-2-

JUAN BRÜGGEN

11(381-13)

Miscelánea geológica de las provincias de Valdivia y Llanquihue

SANTIAGO DE CHILE
IMPRENTA UNIVERSITARIA
ESTADO 63
1945

BIBLIOTECA NACIONAL
SECCION CHILENA

11(3·81-13)

JUAN BRÜGGEN

Miscelánea geológica de las provincias de Valdivia y Llanquihue

SANTIAGO DE CHILE
IMPRENTA UNIVERSITARIA
ESTADO 63
1945

VISITACION
de IMPRENTAS y BIBLIOTECAS
MAR 27 1945
DEPOSITO LEGAL

BIBLIOTECA NACIONAL
SECCION CHILENA

En pequeños estudios geológicos sobre proyectos de tranques y obras hidroeléctricas, que me fueron encargados por la Corporación de Fomento y el Departamento de Riego, pude hacer algunas observaciones de interés geológico general. Estas observaciones, junto con otras que hice en el verano de 1942 en un pequeño viaje de turismo a Corral y al lago Llanquihue, constituyen el tema de las líneas siguientes. En vista de que nuestros conocimientos geológicos de la zona austral son todavía muy escasos, creo que cualquier contribución de esta índole será de interés para la ciencia y de utilidad para el país. De importancia especial es también el estudio de los cortes frescos hechos en estas obras, porque luego se cubrirán de vegetación impidiendo la observación posterior de las relaciones entre las diferentes capas.

I. El Castillo de Niebla

Este castillo, construído en 1645, es el fortín septentrional que defendía la entrada al estuario del río Valdivia. En vista de la buena conservación de sus baluartes con fosos profundos, con sus cañones todavía puestos en las troneras, el Castillo de Niebla constituye una de las ruinas más pintorescas del país.

SECCION CONTROL
Y
CATALOGACION
BIBLIOTECA NACIONAL

El castillo se levanta encima de un pequeño promontorio. Por tres lados, el acantilado, que han labrado las olas en la «cancagua», una arenisca un poco endurecida, hace inaccesible al castillo. En el cuarto lado, donde la superficie del promontorio continúa como meseta o terraza, se ha excavado un largo foso (*f* de la figura 1) de unos 5 a 7 m. de ancho y de paredes casi verticales de 4 a 6 m. de altura. En la pared de este foso llama la atención la estratificación diagonal muy pronunciada de la arenisca indicada en el perfil A-B debajo del castillo. Esta inclinación de unos 30° no puede deberse a dislocaciones posteriores, porque las capas de la cancagua son muy modernas y no han sufrido ninguna dislocación fuera del solevantamiento de la costa, que no hizo cambiar la posición original de las capas.

Si queremos entender el origen de esta estratificación y también el origen de la loma, en que se construyó el castillo, debemos estudiar la morfología general de la región de Niebla.

Los cerros de la Cordillera de la Costa se componen de pizarras micaceas relativamente duras, en las cuales se ha excavado o hundido el estuario del río Valdivia. Estos anchos canales del estuario son de origen tectónico. Especialmente vale esto para la Ensenada San Juan, cuya costa oriental es la continuación de la gran falla de la costa, que proviene desde el norte, desde el M° Bonifacio.

En el cuaternario, cuando el nivel del mar estaba en unos 20 m. más alto que actualmente, el río Valdivia rellenó su ancho valle con los sedimentos que recibió de los glaciares de sus nacimientos que terminaron en la región de los lagos Riñihue, Panguipulli y Calafquén. Estas areniscas arcillosas de grano fino, han recibido el nombre de «cancagua» por los aborígenes, lo que significa «horno», porque sirven para la construcción de hornos de carbón o pan.

En la desembocadura en el mar, en Niebla y Corral, la cancagua se depositó en las aguas del mar y por esto contiene petrificaciones marinas. La superficie de la cancagua era horizontal, constituyendo una ancha planicie costanera, baja y pantanosa. La estratificación es en general horizontal.

Hacia el mar, esta zona baja fué limitada por una playa de arena depositada por las olas del mar, que constituyó una larga lomita, algo elevada con respecto a la parte plana pan-

tanosa. Tales playas observamos hoy día entre Cartagena y Las Cruces, donde se halla una extensa zona baja pantanosa al abrigo de la playa, además entre Coquimbo y Serena y en innumerables otros puntos de la costa.

Estas playas, que separan a menudo extensas lagunas costaneras del mar, han recibido el nombre de «lido». En un lado se apoyan a menudo en algún promontorio o saliente de la costa rocosa, tomando su término libre la forma de un gancho. En el caso de Niebla el lido se apoyó en una saliente de la costa en el norte; pero en el sur, donde entraba al estuario del río Valdivia, habrá constituído una gran curva hacia el este, resultando un cuadro como lo indica el croquis siguiente:

Tales lidos son acumulados por las olas que durante la marea alta y un fuerte temporal pasan por encima de la playa baja, depositando a su interior a la arena arrastrada. De esto resulta una estratificación uniforme y paralela a la falda interior, que desciende hacia el terreno plano. Rara vez se observa una estratificación tan perfecta y uniforme en las playas actuales. Su buen desarrollo en Niebla se explicará por la gran cantidad de sedimentos que entregó el río Valdivia en esa época y que fueron botados por las olas del mar.

En general, la estratificación diagonal se considera como característica para dunas; pero en tal caso la estratificación es mucho más irregular.

En el perfil de la figura 1 puede reconocerse que el castillo de Niebla se encuentra en una pequeña loma, el antiguo lido con su estratificación diagonal, que es más alta que la terraza de cancagua.

Más tarde, se produjo un solevantamiento de la costa en unos 20 m. Terminó la época glacial y con ella la abundancia de sedimentos atraídos por el río Valdivia porque todos los sedimentos provenientes de la alta cordillera fueron retenidos en los grandes lagos. El mar atacó las arenas poco antes depositadas, lavándolas con la resaca hacia las partes más profundas. Las partes formadas por la cancagua poco firme se destruyeron rápidamente, mientras que el fundamento formado por las pizarras micaceas resistió mejor De este modo, los antiguos promontorios conservaron sus formas y posición y la costa tomó sus contornos actuales.

