloques angulares gruesos, que se deshacen en bloques más finos y gránulos gruesos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites bruscos,
sobre..	grava fluvial fina parcialmente cementada y arcilla.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965); suelo "subhygrous alvic" con horizonte "B" sencillo y subsuelo firme.

Perfil núm. 20 - Suelo franco arenoso fino Baguales

Ubicación : Baguales Alto, a unos 7 Km de Coyhaique, provincia de Aysén.
Altitud : Unos 300 m.
Relieve : Tierras altas suavemente accidentadas.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas subaéreas
Cubierta vegetal : Bosque de lenga, recientemente talado; sembrado en parte de gramíneas.

Perfil

0 - 18 cm — Pardo oscuro (7,5YR 3/2, en seco); pardo rojizo oscuro, (5YR 2/2, en húmedo); suelo franco arenoso fino; friable; estructura débilmente desarrollada en gránulos medianos, que se deshacen fácilmente en terrones; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,

18 - 43 cm — Pardo (7,5YR 4/4 en seco); pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); suelo franco arenoso ; friable a firme; estructura fuertemente desarrollada en bloques gruesos, que se deshacen en gránulos; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites imprecisos,

43 - 75 cm — Pardo amarillento oscuro a pardo (10YR - 7,5YR 4/4, en seco); pardo amarillento oscuro a rojo amarillento (5YR 3/4 - 4/6, en húmedo); suelo franco arenoso denso; estructura débilmente desarrollada en bloques gruesos que se desagregan en bloques angulares finos y gránulos gruesos; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,

sobre .. — arena gruesa con grava, con algo de arcilla; la grava es generalmente pumítica.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): suelo "hygrous subalvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil núm. 21 - Suelo franco limoso Cautín, facies San Patricio

Ubicación : 12 Km al norte de Curacautín, carretera a Termas de Tolhuaca, provincia de Cautín.
Altitud : 585 m.
Relieve : Tierra baja accidentada.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas, principalmente subaéreas.
Cubierta vegetal : Bosque de roble.

Perfil

0 - 15 cm — Pardo amarillento oscuro (10YR 4/2, en seco); pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); suelo franco limoso que al tacto resulta arenoso fino muy ligero; friable a firme; estructura muy fuertemente desarrollada en bloques angulares muy finos; muy ligeramente adherente y ligera a moderadamente plástico en húmedo; límites difusos,

15 - 30 cm — Pardo (10YR 4/3, en seco); pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); suelo franco limoso; friable a firme; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos y finos que se deshacen con gran facilidad en gránulos finos y terrones; se desmenuza fácilmente en los cortes expuestos de las carreteras; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites difusos,

30 - 90 cm — Pardo a pardo intenso (7,5YR 4/4 - 5/5, en seco); pardo (7,5YR 3/2, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso; muy friable, blando y suelto cuando está seco; generalmente sin estructura en la masa, pero que se deshace en bloques débilmente desarrollados de todos los tamaños y también en gránulos y terrones; ligera a moderadamente adherente y moderadamente plástico en húmedo; entre los 50 cm y 90 cm hay una banda discontinua de material pumítico grueso amarillento claro, como si se hubiese incorporado en el perfil una capa antigua de deposición de lodo; los límites del horizonte principal son definidos,

90 - 120 cm — Pardo amarillento (10YR 5/6, en seco); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso denso a suelo franco arcilloso ligero; firme a friable, ligeramente duro cuando está muy seco; estructura fuertemente desarrollada en bloques regulares gruesos, con los ejes verticales más largos, y agregados aislados, que se deshacen en gránulos y algunos terrones; tiene notables grietas debidas a la contracción en las trincheras expuestas de los caminos cuando está seco, lo que le da el aspecto de una estructura columnar irregular o prismática gruesa; moderadamente adherente y moderada a fuertemente plástico en húmedo, límites definidos,

sobre.. — suelo franco arcilloso (pumítico) ligeramente arenoso, pardo amarillento pálido, seguido de otros estratos de deposición, algunos limosos y compactos y otros arenosos y menos compactos.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): suelo "subhydrous alvic" con horizonte "B" iluvial débil; melanización forestal.

Perfil Nº 22 - Suelo franco limoso Cautín, facies Los Prados

Ubicación : Fundo "Los Prados", unos 55 Km al nordeste de Temuco, provincia de Cautín.
Altitud : 525 m.
Relieve : Muy suavemente accidentado.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas, principalmente subaéreas.
Cubierta vegetal : Matorral secundario, con michay, chacay, reomerillo y algunas praderas de "tussock" de Festuca. El bosque original de roble se taló hace 50 años y la tierra se dedicó ocasionalmente al cultivo del trigo; se sembró este cereal por última vez hace cinco años.

Perfil

0 - 25 cm — Gris muy oscuro (10YR 3/1, en seco); negro (5YR 2/1, en húmedo); suelo franco limoso; friable; estructura granular muy fina, ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

25 - 60 cm — Pardo (7,5YR 4/4, en seco); pardo muy oscuro a pardo rojizo (7,5YR 3/2 - 5YR 4/4, en húmedo); suelo franco-limoso; firme a friable; estructura fuertemente desarrollada en bloques gruesos, que se deshacen en bloques angulares medianos y finos y se desmenuzan todavía más en gránulos gruesos frágiles; todos los agregados son más bien frágiles; muy débilmente adherente pero ligera a moderadamente plástico en húmedo; se ven a veces escamas de arcilla sobre los agregados mayores; límites difusos,

60 - 80 cm — Pardo a pardo intenso (7,5YR 5/4 - 5/6, en seco); pardo a pardo amarillento oscuro (7,5YR 6/2 - 10YR 4/4, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso; más bien firme; sin estructura reconocible en la masa, pero se desagrega en bloques angulares débilmente desarrollados que a su vez se deshacen en bloques muy finos, gránulos y terrones; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites d fusos,

80 - 120 cm — Pardo claro (7,5YR 6/4, en seco); pardo intenso (7,5YR 5/6, en húmedo); suelo franco arcilloso de transición a suelo franco arcillo-arenoso; firme a friable; sin estructura reconocible en la masa, pero puede desagregarse fácilmente en bloques de todos los tamaños y gránulos; ligeramente adherente y plástico en húmedo; contiene fragmentos de pómez en la parte inferior; límites definidos,

sobre .. — lechos antiguos de cenizas y capas de deposición estratificados de color pardo intenso en general a pardo amarillento oscuro.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "subhydrous alvic" con perfil "B" iluvial débil; melanización herbácea.

Perfil num. 23 - Suelo franco limoso Cautín, facies Cumbli

Ubicación : 43 Km al sudeste de Temuco en la carretera a Cunco, provincia de Cautín.
Altitud : Unos 480 m.
Relieve : Suavemente accidentado.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas, en parte loéssicas.
Cubierta vegetal : Hierbas de las cunetas, anteriormente bosque de roble.

Perfil

0 - 15 cm — Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2 - 3/2, en seco); pardo rojizo oscuro a pardo oscuro (5YR 3/4 - 7,5YR 3/2, en húmedo); suelo franco limoso; firme a friable; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares gruesos que se deshacen en gránulos y terrones; ni adherente ni plástico en húmedo; límite definido,

15 - 21 cm — Pardo (7,5YR 5/2, en seco); pardo rojizo a pardo (5YR 4/4 a 7,5YR 4/4, en húmedo); suelo franco limoso; muy friable, suelto cuando está seco; de estructura muy débilmente desarrollada en bloques irregulares que se deshacen casi inmediatamente en gránulos muy finos y terrones, exceptuados los terrones mayores que son bastante firmes y más resistentes a la presión; no adherente y muy ligeramente plástico; límites muy difusos e irregulares,

21 - 95 cm — Pardo amarillento (10YR 5/4, en seco); pardo intenso a pardo (7,5YR 5/6 - 4/4, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso; firme, ligeramente duro cuando está seco; de estructura fuertemente desarrollada en bloques muy gruesos con ejes verticales largos, que se deshacen en bloques gruesos medianos y finos y gránulos; los cortes secos de las carreteras muestran apreciables grietas verticales, debidas a la contracción, en forma de columnas irregulares; agregados pequeños porosos; los agregados mayores tienen débiles escamas de arcilla; ligeramente adherente y ligera a moderadamente plástico en húmedo; límites difusos,

95 - 150 cm — Análogo al anterior pero de suelo franco arcillo-limoso más denso; límites definidos,

150 - 180 cm — Pardo intenso a pardo amarillento (7,5YR 5/6 - 10YR 4/4, en húmedo); suelo franco arcilloso; firme; de estructura fuertemente desarrollada en bloques angulares medianos y finos con agregados porosos y escamas superficiales de arcilla; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,

180 - 390 cm — Pardo intenso a rojo amarillento (7,5YR 5/6 - 5YR 4/6, en húmedo) cuando se le corta con la pala, pero pardo rojizo (5YR 3/3, en húmedo) en las superficies expuestas de las trincheras de los caminos; arcilla limosa; firme; estructura ligeramente prismática, que se desagrega por fuerte presión en bloques medianos y finos y gránulos; muchas escamas de arcilla y superficies de presión; agregados muy finamente porosos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites difusos,

sobre.. — lecho más antiguo de cenizas marcadamente estratificado; color general rojo amarillento en húmedo; principalmente arcillas limosas y bien estructurado.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "subhydrous alvic" con horizonte "B" iluvial débil.

Perfil num. 24 - Arena gruesa franca Icalma

Ubicación	: Aproximadamente 0,5 Km al oeste de la oficina de correos, colonia Icalma provincia de Malleco.
Altitud	: 1.090 m.
Relieve	: Fuertemente accidentado.
Roca madre	: Cenizas pumítico-riolíticas.
Cubierta vegetal	: Pastizales toscos, anteriormente bosque de Araucaria.

Perfil

0 - 30 cm	Negro (10YR 2/1, en húmedo); arena gruesa franca; firme a friable; estructura débilmente desarrollada en bloques gruesos, que se desagregan en gránulos muy finos y terrones; no adherente y muy ligeramente plástico; límites difusos,
30 - 55 cm	Pardo oscuro (10YR 4/4, en húmedo); arena gruesa franca; friable a muy friable; estructura fuertemente desarrollada en granos muy finos y terrones; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites imprecisos,
55 - 80 cm	Pardo a pardo amarillento oscuro (10YR 4/3 - 4/4, en húmedo); suelo franco arenoso grueso con terrones de pómez en meteorización; muy friable; estructura granular fina muy fuertemente desarrollada; muy ligeramente adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites bruscos,
80 - 170 cm	Amarillo (10YR 8/6, en húmedo); grava pumítica; firmemente apelmazada; terrones de pómez angulares y cuyo tamaño oscila entre 9 cm y menos de 1 cm; algo de grava negra fina mezclada con la pómez; límites difusos,
170 - 210 cm	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2 en húmedo); suelo franco arenoso grueso; friable a firme; sin estructura claramente distinguible en la masa, pero se desagrega en gránulos muy finos y terrones; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; (en su mayoría representa probablemente un antiguo horizonte de capa arable enterrado); límites difusos,
210 - 230 cm	Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2, en húmedo); suelo franco arenoso con algo de grava; firme a friable; sin estructura visible en la masa, pero se desagrega en bloques finos irregulares y gránulos; terrones de pómez en meteorización en todo este horizonte; ligeramente adherente pero sólo muy ligeramente plástico en húmedo; límites imprecisos,
sobre..	suelo franco arenoso, con grava, pardo intenso (7,5YR 5/6 en húmedo), con muchos estratos pumíticos que se continúan en más de 5 m de profundidad.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): suelo "subhydrous el-subalvic" de transición a "Amoregic".

Perfil num. 25 - Suelo franco a suelo franco limoso Vilcún

Ubicación	: Estación Experimental del Ministerio de Agricultura "Santa Amalia", Vilcún, Provincia de Cautín.
Altitud	: Unos 180 m.
Relieve	: Más o menos horizontal.
Roca madre	: Aluvium volcánico.
Cubierta vegetal	: Restos del bosque primitivo de roble, con laurel, lingue y coigüe.

Perfil

(capa superficial de humus forestal hojoso, de 1,5 cm de espesor, aproximadamente, muy granular)

0 - 30 cm	Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2, en seco); pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo oscuro (10YR 3/4, triturado); suelo franco a suelo franco limoso; friable a firme; de estructura muy fuertemente desarrollada en bloques muy finos y granos gruesos; no adherente, ligeramente plástico en húmedo; muchos orificios de gusanos en la superficie; límites definidos,
30 - 60 cm	Pardo (7,5YR 4/4, en seco); pardo oscuro a pardo (7,5YR 3/2 a 10YR 3/3, en húmedo); pardo oscuro a pardo amarillento oscuro (10YR 4/3 a 4/4, triturado, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino, a veces con grava redondeada muy fina; friable; estructura muy débilmente desarrollada en bloques medianos y finos, que se desagregan en gránulos muy finos y terrones; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos,
60 - 90 cm	Pardo amarillento (10YR 5/4, en seco); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); pardo intenso (7,5YR 5/6, triturado, en húmedo); suelo franco arenoso fino con cantos redondeados pequeños más frecuentemente; muy friable; sin estructura visible en la masa, pero se desagrega en gránulos finos y terrones; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,
90 - 120 cm	Pardo amarillento (10YR 5/6, en seco); pardo amarillento oscuro a pardo amarillento (10YR 4/4 - 5/4, en húmedo); arena franca con abundancia de grava y algunos cantos mayores; firme y más bien compacto, quizás ligeramente cementado con óxidos de hierro; sin estructura visible en la masa, se desagrega irregularmente; ligeramente adherente, ligera a moderadamente plástico en húmedo; límites imprecisos,
sobre..	arena franca, con grava, poco compacta de color semejante al del último horizonte, firme, y sin estructura visible en la masa.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): suelo "subhydrous alvic" con horizonte "B" sencillo; fuertemente melanizado.

Perfil num. 26 - Suelo franco limoso Temuco, fase profunda

Ubicación : 26 km al sur de Temuco, cerca de Pitrufqué, provincia de Cautín.
Altitud : Unos 110 m.
Relieve : Más o menos horizontal.
Roca madre : Aluvium volcánico mezclado con loess volcánico.
Cubierta vegetal : Hierbas de las cunetas, anteriormente bosque de roble y lingue.

Perfil

0 - 15 cm — Pardo grisáceo oscuro a pardo (10YR 4/2 - 4/3, en seco); pardo oscuro (10YR 3/3, en húmedo); suelo franco limoso; ligeramente firme en húmedo, ligeramente duro cuando está seco; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares finos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,

15 - 30 cm — Pardo (10YR 4/3, en seco); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); suelo franco limoso; muy friable, blando y algo suelto en seco; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares medianos que se deshacen fácilmente en gránulos muy finos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos,

30 - 50 cm — Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); suelo franco limoso; suelto y friable en húmedo; blando en seco; muchas cámaras de escarabajos peloteros en este horizonte; estructura muy débilmente desarrollada en bloques subangulares medianos, que se deshacen en bloques finos y gránulos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos,

50 - 70 cm — Pardo amarillento (10YR 5/6, en seco); pardo amarillento oscuro (10YR 4/6, en húmedo); suelo franco limoso a suelo franco limoso denso; muy friable, blando y esponjoso cuando está seco; estructura irregular en gránulos muy finos y terrones; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,

70 - 170 cm — Arena mediana ligeramente cementada con líneas de grava redondeada, algunos de cuyos cantos están recubiertos de manganeso y hierro; límites definidos,

sobre.. gravas de color grisáceo o pardo aceituna semicementadas y arena.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "subhydrous alvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 27 - Suelo franco arenoso muy fino Trevolhue

Ubicación : Aproximadamente a 17 km de Carrahue en la carretera a Colonia Matte y Sánchez, provincia de Cautín.
Altitud : Unos 250 m.
Relieve : Suavemente accidentado.
Roca madre : Loess volcánico llevado por el viento desde el lecho fluvial adyacente, mezclado con loess micáceo local procedente de cerros esquistosos.
Cubierta vegetal : Hierbas de las cunetas, anteriormente bosque de roble.

Perfil

0 - 20 cm. Pardo oscuro (10YR 4/3 - 2/2, en seco); pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino; friable; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares finos, que se deshacen en gránulos finos y terrones; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites difusos,

20 - 45 cm Pardo amarillento (10YR 5/4, en seco); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); suelo franco limoso denso; friable, estructura muy débilmente desarrollada en bloques, que se desagregan irregularmente en bloques angulares finos, gránulos, etc.; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites imprecisos,

45 - 70 cm Pardo amarillento (10YR 5/6, en seco); pardo amarillento oscuro a pardo (10YR 4/4 - 4/3, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso; muy friable; estructura moderadamente desarrollada en bloques gruesos con aspecto definidamente prismático, que se deshacen muy fácilmente en terrones; los cortes secos de las carreteras muestran amplias grietas verticales, debidas a la contracción, que parecen columnas irregulares; ligera a moderadamente adherente y ligera a moderadamente plástico cuando está perfectamente humedecido; límites bruscos,

sobre.. arcilla limosa de color pardo rojizo oscuro (2,5YR 2/4, en húmedo) de los lechos de cenizas volcánicas mucho más antiguos en que dominan las arcillas caoliníticas; estructuras prismáticas muy desarrolladas; muy fuertemente plástica.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "subhydrous alvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 28 - Suelo franco limoso Puerto Octay

Ubicación	: Estación Experimental del Ministerio de Agricultura Centinela, Puerto Octay, provincia de Osorno.
Altitud	: Unos 200 m.
Relieve	: Casi llano.
Roca madre	: Cenizas volcánicas andesíticas, principalmente subaéreas.
Cubierta vegetal	: Bosque de roble con laurel, quila, etc.

Perfil

0 - 13 cm	Pardo muy oscuro (10YR 2/2, en seco); negro (10YR 2/1, en húmedo); suelo franco limoso; friable; estructura moderadamente desarrollada en granos finos y muy finos; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites difusos; pH, 6,4,
13 - 33 cm	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en seco); pardo oscuro (10YR 2/2, en húmedo); suelo franco limoso; friable, blando en seco; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos y finos; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos; pH, 6,3,
33 - 59 cm	Pardo (10YR 4/3, en seco); pardo oscuro (10YR 3/3, en húmedo); suelo franco limoso; friable, blando cuando está seco; estructura fuerte en bloques subangulares medianos, que se deshacen en gránulos gruesos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites definidos; pH, 6,0,
59 - 100 cm	Pardo amarillento (10YR 5/4, en seco); pardo oscuro (7,5YR 3/4, en húmedo); suelo franco limoso; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares finos y muy finos; friable a firme; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos; pH, 5,8,
100 - 128 cm	Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en seco); pardo oscuro (10YR 3/4, en húmedo); suelo franco limoso; firme a friable; estructura débilmente desarrollada en bloques finos, que se deshacen en gránulos muy finos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos; pH,5,8,
sobre..	suelo franco arcilloso pardo (10YR5/3, en seco); pardo oscuro (10YR 3/4, en húmedo), algo compacto en la parte superior y quizás débilmente cementado con hierro y sílice; algunas gravas basálticas mezcladas con el material; firme; sin estructura reconocible en la masa; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; precipitación ocasional de manganeso sobre la grava.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 29 - Suelo franco arenoso fino Puerto Octay

Ubicación : 1,5 km al noroeste de Puerto Varas en la Carretera Panamericana, provincia de Llanquihue.
Altitud : 140 m.
Relieve : Suavemente accidentado.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas y riolíticas mezcladas.
Cubierta vegetal : Hierbas de las cunetas, anteriormente bosque.

Perfil

0 - 15 cm — Pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); suelo franco arenoso fino; friable; estructura muy fuertemente desarrollada en bloques subangulares finos, que se deshacen en bloques muy finos y gránulos gruesos; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,

15 - 40 cm — Pardo a pardo intenso (10YR 5/4 - 5/2, en húmedo); suelo franco arenoso; friable; más bien masivo (es decir, sin estructura visible), pero se deshace en gránulos gruesos; muy ligeramente adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites difusos,

40 - 60 cm — Pardo intenso a rojo amarillento (7,5YR 5/6 - 5YR 5/6, en húmedo); suelo franco limoso; muy friable; blando y suelto cuando está seco; estructura débilmente desarrollada en bloques gruesos que se deshacen en gránulos y terrones; cierto desarrollo de grietas verticales, debidas a la contracción, en los cortes de las carreteras; muy ligeramente adherente; ligera a moderadamente plástico en húmedo; terrones ocasionales de suelo franco arenoso amarillo pardusco, firme, en el límite inferior de este horizonte; límites definidos,

60 - 120 cm — Pardo (10YR 4/3, en húmedo); suelo franco arcilloso ligeramente arenoso; firme a muy firme; más bien duro en seco; estructura fuertemente desarrollada en bloques gruesos que se deshacen en bloques irregulares finos y medianos; algunas manchas grisáceas de arcilla arenosa incluidas en este horizonte, como si el material contuviese los restos de una antigua deposición de lodo; muy ligeramente adherente, moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,

120 - 140 cm — Pardo intenso a amarillo pardusco (10YR 5/8 - 6/8, en húmedo); suelo franco arcilloso a arcilla; friable a firme; pequeñas máculas blancuzcas de arena pumítica visibles en todo este horizonte; estructura débilmente desarrollada en bloques medianos, gruesos y finos, que se deshacen en gránulos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,

sobre.. — suelo franco arcillo-arenoso con muchos cantos y mucha grava, compacto y duro cuando está seco; parte superior débilmente cementada con sílice, arcilla y quizás hierro; los cantos redondeados están muy poco meteorizados; delgado fierrillo a 160 cm, de 0,5 cm de espesor, aproximadamente, que pasa alrededor de cantos; bajo el fierrillo hay un lecho espeso de material pétreo arcilloso que recuerda el "till" glacial.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 30 - Suelo franco arenoso muy fino Puerto Fonck

Ubicación : 1 km al este de Puerto Fonck, provincia de Osorno.
Altitud : Unos 70 m.
Relieve : Accidentado.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas y riolíticas mezcladas.
Cubierta vegetal : Hierbas de las cunetas, anteriormente bosque.

