



672

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION

MANUEL MONTT 1164 - CASILLA 14995 - FONOS: 236641 - SANTIAGO DE CHILE

ESTUDIO GEOTECNICO DEL PROYECTO HIDROELECTRICO NELTUNE

PROVINCIA DE VALDIVIA CHILE



Juan Karzulović

Ricardo Thiele

1966



Sistema cuaternario.-

Sedimentos asociados con glaciaciones.-

Corresponden fundamentalmente a sedimentos finos, de carácter lacustre, estratificados en delgadas capas de color gris claro; aparecen en afloramientos asilados junto a la ribera suroriental del lago Neltume y podrían correlacionarse con los potentes depósitos de limos reconocidos por DAVIS Y KARZU LOVIC (1961) en el valle del río San Pedro. Según dichos autores, tales limos serían del Pleistoceno superior y estarían estrechamente ligados con alguna de las glaciaciones de esa época. Dentro del área investigada, estos sedimentos glaciolacustres habrían sido en su mayor parte erodados o se encontrarían sepultados, por debajo de la cota del lago Neltume, con los acarreos más modernos.

En las laderas del costado oriental del lago Neltume, especialmente en los faldeos de la zona de caída propuesta y a unos 200 m de altura sobre el nivel del lago, se encuentra un relleno de por lo menos 20 m de espesor y compuesto de gravas gruesas englobadas en una matriz arenosa; las gravas, de hasta 30 cm de diámetro, son tanto angulosas como redondeadas y sugieren un material de naturaleza glaciofluvial. El depósito se presenta pobremente cementado y ha originado derrumbes o deslizamientos que cubren, con una cubierta de espesor presumi



blemente superior a 20 m gran parte de la zona de caída o de tu
berías.

Sedimentos realmente glaciarios no fueron reconoci
dos en el área, aunque los depósitos arriba descritos podrían
asimilarse quizás a morenas laterales que bajaron con el glaciar
que labró el valle del Neltume; sin embargo, morenas muy típicas
se encuentran en la ribera occidental de los lagos Panguipulli y
Riñihue lo cual, unidos a la morfología general de la región, a-
testiguan la acción directa de las glaciaciones pleistocénicas.

Sedimentos de valles y quebradas actuales.

Los espesores más destacados se reconocen, superfi
cialmente, junto a la ribera sur del lago Neltume y también a
lo largo del río Llanquihue. Cerca del lago se presenta con gra
nulometría gruesa, en forma de gravas bien redondeadas, con fre-
cuentes intercalaciones de arenas que llevan estratificación cru
zada; estos depósitos se encuentran a cierta altura sobre el ni-
vel actual de depositación y corresponderían a cierta altura so-
bre el nivel actual de depositación y corresponderían a los aca-
reos de un antecesor del Fuy que desemboca en el Neltume, con
lo cual se justificaría la estratificación cruzada o deltárica.

A lo largo del valle del río Llanquihue, se ha for
mado una especie de planicie aluvial, con niveles aterrizados



hacia los costados del valle, la cual lleva materiales netamente fluviales y con granulometría decreciente en dirección a la desembocadura en el lago Panguipulli. Aparentemente el espesor de relleno es de varias decenas de m y deberían presentarse, en profundidad, intercalaciones de capas altamente permeables y muy favorables como acuíferos o napas de aguas subterráneas.

Dentro del valle del río Fuy, los depósitos de acarreo reciente son poco potentes ya que aparecen, especialmente, efusivos muy modernos eyectados por el centro volcánico Shoshuencho. Sin embargo, cabe suponer que por debajo de estos efusivos se localizarán sedimentos fluviales y glaciofluviales permeables como también, posiblemente, acarreos netamente morénicos o glaciarios.

Las quebradas de los macizos montañosos del área de las cuales interesa destacar la denominada Chan Chan, tienen, espesores reducidos de relleno y se encuentran en una etapa de rejuvenecimiento o de profundización acentuada; son frecuentes aquí manifestaciones de derrumbes o deslizamientos desde los costados intensamente meteorizados, aunque la acción de las aguas superficiales ha sido suficiente para remover y transportar hacia la quebrada abajo los materiales acumulados en esta forma.



