

GEOMORFOLOGÍA
DE LO
PROVINCIA DE VALDIVIA

AUTORES: R. FLORES
I. MILMINE
CORRECCIÓN: F. FERRANDO

AGOSTO - 1974
SANTIAGO
CHILE

I R E N - C O R F O

PROVINCIA DE VALDIVIA
INFORME GEOMORFOLOGICO



Autores: Raúl Flores
Ian Milmine

Revisado por: Francisco Ferrando A.

AGOSTO - 1974

INTRODUCCION

I.- LA CORDILLERA DE LOS ANDES.

A.- Estructura.

B.- Volcanismo

C.- La Acción Glacial

1.- Características Generales de la Acción Glaciaria

2.- Las formas de Erosión Glacial.

a. Los Círcos Glaciales.

b. Los Valles Glaciales o de artesa.

3.- Las Formas de Acumulación Glacial

a. Los Drumlin

b. Los Depósitos Morrénicos Basales

D.- La Acción Periglacial

1.- Las Formas Periglaciales.

2.- Los Procesos de Gelivación o Gelifracción.

E.- La Acción de las Aguas Córrientes

1.- El trazado del Drenaje.

2.- Los depósitos Fluvioglaciales Intraandinos

3.- Descripción y Análisis de los Depósitos Fluvioglaciales andinos.

4.- Los Depósitos Laháricos

II.- LA DEPRESION INTERMEDIA.

- A.- Los Depósitos de Cubierta de la Depresión Intermedia
 - 1.- Características generales de la acción glacial en la Depresión Intermedia.
 - 2.- Depósitos morrénicos antiguos.
 - 3.- Depósitos morrénicos de la última Glaciación.
 - 4.- Presentación, composición petrográfica y estado de conservación de los depósitos morrénicos.
 - 5.- Descripción de cortes morrénicos de la última glaciación.
- B.- La Acción de las aguas corrientes
 - 1.- El trazado de las aguas corrientes
- C.- Los depósitos fluvioglaciales antiguos y de la última glaciación.
- D.- Los depósitos volcánicos.

III.- LA CORDILLERA DE LA COSTA

- A.- Estructura
- B.- La Acción del Mar
 - 1.- La Costa y su Génesis Tectónica
- C.- Las Formas de Depositación Marina
- D.- Las Formas de Erosión Marina
- E.- Los Depósitos de Cenizas
- F.- La Acción de las Aguas Corrientes
 - 1.- El trazado del caenaje
- G.- Depósitos Terciarios Marino: La Formación Chol-Chol.
- H.- Depósitos de Rodados Multicolores
 - 1.- Espesor, edad y correlaciones

IV.- LA DEPRESION DE SAN JOSE

- A.- Los Depósitos de cubierta de la Depresión de San José
 - 1.- Los depósitos de canagua
 - 2.- Los depósitos fluviales

REFERENCIAS
BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCION

Morfológicamente, la provincia de Valdivia está caracterizada por una heterogénea yuxtaposición de unidades y formas, derivadas de la acción de diversos procesos que se han sucedido a escala geológica.

Los grandes conjuntos orográficos corresponde a: la Cordillera de Los Andes, la Cordillera de la Costa, y, las Depresiones.

Los procesos tectónicos que, principalmente durante el terciario, generaron las cordilleras andina y costera y los cordones montañosos que las conectan, dejaron entre ambas unidades dos áreas deprimidas, una de orientación Noreste-Suroeste aproximadamente, colmatada durante el Cuaternario por depósitos glaciales, fluvioglaciales y volcánicos, y que forma parte de lo que en Chile se denomina Depresión Central y, otra también de orientación Noreste-Suroeste, que hemos denominado Depresión de San José.

Relacionado con el tectonismo que originó la estructura de conjunto, un nuevo proceso vino a complicar las formas originales: el volcanismo, el que con sus formas y depósitos ha alcanzado una expresión topográfica importante en la provincia.

En forma contemporánea al volcanismo, los cambios climáticos y las fluctuaciones del nivel del mar (transgresiones y regresiones), han actuado sobre las formas, modificándolas y alterando los sedimentos que las constituyen.

I.- LA CORDILLERA DE LOS ANDES

A.- Estructura

Esta unidad de relieve sobrepasa los 2.000 m., de altura SNM promedio, presentándose en general como un gran bloque, predominantemente granítico, solevantado y, en particular, como un conjunto de bloques que han jugado a lo largo de un complejo sistema de fallas.

Este conjunto de bloques solevantados han sido afectados por diversos procesos durante el Cuaternario, los que en conjunto han modificado la estructura primitiva. Entre estos procesos hay que citar el volcanismo, que empezó a actuar en forma contemporánea al solevantamiento; las glaciaciones; los procesos periglaciales; y, la acción de las aguas corrientes; cada uno de los cuales serán analizados a continuación.

B.- Volcanismo

La Cordillera de Los Andes es el único sector de la provincia que ha sido intensamente afectado por el volcanismo.

Podemos distinguir dos tipos: uno que podríamos denominar "volcanismo antiguo" contemporáneo con el solevantamiento de esta unidad montañosa, de tipo fisural, cuyas lavas de derrame se han estratificado en mantos y que hoy en día es posible observar en la Cordillera. Otro, un volcanismo esencialmente de tipo central, el que ha actuado durante todo el Cuaternario y al que corresponden los depósitos piroclásticos (bombas, lapilli y cenizas) y depósitos locales de lavas.

Los conos volcánicos actuales de la región cordillerana de Valdivia, desde el Villarrica y Quetrupillán en el límite N. hasta el Puyehue en su correspondiente Sur se organizan a través de una línea de debilidad tectónica (falla) de sentido Norte-Sur a través del meridiano

72° Longitud Oeste aproximadamente, y que supera el marco geográfico mismo del área que nos interesa: estos conos volcánicos sobre impuestos a un relieve fallado han actuado con intensidad variables y sus aportes efusivos han cubierto extensas áreas del granito andino. Estos aportes corresponden a lavas modernas (Cuaternario) de carácter andesítico y basáltico, y extensos y potentes depósitos de piroclastos (lapilli y ceniza).

Existen además otros depósitos de lavas, así en la región cordillerana ubicada entre los lagos Riñihue y Ranco domina la Formación Panguipulli y entre la vertiente Sur del lago Ranco y Norte del lago Puyehue, hasta las márgenes occidentales del volcán Puyehue, depósitos de la Serie Efusiva Máfica correspondientes al Terciario Superior.

Altimétricamente los conos volcánicos cuaternarios representan las mayores alturas de la Cordillera andina; Villarrica 2.840 m., Quetrupillán 2.360 m., Choshuenco 2.360 m., Puyehue 2.240 m., etc.

El volcán Villarrica, localizado inmediatamente al Noroeste del lago Calafquén prolonga su cono hacia el occidente, modificando con sus derrames y avenidas todo el modelado que se extiende inmediatamente al Norte y Noreste del citado lago. Fenómeno semejante acontece con el volcán Quetrupillán localizado en el límite Nororiental de la provincia.

Unos 60 Km. al Sur del Villarrica y al Sureste del lago Panguipulli, se levanta el sistema del Mocho-Choshuenco, que de acuerdo a su carácter morfogenético pueden clasificarse, el primero como un estrato-volcán y el segundo como caldera. Al Sur del lago Mañhue se ubica el volcán Riñinahue que puede clasificarse como esqueleto volcánico, mientras que el Puyehue, el último volcán de la provincia, ubicada a 20 Km. al Sur del anterior, corresponde a una caldera con un pequeño parásito en la parte meridional de su zamma.

C.- La acción Glacial.

1.- Características generales de la acción glaciaria.

Durante el Cuaternario, la cordillera andina estuvo expuesta a la acción de los glaciares o bajo la influencia de los climas periglaciares, de tal modo que los procesos de erosión, se han caracterizado por ser más o menos constantes y temporalmente prolongados; las formas de acumulación también están presente, bajo la forma de planos de till, posteriormente modificados por depósitos fluvioglaciales y aluvionales.

Las formas de erosión, como los circos, los valles glaciales o de artesas, implican un intenso trabajo de ruptura por los hielos, y un rebajamiento del nivel altimétrico de los Andes.

Por otra parte, determinar el número de las glaciaciones que afectaron a la provincia de Valdivia resulta complejo por la falta de puntos de apoyo y escapa a la intencionalidad del presente trabajo.

2.- Las formas de erosión glacial.

En toda la cadena andina valdiviana y en sus sectores precordilleranos, existen pruebas de un prolongado e intenso trabajo glacial sobre la roca in situ. Debemos agregar la tesis de que las áreas ocupadas por los lagos de la región son también un producto de los procesos erosivos del hielo; en general están enmarcadas por abruptas paredes que le otorgan la forma de grandes artesas; las paredes ostentan una serie de acanaladuras paralela, con dirección Este-Oeste, que indica el sentido de los hielos en las épocas glaciales.

Ejemplos de trabajo glacial se encuentran en los valles de los ríos Blanco, Calcurrepe y Nilahue, al interior del lago Ranco;

estos ríos aprovechan antiguas cubiertas de Till glaciario de un ancho de varios Kms. y están encerrados por paredes graníticas y volcánicas. Es posible suponer que el espesor de los hielos deben haber alcanzado una altura superior al de las actuales paredes que se elevan unos 350 m. por sobre el nivel actual del lago, en función de la presencia de a canaladuras en la parte superior de ellas.

a) Los circos glaciales.