Perfil

0 - 30 cm — Pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo grisáceo (10YR 5/2, en seco); suelo franco arenoso muy fino; friable; estructura débilmente desarrollada en bloques gruesos que se desagregan fácilmente en gránulos muy finos y terrones; ni adherente ni plástico en húmedo; límites difusos; pH, 5,8,

30 - 50 cm — Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); pardo amarillento (10YR 5/4, en seco); suelo franco; muy friable, blando y bastante suelto en seco; estructura muy débilmente desarrollada en bloques medianos y finos que se deshacen en gránulos finos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, 5,8,

50 - 65 cm — Pardo amarillento (10YR 5/6, en húmedo); pardo claro (10YR 6/3, en seco); suelo franco arcilloso; muy friable a friable; estructura débilmente desarrollada en bloques que se deshacen en gránulos gruesos y finos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos; pH, 5,9,

65 - 110 cm — Pardo amarillento (10YR 5/8, en húmedo); pardo amarillento claro (10YR 6/4, en seco); suelo franco, muy friable, pero moderadamente compacto en el terreno; sin estructura visible en la masa, pero se deshace en gránulos y terrones sometido a firme presión; ligeramente adherente y ligera a moderadamente plástico cuando está húmedo; límites bruscos; pH, 6,0,

110 - 190 cm — Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); suelo franco arcillo-arenoso; friable; estructura débilmente desarrollada en bloques muy gruesos, que se desagregan en bloques finos y gránulos; una línea de terrones duros de color amarillo pardusco (10YR 6/8, aproximadamente) de suelo franco arenoso atraviesa este horizonte a unos 130 cm de profundidad; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; el color natural de muchos de los agregados es ligeramente más rojizo (es decir, 7,5YR 5/6, aproximadamente), pero, por trituración, el color de este suelo vuelve a ser el predominante (10YR 4/4); límites difusos,

sobre.. — suelo franco arcillo-arenoso grueso amarillo (10YR 7/6) muy compacto, con muchos terrones en meteorización de pómez y algunos fragmentos de andesita en meteorización. A unos 300 cm de la superficie aparecen gravas glaciales.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 31 - Suelo franco limoso Puerto Fonck

Ubicación	: Unos 10 km antes de la terminación de la carretera al Lago Rupanco, provincia de Osorno.
Altitud	: 200 m, aproximadamente.
Relieve	: Accidentado.
Roca madre	: Cenizas volcánicas andesíticas.
Cubierta vegetal	: Bosque, con ulmo, laurel, arrayán, etc.

Perfil

0 - 10 cm	Negro (10YR 2/1, en húmedo); rojo muy oscuro (2,5YR 2/2, en seco); suelo franco limoso algo turboso; muy friable; estructura migajosa muy fuertemente desarrollada; gran abundancia de raíces; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,
10 - 50 cm	Pardo rojizo muy oscuro (5YR 2/2 - 2/1, en húmedo); pardo oscuro (7,5YR 3/2, en seco); suelo franco limoso denso; firme a friable; estructura fuertemente desarrollada en bloques medianos y finos que se desagregan en gránulos finos; ligeramente adherente; ligera a moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,
50 - 70 cm	Negro a pardo rojizo muy oscuro (5YR 2/1 - 2/2, en húmedo, casi el mismo color, quizás un poco más pardo, en seco); suelo franco arenoso fino; friable; sin estructura visible en la masa, pero que se deshace muy fácilmente en gránulos finos y terrones; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico cuando está húmedo; límites difusos;
70 - 120 cm	Aproximadamente pardo oscuro a pardo amarillento oscuro (10YR 3/3, en húmedo); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en seco); suelo franco limoso con muchísimos fragmentos de pómez; friable a firme sin estructura visible en la masa, pero que se deshace con facilidad en gránulos muy finos y terrones; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,
sobre..	suelo franco arcillo-limoso pardo amarillento oscuro; al que suceden estratos semejantes que van desde arcillo-limosos a franco arcillo-arenosos gruesos con grava pumítica en meteorización; algunas capas compactas y otras bastante sueltas.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 32 - Suelo franco limoso Puyehue

Ubicación : 8 km al sur de Puyehue, provincia de Osorno.
Altitud : 550 m, aproximadamente.
Relieve : Muy accidentado.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas principalmente.
Cubierta vegetal : Bosque, con tepa, ulmo, arrayán, picha, etc.

Perfil

0 - 15 cm — Pardo muy oscuro a negro (10YR 2/2 - 2/1, en húmedo); pardo muy oscuro (10YR 2/2, en seco); suelo franco limoso; friable; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos y gruesos, que se desagregan en gránulos finos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; muchísimos fragmentos blancuzcos de pómez; límites difusos; pH, 6,0,

15 - 38 cm — Pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en seco); suelo franco limoso; friable; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos y finos; que se deshacen en bloques muy finos y gránulos gruesos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites definidos; pH, 6,0,

38 - 60 cm — Pardo muy oscuro a pardo grisáceo muy oscuro (10YR 2/2-3/2, en húmedo); pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2, en seco); suelo franco; friable a firme; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos y finos, que se deshacen en gránulos gruesos; estos gránulos se desagregan aún más, sometidos a presión muy ligera, en gránulos muy finos; muy ligeramente adherente y muy ligeramente plástico cuando está húmedo; límites imprecisos; pH, 5,8,

60 - 90 cm — Pardo muy oscuro (10YR 2/2 - 3/2, en húmedo); pardo oscuro (10YR 3/3, en seco); suelo franco limoso; friable en húmedo, blando en seco; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares finos, que se deshacen en gránulos; ligeramente plástico y ligeramente adherente en húmedo; límites difusos; pH, 5,7,

90 - 150 cm — Pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo oscuro (10YR 3/3, en seco); suelo franco limoso con abundancia de partículas minerales negras finas; friables; estructura como la del horizonte anterior; ligeramente adherente, ligera a moderadamente plástico en húmedo; límites difusos; pH, 6,0,

150 - 188 cm — Pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); pardo marillento oscuro (10YR 4/4, en seco); suelo franco; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos, que se desagregan muy fácilmente en gránulos y terrones; no adherente y no plástico o muy ligeramente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, 6,1,

188 - 250 cm — Pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en seco); suelo franco denso; friable a firme, ligeramente duro cuando está seco; estructura débilmente desarrollada en bloques medianos, que se deshacen en gránulos gruesos; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos; pH, 6,3,

sobre.. — lechos estratificados de cenizas de color pardo oscuro a pardo principalmente, algunos con un color ligeramente rojizo; texturas franca a franco arcillosa; algunos estratos son ligeramente compactos.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 33 - Suelo franco arenoso Choshuenco

Ubicación : Fundo Chan-Chan, en el circo del largo Panguipulli, provincia de Valdivia.
Altitud : 850 metros.
Relieve : Muy accidentado a montañoso.
Roca madre : Cenizas andesíticas básicas.
Cubierta vegetal : Bosque, con roble, olivillo, ulmo, quila, etc.

Perfil

0 - 5 cm — Negro (2,5YR 2/0, en húmedo); suelo franco arenoso turboso, con muchos residuos forestales en descomposición; muy friable; estructura migajosa; no adherente y casi no plástico en húmedo; límites definidos,

5 - 25 cm — Rojo muy oscuro a negro (2,5YR - 2/2 - 2/0, en húmedo); suelo franco arenoso ligeramente turboso; muy friable; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares muy finos y gránulos; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

25 - 45 cm — Pardo rojizo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro (5YR 2/2 a 10YR 3/2, en húmedo); arena franca con grava; muy friable y suelto cuando está húmedo; muchos fragmentos pumíticos y escoriáceos grandes; sin estructura perceptible; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

sobre.. diversos estratos de lechos de cenizas y capas de deposición, de color rojo amarillento en general (5YR 4/6, en húmedo), pero con algo de arena franca muy pumítica de color amarillento pálido y otra basáltica casi negra; estructura, compacidad y consistencia muy diversas.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965: Suelo "hydrous subalvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 34 - Suelo franco arenoso grueso, con grava, Rupanco

Ubicación : Al final de la carretera del lago Rupanco, unos 15 km al oeste de Gaviota, provincia de Osorno.
Altitud : 275 m, aproximadamente.
Relieve : Accidentado a suavemente accidentado.
Roca madre : Cenizas volcánicas (pumíticas) riolíticas.
Cubierta vegetal : Bosque, con laurel, ulmo, etc.

Perfil

0 - 45 cm — Negro (5YR 2/1, en húmedo); gris oscuro (5YR 4/1, en seco); suelo franco arenoso grueso, con grava; friable; estructura débilmente desarrollada en gránulos finos; ni adherente ni plástico en húmedo; límites imprecisos,

45 - 65 cm — Pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo grisáceo (10YR 5/2, en seco); arena franca con grava; bastante firmemente apelmazada; sin estructura visible en la masa, pero que se deshace adoptando una estructura débilmente desarrollada en gránulos muy finos con muchos gránulos, algunos de los cuales son claramente pumíticos; ni adherente ni plástico en húmedo; límites claros y ondulados,

65 - 150 cm — Pardo a pardo intenso (7,5YR 4/4 - 5/6, en húmedo); amarillo (10YR 7/6, en seco); grava gruesa, generalmente pumítica; firme y densamente apelmazado, pero que se deshace, cuando se suelta, en fragmentos pumíticos; ni adherente ni plástico en húmedo; la pómez está sólo muy ligeramente reblandecida por la meteorización; límites bruscos,

150 - 195 cm — Pardo (10YR 4/3, en húmedo); pardo amarillento claro (10YR 6/4, en seco); suelo franco arcillo-arenoso a veces con fragmentos de pómez blanda; friable a firme; estructura muy débilmente desarrollada en bloques, que se desagregan en gránulos finos; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,

sobre.. — suelo franco arenoso con bastante grava en general y con muchos fragmentos de pómez reblandecida en meteorización; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); amarillo pardusco (10YR 6/8, en seco); friable a firme, algo duro cuando está seco; sin estructura visible en la masa, pero que se deshace irregularmente en bloques angulares gruesos y medianos; muy ligeramente adherente, ligera a moderadamente plástico en húmedo; otras varias capas pumíticas, todas las cuales muestran un aumento sucesivo en la meteorización de la pómez, se hallan por bajo de 250 m.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous subalvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 35 - Arena franca Quillelhue

Ubicación	: Unas 69 millas al este-sudeste de Pucón en la carretera a Argentina, provincia de Cautín.
Altitud	: 720 m, aproximadamente.
Relieve	: Muy accidentado.
Roca madre	: Cenizas volcánicas pumíticas, probablemente riolíticas en su mayoría.
Cubierta vegetal	: Bosque de coigüe.

Perfil

0 - 15 cm	Pardo rojizo oscuro (5YR 2/2, en húmedo); pardo (7,5YR 4/2, en seco); arena franca; muy friable; estructura fuertemente desarrollada en granos muy finos y terrones; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,
15 - 35 cm	Pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo pálido (10YR 6/3, en seco); arena franca con algunos finos fragmentos de pómez; friable a firme; estructura muy débilmente desarrollada en granos muy finos y terrones; suelto y blando en seco; no adherente y no plástico cuando está húmedo; límites definidos,
35 - 110 cm	Pardo amarillento (10YR 5/8, en húmedo); amarillento (10YR 7/6, en seco); grava pumítica densamente apelmazada de tamaño más bien grueso; friable cuando se desprende de la masa; no adherente y no plástico en húmedo; límite definidos,
110 - 210 cm	Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); pardo amarillento (10YR 5/8, en seco); suelo franco arenoso denso, con algo de grava, a suelo franco arcillo-arenoso grueso; firme; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares gruesos, que se deshacen en bloques finos; ligeramente adherente y ligera a moderadamente plástico en húmedo; límites difusos,
sobre..	lechos y capas de deposición de pómez alternativos que se continúan hasta más de 5 m de profundidad; color amarillo a pardo intenso, en general, en húmedo; algunas capas ligeramente compactas, posiblemente débilmente cementadas.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous subalvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 36 - Suelo franco arenoso grueso Pucón

Ubicación	: Unas 28 millas al este de Pucón, provincia de Cautín.
Altitud	: 500 m, aproximadamente.
Relieve	: Muy accidentado.
Roca madre	: Cenizas volcánicas riolítico-pumíticas.
Cubierta vegetal	: Hierbas de las cunetas, anteriormente bosque.

Perfil

0 - 15 cm	Pardo rojizo oscuro (5YR 2/2, en húmedo); pardo (7,5YR 4/2, en seco); suelo franco-arenoso grueso; friable; estructura granular muy fina y migajosa más bien indiferenciada; ni adherente ni plástico en húmedo; límites difusos,
15 - 30 cm	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en húmedo); pardo (10YR 5/3, en seco); suelo franco arenoso, con grava, con muchos terrones pequeños de pómez; muy friable; más bien suelto cuando está seco; estructura migajosa y granular débilmente desarrollada; no adherente y no plástico en húmedo; límites definidos,
30 - 60 cm	Pardo amarillento (10YR 5/8, en húmedo); amarillo (10YR 7/6, en seco); grava pumítica; bastante densamente apelmazado, pero se desagrega muy fácilmente en las trincheras secas de los caminos; fragmentos definidos de material leñoso carbonizado se hallan en los 5 mm superiores de este horizonte; ni adherente ni plástico cuando está húmedo; límites bruscos,
60 - 110 cm	Pardo intenso (7,5YR 5/6, en húmedo); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en seco); arena franca; más bien compacto en el terreno, pero sólo ligeramente firme en las muestras sacadas de éste; estructura débilmente desarrollada en bloques irregulares; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,
sobre..	diversos estratos que comprenden capas de pómez más bien gruesas, lechos de suelo franco arcillo-arenoso compacto, etc., de color amarillento a pardo intenso, en general, aunque también hay algunos rojo amarillentos; algunas capas pumíticas son bastante duras y probablemente están cementadas con sílice.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous subalvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 37 - Suelo franco arenoso muy fino Osorno

Ubicación : 8 km al sudeste de Osorno, provincia de Osorno.
Altitud : 65 m, aproximadamente.
Relieve : Suavemente accidentado y ondulado.
Roca madre : Cenizas andesíticas y riolíticas mezcladas, en parte loéssicas.
Cubierta vegetal : Hierbas de las cunetas, anteriormente bosque de roble.

Perfil

0 - 15 cm — Pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); pardo pálido (10YR 6/3, en seco); suelo franco arenoso muy fino; friable; estructura migajosa y granular muy fina; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

15 - 30 cm — Pardo oscuro (7,5YR 4/4, en húmedo); pardo amarillento (10YR 5/6, en seco); suelo franco limoso; muy friable; estructura en bloques subangulares finos, que se deshacen en terrones; ni adherente ni plástico cuando está húmedo; límites difusos,

30 - 50 cm — Pardo oscuro (7,5YR 4/4, en húmedo); pardo amarillento (10YR 5/6, en seco); suelo franco limoso; friable a firme, ligeramente duro en seco; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos y finos que se desagregan en gránulos; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos,

50 - 70 cm — Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); pardo amarillento claro (10YR 6/4, en seco); suelo franco limoso denso; friable; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos y finos que se deshacen en gránulos gruesos y finos; ligeramente adherente, ligera a moderadamente plástico en húmedo; límites difusos o imprecisos,

70 - 90 cm — Pardo amarillento oscuro a pardo intenso (10YR 4/4 - 7,5YR 5/6, en húmedo); pardo amarillento claro (10YR 6/4, en seco); suelo franco arcillo-limoso; friable a firme; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares medianos, que se desagregan fácilmente en bloques finos y gránulos gruesos; agregados bastante resistentes a la presión que aparecen revestidos ligeramente de una coloración amarillo rojizo (7,5YR 6/8, aproximadamente); ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,

90 - 110 cm — Pardo intenso (7,5YR 5/6, en húmedo); pardo claro (7,5YR 6/4, en seco); suelo franco limoso denso; firme; estructura débilmente desarrollada en bloques medianos, que se deshacen en bloques subangulares muy finos que no son tan resistentes a la presión como los del horizonte anterior; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites bruscos,

sobre.. suelo franco arcillo-arenoso, con grava, pardo intenso (7,5YR 5/6, en húmedo), de transición a lechos aluviales antiguos.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "subhydrous alvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 38 - Suelo franco arenoso fino Pelchuquín

Ubicación : 18,2 km al norte de Valdivia en la antigua carretera principal y unos 54 km al sur de San José de la Mariquina, provincia de Valdivia.
Altitud : 25 m, aproximadamente.
Relieve : Suavemente ondulado.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas y riolíticas, generalmente mezcladas, en parte de origen aluvial y en parte loéssicas.
Cubierta vegetal : Hierbas de las cunetas, anteriormente bosque.

Perfil

0 - 20 cm — Pardo (7,5YR 4/4, en húmedo); gris rosado (7,5YR 6/2, en seco); suelo franco arenoso fino; friable; estructura en bloques subangulares muy finos, que se deshacen fácilmente en terrones; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos; (a veces hay algunos fragmentos de carbón),

20 - 40 cm — Rojo oscuro (2,5YR 4/4 - 4/6, en húmedo); gris rosado (5YR 6/2, en seco); suelo franco arenoso; muy friable y difícil de mojar; estructura muy débilmente desarrollada en bloques irregulares, que se pulverizan con facilidad en granos; no adherente y casi no plástico en húmedo; límites bruscos,

40 - 100 cm — Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); pardo amarillento (10YR 5/4, en seco); suelo franco limoso denso a suelo franco arcillo-limoso; friable a firme; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos, que se desagregan en bloques muy finos y gránulos; ligeramente adherente y moderada a fuertemente plástico en húmedo; límites definidos,

100 - 200 cm — Pardo (10YR 4/4, en húmedo); pardo amarillento claro (10YR 6/4, en seco); arcilla limosa; firme a muy firme, muy duro cuando está seco; estructura muy fuertemente desarrollada en bloques gruesos, que se deshacen, sometidos a presión fuerte, en bloques muy finos aunque regulares y gránulos gruesos; algo prismático en los cortes de los caminos por causa de la meteorización; moderadamente adherente y fuertemente plástico en húmedo; límites bruscos,

200 - 300 cm — Pardo amarillento pálido (10YR 6/4, en húmedo); toba volcánica silícea cementada,

sobre.. arcilla, con grava, compacta y ligeramente cementada de depósitos aluviales muy antiguos.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic" con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 39 - Suelo franco limoso Castro

Ubicación	: Cerca del aeropuerto de Castro, isla de Chiloé, provincia de Chiloé.
Altitud	: Unos 50 m.
Relieve	: Accidentado a ondulado.
Roca madre	: Cenizas volcánicas andesíticas y riolíticas mezcladas, derivadas en parte de loess.
Cubierta vegetal	: Anteriormente bosque, actualmente pastizales abandonados.

Perfil

0 - 20 cm	Pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en seco); suelo franco limoso; friable; estructura moderadamente desarrollada en bloques medianos y gránulos finos; muy ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; el agua que escurre del suelo empapado es turbia y turbosa; cuando está completamente seco (como ocurre en verano en algunos cortes de los caminos) los gránulos flotan en el agua; límites difusos; pH, 5,0,
20 - 54 cm	Pardo muy oscuro (10YR 2/3, en húmedo); pardo oscuro (10YR 3/3, en seco); suelo franco limoso; friable; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos, que se deshacen en gránulos gruesos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, 5,0,
54 - 90 cm	Pardo amarillento muy oscuro (10YR 4/4 - 2/2, en húmedo); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en seco); suelo franco; friable a firme; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares medianos, que se deshacen en bloques finos y gránulos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; abundancia de partículas silíceas finas, porosas, blancuzcas; límites difusos; pH, 5,0,
90 - 100 cm	Matriz como la del horizonte anterior, pero con terrones incluidos de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); pardo a pardo amarillento (10YR 5/3 - 5/4, en seco); suelo franco arenoso denso; firme a friable en húmedo, pero bastante duro cuando está seco en los cortes de las carreteras; los terrones tienen de 7 cm a 15 cm de diámetro; son de forma irregular y se funden en su borde en la matriz circundante del horizonte; carecen de estructura visible en la masa pero se rompen en bloques finos irregulares y gránulos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; estos terrones probablemente representan los restos menos meteorizados de una antigua deposición de lodo que ha atravesado una fase de cementación ligera; pH de los terrones, 5,3,
100 - 140 cm	Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo o en seco); suelo franco arcillo-arenoso; firme a friable, bastante duro cuando está seco en los cortes de los caminos; estructura débilmente desarrollada en bloques angulares finos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; abundancia de partículas silíceas porosas de color pardo oscuro; límites imprecisos; pH, 5,3,
140 - 210 cm	Pardo amarillento oscuro a pardo amarillento (10YR 4/4 - 5/6, en húmedo); pardo pálido a pardo (10YR 5/3 - 6/3, en seco); suelo franco arcillo-arenoso ligero a suelo franco arenoso; friable; sin estructura visible en la masa, pero que se rompe en bloques finos muy débilmente desarrollados y gránulos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites definidos; pH, 5,3,

sobre.. arena franca gruesa, con grava, pardo oscuro (10YR 4/3, en húmedo); pardo muy pálido (10YR 7/3, en seco); con recubrimiento de óxido de manganeso sobre la superficie de los cantos de grava; firme, algo compacta, pero se deshace cuando se la comprime; cementación probablemente silícea; pH, 6,3.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic" con horizonte "B" aluvial-férreo incipiente.