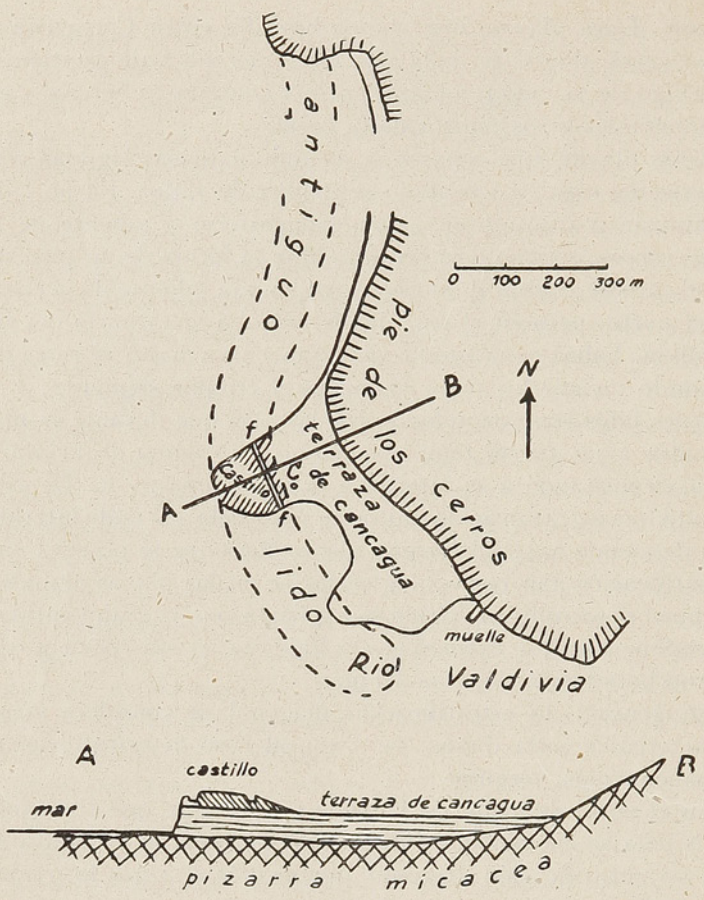

Figura 1.—Croquis y perfil de la región de Niebla.

f = foso principal del castillo.
C = monumento de Caupolicán.

II. La geología del Salto de Pilmaiquén, Osorno

En las profundas excavaciones hechas para la construcción de la gran planta hidroeléctrica de Pilmaiquén, se han cortado numerosas capas interesantes del cuaternario. En un informe geológico, pedido por la Corporación de Fomento y en una

BIBLIOTECA NACIONAL
SECCIÓN CHILENA

segunda visita posterior, pude estudiar en detalle la estructura interesante de estas capas glaciales y su relación con la gran corriente basáltica, encima de la cual cae el salto de Pilmaiquén.

La región de Pilmaiquén pertenece al gran llano longitudinal de Osorno, rellenado por un gran espesor de sedimentos glaciales, que constituyen extensas zonas morrénicas. Una de ellas, que se presenta como un lindo paisaje de lomas suavemente onduladas, cubiertas por potreros de pasto y campos de trigo, alternando con pintorescos bosques, se halla al NW de Osorno, entre los ríos Rahue en el oeste y el Pilmaiquén en el este. Vi este paisaje en mejor desarrollo en el fundo Trampa de León, del señor Buchroithner.

En el camino de Osorno al Salto de Pilmaiquén prevalece un terreno más plano, en el cual se levantan sólo aisladas lomas de aspecto morrénico. En vista de que las morrenas occidentales son más antiguas que las orientales, es probable que los sedimentos fluvioglaciales de las glaciaciones posteriores cubren en gran parte a las morrenas situadas al sur del río Pilmaiquén. Pero este relleno de las partes bajas no alcanzó a las morrenas situadas al NW. de Osorno, porque allá las aguas de deshielo ya se habían encauzado en los profundos y anchos valles de los ríos Rahue y Pilmaiquén y podían llevar sus sedimentos hasta el mar.

En el camino, cerca del Salto de Pilmaiquén, se ven a veces pequeñas excavaciones para ripio que, debajo de una capa superficial de greda, contienen rodados y arenas. Los primeros 2 a 4 m. están descompuestos y ferruginosos; más abajo siguen unos 10 m. de rodados y arenas frescas de color gris. En el camino que desciende desde el «Refugio» al salto grande, se hallan debajo de estas capas muy filtrantes las arcillas glaciales impermeables, cuya superficie constituye un pronunciado horizonte de vertientes.

Al visitar la región del salto y al estudiar los afloramientos de las capas antes de la ejecución de las obras actuales, uno obtuvo la impresión de una sucesión bastante regular de los estratos, dentro de los cuales sólo la corriente de basalto, encima de la cual cae el salto, constituía una excepción sorprendente, por hallarse tan lejos de los volcanes de la Cordillera

de los Andes. Pero ya un estudio superficial de la extensión de los afloramientos de la lava permite reconocer, que ella parece haber encontrado su término en la vecindad del salto. En realidad, en todo el barranco de la ribera izquierda del río, aguas abajo del salto grande, no se observa ningún afloramiento de esta lava, como tampoco en la ribera oriental del ramo formado por el Salto Chico. Las otras riberas eran inaccesibles durante mi visita.

Desde el Salto Chico, el afloramiento del basalto sigue hacia el SE como se ve en el plano de la figura 2. Este límite está formado por una pequeña grada de la lava. Del hecho que los poros de gas en la lava están arreglados en fajas que descienden paralelamente a la superficie de la grada, puede deducirse que se trata probablemente del término natural de la corriente de lava y no de una interrupción por la erosión.

Después de la formación de la gran corriente de basalto, que se apoya encima de rodados cuaternarios, la lava fué tapada por los rodados de la meseta que en parte son de origen glacial, como veremos más abajo. Cuando el hielo se había retirado completamente de la región, el agua del río Pilmaiquén o las aguas de derretimiento del hielo, que terminó en la orilla del lago Puyehue, excavaron la terraza, que aparece en la figura 2, y depositaron al mismo tiempo sus rodados en ella.

Más tarde, sea debido a un solevantamiento de la costa, o debido a que los sedimentos cordilleranos quedaron retenidos en el lago Puyehue, el río Pilmaiquén terminó con la sedimentación y principió a profundizar su valle. En esa época, el río, que corría al nivel de la actual terraza, pasó por la gran curva que corresponde al curso principal del río por el Salto Grande. El profundizamiento, que según la ley de la erosión retrógrada retrocedía desde valle abajo hacia arriba, siguió por esta curva hasta encontrarse con la capa dura de basalto encima de la cual se precipita hoy el salto.