Lavas y piroclásticos de volcanes modernos.-

Se definen con este nombre un conjunto de volcanitas, más nuevos que la serie basaltos de terrazas, ligadas claramente al centro Shoshuenco y cráteres parásitos de este mismo. Además, se incluye en este conjunto una cubierta superficial y de extensión regional de piroclásticos de naturaleza riolítica, la cual podría derivar de otros centros volcánicos de la zona.

1. Volcanitas de naturaleza andesítica.-

Configuran un potente espesor de lavas y piroclásticos, predominantemente andesíticos si bien llevan a veces materiales basálticos, los cuales se extienden desde el río Fuy, ocupando gran parte del mismo, hacia el S y hasta en granar con el inmenso cono del Shoshuenco. Al E y al W las volcanitas andesíticas limitan con rocas graníticas, tal como se observa en el croquis fotogeológico; mientras, al W limitan en partes con rocas graníticas o basaltos antiguos que conforman el costado del valle del río Fuy.

La serie tiene, en numerosos lugares, afloramientos extraordinariamente frescos y que no han sido mayormente afectados por meteorización o por el trabajo de las aguas superficiales; tal es el caso de las lavas que aparecen en el Salto Huilo Huilo y donde el río Fuy ha logrado recién excavar un an



gosto cauce. Es seguramente postglaciar y probablemente, en el valle del Fuy, recubre en partes materiales sedimentarios cuaternarios.

Dentro del valle del Fuy las volcanitas andesíticas se presentan en los afloramientos existentes, muy sanas y frescas, duras y resistentes aunque algunas rocas se observan porosas y bajo el microscopio muestran porosidades que representan hasta 40% del volumen total de la roca. Sin embargo, en niveles relativamente muy bajos de los faldeos septentrionales del cono del Shoshuenco, próximo al valle del Fuy, se localizaron materiales notablemente afectados por meteorización y mala calidad.

Es probable que el gran cono del Shoshuenco, por su magnitud, haya sido construido a lo largo no sólo del Cuaternario sino también del Terciario superior; es decir, resulta altamente probable que las volcanitas más recientes se continúen, en profundidad, con la serie denominada basaltos de terrazas. Esta situación, importante desde el punto de vista de las obras del proyecto, se discute más adelante en lo referente a la historia geológica del área.

Las volcanitas andesíticas consisten, de acuerdo con determinaciones de KATSUI (1965), especialmente de rocas de angita y olivina; la porosidad varía entre 10 y 40% del



volumen total de las muestras, aquellas con porosidades entre 10-20% se observan compactas y sanas siendo predominantes, las de porosidad superior son relativamente subordinadas y corrientemente tienen una calidad deficiente.

Sectores representativos de la serie corresponden a los siguientes:

a) Ribera suroccidental del lago Pirehueico.

Los afloramientos consisten de coladas densas, de aspecto fresco y sano, dispuestos en forma lobulada sobre el lago y originando una serie de pequeñas bahías.

Según KATSUI la roca, de color gris, oscuro, corresponde a una andesita de sugita con textura porfídica y fenocristales de plagioclasa, olivina y sugita. La masa fundamental deja observar poros de 0,3 a 2,5 mm de diámetro y éstos componen 15-20% del volumen total.

b) Valle del río Fuy.

Predominan lavas andesíticas de color gris oscuro y de aspecto fresco, sanas y resistentes si bien bajo el microscopio muestran 10 a 20% de porosidad. En forma restringida aparecen lavas de color gris rojizo a café rojizo, duras y resistentes si bien más porosas y de inferior calidad.



Muestras provenientes de la ribera sur del valle, unos 2 km al SW del nacimiento del río, representan lavas porosas rojizas. Son andesitas de sugita con xenocristales de cuarzo sobresalientes y textura levemente porfídica que señala escasos fenocristales de plagioclasa visibles; la masa fundamental es de textura hislopilitica, consiste en especial de vidrio sucio con algunos gramos de hierro y lleva poros abundantes que componen 35-40% del volumen total de la muestra.

Los efusivos predominantes, típicamente localizados en el Salto del Huilo Huilo, tienen aspecto muy sano y fresco; son de colores grises oscuros a gris acero, extraordinariamente duras y resistentes. Según KATSUI corresponden a andesitas de sugita y olivina con porosidad no mayor que 10 a 20%.