Perfil num. 40 - Suelo franco limoso Quellón

Ubicación	: 4 km al noroeste de Quellón, isla de Chiloé, provincia de Chiloé.
Altitud	: Unos 100 m.
Relieve	: Suavemente accidentado a accidentado.
Roca madre	: Cenizas volcánicas andesíticas y riolíticas mezcladas.
Cubierta vegetal	: Anteriormente bosque que, actualmente, se está transformando en matorral.

Perfil

0 - 20 cm	Negro (10YR 2/1, en húmedo); pardo muy oscuro (10YR 2/2, en seco); suelo franco limoso; friable; ligeramente duro cuando está seco en las trincheras de las carreteras; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos y finos, que se deshacen en gránulos; ligeramente plástico y ligeramente adherente cuando está húmedo; límites imprecisos; pH, 4,8,
20 - 50 cm	Pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en seco); suelo franco limoso; friable a firme, más bien duro cuando está seco en los cortes de las carreteras; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares, medianos y finos y gránulos gruesos; los agregados son más bien frágiles; muy firmes cuando están secos; ligeramente adherente y ligeramente plástico cuando está bien desmenuzado y humedecido; límites imprecisos; pH, 5,0,
50 - 150 cm	Pardo muy oscuro (10YR 2/3, en húmedo); pardo oscuro (10YR 3/3, en seco); suelo franco limoso; firme a friable; duro cuando está seco en los cortes de los caminos; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares, medianos y finos, que se deshacen en gránulos gruesos muy resistentes a la presión; ligeramente adherente y ligeramente plástico cuando está desmenuzado y húmedo; límites definidos; pH, 5,6,
150 - 165 cm	Pardo amarillento (10YR 5/8, en húmedo); suelo franco limoso denso; firme a friable, duro cuando está seco en las trincheras de las carreteras; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares finos, que se desagregan en gránulos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites bruscos; pH, 5,9,
sobre..	arcilla densa, con grava, muy compacta y cementada que recuerda el "till" glacial.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic" con horizonte "B" aluvial-férrico incipiente.

Perfil num. 41 - Suelo franco limoso Mañiuales

Ubicación	: En el kilómetro 24,5 de la carretera de Aysén a Coyhaique, provincia de Aysén.
Altitud	: Unos 150 m.
Relieve	: Accidentado a muy accidentado.
Roca madre	: Cenizas volcánicas andesíticas principalmente subaéreas.
Cubierta vegetal	: Anteriormente bosque (coigüe y lenga sobre todo), actualmente pastos.

Perfil

0 - 17 cm	Rojo muy oscuro a negro (2,5YR 2/2 - 5YR 2/1, en húmedo); suelo franco limoso; friable a firme; estructura en bloques gruesos, con fuerte orientación vertical (casi prismáticos) cuando está seco en los cortes de las carreteras; se deshace en bloques angulares finos y gránulos gruesos fuertes; no adherente, pero ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,
17 - 34 cm	Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4, en húmedo); suelo franco arenoso fino; firme a friable; estructura en bloques subangulares gruesos, que se deshacen en gránulos fuertes; agregados muy frágiles, ni adherentes ni plástico en húmedo; límites definidos,
34 - 40 cm	Rojo amarillento (5YR 4/6, en húmedo); suelo franco arenoso con grava (pumítica); firme, débilmente cementado; sin estructura visible en la masa, pero que se deshace en bloques muy angulares; no adherente, pero muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,
40 - 47 cm	Pardo rojizo oscuro (2,5YR-5YR 3/4, en húmedo); arena gruesa; friable; sin estructura visible en la masa, pero que cuando se separa de ella se desmenuza en bloques irregulares gruesos con gránulos más bien frágiles; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,
47 - 82 cm	Pardo rojizo (5YR 3/2-7,5YR 4/2, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino, suelo franco limoso; firme; sin estructura visible en la masa, pero que se deshace en bloques gruesos y éstos en gránulos muy finos y terrones; no adherente, pero ligeramente plástico en húmedo; límites imprecisos,
82 - 150 cm	Pardo intenso a rojo amarillento (7,5YR 5/6-5YR 4/6, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso; friable a firme; estructura en bloques gruesos que se desagregan en gránulos; no adherente, pero ligera a moderadamente plástico cuando está húmedo; límites definidos,
sobre..	gravas en terraza de cantos redondeados.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous subalvic", con horizonte "B" aluvial-férrico incipiente.

Perfil num. 42 - Suelo franco arenoso Puerto Lumas

Ubicación	: Cerca del Puerto de Chacabuco, a unos 6,5 Km del embarcadero del río Aysén, provincia de Aysén.
Altitud	: Unos 20 m.
Relieve	: Suavemente accidentado, collado entre dos montes.
Roca madre	: Cenizas volcánicas pumítico-riolíticas.
Cubierta vegetal	: Anteriormente bosque, actualmente, pastizales toscos.

Perfil

0 - 18 cm	Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3, en húmedo, pero rojo muy oscuro, 2,5YR 2/2, cuando está empapado); suelo franco arenoso; friable; estructura granular; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,
18 - 35 cm	Pardo amarillento (10YR 5/8, en húmedo); suelo franco arenoso grueso a franco arcillo-arenoso grueso; firme a friable; débilmente cementado; estructura fuertemente desarrollada en bloques angulares medianos, que se deshacen en gránulos gruesos; muy ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites bruscos,
35 - 53 cm	Pardo a pardo amarillento (10YR 5/3-5/4, en húmedo); arena gruesa; muy firme y cementado; el fierrillo se desagrega en masas irregulares, y por ello carece de estructura interna; no laminado; ni adherente ni plástico cuando está húmedo; límites bruscos,
53 - 55 cm	Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3, en húmedo); arena gruesa y grava pumítica fina; suelto; granos aislados; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,
55 - 72 cm	Pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2, en húmedo); suelo franco arenoso muy grueso, o suelo franco arcillo-arenoso grueso; firme; estructura en bloques angulares gruesos, que se deshacen en bloques medianos y finos; no adherente, pero moderadamente plástico en húmedo; límites imprecisos,
72 - 100 cm	Pardo intenso a pardo amarillento oscuro (7,5YR 5/6.- 10YR 4/4, en húmedo); suelo franco arcillo-arenoso fino; friable a firme; estructura fuertemente desarrollada en bloques gruesos (que por meteorización, se vuelve prismática en ciertos lugares), que se deshacen en bloques angulares medianos y finos y gránulos gruesos; agregados frágiles y con un delgadísimo revestimiento de óxido de hierro; no adherente, aunque moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,
sobre..	arcilla, con grava, densa, compacta y, en algunos puntos, con fierrillo muy delgado en la unión del suelo y los lechos de grava.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous subalvic", con horizontes "B" iluvial-férrico incipiente.

Perfil num. 43 - Suelo franco arcillo-arenoso fino turboso Natri

Ubicación	: Aproximadamente a 1 milla al norte del Lago Natri, isla de Chiloé, provincia de Chiloé.
Altitud	: Unos 80 m.
Relieve	: Accidentado.
Roca madre	: Cenizas volcánicas andesíticas.
Cubierta vegetal	: Bosque de Nothofagus dombeyi.

Perfil

0 - 15 cm	Humus bruto forestal de turba franca fibrosa roja muy oscura; pH, 4,8,
15 - 30 cm	Pardo rojizo oscuro (5YR 2/2, en húmedo); gris muy oscuro (5YR 3/1, en seco); suelo franco arcillo-arenoso fino, con muchos canales de antiguas raíces de color pardo rojizo claro teñidos de hierro; friable; estructura muy fuertemente desarrollada en bloques medianos, que se deshacen en gránulos gruesos; muy ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; algunos fragmentos de color pardo pálido de pómez meteorizada; límites imprecisos; pH, 5,0.
30 - 43 cm	Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3, en húmedo); pardo oscuro (10YR 3/3, en seco), pardo amarillento oscuro a pardo (10YR 4/4 - 7YR 4/4, triturado, en húmedo); suelo franco arcillo-arenoso fino; compacto en el terreno, firme en húmedo, duro en seco; estructura muy fuertemente desarrollada en prismas, que se deshacen en bloques de tamaño mediano y gránulos gruesos; los prismas están fuertemente revestidos de óxido de hierro (rojo oscuro, 2,5 YR 3/6); no adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, 5,2,
43 - 90 cm	Pardo rojizo (5YR 4/4, en húmedo); pardo rojizo oscuro (5YR 3/4, triturado, en húmedo); arcilla limosa; menos compacto en el terreno que el horizonte anterior, firme a friable, duro cuando está seco, pero con tendencia a pulverizarse al comprimirlo; estructura muy fuertemente desarrollada en prismas de tamaño mediano, que se deshacen en bloques finos y gránulos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; los agregados están fuertemente revestidos de óxido de hierro (pardo rojizo oscuro, 2,5 YR 3/4) por todas partes formando prácticamente un débil enrejado de fierrillo en todo el suelo; algunos fragmentos de fierrillo verdadero, de 2 mm de espesor; límites imprecisos; pH, 5,5,
90 - 115 cm	Pardo oscuro a pardo intenso (7,5YR 4/4 - 5/6, en húmedo); suelo franco arcillo-arenoso; algunas motas tenues (5YR 5/6, rojo amarillento); friable, que se pulveriza fácilmente cuando está seco; estructura débilmente desarrollada en bloques con débil laminación; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; los aglomerados están impregnados a veces de óxido de hierro lo que les da el aspecto de concreciones; límites imprecisos; pH, 5,8,
sobre..	gravas gruesas y arenas, cementadas con hierro y sílice hasta la profundidad de 1 m; fierrillo verdadero, de 0,5 cm de espesor a lo largo de la superficie de las gravas; ninguna cementación por debajo de 1 m; el material muestra una estratificación aluvial.

Nota: En todo el perfil existen dispersos finos fragmentos de pómez en descomposición y grava cuarzosa muy fina, redondeada, blanca, brillante, de 3 mm a 8 mm de diámetro, que forman en ocasiones una línea definida en el suelo.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic" con horizonte "B" iluvial-férrico.

Perfil num. 44 - Suelo franco arenoso muy fino Chepu

Ubicación : Unos 20 Km al oeste de la estación de Puntra en el ferrocarril a Chepu, isla de Chiloé, provincia de Chiloé.
Altitud : 110 m, aproximadamente.
Relieve : Suavemente accidentado.
Roca madre : Cenizas volcánicas andesíticas y riolíticas mezcladas.
Cubierta vegetal : Bosque con abundancia de Weinmannia trichosperma.

Perfil

0 - 5 cm — Capa de color rojo oscuro (en húmedo) de restos forestales, principalmente hojas y ramitas sin descomponer en Weinmannia,

5 - 25 cm — Negro (5YR 2/1, en húmedo); suelo franco arenoso fino, definidamente turboso; friable; estructura muy fuertemente desarrollada en gránulos gruesos, que ofrecen gran resistencia a la presión; debidamente triturado y humedecido muestra muy poca adherencia y poca plasticidad; límites definidos,

25 - 35 cm — Gris rosáceo (5,5YR 6/2, en húmedo); gris claro, (10YR 7/2, en seco); suelo franco arenoso muy fino; friable a firme, ligeramente duro cuando está seco en las paredes de las excavaciones; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares medianos, que se desagregan en gránulos medianos de tamaño muy uniforme; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites bruscos,

35 - 35,5 cm — Capa discontinua muy delgada de humus férrico, frágil pero que constituye un claro revestimiento que recubre los agregados de suelo,

35,5 - 70 cm — Pardo intenso a pardo amarillento oscuro (7,5YR 5/6 - 10YR 4/4, en húmedo); suelo franco limoso denso a suelo franco arcillo-limoso ligero; friable; muy untuoso cuando se le tritura; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares gruesos, que se rompen fácilmente en gránulos y terrones; los agregados mayores están muy levemente revestidos de una deposición de óxido de hierro pardo rojizo (2,5YR 4/4, en húmedo); ligeramente adherente y ligeramente plástico; límites difusos,

70 - 90 cm — Pardo amarillento (10YR 5/6, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso; friable a firme; estructura muy débilmente desarrollada en bloques subangulares gruesos, que se deshacen en bloques irregulares, medianos y finos; ligeramente adherente pero moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,

90 - 100 cm — Amarillo rojizo (7,5YR, en húmedo); arena franca con cementación parcial con hierro y humus; más bien firme; estructura laminar muy fuerte; el material cementado forma pequeñas lajas con revestimiento más consistente de hierro (y probablemente manganeso) en las superficies inferiores; ni adherente ni plástico en húmedo; límites bruscos,

sobre.. gravas cementadas empotradas en arcilla densa.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hydrous alvic" con horizonte "B" iluvial-férrico.

Perfil num. 45 - Suelo franco arenoso fino, denso, Rano Kao

Ubicación : 0,8 Km al sur de Mataveri al pie del volcán Rano Kao, isla de Pascua (provincia de Valparaíso).
Altitud : 45 m.
Relieve : "Planezes" largos de unos 7° de pendiente.
Roca madre : Escorias principalmente andesíticas recubiertas de loess volcánico.
Cubierta vegetal : Pastizales toscos.

Perfil

0 - 25 cm — Pardo a pardo rojizo (7,5YR - 5YR 3/3, en húmedo); suelo franco arenoso muy fino; firme a friable y con gran abundancia de raíces de gramíneas; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos, que se deshacen en bloques angulares finos y gránulos gruesos; muy ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, 5,9,

25 - 70 cm — Pardo rojizo (5YR 3/4 - 4/4, en húmedo); suelo franco arcilloso; friable a muy friable; estructura en masa; se desagrega en gránulos muy finos y terrones; ligera a moderadamente adherente, moderada a fuertemente plástico en húmedo; límites definidos; pH, 5,8,

70 - 125 cm — Rojo (2,5YR 4/4, en húmedo); arcilla limosa; firme; estructura débilmente desarrollada en bloques gruesos, que se deshacen en bloques angulares de tamaño mediano y algunos gránulos gruesos; ligeramente adherente, moderada a fuertemente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, 5,8,

sobre.. material análogo, pero con abundancia de agregados de escorias meteorizadas de color rojo amarillento.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hygrous adalvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 46 - Suelo franco arenoso muy fino Vinapu

Ubicación : Aproximadamente 1 Km al sudeste de Mataveri, isla de Pasoua, (provincia de Valparaíso).
Altitud : Unos 110 m.
Relieve : "Planezes" largos, de volcán, de unos 9° de pendiente.
Roca madre : Cenizas generalmente volcánicas, en parte de origen loéssioo.
Cubierta vegetal : Pastizales tosoos (en un principio posiblemente bosque arbustivo de Sophora).

Perfil

0 - 30 cm — Pardo oscuro a pardo (7,5YR 3/2 - 3/4, en húmedo); suelo franoo-arenoso muy fino; friable; sin estruotura definida en la masa, pero que se deshaoe en bloques finos, gránulos y terrones débilmente desarrollados; no adherentes y muy ligeramente plástico en húmedo; límites difusos; pH, 5,4,

30 - 75 cm — Pardo oscuro a pardo rojizo oscuro (7,5YR 3/2 - 5YR 3/4, en húmedo); suelo franco arcillo-arenoso fino; muy friable, sin estruotura definida en la masa, pero que se desagrega fáoilmente en una mezola débilmente desarrollada de gránulos finos y terrones; no adherente, ligera a moderadamente plástioo en húmedo; límites difusos; algunos fragmentos de carbón a unos 50 om; pH, 5,6,

75 - 150 cm — Pardo rojizo (5YR 4/4, en húmedo); suelo franoo aroillos; muy friable a friable; sin estruotura definida en la masa, pero que se deshace en gránulos finos y terrones; ligeramente adherente, moderadamente plástico en húmedo; límites casi definidos; pH, 5,7,

sobre.. aroilla limosa pardo rojiza (5YR 4/4, en húmedo); firme; estruotura débilmente desarrollada en bloques gruesos; adherente y plástico en húmedo; límites inapreciables; pH, 5,8.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hygrous adalvic", oon horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 47 - **Suelo franco arcillo-limoso Poike**

Ubicación	: 0,5 Km al oeste de la cumbre del monte Poike, isla de Pascua, provincia de Valparaíso.
Altitud	: 180 m.
Relieve	: Suavemente accidentado.
Roca madre	: Cenizas andesíticas y tobas volcánicas andesíticas.
Cubierta vegetal	: Pastizales toscos.

Perfil

0 - 37,5 cm	Pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); suelo franco arcillo-limoso; firme a friable; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares muy finos y gránulos gruesos; no adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, 5,1,
37,5 - 75 cm	Pardo (7,5YR 4/4, en húmedo); arcilla limosa; friable; estructura débilmente desarrollada en bloques angulares medianos y finos; moderadamente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, 5,0,
75 - 137,5 cm	Pardo rojizo (5YR 4/4, en húmedo); arcilla limosa; friable, pero compacto "in situ"; estructura fuertemente desarrollada en bloques angulares finos y muy finos; ligera a moderadamente adherente, moderada a fuertemente plástico en húmedo; límites difusos; pH, 4,9,
137,5 - 175 cm	Rojo amarillento (5YR 4/8, en húmedo); arcilla limosa; firme a friable; estructura débilmente desarrollada en bloques medianos, finos y muy finos; ligeramente adherente, moderadamente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, 4,8,
sobre..	arcilla limosa semejante a la anterior de color rojo amarillento a pardo intenso, con pequeños agregados de toba volcánica blanda meteorizada.

Clasificación neozelandesa (Taylor, 1963; 1965): Suelo "hygrous adalvic", con horizonte "B" sencillo.

Perfil num. 48 - Suelo franco arenoso denso Pitrufquén

Ubicación	: Unos 5 Km al este-sudeste de Pitrufquén.
Relieve	: Más o menos horizontal.
Altitud	: Unos 100 m.
Roca madre	: Alluvium de cenizas volcánicas sobre gravas aluviales.
Cubierta vegetal	: Bosque pantanoso de segundo desarrollo en que dominan el radal y el máqui.
Capa freática	: Colgada sobre gravas a unos 65 cm de profundidad.

Perfil
(notas relativas a suelos húmedos)

0 - 18 cm	Pardo rojizo oscuro (5YR 2/2); suelo franco arenoso denso; friable pero mantenido más bien compacto por la densa masa de raíces finas; estructura granular muy fina y migajosa; no adherente y muy ligeramente plástico; límites definidos,
18 - 36 cm	Pardo oscuro a pardo rojizo oscuro (7,5YR - 5YR 3/2); suelo franco arenoso; friable a firme en el terreno, pero friable al separarlo de él; sin estructura visible en la masa, pero se deshace en bloques subangulares gruesos débilmente desarrollados y éstos se rompen a su vez en bloques angulares muy finos y gránulos gruesos; muy ligeramente adherente, ligeramente plástico; límites difusos,
36 - 56 cm	Pardo rojizo oscuro a rojo amarillento (5YR 3/4 - 4/6); suelo franco arenoso; más bien firme en el terreno, pero cuando está suelto resulta muy friable; estructura muy débilmente desarrollada en bloques gruesos, que se desagregan muy fácilmente en bloques angulares medianos y finos y posteriormente en gránulos más bien finos; estos últimos agregados están bien conformados y al tacto resultan ligeramente frágiles; no adherente y ligeramente plástico, límites definidos,
56 - 65 cm	Pardo intenso a pardo oscuro (7,5YR 5/6 - 3/2); suelo franco arenoso, algo más denso que el del horizonte anterior; firme, bastante compacto en el terreno; en los cortes de los caminos tiene estructura claramente prismática, pero en las fosas abiertas en el terreno la estructura es únicamente en bloques gruesos regulares, que se deshacen comprimiéndolos firmemente en bloques angulares medianos y finos bastante resistentes a una presión mayor; los aglomerados son claramente frágiles al tacto; no adherente y muy ligeramente plástico; límites bruscos,
65 - 170 cm	Gravas compactas y arena gruesa, con algo de arcilla densa; las gravas están intensamente revestidas en su superficie inferior con un depósito de óxidos de color rojo amarillento a pardo intenso,
170 - 290 cm	Gravas fluviales sueltas y arena de color gris oscuro; estratificación aluvial definida.

Perfil N° 49 - Suelo franco limoso Frutillar

Ubicación : aproximadamente 1 km al noroeste de la Estación de Los Pellines, provincia de Llanquihue.
Altitud : 140 m.
Relieve : muy suavemente ondulado a más o menos llano; con montículos y algunas depresiones claramente pantanosas.
Roca madre : cenizas volcánicas mixtas; en parte materiales de deposición subaérea.
Cubierta vegetal : bosque pantanoso de ñadi característico.