El Salto de Pilmaiquén debe su gran hermosura en primera línea a la subdivisión en una serie de saltos grandes y chicos separados por pequeños islotes cubiertos de exuberante vegetación. Esta subdivisión ha sido causada por el agrietamiento del basalto. Desde el momento en que el cauce profundo exis-

tía a poca distancia de la parte superior de la curva del río, muchas aguas se infiltraron en las grietas del basalto, que corresponden en su trazado a los cursos que se dirigen al Salto Chico, Salto Brujo y otros menores. Con el tiempo las grietas, que al principio eran muy estrechas, se ensancharon por derrumbes y se abrían hasta la superficie tomando el aspecto que presentan hoy día.

Sin la actual intervención de la técnica, en un tiempo no

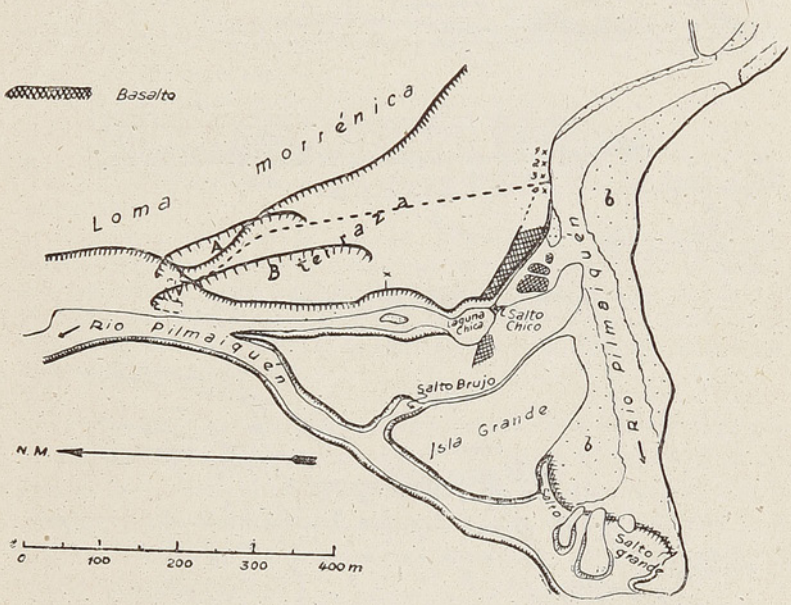

Figura 2.—Plano de la región del Salto de Pilmaiquén.

A y *B* = grandes canteras cuyos perfiles se dan en la figura 3.
b = lecho del río cubierto por arbustos.

muy lejano, el Salto Chico habría retrocedido hasta su punto de bifurcación y en este momento, todo el curso del río se habría desviado quedando en seco el Salto Grande y los demás saltos más pequeños.

La exposición anterior contiene los resultados geológicos de un estudio superficial que hice antes de principiarse los trabajos actuales. Mientras tanto se han hecho grandes exca-

vaciones para la planta hidroeléctrica; gracias a la ayuda de la Corporación de Fomento, pude visitar otra vez la región y observar los perfiles siguientes de los cortes grandes.

La situación de los cortes puede verse en el planito de la figura 2. Comprenden las capas desde la loma morrénica al este de la terraza hasta el fondo del río.

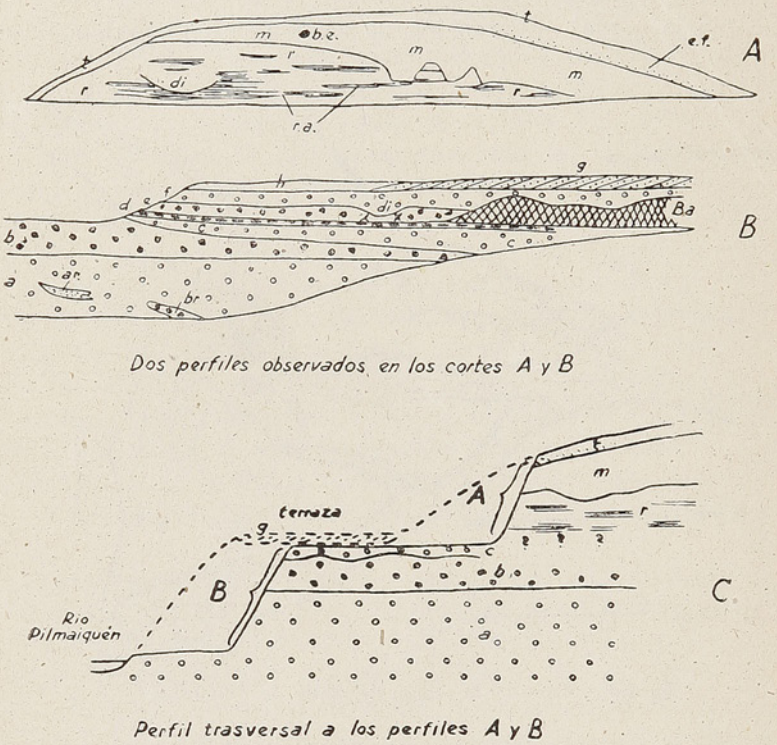

Figura 3.—Perfiles por el cuaternario de la planta Pilmaiquén.

Perfil A.

t) 1-3 m tierra vegetal oscura. Una tierra gredosa fina, de origen eólico (loes). En la base hay cierta concentración de rodados provenientes de partes más altas de la capa *m*.

m) 2-6 m morrena de rodados. Se compone principalmente de rodados redondos sin estratificación, con algunas masas irregulares de arcilla. Grandes bloques erráticos, en parte cubiertos por estrías glaciales. Uno de los bloques, estriados, que yacía en el fondo del corte, había provenido del

punto b. e.—El límite inferior de los rodados es muy irregular, como una discordancia de erosión.

r) 6-8 m rodados grises, un poco arcillosos. Contienen capas más arcillosas húmedas (r.a.). Rodados de 1 a 6 y 10 cm., bien redondos. Dentro de los rodados hay una discordancia (di) sorprendente.

PERFIL *B*.

h) tierra vegetal de la terraza.

g) 1-2 m rodados de terraza con estratificación diagonal.

f) 1-2 m morrena de rodados, sin estratificación, con discordancia de erosión en la base (di).

e) 2 m brecha con piedras chicas, en parte arenosa, parecida o idéntica con la capa *b*. En *x-x* contiene restos de troncos de árboles grandes, que han crecido encima de la capa *d*.