Poco valle abajo del salto Huilo Huilo, en un farellón abrupto cortado por las aguas del río Fuy, se aprecian materiales brechosos, a veces con aspecto de aglomerados volcánicos, intercalados entre capas de lavas densas. Estas brechas, como asimismo tobas y presumiblemente capas de cenizas, pueden estimarse como de ocurrencia normal y frecuente por debajo de las coladas superficiales.



c) Faldeos septentrionales del volcán Shoshuenco.

Los niveles más bajos, cercanos al valle del río Fuy, presentan afloramientos predominantes de tobas y brechas regularmente litificadas; además, se ubican piroclásticos no consolidados del tipo de bombas, lapillis y cenizas que han sido a menudo movilizados pendientes abajo por corrientes del tipo de lahares. Las brechas y tobas varían del color gris oscuro al café rojizo, con frecuencia tienen meteorización intensa y son en general de muy mala calidad o pocos resistentes; las brechas tienen matriz tobífera y llevan fragmentos muy angulosos, de 5 a 20 cm de diámetro, correspondientes a lavas con gran contenido de material vítreo.

Dentro de la serie de volcanitas andesíticas se encontraron en formas aisladas, afloramientos que observados bajo el microscopio indicaron rocas basálticas notoriamente similares a los basaltos de terrazas más antiguos.

2. Piroclásticos riolíticos.-

Con este nombre que da indicada una cubierta superficial, de 5-6 m de espesor promedio, compuesta de fragmentos de piedra pómez y que cubre casi completamente la mitad oriental del área investigada. La cubierta pumicítica es de ca



es de carácter regional y aparece tanto en los niveles más bajos, cerca del piso de los valles actuales, como en los más altos; aunque se distingue especialmente en las laderas o faldas de cerros porque muy a menudo ha sido la causa de deslizamientos o derrumbes, se localiza sobre las cumbres aterrazadas y lo mismo en el interior de los bosques más tupidos. El material es notablemente homogéneo, consiste casi exclusivamente de fragmentos de pómez que van desde pocos mm hasta normalmente no más de 5 cm, siendo escasos los trozos de 8 a 10 cm; lleva algo de cenizas y a veces fragmentos negros, muy pequeños de rocas basálticas o andesíticas; su color es café rojizo o amarillento y presenta una fuerte oxidación, como también meteorización avanzada; es fácilmente erodable y tiende a fluir en las laderas empinadas justamente los sismos del mes de mayo de 1960, produjeron, en la zona, numerosos fenómenos de remoción en masa que en su mayoría se justifican por la existencia de esta cubierta de fácil remoción.

Un análisis químico del material, realizado en el Laboratorio del Departamento de Geología, indica lo siguiente:

Si O ₂	-----	44,20%
Al ₂ O ₂	-----	21,80
Fe ₂ O ₃	-----	6,41
Ca O	-----	2,46



Mg O	-----	1,01
Na ₂ O	-----	3,10
N ₂ O	-----	0,81
Ti O	-----	1,12
Mn O	-----	0,16
P ₂ O ₅	-----	0,00
ppc	-----	19,15

La piedra pómez no meteorizada presenta porcentajes de SiO₂, mayores que 60% y en análisis indica una pérdida notable de la cantidad de sílice original, a la vez que un relativo enriquecimiento en minerales de aluminio y hierro; lo anterior, unido a la elevada pérdida por calcinación del material analizado, estaría señalado una descomposición de tipo laterítico y porfiria de regiones de clima húmedo cálido con vegetación boscosa.

En numerosos sectores la cubierta de pómez está constituida, en su parte superior, por un espesor de suelos de hasta 1 m de espesor; esto y conjuntamente el grado de intemperización de todo el material riolítico implica una cierta antigüedad de los depósitos. Sin embargo, los piroclásticos que estamos considerando se adaptan a la topografía actual - son evidentemente postglaciares, es decir, pueden considerarse del Cuaternario reciente y presumiblemente representan la última manifes



tación de actividades volcánicas destacadas del área.

