



LA GLACIACION ACTUAL Y CUATERNARIA DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES

Uno de los capítulos más interesantes de la geología que ha atraído también el interés de personas extrañas a esta ciencia, es el que trata de la gran extensión que han tomado los glaciares en épocas no muy remotas. El interés se debe en gran parte a la circunstancia de que esos grandes cambios climatológicos fueron presenciados por el hombre prehistórico, de modo que la geología del cuaternario constituye en cierto modo una transición entre la historia geológica y la historia humana.

Para la geografía, la importancia de la glaciación cuaternaria se debe a que las formas superficiales creadas por los glaciares diluviales se han conservado en perfecto estado, cubriendo muy grandes superficies de la tierra firme. Estas formas glaciales ocupan la mitad de Norteamérica y de Europa, lo mismo que en Chile central, mientras que desde Puerto Montt hacia el sur no sólo toda la superficie terrestre, sino también todo el fondo del mar vecino al continente, deben su con-

FRANCISCO HERVÉ ALLAMAND

Geólogo, es Profesor Titular de la Universidad de Chile, donde ha trabajado desde 1965 en el Departamento de Geología. Obtuvo doctorados en la Universidad de París y en la Universidad de Hokkaido, Japón. Ha dirigido 57 Memorias de Título de Geólogo, 9 de Magister y 4 de Doctorado en Geología. Ha investigado acerca de la evolución geológica del margen Pacífico de Gondwana, con énfasis en los terrenos metamórficos. Ha publicado más de 120 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales, 40 capítulos de libros y cerca de 200 publicaciones en congresos nacionales e internacionales. Tiene un amplio reconocimiento internacional y nacional, obtuvo una Cátedra Presidencial en Ciencias y es miembro de número de la Academia Chilena de Ciencias.

GLACIACIONES Y PASADO GEOLÓGICO

Francisco Hervé

Es de mucha actualidad este texto que informa acerca de los glaciares de los Andes y de su historia geológica desde el cuaternario. Presenta un documentado inventario de los glaciares actuales, así como de los depósitos morrénicos depositados en los valles andinos cuando los glaciares eran más extensos que en la actualidad. Sintetiza la información proporcionada en mapas y diagramas que revelan sus variaciones de norte a sur de la cordillera. Interpreta la observación que los glaciares eran más extensos en el pasado geológico, tal como había sido observado anteriormente en el hemisferio norte, apelando a un cambio climático global, el mismo que hoy día asusta a las sociedades del mundo, las que pretenden revertir su existencia al menos en cuanto al factor humano que aparentemente lo acelera desde la revolución industrial.

Da cuenta también del conocimiento global que se tenía entonces del tema de las glaciaciones, incluyendo las evidencias de que hubo en el pasado geológico más remoto, episodios glaciares importantes en regiones que hoy día están alejadas de los actuales polos geográficos, incluso en regiones hoy tropicales de la Tierra. Intenta explicar este hecho, recurriendo al método de las hipótesis múltiples, que caracteriza hasta la actualidad el modo de pensar en la geología. Refuta la hipótesis de Koeppen y Wegener, quienes consideraban que los polos habían cambiado muy significativamente de posición durante la historia de la Tierra, por lo cual habrían ocupado posiciones muy distantes a las que ocupan actualmente. Lo hace en virtud de las observaciones geológicas en el territorio nacional, como la existencia de los depósitos de carbón en Arauco, que indican condiciones atmosféricas cálidas durante el Cenozoico superior, contrariamente a la condición glacial que para esa región antipodal consideraba la hipótesis señalada. Concluye que si bien esta podía servir para explicar los cambios glaciares en Europa, el conocimiento de la geología del hemisferio austral la hacía inviable.

En las páginas finales se abre a considerar que la contradicción aparente en la hipótesis mencionada, podría resolverse suponiendo “que la costra exterior de la tierra puede efectuar movimientos independientes de la masa principal del globo terrestre y de su eje de rotación”. Con ello, concluye que no es necesario que puntos hoy día antipodales lo hayan sido también en el pasado geológico. Plantea entonces que los continentes pudieron haber sido móviles, en un momento en que la hipótesis de la deriva continental de Wegener estaba en descrédito entre los científicos del mundo, y la teoría de la tectónica de placas, que explica hoy la movilidad de los continentes, no había sido aún formulada.

Esta valoración de las consecuencias que implican los datos geológicos, hace de este texto de Juan Brüggen, y de su razonamiento como geólogo, un caso ejemplificador del

empleo del método científico. No cabe sino destacar y alabar en el día de hoy a este gran científico que habitó en las aulas de la Universidad de Chile. También con ello demuestra que las hipótesis geológicas, para ser globales, necesitan de un conocimiento también global.