Ba) 0-3 m basalto, terminando en forma de cuña encima de la capa *d*.

d) 0,5-0,8 m arcilla oscura, estratificada, llena de hojas de árboles.

c) 1-2 m conglomerado como la capa *a*.

b) 6-8 m brecha arcillosa muy dura; de color oscuro; con piedras esquinadas chicas.

a) 10-14 m conglomerado arcilloso. Rodados bien redondeados, compuestos por lavas oscuras, yacen en una masa fundamental sin estratificación: morrena. La capa continúa hasta más de 2 m. debajo del nivel del río. En *ar* intercalación de arena y en *br* de brecha como la capa *b*. En la fundación de la casa de máquinas se han encontrado varias intercalaciones de arcillas debajo de la capa *a*.

En los perfiles anteriores tenemos un corte interesante por el subsuelo del valle longitudinal. El perfil C muestra la relación que existe entre los perfiles A y B y su relación con la configuración del terreno, especialmente con la terraza y la loma morrénica. En los perfiles aparecen varias unidades o complejos glaciales.

La unidad glacial más antigua comprende las capas *a-c* y termina con la capa estratificada de arcilla con hojas *d*, que es un sedimento de las aguas tranquilas de una laguna o pantano.

Encima de esta capa y encima del basalto siguen los sedimentos glaciales *e* y *f*, que constituyen probablemente la base de las capas *r* del perfil A y, al fin, tenemos la morrena *m* que yace con discordancia encima de los rodados *r*. Estos rodados tienen una estratificación demasiado perfecta, para que se puedan considerar como de origen glacial, pero bien podrían deberse a una intercalación causada por una pequeña oscilación del término del glaciar. En tales oscilaciones se pro-

ducen fácilmente discordancias de erosión, como la observamos en la base de la capa *m*.

Pero la arcilla *d* con las hojas de árboles debe considerarse como sedimento interglacial que se ha conservado gracias a la cubierta de lava, que la protegió contra la erosión glacial. La semejanza grande entre las capas *e* y *b* se explicaría considerando a la capa *e* como «morrena local», formada por el material destruído de una capa vecina, que sería en este caso la capa *b*.

Tendríamos, pues, en el corte del Pilmaiquén, una morrena inferior más antigua y otra más moderna. Ambas serán más antiguas que la morrena que circunda el lago Puyehue y cuya edad coincidirá con el cordón morrénico III, que rodea al lago Llanquihue y que se estudiará en los párrafos siguientes.

Tanto los grandes cortes de la figura 3, como los perfiles de las figuras 6 y 7, permiten reconocer las complicaciones que puede haber en el interior de las morrenas, en cuyas angosturas se proyectan a menudo tranques para embalses. Por esto se necesitarán siempre detenidos reconocimientos por medio de piques y sondajes de suficiente hondura. Como se ve en las figuras 6 y 7, pozos de 1 a 2 m, darían una idea enteramente equivocada, porque no alcanzarían la zona muy filtrante de los rodados inferiores.

III. El lago Llanquihue y sus morrenas

Los grandes lagos del sur de Chile se deben en parte a la erosión glacial, en parte al estancamiento de sus aguas por las morrenas que fueron depositadas en el término o borde de los glaciares del cuaternario.

En la mayor parte de los lagos, el actual desagüe se verifica por el mismo valle, por el cual se vaciaron las aguas de deshielo. Una excepción, la constituyen los lagos Calafquén y Panguipulli, que tienen un desagüe lateral, hacia el sur, al lago Riñihue. Pero, cuando el hielo rellenó estos lagos hasta más de 100 m. encima de su nivel actual, la mayor parte del agua de deshielo se dirigió directamente hacia el oeste, pasando por el río Leufucade hacia Lanco, donde seguían por el valle del

río Cruces. Cuando se retiró el hielo, las aguas se dirigían hacia el lago Riñihue, aprovechando una depresión que existía probablemente ya antes de la glaciación al pie de los Andes.

En el camino del puerto de Panguipulli a Lanco se observa una terraza no muy ancha del lago que se halla a unos 100 m. encima del nivel del lago. Indica un antiguo nivel del agua en estos 100 m. más alto. En el corte del camino, debajo de una capa superficial de rodados de 1 m. de grueso, aparece una capa de 2 a 3 m. de arenas con inclinación de unos 30° hacia el oeste. El origen de esta estratificación diagonal se tratará más abajo, al discutir los perfiles de la figura 8.

En general, los grandes lagos del sur de Chile se componen de una parte occidental ancha, situada entre riberas formadas por el lomaje suave de las morrenas terminales, y de otra parte oriental de riberas rocosas de fuerte declive que se asemeja a los fiordos o canales de Patagonia. Muchas de estas partes estrechas se internan bastante entre los cerros de los Andes, como lo observé en el Panguipulli, en el Rupanco y también en el Puyehue, que aparece con forma muy incorrecta en los mapas.

En el lago Llanquihue, el más grande de los lagos chilenos, falta hoy esta prolongación hacia la cordillera. Sólo en la ribera sur aparecen rocas graníticas que muestran la acción del hielo de los glaciares. La parte norte del gran valle glacial está ocupada por el volcán Osorno, resultando el perfil de la figura 4.

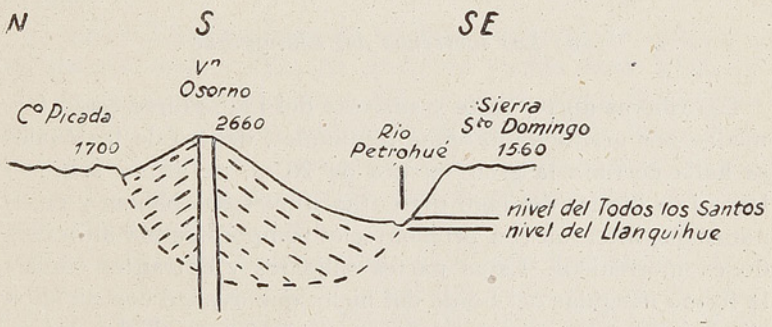

Figura 4.—Perfil por el cajón glacial Todos los Santos.—Llanquihue.

Al norte del volcán tenemos en 1.700 m. la antigua superficie de denudación de los Andes, que continúa en el SE en la Sierra Santo Domingo. En ella se halla excavado el gran cajón glacial por el cual se movió el hielo desde el Todos los Santos hacia la región del actual lago Llanquihue. Dentro de este cajón glacial se construyó posteriormente el volcán Osorno, separando la parte superior de la inferior del gran cajón glacial. Con su erupción, que habrá principiado como una pequeña isla volcánica en un gran lago, las aguas de la parte superior, del actual Todos los Santos, fueron estancadas hasta su nivel actual de 184 m. y el desagüe nuevo, el río Petrohué, fué desviado hacia el sur, hacia el estero Reloncaví, rebalsando por algún portezuelo bajo. En realidad se ve desde el camino de Ensenada a Petrohué, que el río se pierde entre medio de lomas bajas en un valle de dimensiones muy reducidas que no guardan relación con la importancia del valle superior y de su parte ocupada por el Todos los Santos.