En la cordillera andina existen hoy, un gran número de circos no funcionales, muchos de los cuales forman la cabecera de pequeños y antiguos valles glaciales y que hoy pueden considerarse como nevados temporales. Algunos cursos menores de agua tienen sus nacientes en dichos circos, es el caso, por ejemplo de los ríos Taitaleufú, Nalcahua y Láicura que van a desembocar al lago Ranco por su sector Oriental. Caso semejante lo constituye el río Rífinahua cuyas nacientes están en la laguna de Pilche que ocupa el área de profundización de un circo de mayor extensión.

b) Los valles glaciales o de artesa.

En la terminología morfológica, valle glacial y valle en U (auge) han sido tomados a menudo como términos sinónimos. También se les asocia generalmente el de artesa. De hecho, numerosos valles glaciales tienen una forma de artesa característica, con flancos abruptos y fondo plano; lo llano del fondo es en general producto de la presencia de morrenas basales y de aportes posteriores de los ríos que drenan sus aguas y sedimentos a lo largo de ellos. Sin embargo, puede suceder que no siempre los valles glaciales tengan forma de U, sino que definitivamente forma de V, típico de los valles aluviales, ya que puede suceder

que un río de gran potencia erosiva haya erosionado el fondo del auge, tallando un valle en V, modificando fundamentalmente la morfología de la artesa. Los valles glaciales constituyen la forma típica del trabajo erosivo de una masa de hielo y encuentran un amplio desarrollo en la Cordillera de los Andes de Valdivia, proyectándose en general como una orientación Este-Oeste en dirección de la Depresión Intermedia.

Los principales lagos de la región Calafquén, Pellaifa, Neltume, Panguipulli, Riñihue, Ranco (en forma menos clara), Puyehue y Gris, están ocupando con sus aguas áreas extensas de estas artesas.

Es posible que estas enormes cubetas no respondan en su génesis únicamente al trabajo de los glaciares durante el Cuaternario; A él habría que agregar condiciones estructurales favorables que permitieran encauzar el sentido o dirección de la masa de hielo; a saber: presencia de pequeñas depresiones tectónicas, líneas de fallas, etc.

Analizados desde un punto de vista morfológico, los valles glaciales pueden presentar dos formas más o menos definidas. En el primer caso, cuando parte de la artesa está ocupada por extensiones más o menos amplias de agua (lagos), podemos definir dos secciones, una exterior central ocupada por el lago, que ha sido primariamente un resultado de la fusión de la masa de hielo y posteriormente un aporte de las aguas de lluvia que han sido canalizadas por los ríos superficiales o incluso subterráneos del área andina. Esta sección en la región de estudio se abre en dirección de la Depresión Intermedia y está encerrada por el Oeste por los arcos morrénicos terminales. La otra, una sección interna desarrollada entre las paredes abruptas de la artesa, tiene un fondo plano colmatado por depósitos glaciales y fluvioglaciales, alimentados por los depósitos aluviales, aportados por los ríos que drenan por estos valles.

Posteriormente, han sido estos mismos ríos, producto de fluctuaciones del nivel de base los que han erosionado sus propios se dimentos, a la vez que han otorgado a los flancos de los valles un grado de disección bastante considerable, conservando siempre su abruptez. Así, los "fondos de valle" han evolucionando por la erosión fluvial, dando a los auges forma de un valle en V, con uno o más niveles de terrazas. A este tipo de valle glacial responden los de los ríos Remehue, Caunahue, Chirre y Licán.

El ejemplo del valle del río Remehue ejemplifica me jor el problema; ubicado en la latitud de los 40° aproximadamente, es po sible distinguir en su evolución las siguientes etapas:

i. El glaciar bajó por el actual valle del río Remehue, excavando el curso superior y medio, formando un valle relativamen te ancho en forma de U.

ii. En su curso inferior, el glaciar también excavó pero depositó gran parte de su carga en la forma de morrenas laterales y terminales, estas últimas barridas por la erosión fluvial posterior. Las morrenas laterales están adosadas a las rocas de la Formación Panguipulli (Triásido Superior) que rodean el área circundante del valle.

iii. En el postglacial, el perfil de equilibrio del valle varió, y el río Remehue erosionó parte de estos depósitos morréni cos construyendo una terraza de unos 12 a 15 m. de altura sobre el lecho mayor.

3. Las Formas de Acumulación Glacial.

Las formas de acumulación glacial adquieren un carácter distinto según se realicen bajo un glaciar, en el frente, o en el margen de éste. Como en general los fenómenos glaciales parecen haber

alcanzado un marco espacial bastante amplio en la provincia de Valdivia, las formas de acumulación que se realizaron en el margen glacial fueron limitados al ámbito andino propiamente tal. No sucede lo mismo con aquellas otras producto de la erosión glacial en el fondo del valle y del arrastre de materiales por el frente de la lengua de hielo.

Entre las formas que se originan bajo el glaciar las más comunes generalmente son los drumlin y los depósitos de morrenas de fondo; sin embargo se encuentran pocos ejemplos en el área andina.

a) Los Drumlin.

Se les define como colinas en forma de dorso de ballena que puedan o no encerrar un núcleo rocoso; en general están formadas por materiales aportados por el glaciar, no necesariamente rodados y mal estratificados.

En el valle del río Pellaifa, que une el lago homónimo con el lago Calafquén se encuentran algunos drumlins, actualmente cubiertos por la vegetación.

b) Los depósitos morrénicos basales.

Los valles glaciales andinos contienen importantes depósitos de morrenas basales; sin embargo, en muchos casos, ellos han sido fuertemente erosionados por las aguas corrientes, en el postglacial, a la vez que cubiertos por depósitos fluvio-glaciales, aluviales y, en parte, piroclásticos de los centros volcánicos vecinos. Un ejemplo típico de morrenas de fondo (TILL) se encuentra en el valle que existe entre el Lago Pellaifa y el Neltume, aunque ya bastante retrabajadas por las aguas corrientes. Este ejemplo podría ampliarse al valle del río Fui.

D.- La Acción Periglacial.

Se define el sistema periglacial como aquel en el cual el proceso hielo-deshielo constituye el mecanismo erosivo principal.

Durante el Cuaternario y hasta el presente se han sucedido condiciones climáticas diferentes y por consecuencia el sistema periglacial ha actuado como agente modificador del modelado con variable intensidad.

En general suele dividirse el Cuaternario en dos grandes períodos: Pleistoceno y Holoceno; el primero enmarca el desarrollo de las grandes épocas glaciales con sus interglaciales respectivos; el segundo, los últimos 10 a 12 mil años en que existieron tipos climáticos que con alguna variedad se acercan a los actuales.

De ello puede inferirse que los mecanismos de acción periglacial han sido más importantes durante los períodos ANAGLACIALES- y en los comienzos de los postglaciales- conocidos también como períodos CATAGLACIALES- en lo que a la unidad andina se refiere.

En los últimos 10 a 12 mil años, la Cordillera de los Andes de Chile y específicamente el sector a que corresponde la provincia de Valdivia ha estado sometida a la acción de un clima periglacial. Hoy en día el hielo existe sólo en la parte superior de los conos volcánicos, por encima de los 2.000 mt. SNM, en la forma de pequeños glaciares, agrietados y de tipo alpino. Las nieves, durante el invierno posiblemente logran descender hasta los 700 - 800 mts. SNM, en la forma de una cubierta relativamente estable; pero nevadas esporádicas y derrápida fusión pueden descender hasta los 450 - 500 mts. SNM, como sucede en el área de Neltume y Pto. Fui.

1.- Las formas periglaciales.

Las formas periglaciales en el macizo andino de Valdivia, son muy difíciles de analizar y estudiar en detalle, por la difi-

cultad de abordar las áreas en que se localizan y por la presencia de un manto vegetacional y materiales o depósitos de cubierta que se han establecido sobre ellas.

Resulta también interesante examinar el papel que la cubierta vegetacional tiene como factor limitante en el desarrollo de las formas periglaciales. En general la Cordillera de los Andes se presenta como un conjunto orográfico relativamente bajo (alt. menores a 2.500 m. SNM.) en donde el límite vegetacional logra ascender hasta los 1.300 a 1.400 mt. SNM. aproximadamente; en forma de bosque hasta los 1.100 mts. SNM. y, los siguientes en forma de matorrales y pastos duros. Si a ello agregamos la característica de constituir un bosque relativamente cerrado, podemos deducir que el mecanismo periglacial sólo actúa eficazmente por encima de los 1.400 mt. SNM. en los Andes valdivianos, o en aquellas áreas altimétricamente más bajas que carecen de un manto vegetacional o que tiene fuertes pendientes locales.

2. Los procesos de gelivación o gelifración.

En el mecanismo periglacial se define a la gelifración, como el proceso de fragmentación de las rocas al actuar el hielo entre los pános de estratificación y las microfisuras de éstas.

La gelifración depende mucho de la roca en la que se ejerce, la rapidez de ataque y la rotura de los fragmentos depende de la textura.

La gelifración actúa sobre los afloramientos rocosos y constituye un proceso importante en la evolución de las laderas en donde forma verdaderos conos de derrubios (rocas fragmentadas).

Cuando estos conos de derrubios están formados principalmente por material fino, el mecanismo de deshielo o fusión de las nieves los transforma en una masa de tipo pastoso o barroso que aprovechando la pendiente desciende por las laderas. Este proceso recibe el nombre de solifluxión.

Tanto en la precordillera como en la cordillera andina de Valdivia se encuentran ejemplos de laderas modificadas por procesos de gelifracción y solifluxión, pero no siempre la identificación de estas formas resulta clara.

E.- La acción de las aguas corrientes.