ESTRUCTURA

Consideraciones Generales.-

La región investigada muestra un tectonismo poco importante en los basaltos de terrazas y materiales más nuevos que éstos... Tanto los basaltos como las volcanitas andesíticas más recientes se presentan en capas bien estratificadas y con inclinaciones subhorizontales que difieren poco o nada de las inclinaciones originales; algunos manteos algo aborran-tes y del orden de 5-15° hacia el S-SE, podrían corresponder a efectos de fallamiento local o derrumbes o deslizamientos de grandes masas de rocas volcánicas. Los materiales efusivos presentan eso sí un grupo numeroso de diaclasas y son corrientes las estructuras o disyunciones columnares, en lavas basálticas y andesíticas, debidas a grietas de enfriamiento.

Los sedimentos no consolidados presentan a veces estratificación cruzada, como es el caso de sedimentos fluviales o glaciofluviales de la ribera suroriental del lago Neltume, los cuales se han atribuido a una depositación de tipo deltaico.

Fallas de larga corrida solamente quedan indicadas en las rocas graníticas y muchas de éstas, debido a la tupi-



da cubierta vegetal se consideran sólo como probables. No hay duda de que las rocas graníticas muestran un fallamiento fuerte y ello queda comprobado con el exámen de las fotografías aéreas que permitió definir, pese a la vegetación, alimentos claramente sugerentes de líneas de falla; además se han localizado numerosas muestras de rocas graníticas milonitizadas y propias de fallas notables y profundas.

Diaclasa o fracturas menores.-

Aquellas que afectan las rocas volcánicas son especialmente de tipo vertical y correspondientes a grietas desarrolladas por enfriamientos; éstas, conjuntamente con otras numerosas de variada orientación e inclinación, no tienen mayor importancia en relación con las obras del proyecto.

Las rocas graníticas tienen igualmente diaclasas repetidas y las actitudes predominantes corresponden a las siguientes:

Rumbo N 70 - 80°E e inclinación 50 - 60°S

N 30 - 40°W " " " próxima a la vertical

N 10 - 20°E e inclinación " " " vertical o al W

E - W " " " al N



Algunos sectores representativos en cuanto a la distribución de diaclasas son los indicados a continuación:

a. Bocatoma original y lugar de ubicación del Islote en el lago Pirehueico.

N 10° E/65 W

N 50° E/vertical

N 20° W/vertical

N 40° W/65° NE

E - W /65° N

b. Zona de tuberías y casa de máquinas propuesta originalmente.

Las fracturas más frecuentes medidas en esa parte son:

N 30° W/60° N

N 10° N/75° E

Fallas.-

Importa volver a destacar que fallas o fracturas de larga corrida aparecen bien distintivas sólo dentro del macizo de rocas graníticas y que muchas de éstas, muy difíciles de visualizarse en terreno por efecto de las cubiertas de meteorización y vegetacionales, han sido estimadas probables a través del exceso de fotografías aéreas. Interesa recalcar igualmente



que las fracturas o fallas importantes de rocas graníticas, por lo menos en nuestro país, usualmente son poco significativas para los efectos de excavación en túneles; esta es la experiencia que dejan principalmente las numerosas excavaciones realizadas para Central Rapel y donde se han cortado fallas de larga corrida. Las fallas de los macizos graníticos chilenos generalmente llevan rocas de caja firmes y resistentes aún en las proximidades inmediatas del plano de falla, esto es especialmente cierto a cierta profundidad ya que, cerca de la superficie, el efecto del fallamiento puede quedar notablemente amplificado por causa de una meteorización intensa. Las fracturas podrían tener importancia en cuanto a filtraciones de agua, pero, ese problema, lo analizaremos en el capítulo correspondiente.

Desde el punto de vista de las obras contempladas por el proyecto, conviene señalar las ubicaciones de fallas siguientes:

- a. Costado norte valle río Llanquihue y ribera oriental lago Neltume.

Los cordones graníticos del costado septentrional del valle del río Llanquihue, muestran claramente alineamientos que sugieren fallas o fracturas importantes de rumbo general N. Estos alineamientos se prolongan hacia los cerros de la ribera oriental del Neltume y se presentan igualmente en la zona de ubicación original de la casa de Máquinas.



b. Poco al E nueva ubicación bocatoma.