La fuerte inclinación de las faldas rocosas de este lago indica que las grandes profundidades, que son de 180 a 200 m., se extienden hasta cerca de sus riberas. El nivel actual del lago es de 184 m. sobre el mar; el del Llanquihue es de solamente 51 m., pero anteriormente era de 70 m., como lo indica la terraza que lo rodea. De consiguiente, antes de la formación del volcán Osorno, todas las partes del Todos los Santos, que hoy tienen más de 114 m (184-70m.) de hondura, quedaron cubiertas por las aguas del Llanquihue, o sea casi toda su superficie.

a) Las morrenas del Llanquihue

Las riberas norte, oeste y suroeste del Llanquihue están formadas por grandes morrenas terminales, dentro de las cuales se halla cortada la gran terraza de 20 m. de altura sobre el lago Los bordes del lago presentan numerosas bahías y ensenadas que alternan con promontorios compuestos por altos cordones morrénicos. Estas partes salientes y entrantes copian la forma irregular del borde del hielo, que avanzó con algunos lóbulos entre los cuales quedaron entrantes del hielo. Así se formaron las bahías de Pto. Octay, de Frutillar, etc.

El señor Ehrhardt Werner, en Llanquihue, tuvo la amabilidad de llevarme en su auto por los alrededores del desagüe del lago, lo que me permitió hacer el siguiente estudio de los cordones morrénicos que se hallan al oeste del lago Llanquihue.

Los cordones tienen su mejor desarrollo en el camino de Totoral a Coligual. En forma esquemática el perfil de la figura 5 muestra la repartición de las morrenas.

Se trata de tres grandes cordones morrénicos, cada uno de 2 a 3 km. de ancho y de una altura relativa de unos 30 a 50 m. Están separados por anchas planicies bajas. Son cordones tan importantes, como los he visto solamente en Magallanes en medio de la llanura patagónica. El perfil de la figura 5 los muestra solamente en forma esquemática, sin indicar diferencias de altura. El kilometraje fué observado por el cuenta-

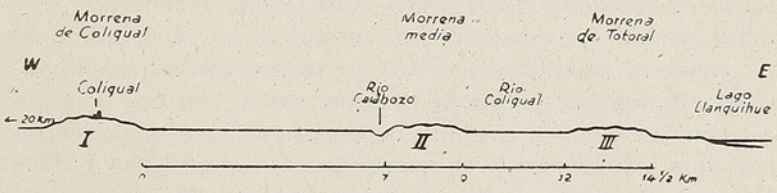

Figura 5.—Perfil por los tres cordones morrénicos al oeste de Totoral, en el Lago Llanquihue.

kilómetros del auto, con excepción del cordón I, cuyo ancho es arbitrario en la figura, pero parece ser el cordón más importante.

El cordón I, podría llamarse también «morrena de Coligual», por hallarse este pueblo con su iglesia visible desde lejos, en una de sus lomas más altas. En un corte, cerca del pueblo mencionado, se observa una fuerte descomposición hasta 5 m. de hondura en la morrena, compuesta principalmente de rodados. La cubierta con arcilla superficial, una clase de loes, tiene un espesor de 1-1,50 m.

Al este de la morrena de Coligual se halla una planicie de 7 km. de ancho, en cuya parte oriental se halla el pequeño valle del Río Calabozo. Sigue el Cordón II o «morrena media», de un ancho de 2 km. Me hizo la impresión de ser un poco más

BIBLIOTECA NACIONAL
SECCION CHILENA

bajo y más estrecho que el cordón I. Se compone de un lomaje fuertemente ondulado.

La morrena media queda limitada al éste por otra planicie de menor ancho, de unos 3 km. Es recorrida por el estero Coligual que, por ser más nuevo que el del Calabozo, no ha excavado todavía un valle pronunciado. Al fin siguen las morrenas de Totoral, que constituyen el cordón III, cuyo lomaje fuertemente ondulado no se distingue de los cordones II y I.

Las planicies, que separan a los diferentes cordones morrénicos, han sido recorridas por las aguas de derretimiento del glaciar que se retiró hacia el este, quedando estacionario con su término durante algún tiempo en las líneas de los diferentes cordones.

Menos clara es la repartición de las morrenas en el camino a Neubraunau. Parece que las morenas III y II se hallan muy juntas, encerrando entre sí la bonita laguna Pichilaguna.

En general, los tres cordones morrénicos son muy uniformes en su forma exterior y también en su estado de descomposición y denudación y hacen la impresión de pertenecer todos a un mismo período glacial. Con esto se excluye la paralelización que se me ocurrió al principio, que los cordones I, II y III corresponderían a las morrenas de la penúltima y última época glacial y al avance postglacial, que se pueden distinguir en la región de Santiago y otras partes del país.

Si los tres cordones pertenecen a un solo período glacial, entonces representan tres estados de retroceso del hielo y el buen estado de conservación indica una edad muy nueva. Resulta una semejanza muy grande con las morrenas del avance postglacial en la región de la planta del Abanico, en el valle andino del río Laja, donde se pueden distinguir también tres cordones morrénicos principales (1). La morrena IV, que distinguí y que aparece sólo en restos de erosión en el precipicio hacia el río, bien puede corresponder a la morrena lateral izquierda del cordón III.

Si las morrenas, que rodean el lago Llanquihue y también los demás lagos grandes del sur, pertenecen al avance postgla-

(1) Véase: J. Brüggen. El volcán Antuco y la geología glacial del valle del Laja. Esta REVISTA, tomo 91. 1941, p. 360.

cial, entonces desaparece una dificultad que había para mi opinión expuesta en publicaciones anteriores, al considerar estas morrenas como pertenecientes a la última época glacial o sea contemporáneas a las morrenas de Puente Alto y de Tucapel en el río Laja.

En tal caso otros cordones grandes de morrenas, correspondientes al avance postglacial, deberían hallarse al este de todos estos lagos. En realidad, en los valles, que subí suficientemente como los de Molco y Fuí que desembocan en el Panguipulli, en el río Gogol, que desemboca en el Puyehue y en el de Peulla que va al Todos los Santos—en ninguno de estos valles encontré morrenas de suficiente desarrollo para poder paralelizarlas con las morrenas citadas del Laja o con las de la Laguna Negra en el cajón del Yeso.