Junto a los fenómenos volcánicos, glaciales y periglaciales, un cuarto proceso ha co-ayudado a la modificación del paisaje andino en el Cuaternario y ella corresponde a la acción de las aguas corrientes en lo general y de la acción fluvial en lo particular.

Los cambios que la acción fluvial ha introducido en el modelado a través de los procesos de erosión y acumulación se explican a su vez en función de los cambios climáticos ocurridos en el último millón de años; sin desestimar el papel, aunque limitado, de los fenómenos tectónicos. Al respecto cabe señalar que la estructura de la red de drenaje obedece en gran medida a los sistemas de fallas y a las redes de fisuras y grietas de las rocas.

1.- El trazado del drenaje.

A modo de generalización podemos distinguir dos grandes tipos de drenaje en la Cordillera de Los Andes de la Provincia de Valdivia.

En aquellas áreas andinas en donde existen rocas volcánicas, domina un drenaje de tipo radial en su estructura, pero rectilíneo en el trazado de los drenes.

Por su parte, en las áreas en donde predominan las rocas graníticas, el drenaje tiende a ser más dendrítico, pero conserva su carácter rectilíneo en los cursos principales.

2.- Los depósitos fluvioglaciales intra-andinos.

Aunque los depósitos fluvioglaciales se localizan fundamentalmente en la Depresión Intermedia formando grandes abanicos o conos proglaciales, también se presentan en la forma de terrazas de amplitud variada en los valles glaciales precordilleranos y cordilleranos. Estas terrazas dan al modelado una topografía plana a suavemente ondulada con pendiente inferiores al 3% en la mayoría de los casos.

En general los depósitos fluvioglaciales de la cordillera están cubriendo, en las artesas, a materiales de tipo morrénico basal.

Por otra parte, el proceso de relleno que han sufrido la Depresión Intermedia y los valles andinos implica una competencia de arrastre y depositación muy superior a la que posee la red hidrográfica hoy funcional.

Son los depósitos fluvioglaciales recientes los que encuentran expresión en la unidad andina de Valdivia, siendo sus principales áreas de localización los valles de los ríos Challupen y Coñaripe al Noroeste y Sureste del lago Calquén respectivamente; los valles de los ríos Fui y Llanquihue, el primero al Norte del lago Neltume y el segundo entre el lago Pirihueico y el Lago Panguipulli.

A ellos se agregan los valles de los ríos Calcurrupe, Nílahue, Blanco y Ríñihue ubicados en el sector oriental del lago Ranco.

3.- Descripción y análisis de los depósitos fluvioglaciales andinos.

Los materiales fluvioglaciales de la caldera andina corresponden a depósitos recientes que conforman niveles de terraza de amplitud y potencia variable. Topográficamente entregan al paisaje

una morfología plana con una pendiente que en lo general fluctúa entre 3 y 5 %.

Las terrazas están constituidas desde el punto de vista petrográfico principalmente por rocas volcánicas y una fracción menor de rocas graníticas. Los sedimentos son heterométricos pero varían esencialmente entre 5 y 20 cm. de diámetro mayor (L), los que se disponen caóticamente, sin visos de estratificación u ordenamiento alguno de los materiales.

4. Los depósitos laháricos

Cotton (1944), definió al lahar como una corriente de barro volcánico. Este tipo de depósito puede ser ocasionado por distintos procesos, pero los más comunes en su concurrencia son: descarga de lagos de cráteres volcánicos sobre ceniza; fusión de hielo o nieve, detretida por cenizas o lavas calientes; o arrastre de cenizas y otro tipo de piroclastos bajo la acción de grandes volúmenes de aguas corrientes, provocadas por lluvias torrenciales.

El área ubicada al Suroeste del volcán Villarrica e inmediatamente al Este y Suroeste del balneario de Lican-Ray, entre los 72°03' y 72°07' long. Oeste y los 39°24' lat. Sur, está ocupada actualmente por dos grandes depósitos laháricos que hemos denominado lahares de Challupén y Coñaripe respectivamente.

El lahar de Challupén, en el área Noroeste, está constituido por material basáltico con una matriz de ceniza y arena fina, el material rodado de L no superior a 6 cm. se ha estratificado en algunos sectores por acción de las aguas corrientes. Tanto en dirección Noroeste como Sur, está en contacto con material morrénico de la última glaciación.

Por sobre el lahar se disponen capas de cenizas, a partir de las cuales ha evolucionado un suelo no superior a 20 cm.

Al Sureste y separado por un espolón volcánico antiguo se encuentra el depósito lahárico de Coñaripe que forma parte de la erupción del Volcán Villarrica de 1948, que arrasó gran parte del pueblo del mismo nombre, el cual actualmente está reconstruyendo sobre dicho depósito, con el consiguiente riesgo.

El depósito se halla sobreimpuesto a los materiales lacustres del Calafquén y desde el punto de vista de su petrografía y granulometría presenta gran semejanza con el de Challupén.

II.-

LA DEPRESION INTERMEDIA.

En la provincia, el término de Depresión Intermedia se inscribe en forma correcta en el paisaje sólo al Sur de la ciudad de Paillaco. Al Norte se presenta con una morfología más complicada, ya que las estribaciones del complejo metamórfico cerrándose con orientación Suroeste-Nor^oeste por un lado y los cordones morrénicos que encierran los lagos por su frente occidental, por el otro, terminan por estrangular esta unidad orográfica que queda reducida a una mínima expresión.

Durante el Cuaternario, la Depresión Central ha sufrido el efecto de importantes procesos de colmatación glacial, fluvio-glacial y volcánico (cenizas) dando como resultado una morfología de planos inclinados y colinas suaves.

En el sector oriental de la Depresión Interme^odia, se encuentran una serie de cordones morrénicos muy nítidos como resultado de la última época glacial que afectó a la región, los que represan grandes unidades lacustres.

Hacia el Oeste y frente al lago Ranco, la Depresión Central está separada de los primeros cordones del complejo metamórfico de la Cordillera de La Costa por un área de topografía ondulada constituida por sedimentos marinos de la Formación Chol-Chol.

A.- Los depósitos de cubierta de la Depresión Intermedia.-

1.- Características generales de la Acción Glacial en la Depresión Intermedia.-

Estudios anteriores han definido la presencia de depósitos morrénicos pertenecientes a glaciaciones distintas dentro de la Depresión Intermedia, sin embargo, no estamos de acuerdo con la tesis de Bruggen (1950) que supone la existencia de depósitos de las morrenas terminales de la última glaciación, hasta donde actualmente corre la Carretera Panamericana.

Al Sur de Paillaco se encuentran acumulaciones morrénicas sólo en el frente occidental que rodea a los lagos Ranco y Puyehue (en lo que a la provincia de Valdivia se refiere). Aquí, es posible distinguir a grosso-modo tres cordones morrénicos coalescentes, correspondientes a la última glaciación.

Al Norte de la confluencia de los ríos Quinchilca y San Pedro la morfología morrénica se describe de una manera menos clara. Se mantiene como una unidad morfológica el depósito morrénico que represa en el sector occidental a los lagos Riñihue, Panguipulli y Calafquén, pero aquí, es imposible separar los tres arcos morrénicos distinguidos para el caso del lago Ranco, ya que estos se haya, al parecer, super-

puestos; como veremos con posterioridad todas estas acumulaciones morrénicas pueden definirse como partes de la última glaciación.

En el contacto con la vertiente oriental de lo que Illies ha definido como: "PUENTE DE SERRANIAS" (1), existe material fluvio-glacial, correspondiente al cono glacial de la última glaciación, y depósitos muy locales de morrenas más antiguas, por el grado de intemperización que presentan. Estas están, en parte, adosadas a las rocas del complejo metamórfico.

2.- Los depósitos morrénicos antiguos.-

Al norte del estero de Lunahue hasta el río San Pedro y desde la vertiente norte de éste a través de una orla que corre en el contacto con las colinas del complejo metamórfico hasta la localidad de Conelhue, (o Corralhue), como también al sureste del río Antihue cerca del límite con la provincia de Cautín, encontramos depósitos de características morrénicas muy intemperizadas que han sufrido un trabajo fluvial entre sectores fluvio-glaciales correspondientes a la última glaciación que han trascendido al Occidente.

Al Sur de la confluencia de los ríos Quinchilca y San Pedro y en el área de la Depresión Intermedia sólo existen depósitos homólogos, en los sectores de Loncopan y Cupas, y en el área de Malalcueti, extendiéndose hacia el Sur, hasta el río Llielielhue, al Oriente del Estero Pichico. Acu-

mulaciones morrénicas aparentemente más antiguas aparecen sólo en la vertiente Oriental de la Cordillera de La Costa, al Sur de la ciudad de Los Lagos, bordeando el plano aluvional en que se encuentran los pueblos de Peumán y Paillaco, y en la cuenca de Catamutún (Illies), engranando lateralmente y superponiéndose a los depósitos marinos de la Formación Cholchol y al Complejo Metamórfico de la Cordillera de La Costa. Estos corresponden, en cuanto a características del sedimento, a rodados alterados a semialterados de tipo multicolor, los que están fuertemente disectados por la erosión fluvial la que ha labrado una red de drenaje muy densa sobre ellos. Cortes en estos sedimentos existen en la Carretera Panamericana antigua que une Valdivia con La Unión, al Sur de la Colonia Tres Chiflonas.