Perfil

0 - 8 cm — pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en seco); suelo franco limoso; friable, muy duro en seco; estructura moderada a fuertemente desarrollada en gránulos finos, que son muy difíciles de volver a mojar una vez que están perfectamente secos; ligeramente plástico y ligeramente adherente en húmedo; límites difusos; pH, en el campo, 5,4,

8 - 20 cm — pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); gris muy oscuro (10YR 3/1, en seco); suelo franco limoso a suelo franco arenoso muy fino; friable, pero algo duro cuando está seco; los aglomerados son muy duros en seco; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangularee medianos, que se deshacen fácilmente en bloques angulares muy finos y gránulos; los agregados finales son muy duros cuando están secos y difíciles de volver a mojar, y claramente frágiles cuando están húmedos; ligeramente plástico y ligeramente adherente en húmedo; límites definidos; pH, en el campo, 5,5,

20 - 40 cm — pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); pardo a pardo oscuro (10YR 4/3, en seco); suelo franco limoso denso; friable a muy friable, pero que cuando está seco consiste en agregados más bien duros sueltamente apelmazados; estructura moderadamente desarrollada en bloques subangulares medianos, que se desagregan fácilmente en gránulos gruesos en húmedo, pero que resisten una ulterior rotura cuando están secos; los bloques secos son muy difíciles de volver a mojar si están bien secos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo (nota: en los suelos cultivados este horizonte es frecuentemente compacto); límites difusos; pH, en el campo, 5,6,

40 - 60 cm — pardo rojizo oscuro (5YR 3/3, en húmedo); pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en seco); suelo franco limoso denso; firme, duro en seco; estructura fuertemente desarrollada en bloques angulares regulares gruesos, que aparecen con una estructura prismática bien desarrollada en los cortes de las carreteras; los bloques húmedos se deshacen en bloques subangulares medianos y gránulos gruesos; los prismas secos son muy duros y no se rompen con facilidad; moderadamente adherente y ligeramente plástico en húmedo; a veces con notas difusas de color pardo rojizo (5YR 4/4, en húmedo) de tamaño mediano; pH, en el campo, 5,8,

60 - 80 cm — pardo con manchas definidas de color pardo intenso (10YR 4/3, 7,5YR 4/6, en húmedo); amarillo pardusco (10YR 6/8, en seco); suelo franco arcillo-limoso con algunos cantos pequeños; firme, duro en seco; estructura en bloques angulares regulares muy gruesos, que al desecarse adoptan la forma de prismas gruesos bien conformados que resisten una presión mayor; en el suelo húmedo bloques gruesos con algunos gránulos gruesos, pero los agregados son todos más bien frágiles; moderadamente adherente y moderada a fuertemente plástico en húmedo; límites imprecisos; pH, en el campo, 5,8,

80 - 95 cm — pardo intenso (7,5YR 5/6, en húmedo); pardo amarillento (10YR 5/8, en seco); suelo franco arcillo-limoso con algunos cantos pequeños; firme, duro en seco; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares medianos, que tienden a desecarse en prismas pequeños regulares en los cortes de las carreteras; los prismas secos resisten una presión mayor, pero los bloques humedecidos se deshacen en bloques angulares muy finos y gránulos gruesos; a veces hay corrientes de arcilla visibles en los bloques mayores, pero no en los agregados finales; moderadamente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites bruscos, pH, en el campo, 6,0,

sobre.. — grava gruesa muy compacta de color amarillo pálido (2,5YR 7/4, en húmedo) con los intersticios rellenos de arcilla densa y arena gruesa; la parte superior de este material aluvial presenta muchas motas debidas a la deposición de óxidos de color amarillo rojizo (5YR 6/8, en húmedo), especialmente cerca de los cantos, pero estas motas desaparecen con la profundiad y por debajo de 150 cm el color general es gris pardusco claro (2,5YR 6/2); pH, en el campo, 5,8.

Perfil N° 50 - Suelo franco arenoso fino Carel

Ubicación : aproximadamente 6 km al oeste de la estación de Los Pellines, provincia de Llanquihue.
Relieve : terraza baja casi llana con microrrelieve de pequeños montículos.
Altitud : 110 m.
Roca madre : materiales volcánicos más bien limosos, en parte material de deposición, pero principalmente aluvial sobre gravas aluviales.
Cubierta vegetal : terreno cultivado, antiguo bosque roturado hace unos 30 años.

Perfil

0 - 15 cm — pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo grisáceo muy oscuro (10YR 4/2, en seco); suelo franco arenoso fino; friable, duro en seco; estructura moderadamente desarrollada en gránulos medianos; ligeramente plástico y ligeramente adherente en húmedo; cuando están secos los agregados son muy difíciles de volver a mojar; cuando están húmedos son muy frágiles; límites definidos; pH, en el campo, 6,0,

15 - 35 cm — pardo oscuro (10YR 3/3, en húmedo); pardo (10YR 5/3, en seco); suelo franco; friable en húmedo, duro cuando está seco; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares finos, que se desagregan en bloques angulares muy finos y gránulos gruesos; moderadamente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos; pH, en el campo, 6,0,

35 - 50 cm — pardo oscuro (7,5YR 4/4, en húmedo); amarillo pardusco (10YR 5/4, en seco); suelo franco limoso denso a suelo franco arcillo-limoso; friable, duro cuando está seco; estructura débilmente desarrollada en prismas gruesos, que se deshacen con facilidad cuando están húmedos en bloques subangulares finos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites difusos; pH, en el campo, 5,8,

50 - 70 cm — pardo intenso (7,5YR 5/8, en húmedo); amarillo pardusco (10YR 6/8, en seco); suelo franco arcillo-limoso a suelo franco arcilloso ligero; friable, duro en seco; estructura débilmente desarrollada en prismas gruesos, que se deshacen cuando están húmedos en bloques medianos y finos; todos los agregados muestran escamas de arcilla débilmente desarrolladas; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos; pH, en el campo, 5,6,

70 - 80 cm — pardo intenso (7,5YR, en húmedo); amarillo pardusco (10YR 6/8, en seco); suelo franco arcillo-limoso denso; friable a firme, duro cuando está seco; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares finos con muchas escamas de arcilla; moderadamente adherente y moderadamente plástico en húmedo; en este horizonte se observan manchas de grava fina; límites bruscos; pH, en el campo, 5,8,

80 - 80,5 cm — fierrillo delgado, continuo, muy duro y cementado,

sobre.. — suelo franco arenoso grueso, con muchos cantos y grava, pardo grisáceo muy oscuro (2,5YR 3/2, en húmedo); gris pardusco muy pálido (10YR 6/2 - 7/3, en seco); muy compacto a cementado, pero ni adherente ni plástico en húmedo; se vuelve más arenoso, más fuertemente cementado y con deposición de óxido de hierro sobre la grava por debajo de los 140 cm.

Perfil N° 51 - Suelo franco arenoso muy fino Calonje

Ubicación : cerca del km 20 de la carretera de Ancud a Castro, isla de Chiloé, provincia de Chiloé.
Altitud : 80 m, aproximadamente.
Relieve : llano a levemente ondulado.
Roca madre : cenizas volcánicas aluviales y subaéreas.
Cubierta vegetal : vegetación arbustiva, principalmente de segundo crecimiento.

Perfil

0 - 20 cm — pardo muy oscuro a negro (10YR 2/2 - 2/1, en húmedo); suelo franco arenoso fino más bien denso; friable, más bien duro en seco estructura granular muy desarrollada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; los aglomerados son muy frágiles cuando están húmedos y muy duros en verdad cuando están secos; límites imprecisos,

20 - 30 cm — pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); suelo franco arcillo-arenoso fino; friable a firme en húmedo, muy duro en seco; estructura fuertemente desarrollada en bloques finos, que se deshacen en bloques muy finos y gránulos gruesos; los agregados son frágiles cuando están húmedos y muy duros cuando están secos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,

30 - 38 cm — gris oscuro (10YR 4/1, en húmedo); arcilla limosa con algunos cantos redondeados muy finos; friable en húmedo; ligeramente duro en seco; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares muy gruesos en húmedo, pero que se secan adoptando la forma de prismas gruesos definidos; estos prismas se rompen con bastante facilidad cuando están secos en gránulos gruesos, y los bloques, cuando están húmedos, bloques angulares finos y gránulos gruesos; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,

38 - 53 cm — pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2, en húmedo); arcilla ligera; firme, muy dura cuando está seca; sin estructura visible en la masa, pero que se desagrega en bloques angulares irregulares cuando se le somete a presión firme; moderadamente adherente y moderada a fuertemente plástico en húmedo; límites definidos,

53 - 72 cm — pardo (10YR 5/3, en húmedo) arcilla con cantos redondeados; firme, muy duro en seco; carece de estructura visible en la masa y no adquiere una estructura bien definida cuando se desagrega; ligeramente adherente y muy plástico en húmedo; límites bruscos,

sobre.. — arena franca, con grava, de color pardo amarillento pálido (en seco) o aceituna (5YR 4/3, en húmedo) y gravas, teñidas de hierro, de color pardo rojizo, a unos 120 cm.

Perfil N° 52 - Arena Chillán, de transición a suelo franco arenoso Santa Bárbara

Ubicación : 2 km al oeste de Termas de Chillán, provincia de Ñuble.
Altitud : unos 2.000 m.
Relieve : ladera montañosa de pendiente moderada.
Roca madre : cenizas volcánicas andesíticas.
Cubierta vegetal : bosque de Nothofagus.

Perfil

0 - 10 cm	pardo rojizo oscuro (5YR 3/2, en húmedo); pardo (7,5YR 4/4, en seco); arena gruesa; muy friable; sin estructura visible; ni adherente ni plástico en húmedo; límites difusos,
10 - 15 cm	pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); pardo (7,5YR 4/4, en seco); arena gruesa ligeramente franca; friable; sin estructura visible; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,
15 - 50 cm	pardo muy oscuro (10YR 2/2, en húmedo); pardo amarillento (10YR 5/6, en seco); arena franca; friable; estructura débilmente desarrollada en gránulos gruesos; muy poco adherente y no plástico en húmedo; límites definidos,
50 - 70 cm	pardo oscuro (10YR 4/3, en seco); pardo rojizo (5YR 3/3, en húmedo); suelo franco arenoso; friable; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares finos; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,
sobre..	suelo franco arenoso muy fino pardo amarillento oscuro, etc., característico de los suelos de Santa Bárbara.

Perfil N° 53 - Arena gruesa Lonquimay, de transición a suelo franco arenoso Cautín

Ubicación : 16 km al oeste de Lonquimay, provincia de Malleco.
Altitud : 1.460 m.
Relieve : parte baja, moderadamente inclinada, de las laderas del volcán Lonquimay.
Roca madre : cenizas volcánicas andesíticas básicas.
Cubierta vegetal : bosque de **Araucaria**.

Perfil

0 - 8 cm — negro (5YR 2/1, en húmedo); gris muy oscuro (7,5YR 3/0, en seco); arena gruesa y grava escoriácea; muy friable a suelto; sin estructura reconocible; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

8 - 23 cm — gris claro (10YR 6/1, en húmedo); pardo muy pálido (10YR 7/3, en seco); grava escoriácea muy fina, casi pumítica; muy friable; sin estructura reconocible, pero laminado en el terreno; ni adherente ni plástico en húmedo; límites bruscos,

23 - 70 cm — pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); pardo amarillento (10YR 5/4, en seco); arena pumítica; muy friable; estructura muy débilmente desarrollada en bloques subangulares finos; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

70 -100 cm — gris muy oscuro (10YR 3/1, en húmedo); gris (10YR 5/1, en seco); suelo franco arenoso; friable; estructura granular muy fina; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,

100 -150 cm — pardo muy oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); pardo (7,5YR 4/4 en seco); suelo franco arenoso muy fino; firme a friable; estructura fuertemente desarrollada en bloques gruesos; muy poco adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos,

sobre.. — suelo franco arcillo-limoso pardo a pardo a intenso, etc., característico de muchos suelos Cautín.

Perfil N° 54 - Arena gruesa Villarrica, de transición a arena franca Pucón

Ubicación : unos 5 km antes del término de la carretera al refugio Villarrica, provincia de Cautín.
Altitud : 1.500 m, aproximadamente.
Relieve : muy fuertemente accidentado a moderadamente inclinado.
Roca madre : cenizas volcánicas riolítico-pumíticas.
Cubierta vegetal : bosque de Nothofagus.

Perfil

0 - 5 cm — pardo rojizo oscuro (5YR 3/2, en húmedo); gris pardusco claro (10YR 6/2, en seco); arena gruesa franca; friable; sin estructura reconocible; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

5 - 18 cm — pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/3, en húmedo); pardo grisáceo pálido (10YR 5/2, en seco); arena franca, con grava; muy friable a suelto; sin estructura reconocible; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

18 - 30 cm — pardo rojizo oscuro (5YR 3/2, en húmedo); pardo (7,5YR 4/2, en seco); arena franca gruesa; friable; estructura granular fina débilmente desarrollada; ni adherente ni plástico en húmedo; límites difusos,

sobre.. — arena, con grava pumítica, parda a parda amarillenta característica de los suelos Pucón.

Perfil N° 55 - Arena pedregosa Antillanca, de transición a suelos Chanleufu

Ubicación : aproximadamente a 0,5 km del refugio Antillanca, provincia de Osorno.
Altitud : 1.550 m.
Relieve : laderas de pendiente moderada a grande del volcán Casablanca.
Roca madre : cenizas volcánicas principalmente basálticas.
Cubierta vegetal : bosque de Nothofagus.

Perfil

0 - 7 cm — negro (10YR 2/1, en húmedo); gris muy oscuro (10YR 3/1, en seco); arena escoriácea seca; sin estructura reconocible pero laminado durante la deposición; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

7 - 10 cm — gris (10YR 5/1, en húmedo); pardo muy pálido (10YR 7/3, en seco); arena y grava escoriácea fina; friable; sin estructura reconocible; ni adherente ni plástico en húmedo; límites definidos,

10 - 25 cm — pardo muy oscuro a pardo oscuro (7,5YR 3/2 a 2,5YR 2/2, en húmedo); pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4 a 10YR 2/2, en seco); arena franca; estructura granular débilmente desarrollada; muy poco adherente y no plástico en húmedo; límites difusos,

25 - 35 cm — pardo rojizo oscuro (5YR 3/2, en húmedo); pardo rojizo (5YR 4/3, en seco); suelo franco arenoso grueso; friable; estructura granular gruesa débilmente desarrollada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en húmedo; límites difusos,

sobre.. — suelo franco arenoso grueso pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2, en húmedo); pardo amarillento (10YR 5/6, en seco), de transición a suelo franco arcillo-arenoso, etc., característico de los subsuelos de chanleufu.

Perfil N° 56 - Suelo franco arenoso Collipulli (transición entre suelos Collipulli y suelos Santa Bárbara)

Ubicación : unos 6 km al este de Collipulli, provincia de Malleco.
Altitud : 260 m.
Relieve : suavemente ondulado.
Roca madre : cenizas volcánicas andesíticas sobre cenizas volcánicas o loess más antiguos.
Cubierta vegetal : hierbas de las cunetas y matorrales.

Perfil

0 - 5 cm — pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); pardo (7,5YR 4/4, en seco); suelo franco arenoso; friable a firme; sin estructura reconocible en la masa, pero que se desagrega en bloques subangulares finos irregulares y gránulos gruesos no adherentes y muy ligeramente plásticos cuando están húmedos; límites definidos,

5 - 15 cm — pardo rojizo oscuro (5YR 3/2, en húmedo); pardo rojizo (5YR 4/4, en seco); suelo franco arcillo-arenoso; firme a friable; estructura granular gruesa fuertemente desarrollada; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites difusos,

15 - 60 cm — pardo rojizo oscuro (2,5YR 3/4, en húmedo); pardo rojizo (2,5YR 4/4, en seco); suelo franco arcilloso a arcilla; estructura fuertemente desarrollada en bloques angulares medianos, que se deshacen en gránulos finos; moderadamente adherente y fuertemente plástico en húmedo; límites difusos,

60 -140 cm — pardo rojizo a rojo (2,5YR 4/4 a 4/6, en húmedo); rojo débil (2,5YR 5/2, en seco); arcilla compacta con estructura muy fuerte en bloques gruesos cuando se le separa de la masa; adherente y muy plástico en húmedo; límites difusos,

sobre.. — arcilla plástica densa de color pardo oscuro, a veces con fragmentos de cantos andesíticos meteorizados.

Perfil N° 57 - Suelo franco Maquehue (transición entre los suelos Padre las Casas y los suelos Cautín)

Ubicación : unos 20 km al sudoeste de Temuco, provincia de Cautín.
Altitud : 150 m, aproximadamente.
Relieve : accidentado.
Roca madre : loess y cenizas volcánicas andesíticas principalmente.
Cubierta vegetal : hierbas de las cunetas; anteriormente bosque de roble.

Perfil

0 - 25 cm — pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); pardo (7,5YR 4/4, en seco); suelo franco ligeramente arenoso al tacto; friable a muy friable; estructura granular gruesa moderadamente desarrollada; ni adherente ni plástico en húmedo; límites difusos,

25 - 55 cm — pardo amarillento oscuro (10YR 4/4, en húmedo); pardo (10YR 5/3, en seco); suelo franco arenoso fino de transición a suelo franco denso; friable a firme; estructura débilmente desarrollada en bloques subangulares gruesos y medianos, que se desagregan en gránulos irregulares, ligeramente adherente y ligera a moderadamente plástico cuando está húmedo; límites definidos,

55 - 95 cm — pardo amarillento (10YR 5/6, en húmedo); amarillo pardusco (10YR 6/8, en seco); suelo franco arcillo-arenoso denso; firme; estructura fuertemente desarrollada en bloques gruesos (casi prismáticos), que se desagregan a su vez en bloques medianos y finos y gránulos gruesos; ligera a moderadamente adherente y moderada a fuertemente plástico en húmedo; límites definidos,

sobre.. — arcilla densa de color pardo rojizo, adherente y plástica cuando está húmeda.

Perfil N° 58 - Suelo franco arcillo-limoso Freire (transición entre ñadis y suelos de gley húmicos)

Ubicación : a unos 5 km de Freire, provincia de Cautín.
Altitud : 100 m.
Relieve : más o menos llano a muy levemente ondulado.
Roca madre : aluvium volcánico, principalmente andesítico.
Cubierta vegetal : hierbas de las cunetas; anteriormente bosque.

Perfil

0 - 35 cm	gris muy oscuro (10YR 3/1, en húmedo); pardo grisáceo (10YR 5/2, en seco) suelo franco arcillo-limoso; friable; estructura granular fuertemente desarrollada; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,
35 - 55 cm	pardo oscuro (7,5YR 3/2, en húmedo); pardo (7,5YR 4/4, en seco); suelo franco arcilloso; con motas muy débiles gris oscuro y pardo amarillento; friable a firme; estructura fuertemente desarrollada en bloques subangulares medianos y finos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,
55 - 80 cm	amarillo pardusco (10YR 6/8, en húmedo); amarillo (10YR 7/6, en seco); arcilla; firme; estructura fuertemente desarrollada en bloques angulares muy finos, con agregados que muestran una clara fragilidad; moderadamente adherente y fuertemente plástico en húmedo; límites definidos,
80 - 90 cm	pardo (10YR 4/3, en húmedo); pardo pálido (10YR 6/2, en seco); arcilla ligeramente pedregosa, firme, compacto; estructura débilmente desarrollada en bloques gruesos, que se desagregan en gránulos; moderadamente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites bruscos,
sobre..	grava compacta y arcilla.

Perfil N° 59 - Suelo franco arenoso turbaso Maldonado (transición entre ñadis y suelos de gley podsólicos)

Ubicación : altiplano de Maldonado, isla de Chiloé, provincia de Chiloé.

Altitud : 900 m.
Relieve : muy suavemente ondulado.
Roca madre : cenizas volcánicas subaéreas sobre micasquistos.
Cubierta vegetal : pradera de "tussock" alto; anteriormente bosque.

Perfil

0 - 5 cm — pardo oscuro (10YR 4/3 - 2/2, en húmedo); pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2, en seco); suelo franco arenoso turboso; friable; estructura muy débilmente desarrollada en bloques irregulares gruesos, que se deshacen fácilmente en gránulos y terrones; no adherente y muy ligeramente plástico en húmedo; límites definidos,

5 - 20 cm — pardo intenso (7,5YR 5/6, en húmedo); pardo claro (7,5YR 6/4, en seco); arena gruesa franca; muy firme; débilmente cementado; muy duro cuando está seco; canales de raíces recubiertos de una coloración pardo rojiza oscura (5YR 3/2, en húmedo) que da al suelo un aspecto abigarrado; estructura en lámina, que se deshace en gránulos aplanados; muy poco adherente pero muy plástico en húmedo; límites definidos,

20 - 30 cm — gris claro (10YR 6/1, en húmedo); pardo muy pálido (10YR 7/4, en seco); suelo franco arcilloso; moteado y listado de rojo claro (2,5YR 6/8, en húmedo), principalmente en los canales de las raíces y las grietas estructurales naturales; firme; sin estructura visible en la masa, pero se deshace a lo largo de líneas laminares de debilidad y los fragmentos aplanados se desagregan todavía más en bloques subangulares muy finos y gránulos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites definidos,

30 - 38 cm — gris verdoso (5YR 4/2, en húmedo); aceituna pálido (5YR 6/4, en seco); arena franca micácea gruesa con fragmentos de cuarzo; friable; el óxido de hierro tiñe muchos fragmentos de cuarzo; sin estructura visible en la masa, pero se deshace en bloques angulares medianos; algo adherente y algo plástico en húmedo; límites bruscos,

sobre.. — micasquistos en meteorización con muchas venas de cuarzo; textura general franco arcillo-arenosa, con grava; revestimiento de óxido de hierro en muchos fragmentos de rocas y cierta acumulación de humus en las fisuras de las rocas en meteorización.