Queda ahora el problema, donde se hallan las morrenas más antiguas, o sea las de la última y penúltima época glacial. Desde el cordón I de Coligual se extiende una planicie de unos 15 a 20 km. de ancho hacia el oeste. Al otro lado, ya cerca de la estación Fresia, había otra región de lomas, que son probablemente de origen glacial. Por su situación y distancia parecen corresponder a las morrenas del fundo Trampa de León al NW. de Osorno. Estas últimas, por sus formas frescas, bien pueden pertenecer a la última época glacial.

La solución definitiva de este problema, la tengo que dejar para una futura visita más detenida de la región.

La estructura interior de las morrenas

Conozco un solo corte grande por las morrenas, ya que los cortes del ferrocarril hoy están cubiertos por vegetación. Lo observé en el camino de Osorno al lago Llanquihue; según recuerdo, pertenece a la parte más alta del camino, antes de que éste descienda al lago. Probablemente se trata del cordón III. El apuro del viaje no me permitió hacer un dibujo y apuntes, sino que pude sacar solamente algunas fotografías, que han servido para el dibujo del perfil de la figura 6.

Como se ve en la figura 6, la parte inferior consiste en rodados bien estratificados; en general los rodados no tienen más de 5 cm. de diámetro; algunos están bien redondeados, otros

solamente gastados en los cantos. La estratificación bastante perfecta de capas alternantes de rodados y arenas indica origen fluvioglacial. Estos rodados presentan un ancho anticlinal, cuya ala septentrional tiene inclinación vertical y hasta inversa. En la parte norte, en *x* se observa que la estratificación borrada continúa en la cubierta morrénica indicando la presencia de otro anticlinal más pequeño.

Hacia arriba, los rodados pasan insensiblemente a la morrena no estratificada con sus piedras, que no son muy grandes, pero de forma esquinada. La morrena a su vez está cubierta de greda superficial sin piedras.

El perfil se explica por un avance del hielo encima de un terreno de origen fluvial o más bien fluvioglacial. Bajo el peso

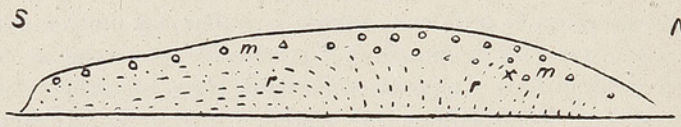

Figura 6.—Corte por la morrena en el camino de Osorno al lago Llanquihue.

longitud unos 50 m., altura 3-4 m.
m = arcilla glacial; *r* = rodados; la cubierta de loes no se ha dibujado.

y el empuje del glaciar, los rodados sufrieron un plegamiento y una abrasión de las partes más altas.

Tal sobreposición discordante de la arcilla glacial encima de rodados bien estratificados, se observa en varias pequeñas canteras de ripio al lado del camino de Llanquihue a Neubraunau, a 1-2 km. del primer pueblo. Pero los rodados han conservado su posición horizontal y la morrena los corta con discordancia, como se ve en la figura 7.

Por la semejanza de la estructura interior en los dos perfiles de las figuras 6 y 7, me parece que ambas morrenas pertenecen al cordón III o sea a la morrena Totoral. Resultaría que al retirarse el término del glaciar del cordón II, retrocedió primero más al este del cordón III, depositando en su frente a los rodados fluvioglaciales *r* de las figuras 6 y 7. Por una nueva oscilación, avanzó el hielo, pasando encima de los rodados de-

positados poco antes y depositó la arcilla glacial *m*. Depende de las condiciones locales, si el hielo en su avance causa un plegamiento de las capas o no. P. ej. la congelación de la humedad y del agua contenida en los rodados, puede trasformar a éstos en una masa tan dura como roca, de modo que el glaciar no puede dislocarlos, sino los ataca por abrasión como si fuera una roca firme.

Figura 7.—Discordancia debajo de la morrena III en Llanquihue.

l = 0,5 m greda superficial (loes)
m = 2,0 m morrena.
r = 2,0 m rodados bien estratificados.

b) Los sedimentos postglaciales

1) El loes

En varias partes ya hemos mencionado la tierra superficial sin piedras que cubre las morrenas. Cerca de la iglesia de Neubraunau, que se halla probablemente en el cordón II, una capa de esta greda, de 1 a 1,5 m. de espesor, cubre a la arcilla glacial fuertemente cementada. La greda superficial carece de piedras; sólo en su base, directamente encima de la arcilla glacial, yacen grandes bloques. En general, cubre con espesor uniforme a los tres grandes cordones morrénicos, sin que pueda observarse una diferencia, lo que habla también en favor de nuestra opinión de que los tres cordones corresponden a un solo período glacial.

La falta de piedras en la greda superficial indica su origen eólico y por esto debemos considerarla como una clase de loes.

En Europa, donde había una enorme masa de hielo conti-

nental que cubrió todo el norte del continente, el loes se ha depositado por los vientos que descendían de este hielo continental y que arrastraron hacia el sur al lodo glacial depositado por las aguas de derretimiento. Por esto, en Europa el loes se halla sólo excepcionalmente encima de los cordones morrénicos. La presencia del loes encima de las morrenas del lago Llanquihue se debe a importantes diferencias climatológicas.

La diferencia más importante es la dirección del viento, que en Chile sopla casi siempre del mar al continente. Y, si el loes proviene del lodo glacial depositado por el agua de deshielo frente al término del glaciar y que ha sido secado superficialmente, entonces los vientos chilenos trasportaron el loes en forma de nubes de tierra hacia el este, depositándolo en las morrenas recién abandonadas por el hielo y cubiertas ya por vegetación.

Esta depositación del loes debe haber principiado muy luego después del retiro del hielo, porque en los cortes del camino, como cerca de la iglesia de Neubraunau, la arcilla de bloques no muestra ninguna zona de descomposición superficial con formación de tierra vegetal, sino sigue inmediatamente el loes, que envuelve también a los bloques erráticos. El hecho que éstos, y las piedras de 20 a 50 cm., se han acumulado en mayor número encima de la morrena y en la base del loes, indica que hubo un fuerte lavado superficial de la morrena, pero ninguna descomposición química, en la cual habría intervenido en primera línea la vegetación.

A esta dirección del viento, contraria a la que tuvo en Europa, se debe otra diferencia llamativa de las morrenas del sur. Es ésta la escasez de bloques erráticos, que quedan en su mayor parte cubiertos por el loes, mientras que en Alemania abundan en la superficie de las lomas morrénicas.