3.- Los depósitos morrénicos de la última glaciación.-

En la provincia de Valdivia, en el área de contacto y en el frente Occidental de los lagos Calafquén, Panguipulli, Riñihue, Ranco y Puyehue, se presentan hoy grandes depósitos morrénicos, organizados en forma de arco correspondiente a la última época glacial. Como en Chile se carece de una cronología para las épocas glaciales, la aplicación de la cronología glacial europea resulta atrayente, aunque su equivalencia pueda resultar inexacta. Sin embargo, la claridad con que se adscriben a la topografía de la región los arcos morrénicos, fundamentalmente frente al lago Ranco, permiten suponer que en el Sur de Chile, hubo durante la última glaciación tres períodos de enfriamiento (Estadios), con sus correspondientes "INTER ESTADIOS" o períodos de atemperamiento.

En el área de Valdivia, el sector Occidental del lago Ranco es el más claro en la fijación de ellos.

4.- Presentación, composición petrográfica y estado de conservación de los depósitos morrénicos.-

Se presentan como depósitos caóticos, sin ordenación, heterométricos, con grandes bloques (los mayores de L. superior a 1 m.), con clastos angulosos a sub-angulosos de tamaño muy variable. Están organizados en forma de arcos a una altura que fluctúa entre los 320 y 270 m.s.n.m. aproximadamente. Las colinas mismas se elevan a 40 ó 60 mt. sobre el nivel local.

Petrográficamente, las morrenas están constituidas por rocas volcánicas (70/90%) con una fracción restante de rocas graníticas. La matriz es de gravas y arenas, pero hacia el techo del depósito esta varía por la presencia de cenizas volcánicas.

En un análisis particular puede señalarse que:

- i. Las morrenas del lago Calafquén que alcanzan gran desarrollo en torno a sus márgenes, están constituidas por bloques y clastos de petrografía volcánica, 80 a 90%, esencialmente de tipo andesítico y basáltico, dominando en muchos de los casos una estructura de tipo vesicular, estructura porcentualmente mayor dentro de las acumulaciones morrénicas adosadas en los sectores Oriental y Nor-Oriental por su cercanía al volcán Villarica. Los bloques están cementados en una matriz de arena de grano fino de color am

rillante a negruzco.

- ii.- Las morrenas del lago Panguipulli y Riñihue en su carácter petrográfico presentan algunas variaciones. Los depósitos morrénicos adosados en el frente Occidental de ambos lagos están constituidos por un alto porcentaje de rocas volcánicas, pero el porcentaje de las rocas granudas tiende a ser mayor. Estas últimas van aumentando progresivamente en las morrenas laterales y están englobadas en una matriz de arena media a fina aportada posiblemente por la misma alteración de la roca granuda. Consideramos a estos depósitos graníticos como morrenas laterales ya que el glaciar ha trabajado directamente sobre las paredes de la artesa y la disposición caótica de los bloques señala un movimiento significativo del conjunto rocoso por parte de los hielos. El tamaño de los bloques se caracteriza por su heterometría, siendo sus formas principales la sub-angulosa, aunque en algunos casos es posible encontrar clastos con aristas de cierto redondeamiento.
- iii.- Las morrenas, tanto frontales como laterales, de los lagos Ranco y Puyehue están constituidas por rocas volcánicas (andesitas y basaltos) como también por rocas graníticas, estando estas últimas al igual que las que encontramos en el Riñihue, alteradas a pedregadas. Las rocas volcánicas en cambio están presentando sólo algunas una patina de alteración. La matriz está constituida por una arena media a gruesa, aunque existe una fracción fina.

5.- Descripción de cortes morrénicos de la última glaciación.-

Para una mayor comprensión, incluimos a continuación la descripción de algunos de los cortes morrénicos realizados en terreno.

Descripción corte N1 (2)

Lago Calafquén

Alt. 190m.s.n.m.

Alt. del corte 3m.

"Depósitos morrénico de aspecto caótico, sin ordenación, heterométrico con bloques de hasta 1 m. de L. con aristas sub-angulosas o redondeadas en algunos casos. Los bloques y clastos menores están cementados en una matriz de grano fino de color amarillento. El depósito en un 80 a 90% es de tipo volcánico (andesitas y basaltos), y la fracción restante de tipo granítico, posiblemente granodiorita.

Los bloques y clastos menores de tipo andesíticos están frescos y sólo los basálticos y graníticos presentan una pequeña película de alteración aunque es posible encontrar ejemplares alterados a podridos en el caso de los últimos. Por último diremos que en el caso de los rodados basálticos domina en general una estructura vesicular".

Descripción Corte N° 2 (3)

Lago Riñihue

Alt. 240 m.s.n.m.

Alt. del corte 6 a 6.5 m.

"Depósito caótico, heterométrico con bloques de L entre 80 a 100 cm. a clastos de algunos cms.. La litología pre

dominante es granítica, gran parte del depósito está podrido y cementado en una arena de grano medio de color amarillento, proveniente posiblemente de la misma descomposición del granito. El corte tiene una altura de 6 a 6.5 m. (parte visible) con bloques y clastos sub-angulares con cierto grado de redondeamiento".

Descripción Corte N° 3 (4)

Lago Kihue

Alt. 215 m.s.n.m.

Alt. del corte 2.5 m.

"Depósito cástico, heterométrico, con clastos volcánicos (andesíticos y basálticos) con y sin oquedades. Hay también algunos rodados graníticos; todo el depósito se encuentra cementado por una matriz areno-limosa de color gris verdoso. Los bloques morrénicos de L. inf. a 70 cm. presentan sólo una pátina de alteración y, un cierto número presenta aristas redondeadas. Hacia la base la matriz es más arenosa y de color negruzco, y en el techo del depósito se ha desarrollado un suelo de unos 50 cm. de espesor. No existe cubierta volcánica."

Descripción Corte N° 4 (5)

Lago Rance Alt. 230 m.s.n.m.

Alt. del corte 4 m.

"Depósito heterométrico. Los bloques son de litología volcánica (andesitas) y granítica, junto con una gran cantidad de material rodado de granulometría menor. Todo el depósito está débilmente cementado en una matriz de arena media a gruesa. Los bloques mayores (más de 1 m. de L.) están

ubicados en la parte superior de la morrena y cubiertos por una capa de ceniza de 1.5 a 2.5 m. de espesor. Los bloques graníticos presentan en algunos casos estrías glaciarias, y en general todo el depósito está bien conservado con excepción de algunos clastos graníticos que están alterados o podridos."

Descripción Corte N° 5 (6)

Fundo El Arrayán

Alt. 270 m.s.n.m.

Alt. del corte 2.5 a 3 m.

"El corte se halla dentro de un área que se caracteriza por una topografía de colinas suavemente onduladas cubiertas por cenizas volcánicas, típica de depositaciones morrenicas. El depósito es cástico, heterométrico, con clastos fundamentalmente de tipo volcánico, textura afanítica, cementados en una matriz de arena media a fina de color gris. El material por el grado de redondeamiento que presentan las aristas, es posible que haya sido retrabajado por las aguas del río Morro.

El techo del depósito está constituido por una capa de ceniza volcánica (descompuesta) de aproximadamente 1m. de espesor, de color amarillo con inclusiones de color negro.

En general este depósito se encuentra fresco, presentando pocos rodados alterados!"

Como conclusión podemos decir que a nivel regional los depósitos morrenicos se presentan en forma de arcos que se elevan 40 a 60 m. por sobre el nivel de base local y entregan al modelado una topografía suavemente ondulada. A veces

adquieren la forma de cúpulas muy perfectas cuando han sido afectadas por depositación de cenizas volcánicas. En otras se presentan como depósitos aislados, adosados o encajados en áreas del complejo metamórfico costero, para el caso específico de la región de Valdivia.

Los depósitos en sí, se disponen en forma caótica, son heterométricos predomina la forma angulosa a subangulosa, y el estado de conservación de los bloques y clas es está respondiendo en general al tipo petrográfico de la roca y a su grado de intemperización.

B.- La acción de las aguas corrientes.-

Junto a los procesos glaciales del Cuaternario, la acción fluvial ha desempeñado un papel importante como agente modificador de la morfología en el área de la Depresión Intermedia. Estos cambios morfológicos determinados por procesos de erosión y acumulación, se explican a su vez en función de los cambios climáticos del Cuaternario y, en una medida limitada, por fenómenos de carácter tectónico que han provocado cambios en la dirección de algunos canales de escurrimiento.

Al respecto es posible señalar que la dirección de los canales de escurrimiento de algunos ríos, como el curso inferior del río Valdivia, son el resultado de una acción tectónica Cuaternaria. Bruggen (1950) indica :
" se tiene la impresión que des-

de Valdivia, el río principal siguió al principio la dirección Norte-Sur del río Cruces, pasando al Sur, alrededor de la Isla del Rey, hasta que más tarde se hundió el canal que conduce directamente a Niebla". Esta hipótesis resulta compreensible en función del extenso hundimiento provocado por los sismos de Mayo de 1960.

Es posible también, aunque no se puede comprobar, que el trazado del curso inferior del Río Bueno obedezca a una línea de debilidad tectónica.

Por otra parte, durante el Cuaternario, se han depositado cantidades incalculables de material fluvioglacial, en forma de conos proglaciales, los que han dado una topografía relativamente llana en la Depresión Intermedia, con una orientación de la pendiente de Este-Oeste.

Esta forma plana pasa a formar, a partir de los canales principales de escurrimiento, una serie continua de niveles de terrazas de material fluvioglacial que indica los cambios en el nivel de base de los ríos con posterioridad a las glaciaciones.

1.- El trazado actual del drenaje.-

Sobre los depósitos fluvioglaciales de la Depresión Intermedia se establece fundamentalmente un drenaje de tipo rectilíneo paralelo señalado principalmente por los cursos principales y, aún, por los secundarios.