APENDICE II

LAS ARCILLAS VOLCANICAS ROJAS DE CHILE

En Chile hay un gran grupo de suelos conocidos por "suelos rojos arcillosos" que los edafólogos que han visitado el país relacionan a menudo con el grupo mundial de suelos denominado suelos lateríticos pardo rojizos. Algunos de estos suelos proceden directamente de rocas graníticas, mioasquistos e incluso sedimentos marinos de principios del terciario; otros se derivan de rocas volcánicas andesíticas y basálticas, mientras que un tercer subgrupo debe su origen, al parecer, a un depósito superficial de acarreo, fuertemente meteorizado, que, con toda probabilidad, consistía originariamente y en su mayoría en cenizas volcánicas o loess volcánico que contenían en un principio una gran proporción de vidrios volcánicos y minerales afines. No está probado de manera indudable que estos últimos suelos procedan fundamentalmente sobre todo de vidrios volcánicos, pero las probabilidades de que sea así son muy grandes.

En comparación con los trumaos y ñadis las "arcillas volcánicas rojas", o suelos rojos arcillosos, no están tan manifiestamente estratificadas, no obstante lo cual muestran discontinuidades horizontales en su textura, color, estructura, etc., y, en el laboratorio, se puede demostrar que el conjunto de los minerales residuales cambia también de conformidad con las características del terreno. Por lo general estos suelos se presentan en terrenos ondulados o accidentados de relieve bajo, pero los hay también en terrenos muy accidentados y en terrenos francamente montañosos en la precordillera andina. En muchos casos las discontinuidades que se cree son indicativas de una estratificación de depósito tienden a ajustarse fielmente a la conformación del terreno. De vez en cuando la aparición de un débil estrato de color o textura notablemente diferentes da la impresión de un horizonte de precipitación o deposición de fango, en otro tiempo en estado cementado pero en la actualidad muy fuertemente meteorizado. Ciertamente no todas las "arcillas volcánicas rojas" proceden de un manto de cenizas o de un manto de loess volcánico, pero es muy probable que algunas de ellas tengan este origen.

Si se admite esta probabilidad, resulta que los suelos actuales deben representar una fase ulterior en la meteorización de los vidrios volcánicos, una fase en la cual toda o casi toda la alófana formada en los primeros estadios de la meteorización se ha transformado en minerales arcillosos cristalinos como caolinita, gibsita y formas intermedias entre halloysita y caolinita.

En muchas partes del sector centro-meridional de la cordillera de los Andes, donde la columna de suelo estratigráfico muestra una secuencia continua de cenizas volcánicas de edad creciente con la profundiad, los estratos inferiores están meteorizados hasta una fase aproximadamente igual a la que están los suelos "de cenizas volcánicas rojas" de las tierras bajas. En estas columnas de suelo hay una transición gradual desde el suelo superior (alofánico) hasta los suelos enterrados que muestran: primero un aumento de la halloysita y la metahalloysita en la fracción arcilla y luego la aparición de arcillas caoliníticas; los materiales más antiguos presentan un dominio casi completo del caolín (frecuentemente con gibsita). La situación en las tierras bajas es algo diferente. En ciertas áreas hay materiales alofánicos mezclados con materiales no alofánicos, lo que se traduce en un tipo intermedio de material; pero es mucho más corriente que haya una brusca discontinuidad entre el suelo alofánico superior y los materiales más profundos que carecen de alófana pero son muy ricos en caolín. En muchas partes faltan las capas superficiales ricas en arcilla amorfa, en cuyo caso todo el perfil se desarrolla en el material caolinítico rojizo. Esta brusca discontinuidad, que es la regla más bien que la excepción en las tierras bajas, hace pensar que los materiales de acarreo más antiguos han experimentado una meteorización acelerada durante un período de clima mucho más húmedo y cálido. Se puede suponer que esta meteorización quizá se produjo durante uno o más períodos interglaciales o en alguna época en que la corriente de Humboldt influía menos que actualmente en el clima de Chile.

Parece ser que no hay medio alguno de probar, ni siquiera por inferencia, la validez de este último supuesto; pero algunos estudios recientes (efectuados por Weischet y Wright en 1963) hechos en el campo en las regiones de las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue sometidas en otro tiempo a las glaciaciones prestan considerable apoyo a la hipótesis de la posibilidad de que estos suelos tengan relación con la meteorización acelerada de un manto de acarreo en los períodos interglaciales.

Los depósitos reconocidamente glaciales aparecen por vez primera en las tierras bajas de la provincia de Cautín y se extienden más y más fuera de estas tierras bajas a partir del pie de los Andes a medida que se avanza hacia el sur hasta la isla de Chiloé. Weischet (1958) reconoce cuatro grupos de materiales glaciales pertenecientes al período cuaternario. La primera glaciación llevó los hielos glaciales casi hasta la costa de las provincias meridionales; y, al retirarse los glaciares, quedaron en el flanco oriental de la Cordillera de la Costa restos morrénicos, glacio-lacustres y glacio-fluviales. Los suelos asociados con estos depósitos de acarreo glaciales son arcillas muy meteorizadas (recubiertas en parte por acarreos volcánicos más recientes). La presencia de abundantes nódulos de gibsita en los suelos, además de la normal de magnetita como único mineral residual no arcilloso aparte el cuarzo, sugiere firmemente que los materiales glaciálicos originales estaban recubiertos por un loess volcánico que posteriormente sufrió una fuerte meteorización. Indudablemente así hubiera ocurrido si el suelo hubiese permanecido inmóvil durante los tres períodos interglaciales posteriores.

La segunda glaciación se extendió por las tierras bajas casi tanto como la primera, y los suelos relacionados con aquélla (series Fresia, Cudico, Los Ulmos, etc.) están mucho menos meteorizados que los suelos relacionados con el primer período interglacial (Ñapeco); pero son indudablemente mucho más antiguos y están más meteorizados que los mucho más jóvenes trumaos. Las arcillas de los suelos del segundo período interglacial son generalmente caolinítica, con algo de gibsita y un poco de halloysita. En muchos lugares estos suelos yacen sobre los suelos más antiguos formados en la primera glaciación, pero la coincidencia de los límites es notablemente buena. Una vez más se puede suponer que los suelos postglaciales fueron cubiertos por loess volcánico o acarreos, pues el límite occidental de los materiales está algo más claramente definido por la acción de los vientos que del oeste soplan sobre la costa. Es una característica de estos suelos asociados con el segundo período interglacial la aparición con gran regularidad en los materiales de acarreo de notables fenómenos de solifluxión; en algunas partes pueden apreciarse claramente dos ciclos de solifluxión. Puede pensarse que estos fenómenos pueden ser una indicación más de la existencia de dos períodos interglaciales diferentes. La tercera glaciación llevó de nuevo los glaciares a las tierras bajas hasta un punto equidistante del pie de los Andes y de la costa, y también en este caso los suelos asociados están menos meteorizados que los del precedente segundo período interglacial, pues tienen una mucho mayor proporción de halloysita, menos caolín y frecuentemente poca alófana en la fracción arcilla. Los materiales de acarreo relacionados con este tercer ciclo están a menudo cubiertos por un manto espeso de depósitos posteriores de cenizas volcánicas y loess volcánico. Es únicamente en la capa que está en contacto inmediato con los materiales glaciales donde se percibe el estadio real de la meteorización; y en ciertas áreas hay una inevitable confusión entre este último material y algunos de los más antiguos depósitos subaéreos de cenizas. Por último, durante la cuarta y última glaciación, los hielos llegaron nuevamente a las tierras bajas, pero sobrepasaron poco el límite actual de los lagos. La arcilla producida a partir de estos depósitos de cenizas y loess volcánico asociados con las morrenas de esta última glaciación es de naturaleza completamente amorfa. Los materiales fluvio-glaciáricos y los abanicos glaciáricos formados durante esta última glaciación han contribuido a la formación de la mayoría de los suelos de ñadi.

Por consiguiente, el examen de la distribución de los suelos y de las características del subsuelo en el área principal de Chile, donde la acción glacial se extendió hasta las tierras bajas, presta visos de verosimilitud a la hipótesis de que las "arcillas volcánicas rojas" deben su naturaleza caolinítica y halloysitica a una

meteorización acelerada durante el curso de uno o más ciclos interglaciales. El esquema de la distribución de los suelos postglaciales (trumaos) apoya en cierta manera la idea de que el acarreo eólico rico en minerales volcánicos ha sido arrancado de las zonas periglaciales y redistribuido sobre los terrenos glaciales por la acción de los vientos del oeste, transformando así este acarreo en roca madre de "loess volcánico" de muchos trumaos.

Existe una prueba más de que, durante la acumulación del hielo glacial, se sedimentaron materiales volcánicos en los terrenos congelados. Tanto en la tercera como en la segunda serie de morrenas glaciáricas hay lechos espesos de cenizas volcánicas gruesas, de distribución intermitente, y que muestran una fuerte aunque fina laminación, que no aparecen horizontalmente (como ocurriría si se tratase de depósitos lacustres o aluviales), sino que están inclinados como si originariamente hubiesen sido depositados formando conos de deyección. Estos lechos reciben el nombre local de "cancagua". Los depósitos de esta naturaleza asociados con las morrenas de la segunda glaciación están actualmente bastante reblandecidos y meteorizados, mientras que los de la glaciación tercera están aún cementados. Es probable que esta cementación se produjese después de la liberación de las cenizas subaéreas encerradas en los hielos glaciales, y que se deba a la puesta en libertad de sílice, calcio y magnesio durante los procesos iniciales de la meteorización después del asentamiento del material, lo que permitió la cementación por los silicatos. Una vez cementadas, las cenizas de la cancagua quedarían durante algún tiempo a cubierto de una ulterior meteorización. En el caso de la cancagua asociada con la segunda glaciación, sólo actualmente está penetrando la meteorización en la masa; mientras que en la cancagua más reciente de la tercera glaciación únicamente las capas superiores cercanas a la superficie del suelo están comenzando ahora a descomponerse. Por consiguiente, los materiales constituyentes de la cancagua muestran una meteorización retardada en comparación con los depósitos de acarreo volcánico establecidos antes del avance de los hielos o después de la retirada de éstos. Además, los lechos de cancagua han conservado, dentro de su roca matriz cementada, lajas, nódulos y otras formas de cenizas volcánicas meteorizadas que fueron primeramente levantadas por la extremidad delantera de los glaciares en avance y posteriormente incorporadas en el hielo glaciárico, para quedar en libertad a la retirada de los glaciares, simultáneamente con la liberación de todas las cenizas recientes encerradas en el hielo glaciárico. De este modo la cancagua cementada ha preservado fragmentos de materiales edáficos interglaciales. Estos fragmentos de suelo deben de haber sido sólidos congelados en el momento del avance del glaciar, habiendo conservado en considerable medida muchas de sus anteriores características edáficas. En muchos casos es posible identificar suelos que se han invertido por completo o que han girado 90° con relación a su orientación primitiva. En algunas ocasiones incluso el delgado horizonte de alios ferruginoso o fierrillo se ha conservado intacto. Estos no son sólo interesantes fragmentos de suelos fósiles, sino que son también restos de un terreno antiguo cuya edad pudiera llegar a establecerse.

Otra prueba de la antigüedad de las arcillas volcánicas rojas la suministra la frecuencia de la presencia de capas de solifluxión. Este es un fenómeno bastante distinto de los efectos de la solifluxión masiva que parece ser que se correlaciona con los períodos interglaciales penúltimo y antepenúltimo, y que se refiere más concretamente a movimientos de masas relativamente poco importantes sobre laderas de pendiente moderada. Se trata de una característica que raramente muestran los trumaos, los cuales poseen una capacidad bastante mayor para absorber agua, y que, cuando se congelan, extruyen ésta en forma de largas agujas. Las arcillas cristalinas de las arcillas volcánicas rojas no pueden expulsar tan fácilmente el agua al congelarse, por lo que, cuando pasa el período frío, la masa de suelo superficial húmedo que descansa sobre un subsuelo todavía congelado desciende lentamente ladera abajo hasta formar una masa más compacta en la que su estructura primitiva se ha modificado considerablemente. De este modo, en muchas laderas orientadas al mediodía cercanas a amplios lechos fluviales, donde ha ocurrido una acumulación repetida de polvo volcánico eólico en épocas antiguas, el manto de acarreo meteorizado muestra capa tras capa características de solifluxión. En ciertos lugares se observan indicaciones de alteración gradual de las condiciones ambientales, como si la solifluxión disminuyese a medida que el terreno se hace más seco o más cálido. Como estas características las presentan raramente los trumaos, los minerales cinericios del acarreo eólico deben de haberse hallado en un estado al menos moderadamente meteorizado al producirse el desplazamiento.

Por lo demás, las pruebas que se obtienen en las cuatro provincias meridionales, donde los depósitos glaciales y las "arcillas volcánicas rojas" se presentan conjuntamente, parece ser que apoyan firmemente la hipótesis de que estos materiales deben su estado actual a una prolongada meteorización, acelerada intermitentemente durante las condiciones climáticas interglaciales más cálidas. ¿Qué decir, pues de las "arcillas volcánicas rojas" de la provincia de Cautín y de las provincias situadas al norte hasta Talca? En esta parte de Chile, estos suelos que probablemente se originaron a partir de materiales de acarreo (a diferencia de los que se derivaron claramente de rocas subyacentes) tienen una distribución más significativa. Cerca de su límite septentrional se reducen a las colinas de la precordillera y afloran por primera vez en los llanos de las tierras bajas al sur del río Maule, donde se presentan como manchas fragmentarias de origen aluvial muy posiblemente. Más al sur estos suelos ocupan una mayor extensión (véase fig. 4) y puede que deban su origen a loess volcánico o a depósitos subaéreos de cenizas; y, en las proximidades de Collipulli, se extienden hasta casi la mitad de la llanura. Todavía más al sur ocupan el Llano Central hasta el pie de la Cordillera de la Costa y, finalmente, en la provincia de Cautín, se dilatan hasta la orilla del mar. Hacia el norte y a lo largo de ésta hay manchas de "arcillas volcánicas rojas" en muchas de las terrazas más antiguas (superiores). El esquema de la distribución es muy semejante al que muestran los trumaos más jóvenes. Evidentemente, mucha de su superficie primitiva ha desparecido por la acción de la erosión en el Llano Central, pero los restos que han quedado evidencian una relación más clara con los límites conocidos de las glaciaciones anteriores. Al norte de Villarrica, el límite occidental de la anterior actividad glaciálica se ha retirado a la cordillera andina; el límite de las"arcillas volcánicas rojas" sigue un recorrido paralelo unos 30 a 40 km más al oeste. Además, los restos de las "arcillas volcánicas rojas" se hallan actualmente sobre todo en los terrenos más antiguos (superiores) de las tierras bajas. La consecuencia de ello es que estos materiales edáficos se fijaron mucho antes del último período glacial y, por consiguiente, probablemente han experimentado también una meteorización acelerada durante los ciclos interglaciales.

Un perfil de suelo típico de una "arcilla volcánica roja" de las proximidades de Temuco revela:

0 - 20 cm pardo rojizo oscuro (5YR 3/4, en húmedo); pardo oscuro, (7,5YR 3/4, triturado); suelo franco limoso denso a suelo franco arcillo-limoso; friable a firme, ligeramente duro cuando seco; de estructura moderadamente desarrollada en bloques gruesos, que se desagregan en una estructura muy desarrollada en bloques finísimos y granos gruesos y, en un grado más avanzado de desagregación, en gránulos muy finos; ligeramente adherente y moderadamente plástico en húmedo; límites difusos.

20 - 35 cm pardo rojizo oscuro (5YR 3/4, en húmedo); pardo rojizo oscuro (5YR 3/3, triturado); suelo franco arcilloso denso o arcilla ligera; friable a firme; estructura poco desarrollada en bloques gruesos que se desagregan fácilmente en gránulos gruesos muy resistentes; muy adherente y bastante plástico en húmedo; límites definidos,

35 - 115 cm rojo oscuro (2,5YR 3/2, en húmedo), pardo rojizo oscuro (5YR - 2,5YR 3/3, triturado); arcilla; firme a muy firme; estructura muy desarrollada en bloques angulares, con agrietamientos verticales considerables (casi prismáticos), que se desagregan en una estructura muy desarrollada en bloques angulares finos y por último en gránulos muy gruesos; escamas arcillosas bien desarrolladas en todos los aglomerados; muy adherente y muy plástico en húmedo; límites definidos,

115 - 200 cm rojo oscuro a pardo rojizo oscuro (2,5YR 3/2 a 5YR 3/3, en húmedo); pardo intenso (7,5YR 5/6, triturado); arcilla densa; extremadamente firme, muy dura cuando seca; de estructura prismática muy desarrollada muy difícil de desagregar en bloques angulares medios y finos; óxidos de hierro y manganeso tiñen la superficie de los prismas; escamas de arcilla y bordes de presión (análogos a los espejos de falla) frecuentes en las superficies de los prismas; muy adherente y extremadamente plástico en húmedo; límites bruscos,

200 - 230 cm pardo intenso (7,5YR 5/8, en húmedo; que no cambia de color al triturarlo); suelo franco arcilloso, con algo de arena de cuarzo mediana y fina; muy firme, duro hasta el punto de cementarse cuando seco; agrietamiento irregular confuso, pero ninguna otra estructura cuando está húmedo, no obstante lo cual se desprende en finos agregados prismáticos al quedar expuesto a la desecación en los cortes de las carreteras; pocas o ninguna escama arcillosa y ningún borde de presión; perforado por muchos orificios y delgados canalitos, que recuerdan los que hacen los gusanos o las raíces, recubiertos de óxido de manganeso y de hierro y probablemente de humus; corte con brillo céreo pues contiene gibsita; ligera a moderadamente adherente, moderadamente plástico en húmedo; límites bruscos,

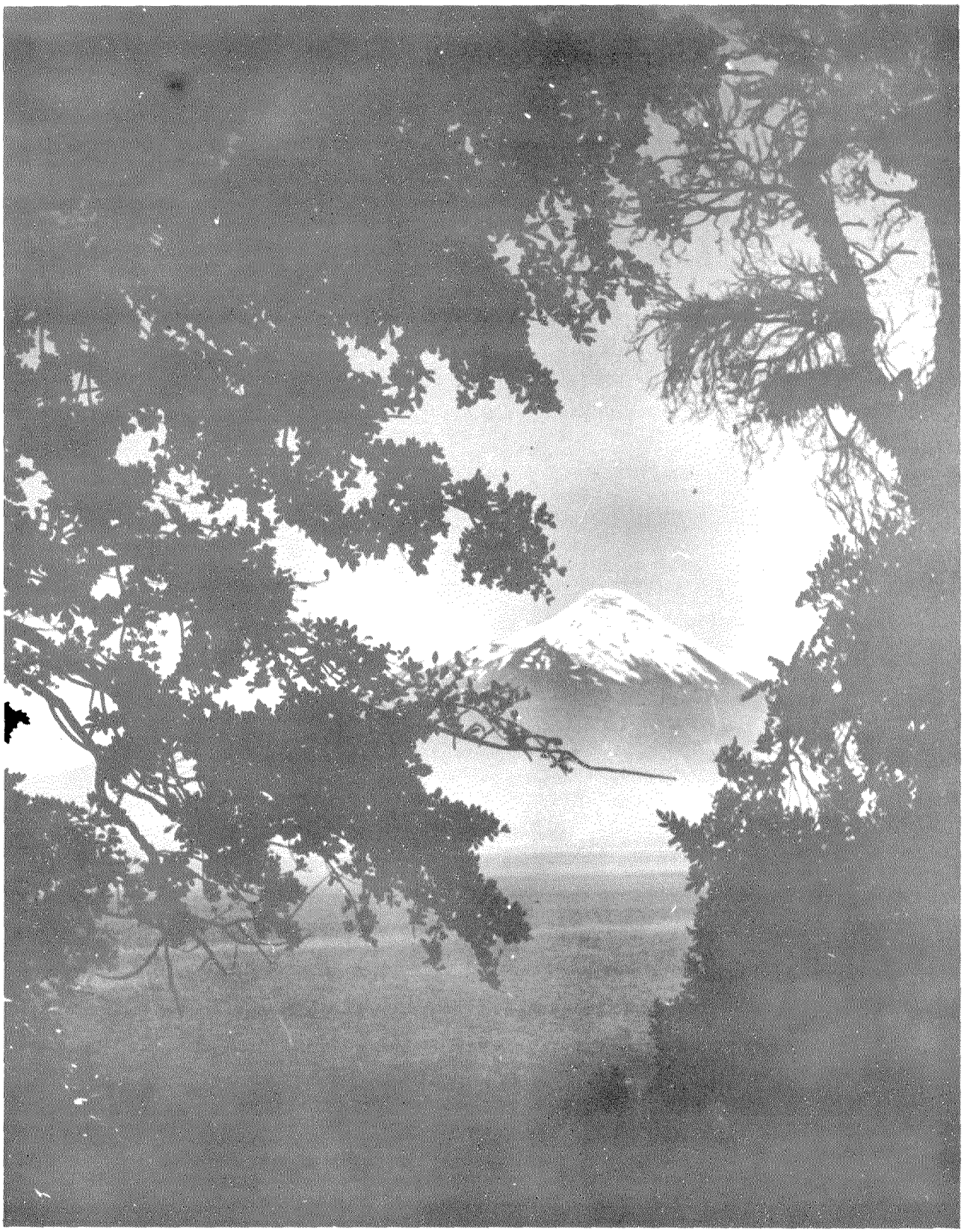
320 - 430 cm rojo oscuro a pardo rojizo oscuro (2,5YR 3/6 a 3/4, en húmedo); pardo rojizo oscuro (5YR 3/4, triturado); arcilla; firme a muy firme; estructura prismática grosera muy desarrollada, que se desagrega difícilmente en bloques medianos y finos y gránulos irregulares muy gruesos; todos los agregados tienen escamas arcillosas perceptibles y algunas marcas de presión; a veces deposición de manganeso y otros sesquióxidos en la superficie de los prismas; extremadamente adherente y plástico en húmedo; límites definidos,

sobre.. arcilla rojiza oscura con fragmentos de andesita en meteorización que a unos 650 cm es ya andesita meteorizada blanda, gris.