También en Chile central, la mayor parte de loes, que ahí se llama «polvillo» o «trumao» se ha depositado en mayor cantidad en la parte oriental del valle longitudinal. Se puede observar esto tanto en el llano de Santiago, como en la región de Talca para el sur. El fundo Colorado, entre San Clemente y el valle andino del Maule, recibió su nombre del trumao ligeramente rojizo.

Falta todavía un estudio microscópico del trumao y del

loes del sur, para saber, si en realidad tiene muchos componentes volcánicos, lo que no me parece ser efectivo.

2) Los sedimentos de la terraza del lago Llanquihue

En toda su ribera formada por morrenas, el lago Llanquihue está acompañado por una terraza ancha de 20 m. de altura. Ha sido excavada por las olas del lago, cuando éste tuvo un nivel en 20 m. más alto.

En el pueblo de Llanquihue, en la desembocadura del lago,

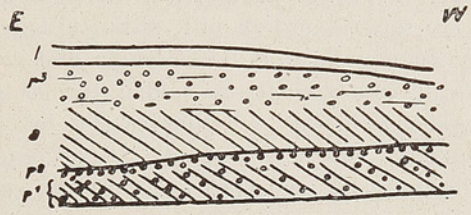

Figura 8.—Corte por los rodados de la terraza en el camino de Neubraunau, cerca de Llanquihue.

l = 0,50 m loes.
r^3 = 1,5-2 m rodados poco redondeados, de estratificación poco perfecta y horizontal; límite inferior borrado.
a = 1,2 m arenas con estratificación diagonal, dirigida exclusivamente hacia el oeste.
r^2 = 0,1-0,2 m zona de rodados de posición horizontal; parecen ser lavados de la capa yacente.
r^1 = 1,2 m y más: rodados alternando con arenas con la misma estratificación diagonal que la capa *a*.

pueden observarse varios cortes en las arenas y rodados de la terraza. En la parte inferior de los perfiles observados, los rodados y arenas gruesas (r^1, *a*) se caracterizan por una marcada estratificación diagonal, dirigida hacia el oeste, o sea hacia la morrena III. Encima sigue una zona de rodados más gruesos (r^3) con menor cantidad de arena, que tienen además una estratificación menos perfecta; la posición es horizontal (fig. 8).

En este perfil la capa r^3 corresponde a la terraza del lago y

sus rodados parecen provenir lavados de la morrena vecina del cordón III, lo que explicaría el pulimiento poco perfecto. Con la resaca, la arena y la arcilla de la morrena han sido lavadas hacia las partes más profundas del lago, quedando los rodados esparcidos en la plataforma de abrasión.

La capa r^2 tendrá un origen parecido que los rodados anteriores.

El problema es el origen de las dos capas de estratificación diagonal *a* y r^1. No pueden considerarse como morrena de rodados, p. ej. como prolongación de las morrena III, porque su estratificación es demasiado perfecta; además la capa horizontal, que las separa, indica una sedimentación tranquila. La inclinación regular hacia el oeste señala una sedimentación que se dirigía de este a oeste. Se podría pensar en pequeños cordones litorales o playas acumuladas por las olas, que se depositaron delante del acantilado de la morrena III. Pero, la cantidad de material removido y depositado es tan grande que sería difícil explicar su procedencia, especialmente porque los rodados no se mueven tan fácilmente por el fondo del lago. Los rodados lavados de la morrena III y depositados en el lago, se mueven además más bien de oeste a este y tomarán la posición de la capa r^3, como vimos más arriba.

Por esto me parece más probable un origen fluvioglacial de los rodados inferiores, que se habrían depositado entre la morrena III y el borde del glaciar en retroceso. Estas aguas se juntaron en toda la extensión del borde del glaciar y convergían hacia el desagüe por el río Maullín. En los meses de verano, durante el derretimiento del hielo constituían una larga laguna cuyas orillas estaban formadas en un lado por el borde del hielo y en el otro por el cordón III.

Condiciones parecidas pueden observarse en los acantilados de la costa al norte del río Maullín, donde también la parte inferior muestra estratificación diagonal, pero más irregular, como es característica para la sedimentación torrencial. Las capas superiores consisten en rodados de posición horizontal con estratificación regular y perfecta.

Interesantes son varias fallas pequeñas, que entran desde la costa hacia la terraza y no pueden explicarse por derrumbes relacionados con las faldas actuales. Una de la fallas tiene un

salto de 1,20 m. Otras tres fallas chicas, de saltos de 10 a 20 cm., encierran entre sí una pequeña fosa de 10 m. de ancho.

La parte superior de los rodados de la terraza pasa lentamente a una arena muy arcillosa y verdadera arcilla atravesada por un sinnúmero de tubitos irregulares provenientes de raíces de plantas. Se trata probablemente del último relleno fangoso en la orilla cubierta por vegetación de totora etc.

Con un límite bastante marcado sigue más arriba el loes de 0,50 m. de espesor. Este loes, de espesor más reducido que el que cubre las morrenas, se ha formado mucho más tarde que la última glaciación. Probablemente es más nuevo que el loes de los cordones morrénicos, o correspondería a la parte superior de éste, que se depositó al final de la sedimentación del loes.

Dudosa es la procedencia de su material, ya que es muy probable que toda la zona situada al oeste del lago estaba cubierta de bosques ya durante la sedimentación de los rodados superiores de la terraza. Quedaría como procedencia posible la ceniza volcánica más fina que por descomposición superficial se habría trasformado en la greda superficial. Debido a la dirección reinante de los vientos actuales, no llega fácilmente material de los volcanes de la cordillera hasta el borde occidental del lago. Una solución definitiva de este problema y de los cambios postglaciales del clima se podrá obtener sólo por medio de un estudio microscópico de los sedimentos y especialmente del polen encerrado en los sedimentos lacustres de pequeñas lagunitas.

Importante será también un estudio de las terrazas del lago en la vecindad del volcán Osorno, para conocer su edad exacta con respecto a la historia del lago. Es posible que piedras y arenas volcánicas se hallen ya entre los rodados de la terraza o que se hallen solamente en la capa de loes superficial.

3) *El desagüe actual del Llanquihue*

Después de haberse formado los sedimentos de la terraza, el nivel del lago Llanquihue descendió en unos 20 m. En general, tales descensos se atribuyen a un profundizamiento del desagüe. Se trata probablemente del efecto de un solevanta-

miento de la costa que se extendió por la erosión retrógrada hasta el lago. Tal solevantamiento se conoce también en el sur de Chiloé por las terrazas que encierran conchas marinas.