Dos grandes hoyas hidrográficas hegemónicas al espacio físico de la Depresión Intermedia, correspondiendo una a la hoya del río Valdivia, que tiene como colectores principales al sistema del San José y Cruces por el Noreste y Norte; y el Calle-Calle por el Oriente, formado por la unión del San Pedro, que desagua el lago Riñihue, y el Quilchilca por el Este y, los ríos Angachilla, Futa y Maguillán que drenan el Suroeste de la cuenca. La otra corresponde a la hoya del Bueno que desagua el lago Ranco; sus principales afluentes son: el río Llo-Lluelhue y el Estero Traiguén, por el Norte, y por el Sur el río Ignao, el río Contra y el río Pilmaiquén, que drena el lago Puyehue, con su tributario, el río Chirri. Este último drena con su hoya hidrográfica, todo el piedmont volcánico del volcán Puyehue.

C.- Depósitos Fluvioglaciales Antiguos y de la Última Glaciación.-

Es en la Depresión Intermedia donde estos depósitos adquieren importancia, ya que la estabilización glacial bajo la forma de glaciares pedemontanos durante el Cuaternario, permitió la formación de conos proglaciales, cuyos materiales provinieron de depósitos morrénicos transportados por el agua de fusión del hielo.

Desde el límite con Cantía hacia el Sur, la Depresión Intermedia se encuentra estrangulada por relieves conformados por cerros de constitución metamórfica, como ya lo señaláramos, los cuales introducen un elemento de discontinuidad en el relieve de la unidad. Esta situación ha provocado una

distorción en la constitución de las formas y un efecto de barrera para los depósitos, que en parte han sido evacuados por los ríos Laufucade, Putraguil, Máfil, San Pedro y Quinchilca.

Desde aquel último río hacia el Sur, la Depresión Intermedia cobra amplitud en el sentido Este-Oeste permitiendo el desarrollo de las formas fluvioglaciales; es así como en este sector los depósitos provenientes del glaciar del Rancho se estructuraron en forma de un abanico fluvioglacial, al Oeste de los arcos morrénicos terminales de la última glaciación. La topografía de depósito es suavemente ondulada formando un colinaje irregular, observándose una pendiente general hacia el Oeste, en forma radial a partir del primer arco morrénico de la última glaciación; sin embargo, las características geomorfológicas deben tomarse con cuidado debido a que esta superficie ondulada es el resultado de una cubierta discontinua de cenizas volcánicas.

La última glaciación presenta en la región Centro-Sur, tres estadios glaciales, cada uno de los cuales dejó como testimonio una morrena terminal. El glaciar del Rancho en razón de su magnitud, estructuró claramente dichas morrenas. Ahora bien, en el espacio intermorrénico los depósitos son algo distintos ya que aquí se mezclan materiales morrénicos y fluvioglaciales, más tarde modificados por aporte fluvial. En otras palabras, son materiales morrénicos retransportados y redepositados por una red hidrográfica que se organiza en forma paralela entre arcos morrénicos, prácticamente coalescentes.

Durante estos estadios, numerosos y cambiantes cursos de agua provenientes de la fusión del glaciar, transportaron el material aportado por el hielo, el cual fue paulatinamente estructurado en como proglacial del Ranco. Durante este periodo, la red hidrográfica existente era fundamentalmente di fusa y divagante, característica que determina la estructura lenticular y pseudoestratificada que presenta este tipo de depósito.

En efecto, bajo una topografía suavemente ondulada a plana, se puede observar la disposición marcadamente lenticular y estratificada de los materiales. Las lentes son de poco espesor, no sobrepasando 1 m. de potencia. En cambio se encuentran bastante desarrolladas en longitud, hecho que los hace aparecer dispuestos en estratos concordantes. Sin embargo, es común observar el acuñamiento y entrecruzamiento de ellos. Este es el aspecto general del depósito; lentes de diversos tamaños, capas que varían entre 5 y 80 cm. de potencia, que se entrecruzan y acuñan constituyendo discordancias de deposición en función de la discontinuidad en el espacio y en el tiempo de la sedimentación.

En cuanto a los materiales en sí mismos, está constituido por dos fases; Una fina y una gruesa. La primera fase es arenosa, con un rango de variación granulométrico que oscila entre arena fina hasta 2 mm. de diámetro aproximadamente. La segunda está compuesta por rodados sub-angulosos o redondeados, siendo también heterométricos, variando de grava hasta bolones y bloques.

Pero, si desde el punto de vista granulométrico y estructural existe homogeneidad en los depósitos fluvio-glaciales, el estado de conservación de los sedimentos y su evolución morfológica o modelado actual son elementos de juicio suficientes para distinguir dos generaciones de sedimentos fluvio-glaciales y, por lo tanto, su correspondencia con glaciaciones distintas. El más reciente corresponde al cono proglacial de la última glaciación, el cual ya fue descrito.

Los sedimentos fluvio-glaciales antiguos presentan una superficie irregular y bastante disectada por la erosión fluvial. Sus sedimentos presentan dentro de la fracción gruesa (rodados) grados de alteración variable, desde algunos con pátina de alteración (volcánicos) hasta otros totalmente meteorizados (graníticos), y un color amarillento dentro de la matriz arenosa, producto de la oxidación de los minerales componentes de los rodados. Estas características relativas al grado de alteración del depósito conducen a pensar que durante el último interglacial reinaron condiciones climáticas de tipo tropical.

Estos depósitos fluvio-glaciales antiguos se encuentran distribuidos en forma irregular en la provincia y, en muchos casos, están sepultados por los sedimentos glaciales y fluvio-glaciales de la última glaciación, así como por depósitos cineríticos. Se les encuentra en los cursos de los ríos Putragil, Máfil y parte del río Calle-Calle, así como en el sector del Estero Ponjongo-Estero Puchama, afluentes del río Quinchilca por el Sur.

Más al Sur, estos depósitos aparecen en el sector del Estero Niscón-Estero Traiguén; en la ribera Norte del río Bueno, entre Champel Chico y San Carlos; y entre el río Contra y el río Pilmaiquén, desde Crucero hasta la confluencia del río Bueno con el río Pilmaiquén, aproximadamente. Otras áreas menores en donde es posible observar depósitos de estas características están en Purrihuín Chico y en La Aguada, $72^{\circ}42'$ Long. O. y $40^{\circ}22'$ Lat. S., y $72^{\circ}43'30''$ Long. O. y $40^{\circ}19'30''$ Lat. S., respectivamente.

Los ríos que han desaguado el lago Ranco, han erosionado el cono, dejando como formas resultantes amplias terrazas, especialmente en el caso del río Bueno, que a lo largo de su curso presenta varios niveles. La topografía de estas terrazas es cercanamente plana e inclinada hacia el Oeste en el caso del río Bueno y hacia el Noroeste en aquellas elaboradas por el antiguo río que desaguaba en las proximidades de Pto. Squella, cuyo cauce está en gran parte ocupado en la actualidad por el río Llollelhue. Lo descrito se puede ver en parte, entre La Unión y Paillaco junto a la carretera Panamericana.

Posteriormente se han depositado sobre el cono de transición, una serie de materiales de origen volcánico que es posible observar en los cortes existentes entre La Unión y el cruce a Rapaco.

D.- Depósitos volcánicos.-

Se trata de una heterogénea mezcla de ceniza con intercalaciones de arena fina hasta gruesa, color gris, fresca y poco compactada sobrepuesta a los depósitos fluvio-glaciales antiguos. Se encuentran incluidos, clastos de origen volcánico y granítico, algunos de estos últimos bastante alterados. Los volcánicos están representados por rocas basálticas y andesíticas, a menudo vesiculares, frescas en general. Estructuralmente el depósito se observa algo plicado, aunque en general adopta forma de banco. Esta estructura es alterada en parte por un paleosuelo arcilloso que no excede los 50 cm. de espesor y que se observa en algunos lugares tales como entre la Carretera Panamericana y la planta IANSA de Rapaco.

En contacto con el suelo actual, se observan materiales cinetíticos de color pardo y pardo claro, en general sin clastos y de espesor variable en función de la topografía, conformada por colinas irregulares de suave pendiente que dan el aspecto exterior a esta parte del cono.

Por su posición, podemos interpretar a esta unidad como posterior en el tiempo y, a juzgar por su aspecto general, podría decirse que se trata de hidrocineritas. Posteriormente y luego de un período de exposición a la atmósfera, fue cubierto por colocineritas. Esta situación es tal desde el río Quinchilca al Norte, donde al parecer predomina el carácter eólico en la depositación de los materiales volcánicos. En el sector al Sur de Río Bueno, la cubierta del depósito fluvio-glacial antiguo tiene características laháricas.

II.- LA CORDILLERA DE LA COSTA

A.- Estructura.

La Cordillera de la Costa se presenta como un macizo continuo y bien desarrollado en el área ubicada inmediatamente al sur de los ríos Calle-Calle y Valdivia, donde se presentan las mayores alturas: cerro Las Animas 1.500 m. SNM, El Mirador 1.075 m. SNM, Campanario 1.100 m. SNM. Al norte del límite expuesto, está orográfica ha sido fuertemente erosionada durante el Cuaternario, siendo sus alturas máximas inferiores a 700 m. SNM.

Junto con ser altimétricamente más baja, se encuentra dividida en dos sectores, uno que hemos denominado occidental, que es costero, y otro Oriental, separados ambos por la Depresión de San José.

En el límite de la provincia de Cautín, la cordillera costera de Valdivia vuelve a unirse y se entronca con los primeros cordones precordilleranos de Los Andes a través de un cordón transversal de 70 Km. de largo de orientación Oeste-Este y que alcanza alturas de 780 m. SNM.