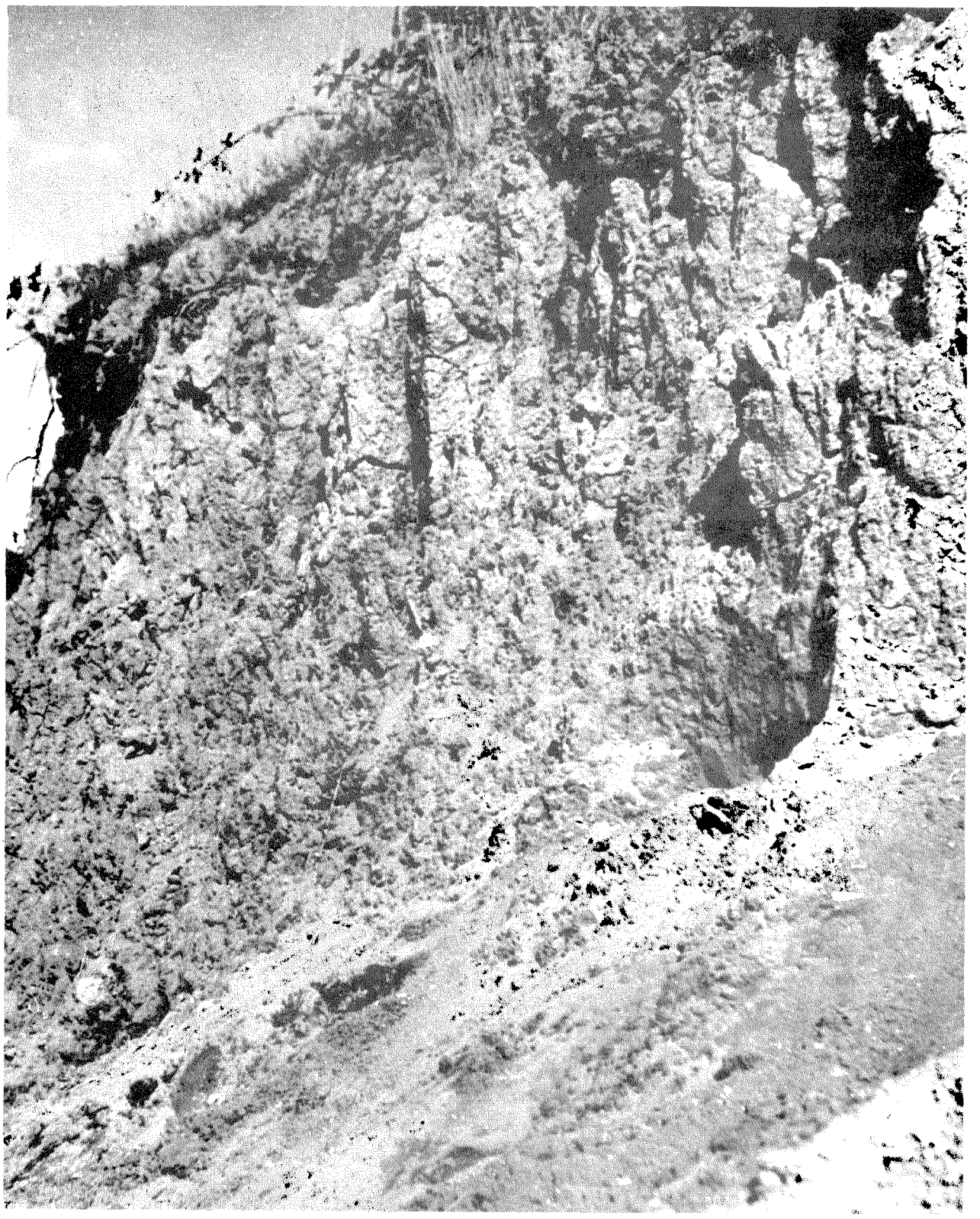
Este perfil ilustra la mayoría de las características significativas de los suelos de "arcillas volcánicas rojas" que se cree proceden de acarreos volcánicos antiguos. Existe una clara discontinuidad en su secuencia vertical, especialmente destacada en el nivel de 200 cm a 230 cm, donde el material tiene todos los rasgos característicos de una antigua precipitación de fango que se cementó poco después de depositarse. Ninguna de las capas situadas sobre este horizonte de deposición puede haberse derivado directamente de la andesita subyacente, por lo que la semejanza entre las dos capas que yacen inmediatamente encima y debajo del material depositado hace pensar que incluso el material inferior no puede haberse derivado de la andesita subyacente. Aparte algo de cuarzo (abundante solamente en la capa de deposición), el principal mineral residual es la magnetita. Todo el perfil puede muy bien haberse formado en un largo intervalo de tiempo por la acumulación sucesiva de polvo volcánico (loess), con adiciones ocasionales de cenizas volcánicas subaéreas. El suelo es evidentemente mucho más antiguo que los trumaos existentes en la misma región. En las "arcillas volcánicas rojas" el caolín, la gibsita y la halloysita son los principales minerales arcillosos en todos los horizontes; la gibsita abunda en el horizonte de deposición y los estratos inferiores son predominantemente caoliníticos. El suelo descrito anteriormente es el suelo franco arcillo-limoso Padre las Casas tal como se presenta cerca de Metrenco, en la provincia de Cautín.

Suelos de este tipo se han descrito como suelos lateríticos pardo-rojos (Roberts y colaboradores, 1958) y como rodocrultes (Bennema y Smith, 1962, comunicación personal). Estos suelos son muy semejantes a algunas de las arcillas granulares pardas procedentes de cenizas volcánicas descritos en Nueva Zelandia y por su color (y algunas características estructurales) no son diferentes de los suelos terra roxa estructurada del Estado de Sao Paulo en Brasil (S.N.P.A. 1960). En común con estos últimos suelos, las "arcillas volcánicas rojas" de Chile son casi imposibles de fotografiar en su color natural (aparente).

Las "arcillas volcánicas rojas" tienen una capacidad de cambio de iones de 35 ó menos, y generalmente su saturación de bases es inferior a 30 por ciento; su pH es 5,5 como máximo y la fijación de fosfatos es más o menos normal, pero en ninguna parte tan considerable como en los suelos de cenizas volcánicas alofánicas. Por esta razón, estos suelos son mucho más favorables para el cultivo y casi todos los abonos y la cal dan en ellos rendimientos apropiados. Su estado de agregación es de mucha mayor capacidad que el de los trumaos, pero aquellos suelos están bien granulados en la capa arable, por lo que después de la arada los agregados se desmenuzan rápidamente en finos gránulos constituyendo un buen asiento para las semillas. Sin embargo, estos suelos son muy sensibles a la erosión por el agua.



El volcán Osorno y el lago Llanquihue, en la provincia de Llanquihue, Chile centromeridional



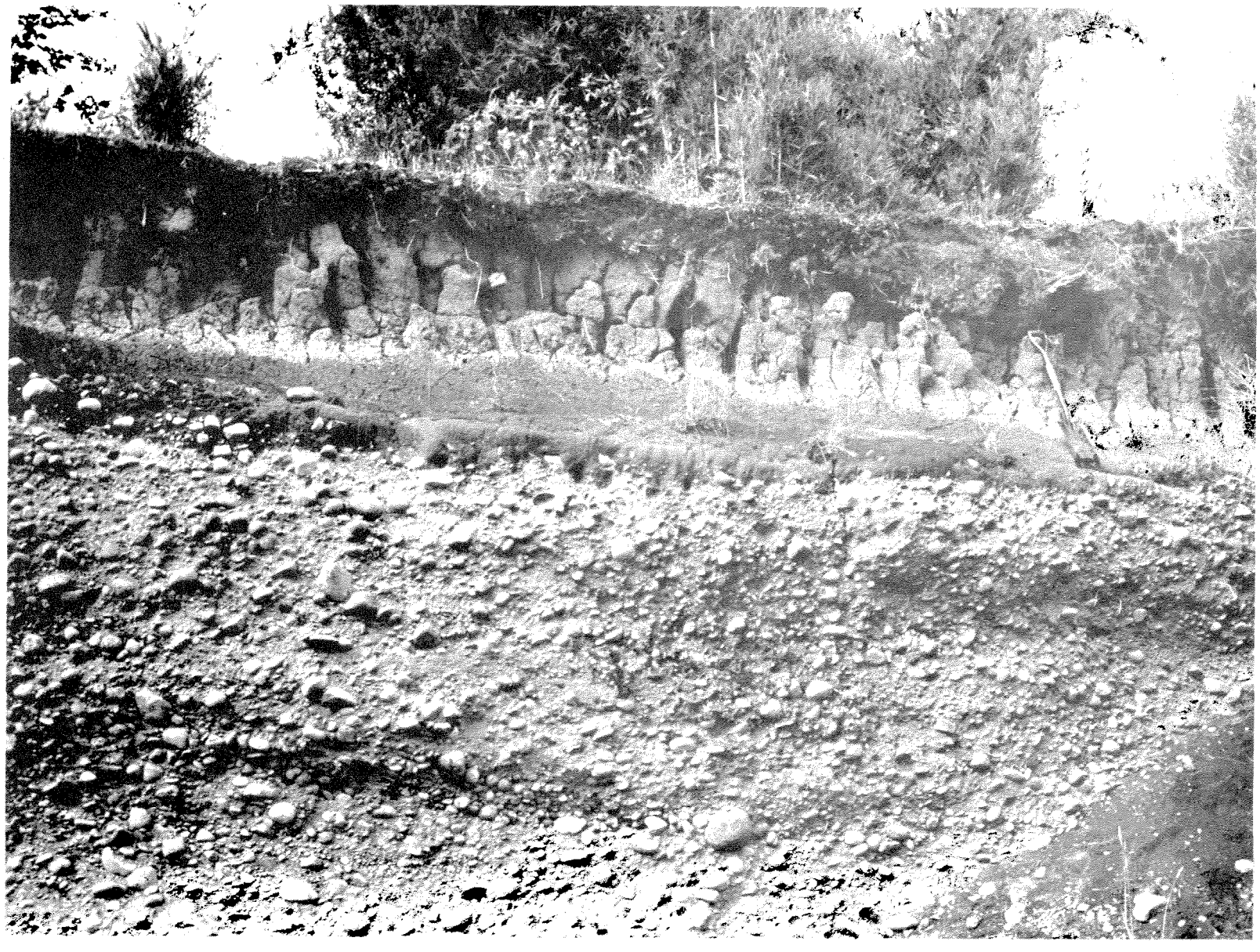
Suelo franco limoso Cautín, de las cercanías de Temuco, Chile centromeridional



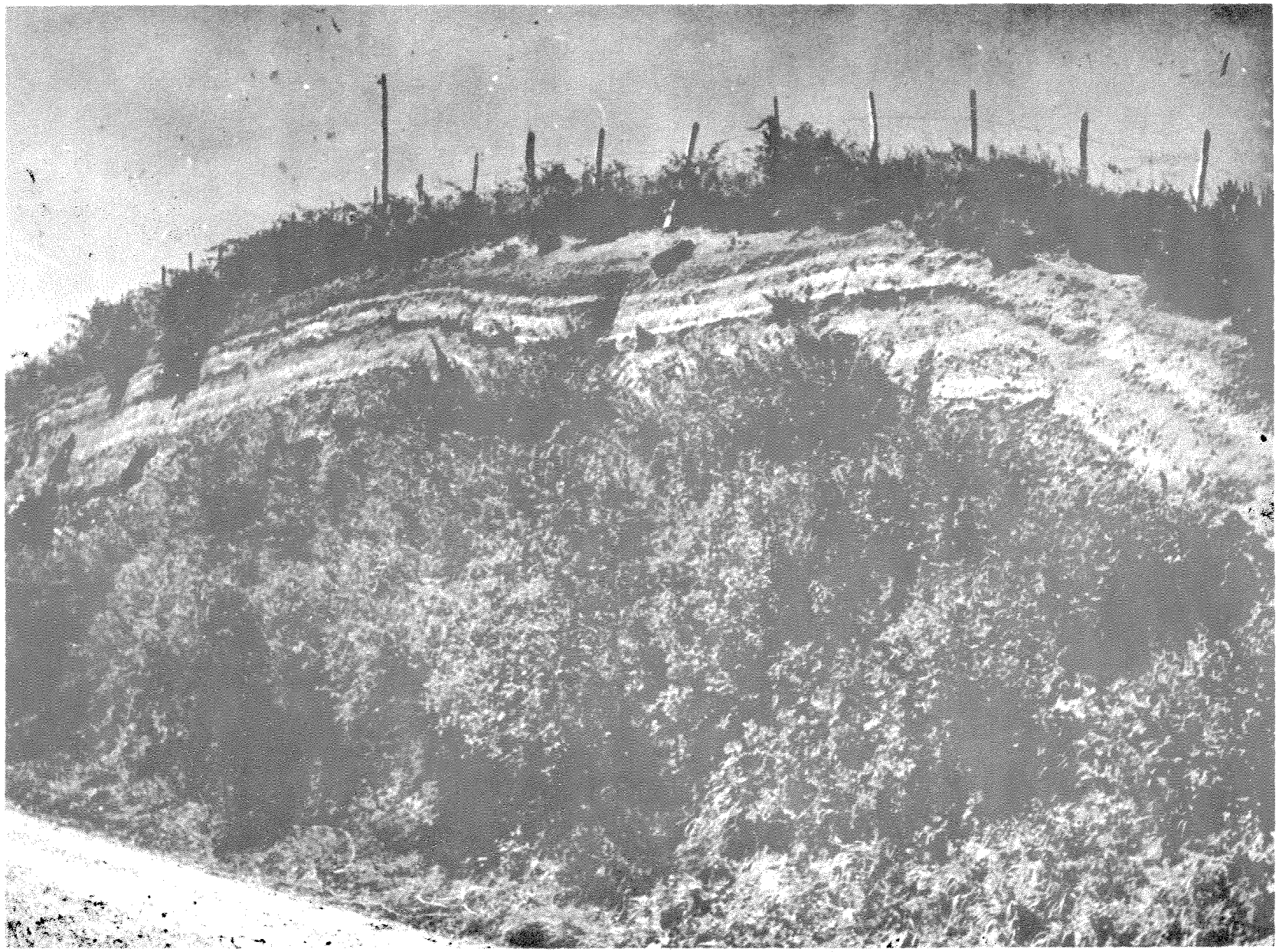
Suelo franco arenoso fino Quellehue procedente de cenizas volcánicas pumíticas de las proximidades de Cunco, Chile centromeridional



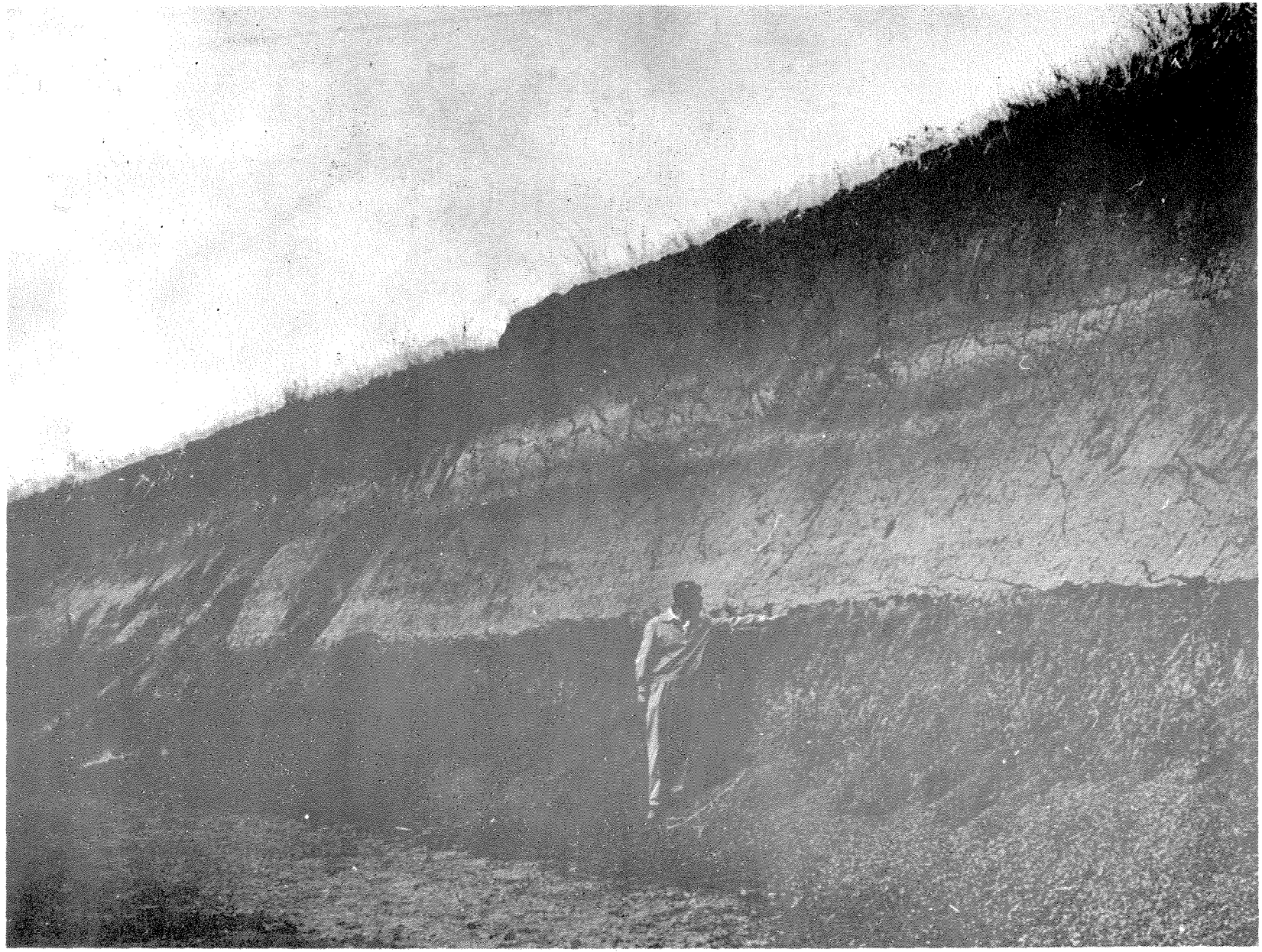
Suelo franco limoso Puerto Fonck, de las proximidades de Puerto Fonck, en la provincia de Osorno, Chile centromeridional



Suelo franco limoso Frutillar en que se perciben las fisuras de contracción que se forman en el subsuelo por causa de la desecación. Se trata de un suelo de ñadi que sirve muy bien de ejemplo del riesgo de drenaje excesivo a que están sujetos los suelos de esta naturaleza



Lechos de cenizas y capas de deposición muy estratificados de las cercanías del volcán Osorno en la provincia de Llanquihue, Chile centromeridional



Discontinuidad brusca entre lechos de cenizas Cautín más recientes y lechos Collipulli más antiguos, en las proximidades de Temuco, Chile centromeridional



Trinchera de una carretera abierta en cenizas volcánicas depositadas en forma de sedimentos de estuario de las cercanías de Valdivia, Chile centromeridional

LEYENDA EXPLICATIVA DE LA FIGURA 4

ZONA SUBHUMEDA

REGION 1

Trumaos

1/1 - De cenizas volcánicas subaéreas en las colinas
1/2 - De cenizas volcánicas subaéreas en declives accidentados
1/3 - De loess volcánico en altiplanos suavemente ondulados
1/4 - De aluvium volcánico en llanuras bajas horizontales
1/5 - De acarreos que contienen vidrios volcánicos en terrazas costeras
1/6 - De cenizas pumíticas subaéreas en llanos de montaña

Trumaos de laderas

S_1 - Laderas con algunas manchas de cenizas volcánicas
S_2 - Laderas con mantos delgados aunque continuos de cenizas volcánicas
S_3 - Laderas con mantos espesos de cenizas arenosas basálticas
S_4 - Laderas con mantos espesos de cenizas pumíticas riolíticas

"Arcillas volcánicas rojas"

R_1 - De loess volcánico antiguo y cenizas en las colinas
R_2 - De loess volcánico antiguo en declives
R_3 - De depósitos de acarreo antiguos en terrazas costeras.