De acuerdo con el presente informe resulta altamente conveniente situar la bocatoma al E de su lugar originalmente propuesto y tal como se indica en los planos adjuntos.

Justamente poco más al E de la nueva ubicación, se manifiesta nítidamente alineamientos de dirección general N y que por su frecuencia de repetición deben considerarse especialmente al proyectar la dirección del eje del túnel de aducción en esta parte. En esta zona, por otra parte, se extrajeron muestras de rocas graníticas milonitizadas que señalan fallas importantes.

Poco al W de las obras del proyecto existiría, de acuerdo especialmente con AGUIRRE y LEVI (1964), una notable falla de rumbo aproximadamente N-S y marcada por el alineamiento de centros volcánicos importantes el cual, por otra parte, es claramente apreciado en los mapas: Puntagüedo, Puyehue, Mocho, Shoshuenco, Villarrica, Llaima, Tolguaca, Antuco, grupo del Descabezado, Peteroa y Tinguiririca.

La falla pasaría inmediatamente al W de la ribera occidental del lago Neltume; es decir, a suficiente distancia de las obras para reducir a una posibilidad remota la amenaza potencial sobre éstas. El peligro derivaría de erupciones



excepcionalmente violentas y también de activamientos motivados por fenómenos sísmicos o acompañados de ellos.

Cabe indicar aquí que los autores del presente informe estiman que no se presentan características regionales capaces de sugerir activamiento de la falla de nuestras referencias, diferente del que podría ligarse a erupciones y, todavía más, trabajos anteriores de uno de ellos permitirían asegurar que los movimientos sísmicos del mes de mayo de 1960 provocaron solamente fenómenos de carácter local o superficial en las cercanías de la ubicación de la misma falla supuesta. En todo caso, a continuación se analizan la actividad sísmica y volcánica de la región, como asimismo los fenómenos más destacados de esa actividad respecto de la falla en discusión.

ACTIVIDAD SISMICA Y VOLCANICA DE LA REGION

Actividad Sísmica.-

Los terremotos destructores del mes de mayo de 1960, especialmente aquellos ocurridos en la tarde del día 22, documentan la actividad sísmica de la región; por otra parte, antecedentes históricos indican que la ciudad de Valdivia fué destruída tres veces desde su fundación, en el año 1545, por terremotos: diciembre de 1575, septiembre de 1737; y en el año 1835.



Los movimientos del mes de mayo de 1960 provocaron un gran número de fenómenos de remoción en masa dentro de la región cordillerana de Valdivia y éste condujo a ciertos investigadores a destacar la posible influencia de la falla tectónica antes descrita: WEISCHET (1960). Pero los autores estiman que esos fenómenos se produjeron por otras condiciones potencialmente favorables y entre las cuales se destacan la existencia de cubiertas de materiales sedimentarios o volcánicos, sueltos o fuertemente meteorizados; laderas de cierto empinamiento; saturación de aguas de infiltración, etc. Esta situación, señalada en su oportunidad por WATANABE Y KARZULOVIC (1960), queda comprobada en la región ahora estudiada con el examen de fotografías aéreas tomadas con posterioridad a los movimientos sísmicos; en efecto, resalta claramente el desarrollo de numerosos derrumbes o deslizamientos en la ladera septentrional del lago Pirehueico y ello contrasta con el escaso número observable en la ribera opuesta siendo, la única diferencia notable entre ambas riberas, la densidad de la vegetación. La ribera norte muestra laderas en partes desprovistas de árboles, usualmente por una mayor explotación de aserraderos, mientras la otra mantiene una tupida cubierta boscosa que ha prevenido los derrumbes o deslizamientos.

El 21 de mayo a las 06:02 de la madrugada, hora de Chile, se produjo un terremoto de magnitud estimada como 7,75



en la escala de Richter y con epicentro supuesto cerca de la Península de Arauco. El 22 de mayo, a las 15.10 de la tarde, se captó un terremoto de magnitud 7,50 con epicentro cercano a la Isla de Chiloé; 30 segundos más tarde se habría detectado otro terremoto, con magnitud aproximadamente 8,75 cuyo epicentro se encontraría cercano a la ciudad de Valdivia.