LA GLACIACION ACTUAL Y CUATERNARIA DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES

Por JUAN BRÜGGEN
(Director del Instituto de Geología y Química)

Uno de los capítulos más interesantes de la geología que ha atraído también el interés de personas extrañas a esta ciencia, es el que trata de la gran extensión que han tomado los glaciares en épocas no muy remotas. El interés se debe en gran parte a la circunstancia de que esos grandes cambios climatológicos fueron presenciados por el hombre prehistórico, de modo que la geología del cuaternario constituye en cierto modo una transición entre la historia geológica y la historia humana.

Para la geografía, la importancia de la glaciación cuaternaria se debe a que las formas superficiales creadas por los glaciares diluviales se han conservado en perfecto estado, cubriendo muy grandes superficies de la tierra firme. Estas formas glaciales ocupan la mitad de Norteamérica y de Europa, lo mismo que en Chile central, mientras que desde Puerto Montt hacia el sur no sólo toda la superficie terrestre, sino también todo el fondo del mar vecino al continente, deben su figuración a la erosión y sedimentación de los glaciares del diluvio.

Antes de entrar al tema principal, debemos estudiar brevemente los rasgos principales de la extensión de los glaciares en Norteamérica y de Europa, para poder relacionar las observaciones hechas en nuestras cordilleras con las de regiones mucho mejor investigadas.

La figura 1 presenta la extensión alcanzada por el hielo continental durante el cuaternario en el hemisferio norte y, además, los centros aislados de glaciación situados en las serranías de las zonas templadas.

Se ve que más de la mitad de Norteamérica estaba cubierta por una capa de hielo continental cuyo espesor se calcula para las partes centrales en unos 2,000 m. *Chamberlin* y *Salisbury* distinguen seis diferentes épocas glaciales con los nombres siguientes: 1) *Jerseysan*, 2) *Kansan*, 3) *Illimoian*, 4) *Iowan*, 5) *Earlier Wisconsin*, 6) *Later Wisconsin*. Las morrenas mejor conservadas son las del *Wisconsin* anterior y del *Wisconsin* posterior, lo que indica que ellas corresponden a las últimas épocas glaciales.

Lo que sorprende es que el centro del hielo continental de Norteamérica se hallaba en una región completamente baja, donde no hay ni indicio de serranías altas, y que de este centro bajo se ha movido la capa de hielo hacia el O. y S.O. encima de una planicie que hoy asciende paulatinamente. Además, el centro se ha movido en las diferentes épocas desde la región situada al Oeste de la bahía de Hudson hacia Labrador, como resulta del estudio de los bloques erráticos. Las cordilleras occidentales han tenido su propia glaciación que se ha extendido muy poco más allá de sus contrafuertes orientales, entrando allá en contacto con la capa de hielo continental.

Mucho menor ha sido la extensión del hielo continental en Europa donde debemos buscar el centro de la glaciación en Escandinavia. El número de épocas glaciales que pueden distinguirse es todavía materia de discusión, en cuanto se refiere al hielo continental: en general se distinguen tres a cuatro diferentes épocas. En su mayor extensión el hielo alcanzó una línea trazada desde la desembocadura del Támesis por el sur de Holanda, el sur de Silesia hasta Kiew.

Es en los Alpes donde se han hecho los estudios más detenidos acerca de las diferentes épocas glaciales, especialmente por *Penck* y *Brückner*. Estos sabios distinguen 4 diferentes ríos en cuyos valles se han desarrollado mejor sus morrenas; principiando con las más antiguas son las glaciaciones de *Günz*, *Mindel*, *Riss* y *Würm* separadas por las épocas interglaciales *Günz-Mindel*, *Mindel-Riss* y *Riss-Würm*. En las diferentes épocas glaciales, los glaciares salieron de los valles alpinos y se extendieron como grandes glaciares de piedmont en las planicies que acompañan a

los Alpes en el norte y sur. Su erosión y la acumulación de las morrenas dio origen a los grandes lagos que caracterizan el pie de los Alpes.

La distinción de las diferentes épocas glaciales se basaba en parte en el estado de destrucción de las morrenas, siendo las más modernas las mejor conservadas, y especialmente en las relaciones que existen entre los sedimentos fluvioglaciales que, a mayor distancia de los Alpes aparecen en forma de varias terrazas fluviales. Una idea de los cambios climatológicos habidos durante el cuaternario y la duración de las diferentes épocas glaciales e interglaciales nos da el diagrama de la figura 2.