Tanto el cordón costero occidental como el macizo que se extiende entre los ríos Calle-Calle y Valdivia por el N. y el Río Bueno por el Sur presentan planos de erosión, algunos de ellos bien conservados, cuya litología dominante son esquistos micáceos.

Se han definido para esta unidad de relieve, varios planos, remanentes de la superficie de erosión somital de la cordillera de la Costa, los cuales se encuentran inclinados al Oeste y al Sur, con alturas que varían entre 1.050 mts. SNM y, 580 mts. SNM, los mas bajos. Los más altos se ubican en el sector de El Mirador.

En el cordón occidental de la Cordillera de la Costa, al Norte del río Valdivia es posible individualizar varios remanentes del plano de erosión, de orientación Norte-Sur, de altura aproximada a los

380 m. SNM.

En el sector de Noguilan, el plano somital alcanza los 480 mts. SNM y, una posición central en el macizo que se extiende al Sur del río Calle-Calle, presentando una morfología disectada.

Los planos superiores del sector El Mirador son, morfológicamente, los mejores conservados; uno de ellos se extiende durante unos 5 Km. en dirección Sureste-Noroeste y, en recorrido por el camino que conduce de La Unión a Caleta Rueicolla. El otro presenta una morfología más disectada y ramificada. Ambos ocupan una posición centro-occidental dentro del macizo y se quiebran bruscamente en dirección del Pacífico.

B.- La acción del mar.

1. La costa y su génesis tectónica.

En general, la costa de la provincia de Valdivia presenta un carácter rectilíneo, muy semejante al existente en la parte central de Chile.

Los pequeños lagos ubicados al Oeste del río Colúm y "la desembocadura del río Valdivia con sus canales ramificados parecen indicar un hundimiento del continente" (7). (Hundimiento constatado en las márgenes de los ríos Cruces, Angachila y Tornagaleones después de los sismos de Mayo de 1960).

"Sin embargo, por lo menos la parte de la bahía de Corral que corre de Norte a Sur debe ser de origen tectónico. También el canal casi rectilíneo que se extiende de Pta. Niebla hacia el Este puede ser del mismo origen". (8).

Es posible que áreas ubicadas al Sur del río Valdivia tengan también un origen tectónico como es el caso del curso inferior del río Bueno.

C. Las formas de depositación marina.

Importantes sectores de la costa de Valdivia constan de una serie de aterrazamientos sobre los cuales existen informes anteriores. (Bruggen, 1950; Weischet, 1959; Illies, 1960; Weischet, 1963: etc).

W. Weischet, en un informe que ha sido extractado por "The Geological Society of America" 1965: tomó tres áreas como punto de referencia para el estudio de los aterrazamientos en la región de Valdivia: Bahía de Mehuín, Cuenca de Valdivia al Oeste de la isla Teja y Bahía de Hueicolla. Como punto de partida en su investigación tomó la terraza vegense de la bahía de Hueicolla cuya altura era de 1.5 m. antes del terremoto de Mayo de 1960.

Este autor indica que "a un nivel de 20 m. existen en la bahía de Mehuín, primero un rematante de abrasión marina y en segundo lugar en la Playa Chica donde ha sido formado un ancho llano de arenas grises. Este nivel se presenta también en plataformas erosionadas de las pendientes interfluviales en las vecindades de Queule. Los depósitos de terraza consisten principalmente de cascagua, una ceniza volcánica cementada con intercalaciones estratificadas de agua salobre (brackish water) y sedimentos marinos..." (9).

Según Weischet, la terraza vegense de bahía Hueicolla, a una altura de 1.5 m. antes de los sismos de 1960 y ahora a nivel del mar, encuentra su correspondiente tanto en Mehuín, como en la cuenca de Valdivia.

Para Weischet la secuencia en la evolución de la morfología costera en la última parte del Cuaternario habría sido:

- (I), formación de terrazas a 10 m. y 20-22 m. durante el último período interglacial;
- (II), disección de los dos a consecuencia de la baja del nivel marino en la última época glacial.

- (III), relleno con sedimentos marinos -de playa- hasta el nivel marino más alto (más 1,5 m) en el período post-glacial (terracea vegense);
- (IV), nueva y leve disectación de la vega, y;
- (V), depresión tectónica de la secuencia entera en 1,5 m., en Mayo de 1960". (10).

Al interior de la bahía de Hueicolla existe por otra parte un nivel de 8 a 10 m. que se extiende por una distancia máxima de 250 m. al igual como la considera Weischet corresponde a una terraza de a cumulación de sedimentos sueltos al interior y subiendo en dirección de la Cordillera de La Costa hay otros niveles que el mismo autor ha calculado su altura en 25, 35, 41 y 70 m. todas alrededor de la bahía.

"Una parte expuestas en la terraza de 25 m. muestra ro dados marinos de cuarzo-filita; en la terraza de 35 m. un é onglomerado de pizarras de 3 m. de espesor, con otras capas de arenas amarillas (deposita das rítmicamente). En el nivel de 70 m. sólo encuentran los rodados de cuarzo puro". (11).

Podemos agregar que en el área costera comprendida en tre Punta Huido y un poco al sur de la desembocadura del río Colón, existe una terraza de abrasión bastante disectada, cuya altura fluctúa entre 60 y 75 m. y que constituiría una prolongación hacia el Norte de la ya descrita por Weischet en Caleta Hueicolla, esta terraza-está separada actualmente de la línea costera por un acantilado muerto, al Oeste del cual, se desar- ro- lan líneas de playa, todo ello dentro de una franja litoral que al pa recer ha sido modificada por procesos tectónicos.

D.- Las formas de erosión marina.

Aunque la interpretación aerofotográfica de la Cordi llera de La Costa permite individualizar y delimita formas de erosión marí

na, sus análisis se ve muy limitado en terreno por la inaccesibilidad del medio físico-vegetacional.

Junto a la costa, se localizan pequeñas terrazas de erosión que han sido trabajadas sobre la roca metamórfica; arealmente son terrazas de poco desarrollo y de altura distinta, aunque siempre inferior a los 50 m. En general tienen un desarrollo de carácter local.

Bordenado la bahía de Corral se hallan otros niveles de terraza, así como también en la Isla Mancera, en el sector de Villa Lu cia y en Punta San Julián.

E.- Los depósitos de ceniza.

Aunque es posible advertir la presencia de depósitos de cenizas cubriendo amplias áreas de la región de Valdivia, su potencia y su influencia en la morfología y formación de los suelos ha sido variable.

En la Cordillera de la Costa, los depósitos de cenizas son relativamente delgados y no se encuentran más arriba de la cota de 350 m. SNM, sobre esta altura el esquisto micáceo aflora a la superficie.

Sin embargo, la alteración y descomposición del esquisto forma en muchas áreas una capa de espesor variable (algunos cms. hasta 1 a 2 m.), de granulometría fina y de grano suelto que puede confundirse con la ceniza.

En general los depósitos de ceniza como promedio no alcanzan más de 30 cm. de espesor, pero en algunas áreas favorecidas por condiciónes topográficas, se establecen acumulaciones de 1.5 a 2.0 m. como sucede al Sur del cruce a Santa Elisa por la antigua carretera panamericana de Valdivia a La Unión, en este caso las acumulaciones de ceniza están des cansando sobre los rodados multicolores.

En el cordón oriental, al Norte de los ríos Calle Calle y San Pedro se establecen depósitos de ceniza de 50 a 80 cm. aportados fundamentalmente por las erupciones del volcán Villarrica.

Por último, encontramos depósitos de menor importancia en las colinas que cruzan la actual panamericana entre Paillaco y Valdivia.

F.- La acción de las aguas corrientes.

En la Cordillera de la Costa la acción de las aguas corrientes como agentes de erosión se ha visto facilitada porque el esquisto micáceo se presenta en muchos casos como roca blanda y de fácil destrucción. El proceso de erosión ha adquirido mayor importancia en aquellas áreas donde el bosque natural ha sido desmontado sin ser reemplazado, o en donde las laderas han sido cortadas para dar paso a la construcción de obras de infraestructura (caminos especialmente).

Ejemplos de destrucción permanente de laderas pueden ser observadas hoy a lo largo de la actual carretera panamericana de la provincia y en los caminos secundarios que cortan la Cordillera.

1. El trazado del drenaje.

La Cordillera de la Costa constituida por rocas del complejo metamórfico, está recorrida por hoyas de pequeña extensión areal en donde muchos de los drenes tienen sólo un escurrimiento temporal.

Los ríos principales como el Futa, Chaihuín, Naguilán, etc. han desarrollado cauces profundos y encajonados, que carecen de niveles de terrazas, con excepción del Río Chaihuín, el cual posee en su curso inferior, al oriente del Cerro de igual nombre, importantes depósitos aluviales.

Otros depósitos aluviales de importancia se encuentran en la confluencia del Estero Colegual con el Río Futa, así como en este mismo río, en el lugar denominado Los Pantanos.

El tipo de drenaje característico es el dentrítico.

G.- Depósitos Terciarios Marinos: La Formación Cholchol.

Teóricamente ellos están asentados en la parte oriental de la antigua cuenca tectónica que es actualmente la Depresión Intermedia. Entre fines del Mioceno y comienzos del Plioceno, el área fue rellenada por depósitos aportados por el mar, depósitos cuya extensión no se puede precisar en dirección de la Depresión Central propiamente tal por estar cubierta de grandes espesores de depósitos fluvioglaciales.

Desde un punto de vista morfológico, entregan al paisaje una topografía de lomajes ondulados cubiertos por depósitos de ceniza o por un material fino que proviene en la mayoría de los casos de la desagregación del esquisto micáceo.