Al parecer fue el más notable de los tres antiguos y comparable en todo sentido al fenómeno del 22 de mayo de 1960.

Con relación a las obras en proyecto, las experiencias de los sismos del año 1960 permitirían concluir que no se presentarían daños significativos dentro de aquellos situados subterráneos o sobre macizos rocosos. Se podrían dañar gravemente las obras expuestas a laderas con materiales sueltos o fundadas sobre tales materiales, aún en terrenos planos; esto es, quedan potencial y gravemente amenazados por terremotos las tuberías y la casa de máquinas del proyecto actual.

Actividad Volcánica.-

El centro volcánico Mocho-Shoshuenco tiene una pobre historia de erupciones y según la lista de BRUGGEN (1950) registra actividad solamente para el período 1863-64; esto contrasta con la notable acción de otros volcanes como el Villarica, Osorno y Antuco por ejemplo. Lo anterior no excluye que se



considere al ~~Mazocho~~-Shoshuenco como un volcán potencialmente activo y capaz de producir erupciones similares a las que, en épocas geológicamente muy recientes, motivaron el relleno del valle del río Fuy.

Dentro del campo de lavas marcado en los planos que acompañan este informe, los autores estiman que aquellas situadas al N del río Fuy se encuentran apoyadas sobre rocas graníticas y que cualquier erupción potencial debería producirse al S del citado río; a través probablemente del cráter principal o de algún cráter parásito como los reconocidos en el croquis fotogeológico. De acuerdo con esto, es difícil que las erupciones futuras afecten de modo apreciable las obras en proyecto ya que, por su situación, solamente serían alcanzadas por emisiones de piroclásticos y no por coladas de lavas. En todo caso, se sugieren más adelante algunos reconocimientos adicionales tendientes a definir la base de las capas de lavas dispuestas al N del valle del río Fuy y que se encuentran cubriendo un tramo importante de la aducción del proyecto.

Vale la pena anotar que con ocasión de los sismos de mayo de 1960, solamente se produjo una erupción a lo largo de la falla sugerida por AGUIRRE Y LEVI (1964); dicha erupción, de pequeña magnitud e iniciada el 24 de mayo de 1960, quedó localizada en un cráter parásito del volcán Puyehue: WEISCHET (1960).



Conviene también destacar que no parece haber correspondencia entre los sismos que han asolado la región y las erupciones más notables de los volcanes situados a lo largo de la falla ya descrita.



HISTORIA GEOLOGICA

Durante el terciario superior la región investigada, caracterizada esencialmente por rocas graníticas originadas en el Cretácico, debe haber mostrado un paisaje suave y con escasas diferencias de relieve; precisamente eliminaron la cubierta de rocas preexistentes instruídas por el batolito granítico.

Es probable que el Terciario superior existiera como volcán activo el actual Shoshuenco y su actividad, seguramente notable, generó enormes cantidades de materiales que fueron modelando el inmenso cono que presenta hoy en día. Parte importante de los materiales volcánicos de aquella época se extendieron hacia los terrenos bajos circundantes, cubrieron las rocas graníticas en muchos sectores y configuraron niveles amesetados de los cuales, en la actualidad, son remanentes los basaltos de terrazas de la zona situada al N de la ribera occidental del lago Pirehueico.

Es importante destacar que los basaltos de terrazas cubren extensión relativamente local junto al lago Pirehueico y quedan separados, de volcanes distintos del Shoshuenco, por muchos km de afloramientos con rocas graníticas. Ellos pueden considerarse, entonces, netamente ligados al Shoshuenco, o a cráteres parásitos del mismo y situados en el costado sur del



valle del río Fuy, o posiblemente a cráteres y ubicados en alguna parte de la superficie ocupada por los basaltos de terrazas que estamos analizando. La posibilidad de un centro emisor situado dentro de la zona al N del lago Pirehueico, la más peligrosa para la obra en proyecto, es muy poco probable de acuerdo con lo observado en terreno y complementando con el examen de fotografías aéreas; sin embargo, se proponen más adelante algunas labores de reconocimiento adicional para definir dicha posibilidad.