Las abcisas representan el tiempo y las ordenadas la posición de la línea de las nieves, correspondiendo la línea O a la posición actual. Se ve que en las épocas glaciales, la línea de las nieves se hallaba a unos 1,200 m. más abajo que hoy, pero que en las épocas interglaciales el clima ha sido más benigno que el actual.

En cuanto se refiere a la duración de las épocas glaciales, Penck-Brückner dan cifras solamente para los últimos 20 mil años que consideran como unidad para calcular la duración de la última época interglacial en unos 60,000 años y la penúltima en unos 240,000 años. Según el diagrama resultan para todas las épocas glaciales unos 660,000 años.

Interesantes son también las indicaciones de las diferentes culturas prehistóricas en este diagrama: Chelléen a Magdalénica son paleolíticas, mientras que el corto espacio que queda corresponde al neolítico y a la actualidad.

Después del glacial de Würm, más o menos en el Magdalénien, el hielo ha tenido un nuevo avance, conocido bajo el nombre de avance de Bühl en que la línea de las nieves que ya estaba subiendo, volvió a descender de los 700 m. a los 1,000 m. debajo de su nivel actual. Las morrenas bien conservadas de este avance se hallan dentro de los valles Alpinos, como por ejemplo las que rodean la ribera inferior del Lago de los Cuatro Cantones en Suiza.

1.) LA GLACIACIÓN ACTUAL Y ANTERIOR DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES

En el mapa de la figura 1 vemos que en el hemisferio norte ha habido, fuera de las masas de hielo continental, también un gran número de serranías que en el cuaternario han tenido una glaciación mucho más fuerte que actualmente. Pero, todas esas serranías son puntos aislados, separados por extensas regiones bajas que no han producido glaciares en el cuaternario. En este sentido, la cordillera de los Andes ofrece un interés especial porque constituye una serie de elevaciones muy grandes que permiten seguir las líneas de las nieves eternas, no sólo de la actualidad, sino también del cuaternario, desde las regiones árticas hasta las antárticas. Debemos limitarnos en estas líneas a un estudio de la glaciación en Sud-América, investigando especialmente las condiciones glaciales de la Cordillera chilena.

a) LA GLACIACIÓN ACTUAL Y CUATERNARIA DE LA ZONA TROPICAL

Entendemos en este párrafo como zona tropical de la Cordillera de los Andes su extensión comprendida entre la Sierra Nevada de Sta. Marta (11° L.N.) hasta la frontera austral del Perú. Nuestros conocimientos actuales de los factores principales acerca de la glaciación pueden comprenderse en la tabla siguiente confeccionada según los datos publicados por Sievers:

	<i>Actualidad</i>		Última Época glacial
	<i>Línea de las Nieves eternas</i>	Término de los Glaciares	Término de los Glaciares
Venezuela.....	4600 - 4700	4300 - 4400	3800
Ecuador.....	1700 - 4800	4500 - 4600	3700 - 3800
Perú septentrional....	4800 - 4900	-	3500 - 3700
Perú austral.....	5700 - 5900	-	-

Naturalmente, los actuales glaciares de la zona tropical son de tamaño muy reducido; según H. Meyer tienen solamente 2 ½ a 3 km. de longitud en la cordillera volcánica del Ecuador; pero probablemente habrá glaciares de tamaños más importantes en la cordillera oriental que es más

lluviosa. En el Ecuador y en el Perú septentrional, el término de los glaciares ha retrocedido unos 150 m. verticales en los últimos 50 años.

Según se desprende de la tabla anterior en la última época glacial, los glaciares han descendido unos 600 a 800 m. verticales en comparación con los actuales y por consiguiente ha habido en plena zona tropical un gran número de glaciares que bien pueden compararse con los alpinos de la actualidad. En el Ecuador observó Meyer que los glaciares de la última época glacial se retiraron en tres etapas dejando igual número de morrenas terminales acumuladas durante el tiempo en que el glaciar quedaba estacionario. El límite de las nieves eternas se hallaba en el Ecuador entre los 4,200 y 4,250 m. Además encontró Meyer indicios de una extensión mucho mayor de los glaciares en una época glacial anterior.

En el centro y sur del Perú existen glaciares de cierta importancia solamente en la cordillera oriental. *Bowman* observó en la cordillera de Vilcapampa más de 20 glaciares, algunos de ellos de 2 km. de longitud; terminan a unos 4,850 y 5,000 m. Interesante es que se pueden observar las mismas tres etapas de la extensión cuaternaria de los glaciares que en el Ecuador: las morrenas más bajas se hallan a 3,500 m.; están fuertemente destruidas; otras menos destruidas se hallan a 3,650 m. y morrenas bien conservadas a 3,900 m.