ZONA HUMEDA

REGION 2

Trumaos

2/1 - De cenizas volcánicas subaéreas en las colinas
2/2 - De cenizas volcánicas subaéreas en declives accidentados
2/3 - De loess volcánico en altiplanos ondulados
2/4 - De aluvium volcánico en llanuras bajas horizontales
2/5 - De cenizas pumíticas subaéreas, etc., en llanos de montaña

Trumaos de laderas

S_4 - Laderas con manto discontinuo de cenizas volcánicas
S_{4a} - Laderas con manto espeso continuo de cenizas volcánicas
S_5 - Laderas con manto espeso continuo de cenizas pumíticas

"Arcillas volcánicas rojas"

R_4 - De acarreos costeros antiguos y sedimentos lacustres
R_5 - De loess volcánico y tobas volcánicas andesíticas antiguos
R_6 - De loess volcánico antiguo de áreas costeras

Suelos de cenizas volcánicas recientes

V_1 - De cenizas andesíticas recientes
V_2 - De cenizas, arenas y escorias basálticas recientes

REGION 3

Trumaos

3/1 - De cenizas volcánicas subaéreas en las colinas
3/2 - De cenizas volcánicas subaéreas en declives accidentados
$3/2_a$ - De cenizas volcánicas subaéreas pumíticas en declives
3/3 - De loess volcánico en altiplanos ondulados
$3/3_a$ - Idem ... más antiguo, más meteorizado, de transición a arcilla volcánica roja
3/4 - De aluvium volcánico en llanuras bajas horizontales
3/5 - Idem ... mezclado con cenizas volcánicas recientes
3/6 - Idem ... más antiguo y cenizas aluviales más meteorizadas
3/7 - De acarreos en terrazas costeras
N - Ñadis asociados

Trumaos de laderas

S_6 - Laderas con manto espeso de cenizas volcánicas

"Arcillas volcánicas rojas"

R_7 - De loess volcánico antiguo
R_8 - De loess volcánico antiguo y micasquisto

Suelos volcánicos recientes

V_3 - De cenizas volcánicas recientes, principalmente andesíticas
V_4 - De cenizas volcánicas recientes, principalmente basálticas

REGION 4

Trumaos

4/2 - De cenizas volcánicas subaéreas en declives accidentados
$4/2_a$ - Idem ... en parte pumíticas
4/3 - De loess volcánico sobre formaciones glaciales antiguas
N - Ñadis asociados

Suelos de laderas

S_8 - Laderas con manto espeso de cenizas, en parte pumíticas
S_9 - Laderas con manto espeso de cenizas volcánicas mixtas
S_{10} - Laderas con manto espeso de cenizas pumíticas
S_{11} - Laderas con manto espeso de cenizas basálticas, etc.

"Arcillas volcánicas rojas"

R_{10} - De loess volcánico antiguo y micasquisto
R_{11} - De loess volcánico antiguo

Suelos de cenizas volcánicas recientes

V_5 - De cenizas volcánicas recientes, y pómez riolítica y andesita mezclados
V_6 - De arenas y escorias basálticas recientes
V_7 - De cenizas, arenas, escorias y lavas basálticas muy recientes
V_8 - De pómez riolítica gruesa muy reciente
V_9 - De cenizas basálticas y andesíticas mezcladas
V_{10} - De cenizas, arenas y lava andesíticas

ZONA SUPERHUMEDA

REGION 5

Trumaos

5/2 - De cenizas y loess volcánico subaéreos
5/3 - De loess volcánico
N - Ñadis asociados

Suelos de laderas

S_{12} - Laderas con manto espeso de cenizas volcánicas

Suelos de cenizas volcánicas recientes

V_{11} - De cenizas pumíticas recientes

LEYENDA EXPLICATIVA DE LA FIG. 10

REGIONES AMBIENTALES DE LA ZONA ANDINA MERIDIONAL DE IMPORTANCIA EN LOS PROCESOS ACTUALES DE FORMACION DEL SUELO

1. Región absolutamente desértica

1a. Extremadamente árida, altitud máxima, 2.750 m; sin ritmo estacional definido de las precipitaciones, temperaturas diurnas elevadas, temperatura media mensual (t.m.m.) más baja comprendida entre 10° y 20°C, t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°C; meteorización mínima, lixiviación mínima y sólo un débil movimiento capilar de las sales solubles; régimen de acarreo localmente muy activo; régimen orgánico mínimo; suelos desérticos verdaderos (principalmente regosólicos y litosólicos, con acumulación de sales en los salares y "solonchaks" residuales secos asociados).

1b. Extremadamente árida, altitud máxima, 1.000 m; ritmo estacional definido de las precipitaciones, condensación diurna regular de la humedad de las nieblas costeras, t.m.m. más baja comprendida entre 10°y 20°C,t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°C; sólo muy ligera meteorización en los suelos de los terrenos más antiguos y más estables, lixiviación mínima, abundante retorno de sales solubles a la superficie por acción capilar que origina la formación de costras salinas; débil régimen de acarreo; régimen orgánico mínimo a muy débil; suelos desérticos costeros y costras salinas.

2. Región desértica de tierras bajas (altitud máxima, 3.000 m)

2a. Arida, sin ritmo estacional definido de las precipitaciones, temperaturas diurnas moderadas a elevadas, t.m.m. más baja comprendida entre 10° y 20°C; t.m.m. más alta comprendida entre 10° y 20°C; meteorización mínima, lixiviación mínima, retorno mínimo a muy débil de sales solubles por acción capilar; régimen de acarreo localmente bastante activo; régimen orgánico mínimo a muy débil; suelos desérticos (regosólicos y litosólicos relacionados con los suelos desérticos rojos mínimos, con suelos que son quizás calcisoles y "sierozems" mínimos).

2b. Arida, leve distribución invernal de las precipitaciones, temperatura diurna alta, t.m.m. más baja comprendida entre 10° y 20°C, t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°; débil meteorización en la parte del perfil del suelo inmediata a la superficie, lixiviación mínima a muy débil, en parte anulada por un retorno, por capilaridad, bastante considerable de sales solubles; régimen de acarreo localmente muy activo; régimen orgánico muy débil; suelos desérticos (suelos desérticos rojos mínimos y modales y litosoles y regosoles afines, con suelos coluviales y aluviales salinos asociados).

2c. Arida, clara distribución estival de las precipitaciones, temperaturas diurnas altas, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°C; meteorización débil a submoderada en la parte del perfil del suelo situada inmediatamente debajo de la superficie, lixiviación muy débil; retorno, por capilaridad, moderado a considerable de sales solubles; régimen de acarreo localmente intenso; régimen orgánico débil a muy débil; suelos desérticos (suelos desérticos rojos modales y litosoles y rigosoles afines, con suelos análogos a "sierozem" y calcisoles asociados).

LEYENDA EXPLICATIVA DE LA FIG. 10

2d. Arida, distribución estival definida de las precipitaciones, temperaturas diurnas del suelo altas a muy altas, t.m.m. más baja comprendida entre 10° y 20°C, t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°C, meteorización submoderada eficaz principalmente en el horizonte situado inmediatamente debajo de la superficie del terreno, lixiviación muy leve; moderado retorno, por capilaridad, de las sales capilares; régimen de acarreo moderado, y débil régimen orgánico; suelos desérticos (suelos desérticos rojos modales a máximos, calcisoles y suelos análogos a "sierozem" con litosoles y rigosoles afines y con "solonchaks" asociados, etc.).

2e. Arida, sin distribución estacional definida de las precipitaciones, temperaturas diurnas del suelo moderadas, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 10° y 20°C, meteorización muy débil a mínima en todo el perfil, lixiviación muy débil a débil; moderado retorno, por capilaridad, de las sales solubles; régimen de acarreo localmente muy activo; régimen orgánico generalmente débil, excepto en manchas de acumulación local de turba; suelos desérticos (grises y pardo grisáceos, con regosoles y litosoles afines y con "solonchaks" y suelos orgánicos salinos, suelos semiturbosos, etc., asociados).

2f. Arida, débil distribución invernal de las precipitaciones, temperaturas diurnas del suelo moderadas a elevadas, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°C; meteorización muy débil, lixiviación muy débil a débil; moderado a considerable retorno, por capilaridad, de las sales solubles; régimen de acarreo localmente muy activo; régimen orgánico débil; suelos desérticos que pasan gradualmente a semidesérticos (suelos desérticos pardo grisáceos y pardos, calcisoles, suelos análogos a los "sierozem", todos con regosoles y litosoles fines, y con suelos coluviales y aluviales salinos asociados, etc.).

3. Región desértica de tierras altas (altitud mínima 3.000 m)

3a. Arida, sin ritmo definido de las precipitaciones, temperaturas diurnas del suelo moderadas, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 10° y 20°C; son comunes los vientos fríos y secantes muy fuertes y las presiones barométricas muy bajas; meteorización mínima, lixiviación mínima a muy débil; débil a moderado retorno, por capilaridad, de las sales solubles; régimen de acarreo generalmente activo; régimen orgánico débil y local; suelos de altiplano desérticos (suelos desérticos grises mínimos y litosoles y regosoles afines, con suelos volcánicos recientes, calcisoles mínimos, suelos análogos a los "sierozem" mínimos y suelos aluviales y coluviales derivados asociados).

3b. Arida, distribución estival levemente definida de las precipitaciones, temperaturas diurnas del suelo moderadas, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 10° y 20°C; frecuentes vientos fuertes fríos y desecantes y presiones barométricas bajas; meteorización mínima a muy débil, lixiviación muy débil, anulada en parte por un moderado retorno, por capilaridad, de las sales solubles; régimen de acarreo muy activo; régimen orgánico débil y local; suelos de altiplano desérticos (suelos desérticos grises, pardos y pardos rojizos y litosoles y regosoles afines, con calcisoles, suelos análogos a "sierozem" mínimos en los terrenos más estables asociados, y con suelos volcánicos recientes y suelos semiturbosos alcalinos asociados).

LEYENDA EXPLICATIVA DE LA FIG. 10

4. Región semidesértica de tierras bajas (altitud máxima, 300 m)

4a. Semiárida, precipitaciones invernales, temperaturas del suelo moderadas a elevadas en verano, t.m.m. más baja comprendida entre 10° y 20°C, t.m.m. más alta comprendida entre 10° y 20°C; débil meteorización de los suelos superficiales, meteorización submoderada de los subsuelos, débil lixiaviación en invierno, contrarrestada en parte por un débil a moderado retorno, por capilaridad, de las sales solubles a finales de primavera; régimen de acarreo débil a moderado; régimen orgánico no más que moderado y localmente débil: suelos semiáridos (suelos pardos cálcicos y suelos de laderas y litosoles afines con grumosoles, rendzinas y suelos pardos no cálcicos localmente mínimos y subsuelos de laderas y litosoles afines asociados).

4b. Semiárida, precipitaciones invernales, temperaturas diurnas del suelo moderadas en verano, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°C; débil meteorización en todo el perfil del suelo, débil lixiviación invernal, parcialmente contrarrestada por un débil retorno, por capilaridad, de las sales solubles en verano; régimen de acarreo débil; régimen orgánico moderado: suelos semiáridos (dominantemente suelos pardos no cálcicos y subsuelos de laderas y litosoles afines, pero con suelos pardos cálcicos, grumosoles, rendzinas y suelos de transición a lateríticos pardo rojizos asociados con sus suelos de laderas afines relacionados; también suelos aluviales, etc.).

4c. Semiárida, precipitaciones invernales, temperaturas diurnas del suelo bastante elevadas en verano, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°C; meteorización débil a muy débil, lixiviación débil; débil a moderado retorno, por capilaridad, de las sales solubles; régimen de acarreo localmente muy activo; régimen orgánico principalmente débil, pero localmente moderado: suelos semiáridos (en parte de transición a suelos semidesérticos y que incluyen suelos pardos cálcicos, calcisoles, suelos análogos a "sierozem", suelos desérticos rojos máximos, suelos forestales pardos mínimos, etc., todos ellos con litosoles y algunos suelos de laderas afines y con suelos coluviales y aluviales derivados; localmente alguna formación de suelos volcánicos recientes).

4d. Semiárida, sin ritmo estacional definido de las precipitaciones, temperaturas diurnas del suelo templadas a frescas en verano, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 10° y 20°C, débil meteorización, lixiviación débil a moderada; débil retorno, por capilaridad, de las sales solubles; régimen de acarreo sólo localmente moderado a fuerte; régimen orgánico moderado, pero muy desarrollado localmente: suelos semiáridos (suelos castaños mínimos, con suelos semidesérticos pardos y con regosoles y litosoles afines; localmente suelos semiturbosos y turbosos).

4e. Semiárida, precipitaciones estivales, temperaturas diurnas del suelo templadas en verano, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°C; débil a submoderada meteorización, lixiviación débil a moderada; débil retorno, por capilaridad, de las sales solubles; régimen de acarreo localmente activo; régimen orgánico moderado; suelos semiáridos (principalmente calcisoles, suelos análogos a "sierozem" y litosoles y regosoles afines, y con "solonchaks" asociados, etc.).

LEYENDA EXPLICATIVA DE LA FIG. 10

4f. Semiárida, precipitaciones estivales, temperaturas diurnas del suelo relativamente cálidas en verano, t.m.m. más baja comprendida entre 10° y 20°C, t.m.m. más alta comprendida entre 20° y 30°C; débil a moderada meteorización, lixiviación débil a moderada; débil retorno, por capilaridad, de las sales solubles; régimen de acarreo localmente activo;régimen orgánico moderado: suelos semiáridos (suelos desérticos pardos y pardo-rojizos, suelos castaños, etc., con regosoles y litosoles afines, y con "solonchaks", suelos aluviales salinos hidromórficos afines, etc.).

5. Región semidesértica de tierras altas (altitud mínima, 3.000 m)

Semiárida, precipitaciones estivales, temperaturas diurnas del suelo frescas en verano, t.m.m. más baja comprendida entre 0° y 10°C, t.m.m. más alta comprendida entre 10° y 20°; son comunes los vientos muy fríos y secantes y las bajas presiones barométricas; meteorización débil a muy débil; débil a moderada lixiviación; débil retorno, por capilaridad, de las sales solubles en general, pero más bien considerable en los suelos turbosos locales; régimen de acarreamiento localmente muy activo; régimen orgánico débil a moderado, localmente fuerte donde las aguas subterráneas salen a la superficie; suelos de altiplano semiáridos (suelos desérticos pardos, suelos volcánicos recientes, suelos de páramo mínimos, suelos forestales pardos ácidos muy débilmente meteorizados, herbáceo-melanizados, etc., con suelos litosólicos y de laderas afines; y con suelos orgánicos asociados).

6. Región semidesértica, de transición a subhúmeda, de tierras bajas (altitud máxima, 2.000 m)

6a. Semiárida a subhúmeda, precipitaciones invernales pero hay hasta ocho meses sin lluvia apreciable, temperaturas diurnas del suelo templadas en verano; cubierta forestal muy ligera, en parte sabana hortícola; débil a submoderada meteorización, lixiviación débil a submoderada; muy débil o ningún retorno, por acción capilar, de las sales solubles; régimen de acarreo moderado a débil; régimen orgánico moderado; suelos semiáridos de transición a subhúmedos (suelos de laderas forestales pardos mínimos sobre superficies de tierras más jóvenes, con algunos suelos pardos no cálcicos; suelos de transición entre pardos no cálcicos y lateríticos pardo-rojizos o podsólicos amarillo-rojizos sobre superficies de tierras más antiguas; y suelos aluviales recientes, suelos coluviales recientes, grumusoles, etc., asociados).

6b. Semiárida a subhúmeda, precipitaciones estivales, temperaturas diarias del suelo templadas a cálidas en verano; vegetación forestal ligera; moderada meteorización, lixiviación débil a moderada; muy débil o ningún retorno, por capilaridad, de las sales solubles; régimen de acarreo moderado a fuerte; régimen orgánico débil a moderado; suelos semiáridos de transición a subhúmedos (suelos forestales pardos, "rubrozems", suelos canela, etc., de transición en parte a suelos lateríticos pardo-rojizos y suelos podsólicos amarillo-rojizos con suelos de laderas, litosoles, regosoles, etc., afines y con suelos aluviales recientes, etc., asociados).

6c. Semiárida a subhúmeda, sin distribución estacional definida de las precipitaciones y generalmente sin ningún mes sin lluvia apreciable; temperaturas diurnas del suelo frescas en verano, suelos congelados durante varios meses en invierno; vegetación herbácea representada por brezales y "tussock"; meteorización débil a submoderada, lixiviación moderada, nada de retorno de las sales solubles por capilaridad; intensa gleyización local; procesos de acarreo localmente muy enérgicos; régimen orgánico moderado a fuerte, formación local de turberas; suelos semiáridos de transición a subhúmedos (suelos de praderas patagónicos y suelos de transición a planosoles, principalmente, con suelos semiturbosos y orgánicos asociados).

LEYENDA EXPLICATIVA DE LA FIG. 10

7. Semidesértica, de transición a subhúmeda, de tierras altas (altitud mínima, 3.000 m)

7a. Semiárida a subhúmeda, precipitaciones invernales, pero que en parte caen en forma de nieve, temperaturas diurnas del suelo frescas en verano; estepa herbácea de "tussock" con manchas de matorral claro (Baccharis); débil a muy débil meteorización, lixiviación débil a moderada; mínimo retorno, por capilaridad, de las sales solubles, débil a moderada gleyización local; régimen de acarreo moderadamente activo; régimen orgánico débil a moderado, pero localmente intenso donde las aguas subterráneas surgen a la superficie del terreno y permiten la formación de tremedales; suelo de altiplano semiárido de transición a subhúmedo (principalmente litosoles y regosoles relacionados con suelos forestales pardos mínimos, suelos desérticos pardos y suelos pardos herbáceo-melanizados, con suelos de cenizas volcánicas recientes y suelos de páramo mínimos y con suelos orgánicos locales y algunos suelos orgánicos salinos asociados).

7b. Semiárida a subhúmeda, precipitaciones estivales en forma de lluvia, pero también abundante condensación nubosa durante todo el año, temperaturas diurnas del suelo frescas en verano; bosque enano (Chuquiragua oppositofolia); débil meteorización, lixiviación moderada a fuerte, moderada gleyización, nada de retorno de las sales solubles por capilaridad; régimen de acarreo moderado a débil; régimen orgánico moderado a intenso; suelos de altiplano semiáridos de transición a subhúmedos (principalmente suelos de laderas con litosoles relacionados con suelos forestales pardos y suelos forestales pardos ácidos).

8. Región subhúmeda (tierras bajas y tierras altas)

8a. Subhúmeda, precipitaciones invernales, pero con tres a cuatro meses sin lluvia perceptible, temperaturas diurnas del suelo templadas en verano; cubierta forestal media; meteorización submoderada a moderada, débil a moderada lixiviación, prácticamente nada de retorno de las sales solubles por capilaridad; régimen de acarreo moderado a débil; régimen orgánico moderado a intenso; suelos subhúmedos (suelos lateríticos pardo-rojizos y suelos podsólicos amarillo-rojizos en las superficies más antiguas del terreno, con suelos coluviales y de laderas afines; suelos forestales pardos y suelos de laderas afines y litosoles en las superficies más recientes del terreno; y, a veces, con trumaos ligera a moderadamente meteorizados y los suelos derivados de éstos asociados).

8b. Subhúmeda, precipitaciones invernales, pero con abundancia de nevadas en invierno y con sólo dos a tres meses sin lluvias perceptibles, temperaturas diurnas del suelo frescas en verano; bosque bajo (Nothofagus antarctica) de transición a pradera de "tussock"; débil a submoderada meteorización; lixiviación débil a moderada, nada de retorno capilar de las sales solubles, débil gleyización local; régimen de acarreo intenso a muy intenso donde el bosque natural ha sido destruido, pero nada más que débil en las condiciones naturales; régimen orgánico moderado a intenso; suelos subhúmedos (suelos forestales pardos ácidos mínimos, suelos forestales pardos y litosoles y suelos de laderas afines, y con trumaos débilmente meteorizados, suelos semiturbosos y orgánicos, suelos aluviales recientes y suelos coluviales recientes asociados).

8c. Subhúmeda, precipitaciones estivales, temperaturas diurnas del suelo templadas a cálidas en verano; cubierta forestal media en parte; moderada a fuerte meteorización, lixiviación débil a submoderada, nada de retorno capilar de las sales solubles, gleyización localmente débil; régimen de acarreo moderado; régimen orgánico moderado a débil: suelos subhúmedos (suelos lateríticos pardo-rojizos, suelos podsólicos amarillo-rojizos y suelos de laderas afines, y con suelos hidromórficos asociados).

LEYENDA EXPLICATIVA DE LA FIG. 10

9. Región húmeda (tierras bajas y tierras altas)

9a. Húmeda, precipitaciones invernales, generalmente con uno a dos meses en que las lluvias apreciables son escasas, las temperaturas diurnas del suelo templadas en verano; cubierta forestal media a intensa; meteorización moderada y moderada a fuerte, lixiviación moderada; gleyización localmente débil; régimen de acarreo moderado; régimen orgánico moderado a intenso: suelos húmedos (suelos forestales pardos y suelos de praderas y litosoles en las superficies del terreno más jóvenes afines; suelos lateríticos pardo-rojizos sobre todo en las superficies del terreno más antiguas, juntamente con suelos de laderas afines; además trumaos submoderada a moderadamente meteorizados y subsuelos hidromórficos afines (Madis), suelos aluviales recientes, suelos coluviales y algunos suelos de cenizas volcánicas recientes asociados).

9b. Húmeda, precipitaciones principalmente invernales, aunque hay lluvias apreciables durante todo el año, temperaturas diurnas del suelo templadas a frescas en verano; cubierta forestal densa, excepción hecha de en los suelos de cenizas volcánicas posglaciales donde hay formación de parque; meteorización moderada a fuerte e intensa, lixiviación moderada a fuerte, gleyización localmente moderada; régimen de acarreo débil (aparte periódicas adiciones de cenizas volcánicas recientes); régimen orgánico intenso a muy intenso; suelos húmedos (suelos forestales pardos ácidos y suelos de laderas y litosoles afines en las superficies del terreno más jóvenes carentes de manto de cenizas volcánicas; suelos lateríticos pardo-rojizos en las superficies del terreno más antiguas sin manto de cenizas o con mantos formados durante el período preglacial o antes; trumaos moderada a fuertemente meteorizados y suelos hidromórficos afines (Madis), además, algunos suelos de gley y suelos orgánicos).