En el cuaternario inferior o Pleistoceno, con ocasión de las grandes glaciaciones que caracterizaron esa época geológica, potentes glaciares bajaron por valles presumiblemente preexistentes y fueron profundizando éstos en su avance hacia la Costa. Uno de tales valles fué indudablemente, de acuerdo con su morfología actual, el que alberga ahora los lagos Pirehueico y Panguipulli, otro, el que encierra en su curso inferior el lago Neltume y mantenía entonces un glaciar afluente del anterior.

Aunque la cronología glaciar del Pleistoceno presenta todavía dificultades de interpretación en el sur de Chile, puede indicarse la existencia de por lo menos tres épocas glaciares diferentes y posiblemente cuatro. Todas ellas habrían afectado en forma directa la región estudiada y probablemente la gla



ciación más antigua, la primera, fué capaz de profundizar los valles hasta sus actuales lechos rocosos; ya en esa época los basaltos de terrazas, cortados por la acción erosiva del hielo, quedaron a gran altura sobre el piso de los valles principales y configurando niveles amesetados que podríamos denominar "colgados".

Las glaciaciones posteriores, encauzadas en los valles ya profundizados por la primera, produjeron una erosión relativamente poco importante y resultó mucho más destacada la acción de acumulación de los mismos glaciares, como también de ríos y lagos que se establecieron en el transcurso de períodos interglaciares intercalados entre las sucesivas glaciaciones. Si bien la región investigada presenta solamente un afloramiento de sedimentos lacustres, de pequeña magnitud y junto a la ribera suroriental del lago Neltume, es probable que parte del relleno de los valles Pirehueico-Panguipulli y Neltume consista de sedimentos lacustres poco permeables. (*)

(*) En diversos lugares del sur de Chile, principalmente desague del lago Riñihue, Frutillar Bajo, Angelmo, etc, aparecen varias decenas de m de espesor de sedimentos netamente lacustres y que por su posición estratográfica deben ubicarse en la época interglacial que ocurrió antes de la última época glacial.



Cabe señalar que durante los períodos interglaciales del Pleistoceno el nivel del mar había subido del orden de unos 100 m y ello es suficiente para justificar el emplazamiento de enormes lagos capaces de originar un notable espesor de sedimentos finos.

La acumulación de carácter glaciofluvial está bien ~~com~~puesta en la región a lo largo del río Llanquihue, especialmente en las proximidades del borde sur oriental del lago Neltume. Es probable, asimismo, la existencia de sedimentos glaciofluviales, gruesos y permeables, por debajo de las volcanitas recientes del valle del río Fuy.

Durante todo el Cuaternario se había manifestado la actividad del volcán Shoshuenco, seguramente con intermitencias o períodos de escasa o mala emisión de materiales; una actividad notable y la cual sin duda se manifestó después de la última época glaciaria, dió origen a las coladas que ocultaron totalmente el relleno del valle del río Fuy y representaron la salida del lago Pirehueico.

Las coladas postglaciales que rellenan actualmente el valle del río Fuy son de carácter andesítico o andesito-basáltico y por su espesor el cual se estima en no menos de 100 y no más de 300 m ellas deben haberse producido en el transcurso de un largo período de actividad. En dicho período se ha



brían intercalado erupciones de carácter más ácido o riolítico, con especial emisión de piroclásticos, siendo su expresión más notable la cubierta superficial de fragmentos de pómez que aparece con extensión de varias decenas de km^2 sobre gran parte del área y con espesor de hasta 15 m.

Es del caso señalar que los lagos Panguipulli, Pirehueico y Neltume existían como tales durante el desarrollo de la actividad volcánica recién mencionada. El lago Panguipulli estaba represado por acarreos glaciares o glaciofluviales asociados a las últimas épocas glaciares; el Neltume por depósitos especialmente glaciofluviales semejantes y glaciolacustres; el Pirehueico presumiblemente por acarreos glaciofluviales. Pero, el nivel de aguas del Pirehueico estaba 100 a 300 m más bajo que el actual y así la pendiente de escurrimiento del valle del río Fuy era aproximadamente equivalente a la del valle del río Llanquihue; las coladas del volcán Shoshuenko peraltaron el nivel del lago y motivaron la actual pendiente del valle del río Fuy que es de más o menos 3%.