En el extremo norte de estos sedimentos marinos de la formación Chol-Chol, encontramos otro tipo de material de cubierta: los conglomerados multicolores que analizaremos de inmediato, apoyándonos en un perfil realizado entre la salida Sur de la ciudad de Valdivia y La Unión a través de la antigua carretera panamericana.

H.- Depósitos de rodados multicolores.

Unos 13 Km. al Sur de la Plaza de Armas de la ciudad de Valdivia se encuentra junto a la actual carretera panamericana Sur, el antiguo camino que unía antes de los sismos de Mayo de 1960 a esta ciudad con La Unión. (12).

Este camino corta una planicie más o menos extensa que tiene una dirección Noroeste-Sureste y que como consecuencia del terro

moto de 1960 se hundió aproximadamente 1.5 m. El camino, que se encuentra unos 50 a 80 cm. por encima del plano inundado, gana rápidamente en altura al introducirse entre las colinas del Complejo Metamórfico de la Cordillera de La Costa.

En el Km. 12, está a 120 m.s.n.m. y el modelado corresponde a una topografía de colinas bajas de rocas micáceas; en este tramo sólo es importante de hacer notar la existencia de depósitos de quebradas con rodados y depósitos de arena, así como también, potentes depósitos de rodados de cuarzo.

A partir del Km. 13 hay un cambio en la morfología del paisaje comienza un relieve de plano inclinado que alcanza en el Km. 14.6 una altura máxima de 210 m. Al Sur de este relieve se realiza también un cambio en el tipo de los materiales depositados sobre el complejo metamórfico; es así como en el sector de Loma larga existen acumulaciones de rodados de forma aplanada y de petrografía volcánica relativamente frescos, unos 500 m. más al Sur, frente a los Ulmos, y un poco al S. de Santa Teresa aparece un potente depósito de rodados multicolores que abarcan una amplia gama de tonalidades que van desde el verde claro, pasando al azul, café oscuro, lúcumo, café rojizo hasta el rojizo, etc., volcánicos (andesitas y basaltos), con un alto grado de descomposición de la roca que hacia su parte externa adquiere la forma de una arcilla blanda y plástica. Sólo los rodados andesíticos presentan un núcleo sano; estando todo el depósito englobado en una matriz de tipo arcilloso proveniente posiblemente de la misma descomposición del depósito multicolor.

W. Weisheit, ha considerado estos depósitos como parte integrante del cono de transición de lo que él ha denominado Morrena de Rahue (2da. glaciación, al respecto señala: "es en Los Ulmos, donde se efectúa un cambio en las formas de la superficie, de tal manera que el colinaje irregular es reemplazado por una planicie. El subsuelo está igualmen

te formado por los rodados multicolores: pero ahora con estructura fluvial, lo que significa que los rodados presenta una combinación sin matriz de material fino. La planicie inclinada y la sedimentación fluvial indican con seguridad el cono de transición de l a morrena a los campos fluvio-glaciales". (13).

Un Km. al Sur del puente la Tragua hasta el estero Catamutún aproximadamente, domina un nuevo relieve, más alto que el anterior cuya altura máxima se encuentra en el Km. 28 a 330 m. SNM; en este dominan las rocas micáceas, con algunos aportes de ceniza en el techo pero con ausencia de otros materiales de cubierta.

Es a partir de Huequecura cuando se restablecen nuevos y potentes depósitos de rodados multicolores, a una altura que fluctúa entre los 205 y 225 m. SNM. Este conglomerado multicolor sobrepuesto probablemente en el esquisto y la Formación Chol-Chol se caracteriza por su alto grado de intemperización y corresponde por su color y textura a rocas de tipo volcánico. La capa de ceniza que lo cubre y a partir delcual ha evolucionado el suelo, tiene un espesor que varía entre 1.5 y 2.0 m.

Un tercer corte característico de estos rodados multicolores ha sido descrito por Weischet (14), en el estero del Valle del Polcura, en que señala: "con referencia a las formas del terreno se trata en esta región también de un colinaje, situado dentro de una rinconada en la cordillera de esquistos cristalinos... La gran masa del depósito consiste en rodados de varios colores, de origen petrográfico volcánico o plutónico pero fuertemente intemperizados. Entremezclados se hallan arcilla, limo y cenizas volcánicas".

1.- Espesor, edad y correlaciones.

En el área de su localización (carretera viaja de Valdivia a La Unión) se carece de la información que permita fijar con cierta exactitud la forma como los conglomerados multicolores se apoyan en las

unidades infrayacentes. Es posible que en el éfca de Los Ulmos, el depó site se apoye sobre al complejo metamórfico y que en los sectores de Huaquicura y Polcura esté sobreimpuesto a la Formación Chol-Chol, que logra aflorar en varios puntos al Sur de la localidad de Santa Elisa (40° 08' Lat. S.).

Por otra parte la existencia de conglomerados multicolores a 170 m. de algura en Los Ulmos, entre 205 y 225 m. SNM. en Huequecura, y a 130 m. en el estero Polcura, permiten suponer un espesor posible del depósito entre 80 a 100 m.

Arturo Hauser (15) señala que "en cortes del camino Calle del Medio inmediato al puente sobre el río Muco, puede medirse con cierta exactitud la potencia de los depósitos conglomerádicos; alcanzarían allí alrededor de 90 m."

Al igual como lo señala Hauser (16), en las inmediaciones del pueblo de Chol-Chol, así como en los alrededores de Temuco y Nueva Imperial, son múltiples las exposiciones en las cuales al nivel conglomerádico se apoyó insensiblemente en la cúspide de la serie marino continental de la Formación Chol-Chol; en el áras inmediatamente al oriente del sector de La Florida y hasta el estero Polcura, en la provincia de Valdivia, es posible que el conglomerado multicolor se esté apoyando igualmente en dicha formación.

En todo caso, es evidente que los conglomerados multicolores son posteriores al Plioceno Antiguo (última etapa de depositación de la serie marino-continental de la Formación Chol-Chol), por lo tanto quedaría por dar solución a dos interrogantes: 1) tratar de fijar la edad relativa del conglomerado y, 2) determinar los agentes de dicha de positación.

Con respecto a ambas interrogantes, edad - génesis del conglomerado multicolor, han sido planteadas varias hipótesis:

W. Weischat, en un estudio geomorfológico de la provincia de Osorno indica con respecto a los rodados multicolores "su ubicación en el techo de Lamorrena de Contaco cerca de Cunamo y la menor intemperización del material permiten clasificarlo como más joven que la morrena de Contaco. Por su situación topográfica se denomina a este depósito morrena de Rahue". (Segunda glaciación) (17).

R. Borgel, describe los depósitos multicolores, atribuyéndoles también un origen morrénico, fijándoles cronológicamente durante la glaciación de Riss (18) (Glaciación 3era. o de Río Negro para W. Weischat).

A. Hauser sostiene que ellos se habrían originado a partir de un complejo sistema fluvio-torrancial y cuya depositación se habría efectuado en el Cuaternario más antiguo, inmediatamente después de la depositación de la serie marino-continental de la Formación Chol-Chol.

Reconociendo nuestras limitaciones por falta de puntos de apoyo y por desconocimiento que se tiene en la mayor parte del área de los materiales infrayacentes sobre los cuales están descansando los conglomerados multicolores, resulta algo impreciso fijar la edad de este depósito, pero consideramos que los materiales pertenecen, en parte, a una formación terciaria continental, post Chol-Chol, sedimentos estos que fueron transportados por grandes lenguas de hielo durante las primeras glaciaciones, con lo cual tomaron el carácter y la forma de depósitos morrénicos y de cono proglacial y que, posteriormente a su redepositación, fueron meteorizados al estado en que se encuentran actualmente.

Es así como estimamos que el proceso de alteración e intemperización se produjo in situ, bajo condiciones climáticas de tipo tropical, durante los interglaciales. De otro modo, se habrían desintegrado durante el transporte.

IV.-

LA DEPRESION DE SAN JOSE

La cuenca de San José se presenta desde el punto de vista morfológico como un extenso plano depositacional relativamente bajo que ha sido afectado por una tectónica de hundimiento.

La encontramos ya adscrita al paisaje un poco al Norte del pueblo de Lanco en la forma de terrazas aluviales bien definidas producto del trabajo del río San Pedro; su altura en el límite de la provincia es de unos 75 m.

Es a partir de las localidades de Ciruelos por el Este, junto a la línea del ferrocarril, y de Puringue en el Noroeste que la depresión occidental se abre en dirección del Sur y del Suroeste, orientación de la cuenca que también se ve marcada por un descenso en la altura del plano: es así como San José de la Mariquina ubicada en la terraza más baja está a 28 m.s.n. y Estación Mariquina localizada inmediatamente al Sureste en la terraza más alta del río San José se halla a 38 m. s.n.m. Desde la localidad de San José de la Mariquina hasta Pelchuquín la altura de la cuenca se mantiene idéntica y sólo baja en el Aeropuerto de Pichoy un poco más al Sur a 26 m. s.n.m. Al Sureste de Pichoy y en dirección de Máfil gana un poco en altura. En el control de carabineros (entrada norte de Valdivia) la altura es de 11 m. y en la Plaza de Armas de la misma de 8 m. Al Sur de Valdivia el plano tiende a restituirse pero con alturas inferiores a 10 m. Su límite está marcado por el río Angachilla que drena ya en el contacto de las primeras colinas del Complejo Metamórfico de la Cordillera de la Costa.

A.- Los Depósitos de Cubierta de la Depresión de San José.1.- Los depósitos de canchagua.