Se podría pensar también en la influencia que puede haber tenido la desviación del desagüe del Todos los Santos hacia el Estero de Reloncaví. Con esto, el Llanquihue perdió su único afluente importante, siendo sus afluentes actuales solamente esteros insignificantes, fuera de las filtraciones desde el volcán Osorno. Pero, la devolución del río Petrohué al lago Llanquihue no podría causar una subida de su nivel en 20 m., ya que en un río del ancho del Maullín bastaría un aumento del nivel en uno o dos metros, para que pase toda el agua del Petrohué.

Sin embargo, la desviación del río Petrohué puede haber sido la causa de otro fenómeno muy interesante que se observa en el desagüe del lago. A poco más de 1 km. de su salida del Llanquihue, las aguas del río Maullín, que tendrá un ancho de unos 20 a 50 m., entran a un espeso bosque, en el cual desaparecen por muchos kilómetros. Este bosque dificulta mucho el escurrimiento y, lo que es más grave, con las hojas y ramas caídas y con los troncos desarraigados en los temporales, el bosque se pondrá más y más impermeable, de modo que las aguas del lago se estancarán siempre más. En realidad, me contaron en Puerto Varas, que las aguas del lago parecían subir lentamente. Tal movimiento queda indicado también por la observación siguiente: delante del acantilado de la costa, que separa Puerto Varas Viejo de Puerto Varas Nuevo, yacen varios bloques erráticos, que en Enero de 1915 se hallaban a unos 20 cm. encima del nivel del lago y que en mi visita a fines de febrero de 1942 salían de aguas de 30 a 40 cm. de hondura.

Me parece que es urgente limpiar el curso del río, antes de que se produzca un cierre completo, que podría causar graves daños en las poblaciones bajas, como en Puerto Varas, donde una subida del lago en 1 a 2 m. inundaría las casas de la calle principal. La limpia debe principiar desde aguas abajo para evitar que los troncos y ramas sacadas formen nuevos tacos más abajo. Para evitar que más tarde se repita la invasión del bosque, hay que rozar también las vegas contiguas al río, trasformándolas en terrenos de explotación agrícola.

El fenómeno que los bosques invaden el río Maullín en su curso superior, se conoce desde el descubrimiento del desagüe del Llanquihue hace unos 100 años. En los *Anales de la Universidad*, 1850, p. 163 ss., escribe Domeyko:

Hace apenas siete u ocho años que el señor Espiñeira, intendente en aquel tiempo de Chiloé, recorrió con don Bernardo Philippi el corto trecho de 3 a 4 leguas que separa el golfo de Roncaví de la laguna de Llanquihue... Luego después penetró don Bernardo Philippi a la laguna de Llanquihue por el río Maullin...

Por desgracia no pude encontrar la descripción detallada de esta primera expedición. Pero poco más tarde, F. Hudson, después de haber tratado en vano subir por la parte oriental del río, hizo una expedición de cuatro días bajando por el Maullín desde el lago Llanquihue y tuvo que volver, porque se le acabaron los víveres. En su relato: «Reconocimiento del río Maullín, Diciembre de 1856 y Noviembre de 1857», en los *Anales de la Universidad*, 1859, Tomo 16, p. 1145 escribe:

Pero no habiendo podido andar más de media hora, a causa de la multitud de árboles vivos que tiene el río y que nacen del fondo, desembarqué a las 7 horas con los cuatro taladores.

Al mismo tiempo, escribe Pérez Rosales, en su *Ensayo sobre Chile*, 1859, p. 118:

El primer tercio de su curso no ha podido aún ser determinado, a causa de las dificultades que ofrece al viajero un inmenso bosque de que está cubierto el río.

La descripción más detallada se encuentra en la «Geografía Náutica de la República de Chile» en el *Anuario Hidrográfico*, tomo 8. 1883, p. 73:

A la milla de haber descendido el emisario del Llanquihue, se estrecha nuevamente para aparecer en seguida derramado entre una inmensa palizada y árboles vivos que lo imposibilitan para ser surcado con embarcaciones menores. La parte del río Maullín comprendida entre el Desagüe y el Salto, apenas llega a 20 millas contadas sobre sus serpenteos... El cauce en toda esta parte se halla obstruído por árboles, plantas acuáticas y palizadas; pero se halla despejada a trechos, siempre profundo e intransitable.

Solo una pequeña canoa dirigida por el intrépido joven Roberto Cristi, en 1871, ha descendido esta parte del río, venciendo grandes dificultades y arribando al convencimiento que el Maullín puede hacerse navegable cuando la necesidad lo exija.

Según estos datos, el bosque del río Maullín principió hace 100 años, a la misma distancia del lago y tuvo la misma extensión que hoy. Bosques que invaden lateralmente los lechos de los ríos no son raros en el sur, pero generalmente dejan en el medio una ancha faja de agua libre, como se ve en la figura 2, en el río Pilmaiquén. Pero, creo que una invasión total del lecho del río por el bosque, y por árboles grandes, constituye una particularidad del río Maullín, que no se conoce en otras partes del sur y que tendrá el origen siguiente:

Con la desviación del río Petrohué hacia el Estero de Reloncaví, las aguas del Llanquihue descendieron en unos 2 a 3 m., disminuyendo considerablemente el caudal del río Maullín. Esto permitió al bosque invadir el lecho del río, especialmente porque la pérdida de la hoya andina disminuyó enormemente la hoya hidrográfica del lago que será hoy solamente el doble de la superficie del lago. Con esto han desaparecido las grandes creces en el río Maullín, que antes mantenían el lecho limpio de vegetación.

Con la invasión del bosque, se produjo un estancamiento lento del lago, cuyas riberas ofrecen en muchas partes el aspecto de una costa de hundimiento, como p. ej. varias vegas bajas separadas del lago por playas bajas acumuladas por las olas. Estas vegas son bahías que fueron invadidas por el agua del lago y que se rellenaron más tarde por sedimentos. Además, algunos afluentes, como la Poza al este de Puerto Varas, constituyen una clase de estuario formado porque el agua del lago entró al curso inferior del estero afluente.

Ya mencioné la necesidad urgente de limpiar el desagüe del Llanquihue para evitar que aumente la inundación de las riberas del lago.

BIBLIOTECA NACIONAL
SECCION CHILENA

SECCION CONTROL
Y
CATALOGACION
BIBLIOTECA NACIONAL

SANTIAGO CHILE
IMP. UNIVERSITARIA