10. Región superhúmeda (tierras bajas y tierras altas)

10a. Superhúmeda, precipitaciones principalmente invernales, aunque no existe una distribución estacional definida de las lluvias, temperaturas diurnas del suelo frescas en verano; cubierta de monte higrofítico denso; moderada a fuerte meteorización, lixiviación fuerte a muy fuerte, condicionada localmente por el humus ácido debido a la vegetación forestal; gleyización bastante moderada en general a intensa; régimen de acarreo débil; régimen orgánico muy intenso: suelos superhúmedos (principalmente suelos de laderas forestales pardos ácidos y litosoles, localmente podsolizados; "rankers"; trumaos meteorizados, fuertemente lixiviados, y suelos hidromórficos afines; suelos orgánicos, etc.).

10b. Superhúmeda, sin distribución estacional definida de las precipitaciones; todos los meses son igualmente húmedos; acumulación moderada de nieve en invierno, temperaturas diurnas del suelo frescas a frías en verano; cubierta de bosque higrofítico denso (Nothofagus); débil meteorización, lixiviación muy fuerte; moderada a fuerte gleyización; régimen de acarreo moderado a débil; régimen orgánico muy intenso: suelos superhúmedos (principalmente podsoles y podsoles de gley en las laderas de gran pendiente; "rankers"; con suelos de gley y suelos orgánicos asociados).

LEYENDA EXPLICATIVA DE LA FIG. 10

10c. **Superhúmeda, sin ritmo** estacional definido de las precipitaciones; todos los meses son igualmente húmedos; fuertes vientos occidentales; temperaturas diurnas del suelo frescas en verano; vegetación de brezal magallánico y bosque de Nothofagus; débil meteorización, lixiviación muy fuerte muy condicionada por los resíduos vegetales ácidos que se acumulan en la superficie del terreno, gleyización generalmente fuerte; régimen de acarreo débil a moderado; régimen orgánico muy intenso; suelos superhúmedos (son comunes los podsoles de gley, los suelos orgánicos, los podsoles y los "rankers", que a menudo se extienden hasta las laderas de gran pendiente).

10d. Superhúmeda, sin distribución estacional definida de las precipitaciones, aunque nieva intensamente en otoño, invierno y primavera; temperaturas diurnas del suelo frías a muy frías en verano; praderas de "tussock", matorral enano y formaciones vegetales herbáceas subalpinas; meteorización muy débil, fuerte lixiviación, fuerte gleyización; activo régimen de acarreo (solifluxión, etc.); régimen orgánico moderado a intenso: suelos subalpinos superhúmedos (suelos subalpinos con horizontes de gley, litosoles, regosoles, "rankers" y suelos orgánicos).

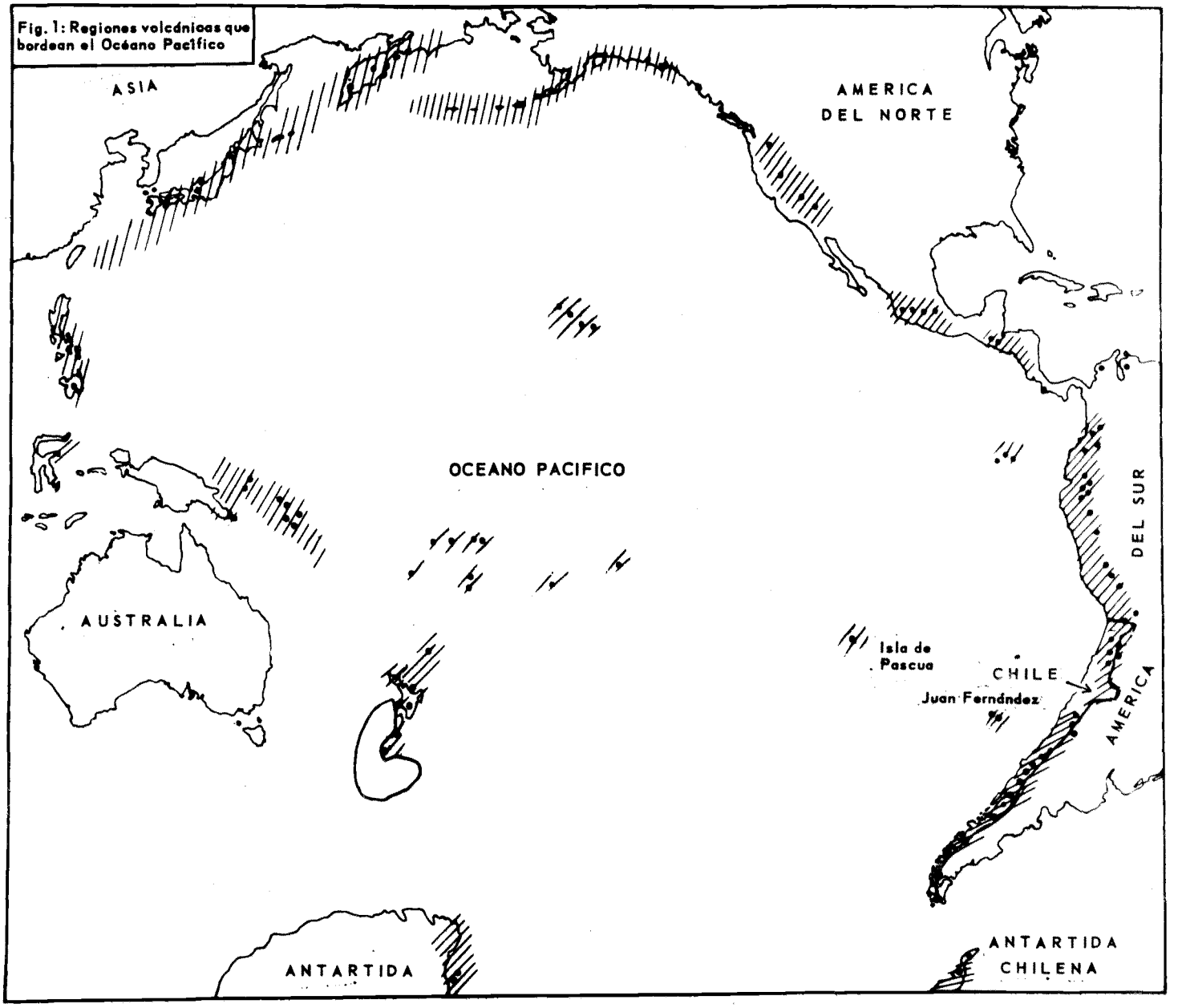

Fig. 1: Regiones volcánicas que bordean el Océano Pacífico
ASIA
AMERICA DEL NORTE
OCEANO PACIFICO
AUSTRALIA
Isla de Pascua
CHILE
Juan Fernández
AMERICA DEL SUR
ANTARTIDA
ANTARTIDA CHILENA
VOLCANES ACTIVOS O INACTIVOS
AREAS CON TERRENOS VOLCANICOS

FIG.8: UNIDADES TOPOGRAFICAS GENERALES

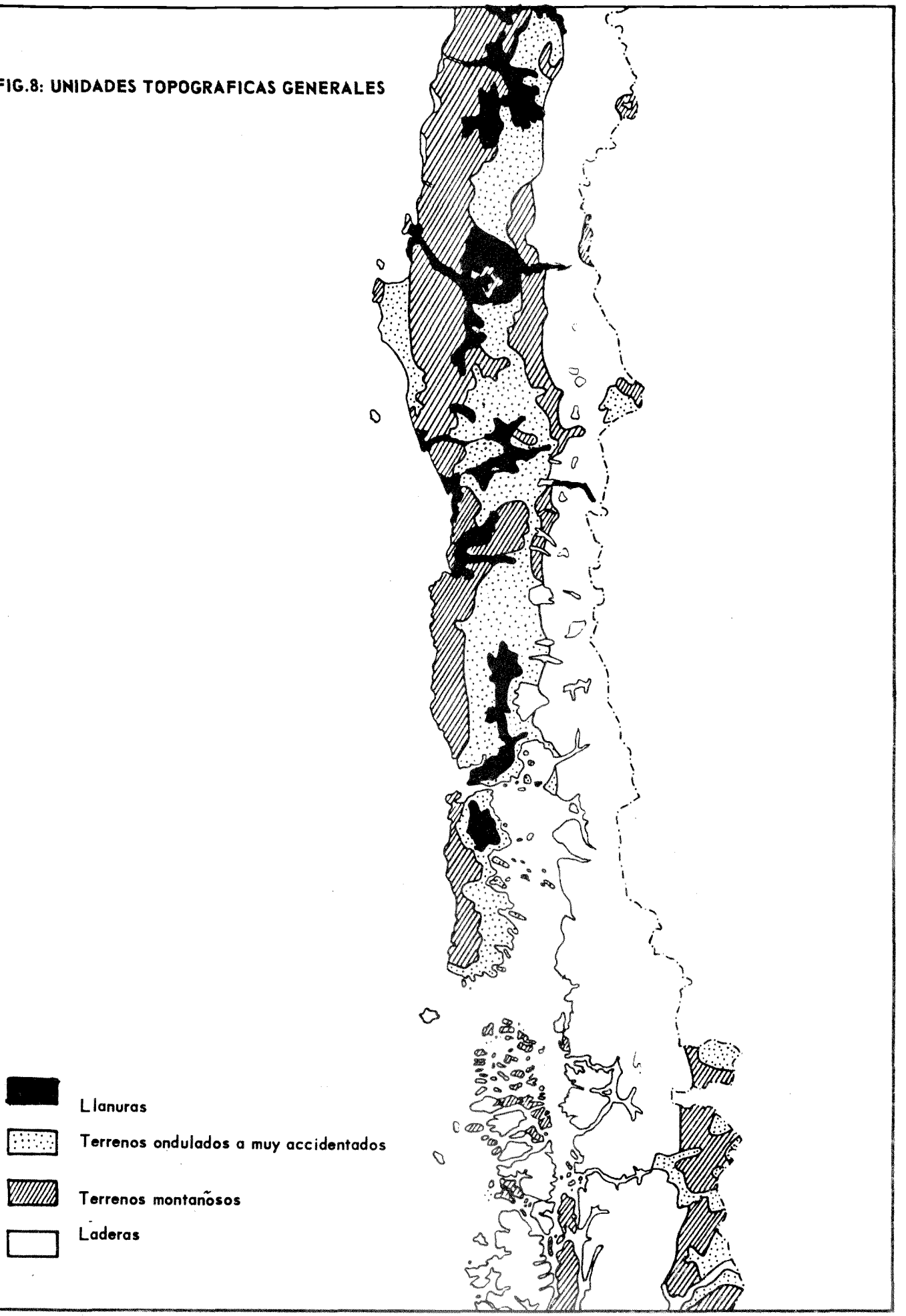
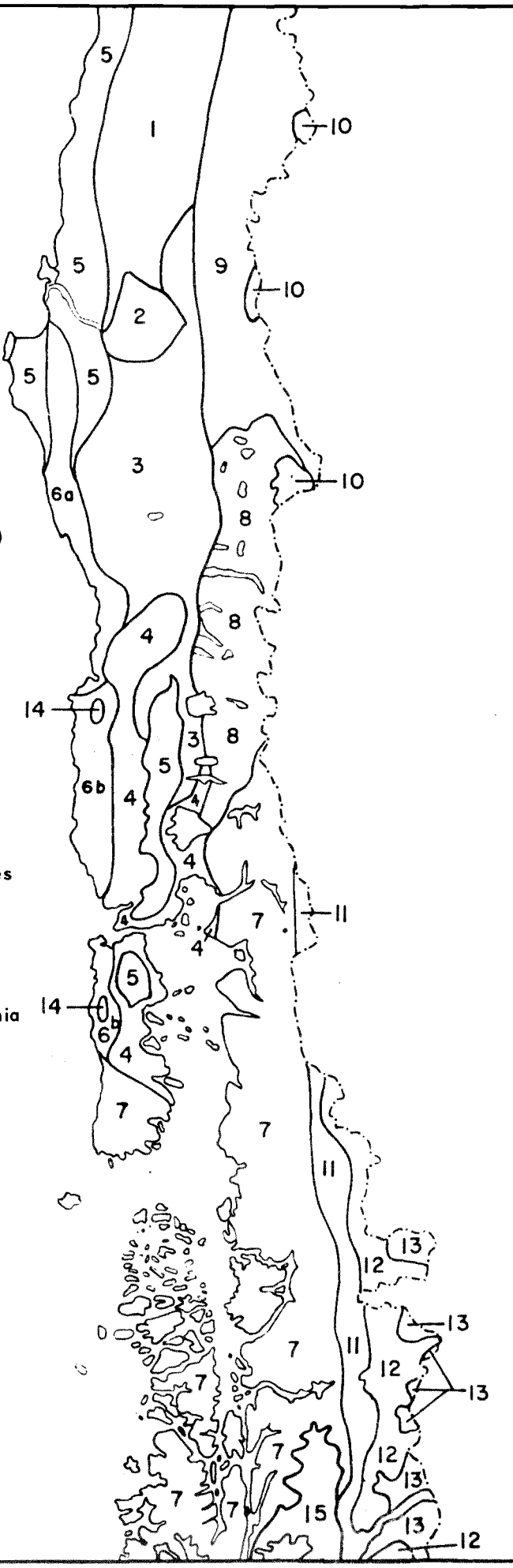


FIG.9: DISTRIBUCION GENERAL DE LA CUBIERTA VEGETAL PRIMITIVA



1 Sabana hortense con Acacia cavena

2 Matorral xerofítico y monte claro de llanos arenosos

3 Parque de Nothofagus procera (roble)

4 Montes pantanosos de ñadi

5 Montes de Laurelia y Nothofagus obliqua

6a Montes costeros septentrionales

6b Montes costeros meridionales (de Valdivia)

7 Monte higrofítico del norte de la Patagonia

8 Monte higrofítico andino mixto

9 Matorral y monte andino lauriforme

10 Praderas tupidas ("tussock") andinas

11 Facies de Nothofagus pumilio de los montes del norte de la Patagonia

12 Nothofagus antarctica (monte enano)

13 Praderas tupidas ("tussock") de la Patagonia

14 Monte semipantanoso y praderas tupidas ("tussock") de tierras altas

15 Vegetación subalpina

FIG. 11A: PERFIL DE CHILE CENTROMERIDIONAL POR EL PARALELO 40° 38' S

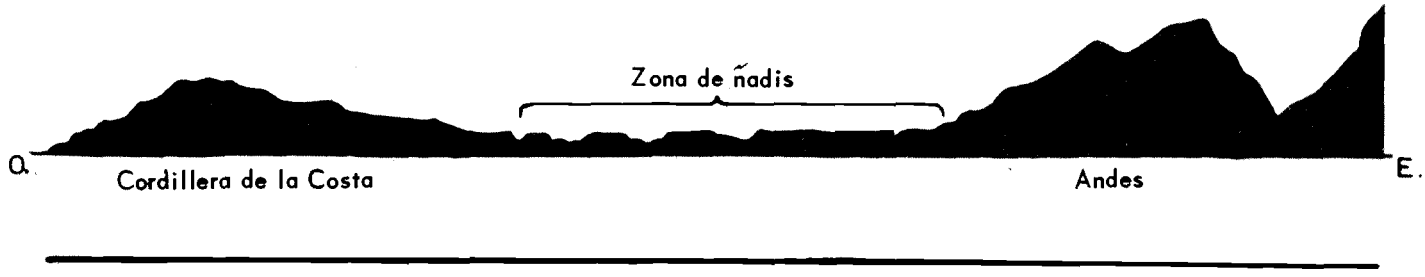


FIG. 11B: CORTE ESQUEMATICO A TRAVES DE LAS TERRAZAS DE ÑADIS EN QUE SE MUESTRA EL ESPESOR RELATIVO DEL MANTO DE CENIZAS



DIB. H. OROZCO P.

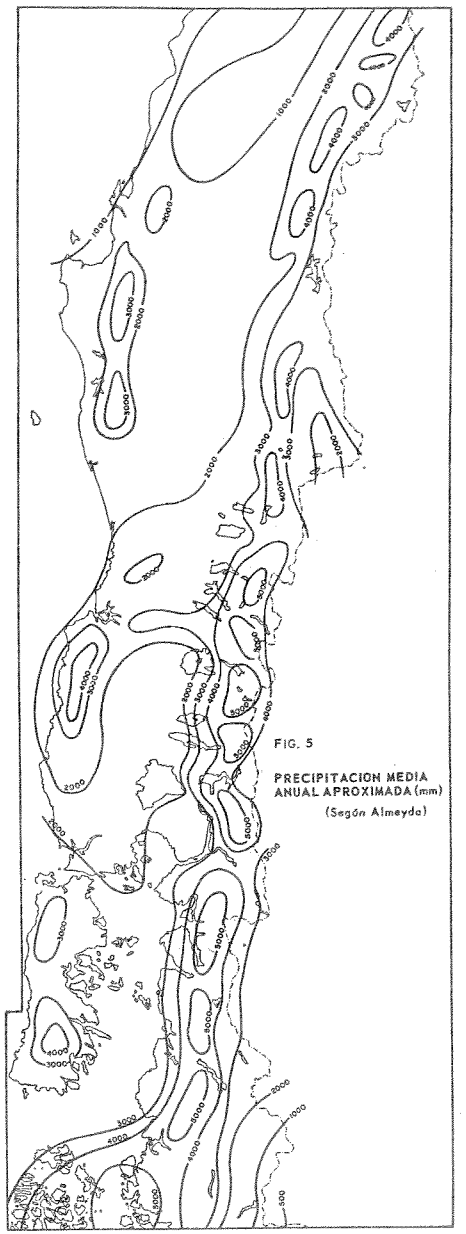


FIG. 5

PRECIPITACION MEDIA ANUAL APROXIMADA (mm)

(Según Almeyda)

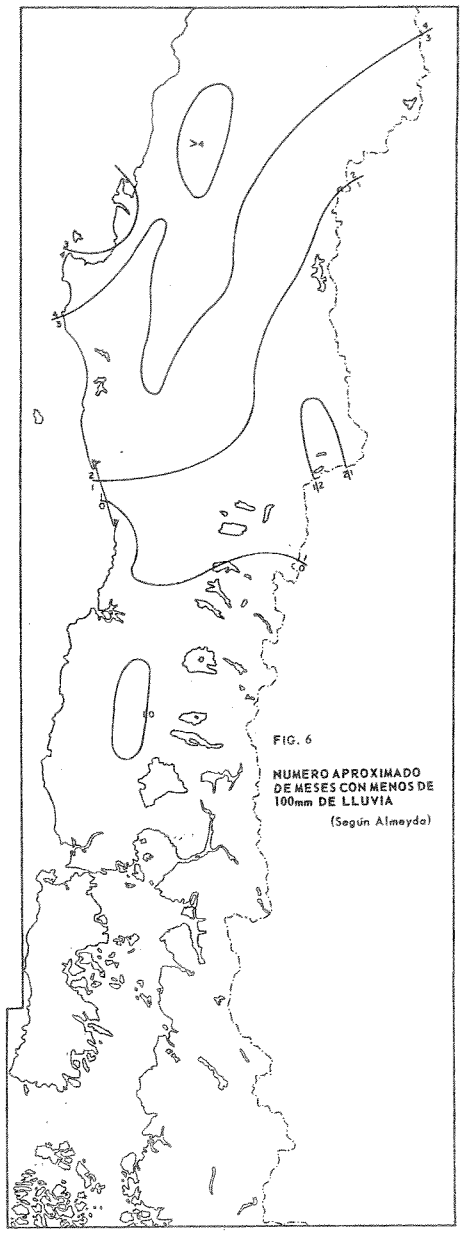


FIG. 6

NUMERO APROXIMADO DE MESES CON MENOS DE 100mm DE LLUVIA

(Según Almeyda)

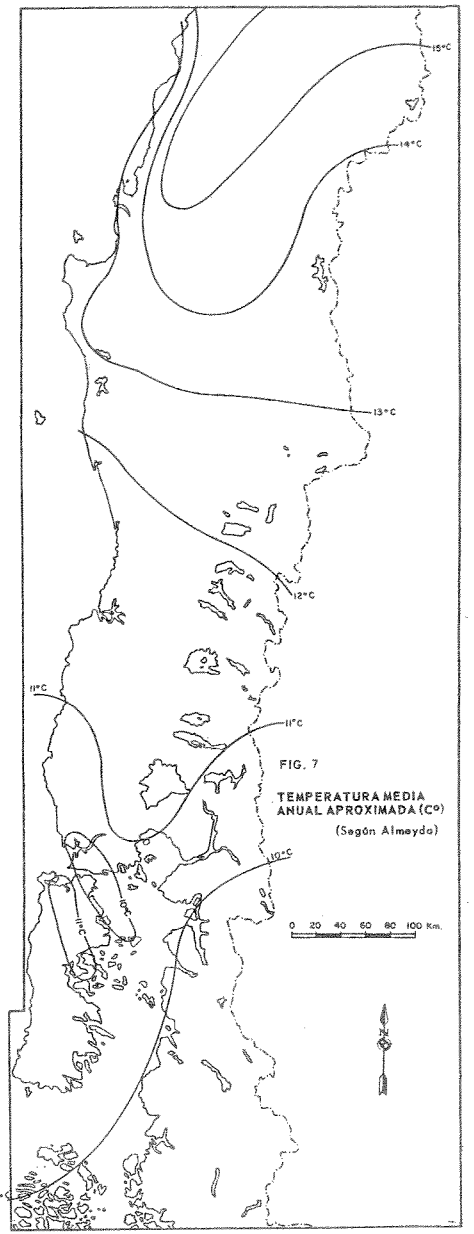


FIG. 7

TEMPERATURA MEDIA ANUAL APROXIMADA (Cº)

(Según Almeyda)