En el área de la Depresión de San José, los depósi-

tos de cancagua cubren una amplia extensión.

"La palabra cancagua tiene su origen en el idioma indígena y significa: roca o piedra para la fabricación de hornos. Petrográficamente se trata de una toba más o menos cementada y mezclada con clastos en forma alterada" (19).

Bruggen en su obra "Fundamentos de la Geología de Chile" señala ya la existencia de la cancagua e indica: "existe en la desembocadura del río Valdivia una terraza compuesta por una arenisca arcillosa llamada "cancagua". En las cercanías del mar, en Niebla, contiene petrificación de conchas marinas". (20). Fija la época de depositación durante el Cuaternario cuando el nivel del mar se hallaba 20 m. sobre el nivel actual.

Con respecto a las características de la cancagua que aflora en los cortes ubicados al Norte y Sur de Osorno, Weischet señala: "se trata de depósitos en gran parte macizos y amorfos de color gris compuestos de arenas basálticas y andesíticas cuyos granos varían en el diámetro de 1 hasta 4 mm. Los granos son frescos y poco trabajados. Entre los granos se encuentra cierta cantidad de un material disparejo, fino, gradoso, arcilloso de color amarillo-café". (21).

Los depósitos de cancagua se extienden prácticamente por toda la depresión y perforaciones realizadas en el subsuelo de Valdivia han constatado una potencia de hasta 80 m. En superficie la cancagua puede presentar espesores mayores a 10 m. sobre el nivel del plano inundado o vegoso, en otras partes desaparece bajo una cubierta de depósitos aluviales recientes. Estos depósitos tienden a ser mayores en toda la cuenca de Valdivia especialmente en el sector Norte y Noroeste. El proceso de sedimentación es actualmente funcional ya que el área corresponde a una zona de hundimiento.

Aunque ya se ha definido a la canchagua como un depósito de tipo volcánico, el grado de cementación que presenta y la presencia de "una Sapropelita oscura y una GYTTJA de cal con restos de plantas y moluscos de agua dulce"... por un lado y la presencia de "un horizonte marino de 1 m. de espesor extendido alrededor de la isla del Rey, con moluscos, fuertemente cementados que forman un "pavimentos de conchas" (22), estaría indicando que la canchagua correspondería a un depósito volcánico depositado en un ambiente de agua salobre y probablemente marino en un momento del Cuaternario. Esto nos permite asegurar que la definición citada para Weischat 1965 (9) es la mas acertada.

En dirección de la costa y frente al Pacífico en el área de Corral la canchagua está formando acantilados importantes que en varias partes se prolongan en la forma de una terraza de abrasión marina hacia el interior.

2.- Los depósitos aluviales.

Donde los depósitos de canchagua no afloran en superficie, existe una cubierta de aluviones recientes en la forma de terrazas bien definidas.

En el sector de la Depresión Occidental, se han desarrollado preferentemente en las áreas ubicadas al Este de Máfil y en los valles de los ríos Leufucade y San José.

Petrográficamente corresponden a depósitos de tipo andino, constituidos por rocas graníticas y andesíticas preferentemente, aunque también aparecen rodados de tipo metamórfico.

Desde el punto de vista granulométrico, los depósitos pueden variar. En las terrazas del río Máfil los rodados son heterométricos de L. inferior a 20 cm. En dirección de la costa, la canchagua está cubierta por horizontes más finos; es así como en un corte analizado

en el camino a Mahuán 300. al Este del puente Lingue se distinguieron los siguientes horizontes:

- i.- Horizonte de 80 a 100 cm. de suelo evolucionado posiblemente a partir de ceniza volcánica.
- ii.- Horizonte de 15 cm. constituido por un limo fino.
- iii.- Horizonte de 15 cm. constituido por arenas gruesas.
- iv.- Horizonte de 50 cm. constituido por arenas gruesas.
- v.- Horizonte de 50 a 80 cm. constituido por gravas y arenas.
- vi.- Horizonte inferior de espesor indeterminado constituido por canchagua.

En un segundo corte analizado a 8 Km. al Este de San José de la Mariquina en dirección de Pureo Alto se describieron los siguientes horizontes:

- i.- Horizonte superior. Suelo de tipo arcilloso de 1,5 a 1.7 m.
- ii.- Horizonte de 70 cm. de canchagua.
- iii.- Horizonte de 90 cm. de limos negruzcos.
- iv.- Horizonte de 20 cm. de arenas rojizas.
- v.- Horizonte inferior. Limos grises de profundidad indeterminada.

Un tercer corte fue descrito a la salida de San José de la Mariquina, altura del páño 38 m. SNM. Altura del corte: 3 m.

- vi.- Horizontes superior. Suelo de 40 a 60 cm. evolucionado posiblemente a partir de cenizas volcánicas.
- vii.- Horizontes de rodados graníticos y volcánicos recientes de L. inferior a 10 cm. con agregado fino.

En análisis de los cortes, permite deducir que sobre la cascagua se superponen depósitos que varían en su carácter granulométrico y que se han dispuesto con posterioridad, dentro del Cuaternario superior. Los estudios de Illies, han mostrado la presencia de depósitos finos alternando con la cascagua.

REFERENCIAS

- 1.- F. Illies: ha denominado "Puente de Serranías" a las colinas del complejo metamórfico que se sitúan inmediatamente al Este de la Depresión de San José.
- 2.- Punto de partida Panguipulli (Km. 0). El corte está ubicado 7 Km. al Este de Panguipulli en el camino que lo une con Coñaripe.
- 3.- Punto de partida Panguipulli (Km.0). El corte está localizado 7 a 8 Km. al Este de Desague por la vertiente Norte del lago Riñihue.
- 4.- Punto de partida Balneario de Riñihue. El corte está localizado 4.5 Km. al Este del muelle de Riñihue, en la vertiente Sur del lago.
- 5.- Localización del corte: 40° 10' Lat. Sur: 72° 32' Long. Oeste.
- 6.- Fundo El Arrayán: Latitud Río Morro y 72° 29' Long. Oeste.
- 7.- J. Bruggen: Fundamentos de Geología de Chile. IGM. 1950.
- 8.- J. Bruggen: Idem 7.
- 9.- W. Weischat: Coastal Terraces in Southern Chile. The Geological Society of America. 1965.
- 10.- W. Weischat: Idem 9.

- 11.- W. Weischet: Idem. 9
- 12.- Para el análisis posterior consideraremos a este punto como el Km. 0.
- 13.- W. Weischet: Geomorfología Glacial de la Región de los lagos. Pág. 11. Fac.de Ciencias Físicas y Matemáticas. U.de Chile 1964.
- 14.- W. Weischet: Idem 9,10 y 11.
- 15.- Proyecto Integrado de Cautín, Tomo II. Cap. I. Geología. Pág.61. IREN-CORFO 1970.
- 16.- Idem 15 Pág. 62.
- 17.- W. Weischet: Geomorfología Glacial de la Región de los lagos. Pág. 11. Fac.de Ciencias Físicas y Matemáticas. U.de Chile 1964.
- 18.- R. Borgel: Las Glaciaciones Cuaternarias al Oeste del lago Llanquibue en el Sur de Chile. Revista Geográfica N° 67. U.de Chile. Pág. 106.
- 19.- Illies R.: Geología de los alrededores de Valdivia y Volcanismo y Tectónica en márgenes del Pacífico en Chile Meridional. U. Austral de Chile 1970. Pág. 20.
- 20.- J. Bruggeu: Fundamentos de la Geología de Chile. IGM. 1950. Pág. 203.
- 21.- H. Illies: Idem (19). Pág. 21,22.
- 22.- H. Illies: Idem (19). Pág. 22.

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

- 1.- AGUIRRE, L. y LEVI, B. Geología de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue. Boletín N° 17. Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile.
- 2.- BRUGGEN, J. Fundamentos de Geología de Chile. Instituto Geográfico Militar de Chile. Stgo., 1950.
- 3.- BORGEL, R. Las Glaciaciones Cuaternarias al Oeste del Lago Llanquihue en el Sur de Chile. Revista geográfica. U.de Chile. (separata), 1967.
- 4.- BORGEL, R. Mapa Geomorfológico de Chile. Central de Publicaciones, Escuela de Periodismo. U.de Chile Stgo.
- 5.- DERRUAU, N. Geomorfología. Edit. Ariel, Barcelona. 1966.
- 6.- DI BIASE, F. Informe preliminar de Geología de la provincia de Valdivia, IREN-CORFO 1970.
- 7.- ILLIES, H. Geología de los Alrededores de Valdivia y Volcanismo y Tectónica en las márgenes del Pacífico en Chile Meridional. U.Austral de Chile. Valdivia 1970.
- 8.- THORNBURY, D.W. Principios de Geomorfología. Ed. Kapeluz Bs. Aires, 2da. edición 1966.

- 9.- RUIZ? C., CORVALAN, J., AGUIRRE, L. Capítulo II Geología. Geografía Económica de Chile. CORFO Stgo., 1965.
- 10.- WEISCHET, W. Geomorfología Glacial de la Región de los lagos. Comunicaciones de la Esc. de Geología. U. de Chile. Marzo de 1964.
- 11.- WEISCHET, W. Coastal Terraces in Southern Chile. The Geological Society of America. 1965.
- 12.- WEISCHET, W. Soliflucción periglacial en el sur de Chile. Estudios Geográficos. Fac. de Filosofía y Educación, U. de Chile. Stgo.
- 13.- PROYECTO INTEGRADO DE CAUTIN. Tomo II, Cap. I, Geología, IREN-CORFO, Stgo. Chile, 1970.