Más al sur, en la cordillera occidental, la línea actual de las nieves eternas sube rápidamente; en Arequipa se halla a 5,700 m. en el cerro Chachani, y el Misti con 5,855 m. de altura ya no alcanza la región de la nieve eterna.

b) LA GLACIACIÓN DE BOLIVIA

En el norte de Chile y en Bolivia las diferencias entre las regiones occidentales y orientales son tan grandes que debemos tratar por separado la Cordillera Marítima, como podríamos llamar la cordillera que constituye la frontera entre Chile y Bolivia, y la Cordillera Real que pasa al Este de la altiplanicie boliviana. Mientras que la Cordillera Marítima tiene un clima tan seco que actualmente carece de nieve eterna, aparecen en la Cordillera Real glaciares que por sus dimensiones pueden compararse con los de los Alpes. Sin embargo, la actual línea de las nieves se hallan según *Hauthal* a 5,300 y 5,400 m. en la Cordillera Real, a una altura considerablemente mayor que en los países tropicales; los términos de los glaciares se hallarían a unos 4,800 m.

En la época glacial, los glaciares han descendido a alturas muy bajas. En la hacienda Cotani, situada en la falda occidental del Illimani, encontré morrenas a 2,500 m de altura y en la falda oriental, observé en Unduari, en las Yungas, un típico cajón glacial a unos 3,000 m. que penetra a los bosques subtropicales. Con estos datos coinciden las observaciones de rocas borregadas hechas por *Hoeck* en la región de Cochabamba a 2,600 m.

Hauthal distingue en Bolivia dos épocas glaciales, de las cuales la primera habría sido la más importante. Atribuye a la primera época una terminación de los glaciares del Illimani a 3,000 m. y una altura de la línea de las nieves de unos 4,000 a 4,500 m. En la segunda época, los glaciares de la falda oriental habrían terminado entre 3,400 y 3,500 m. mientras que en la altiplanicie habrían alcanzado solamente 4,000 m. Esta diferencia se explica fácilmente porque la presencia de la altiplanicie habrá impedido al hielo descender a menores alturas. Las grandes morrenas de Chuquiagnillo, Palca, Chacaltaya. Yauli, etc., que se hallan a unos 4,500 m. de altura, están tan bien conservadas y las formas de la erosión glacial que se observan valle arriba de ellas son tan frescas, que *Hauthal* considera estas morrenas como pertenecientes a un avance postglacial del hielo, que conoceremos más abajo también en las cordilleras chilenas.

La penúltima época glacial, o la primera de *Hauthal*, ha traído una extensión muy grande de hielo, como puede deducirse especialmente de los centenares de metros de rodados fluvioglaciales en los cuales se ha excavado la quebrada de La Paz. Desde el Alto de La Paz uno obtiene una impresión muy buena de las enormes masas de rodados que se hallan antepuestas a la Cordillera Real como una gran "formación de piemont". Si pudiéramos sacar estas masas, obtendríamos un ancho y profundo valle que se extendería hacia el N. mucho más allá de la actual quebrada de La Paz y que comunicaría probablemente con el lago Titicaca. Estas ideas emitidas por *Gerth*, encuentran apoyo en otras observaciones. La llanura de rodados del Alto de La Paz se extiende hasta el Titicaca sin interrupciones de cordones de rocas fundamentales, alcanzando el lago en la

región de Chililaya y Copancara. Además, el mapa batimétrico del lago indica claramente que la zona más profunda, el antiguo talweg del valle, se dirige hacia estos dos pueblos recién nombrados, pero no hacia el desagüe actual, el río Desaguadero.

Muy interesantes son los estudios de *Bowman*, según los cuales el Titicaca ha tenido anteriormente un nivel en 36 a 40 m. más alto; el nivel de este antecesor del Titicaca, que llamó Lago Ballivian, ha descendido rápidamente hasta el nivel actual, porque faltan terrazas intermedias.

El proceso ha sido probablemente el siguiente: Cuando las aguas del antiguo río La Paz principiaron a estancarse porque cantidades excesivas de rodados fluvioglaciales se depositaban en la región al norte de la actual capital, se formó en la región del Titicaca un lago cuyas aguas, al subir, penetraban a todos los valles afluentes, hasta que, algún día, rebalsaron por un portezuelo bajo situado en el actual valle del Desaguadero. El agua que rebalsó cayó a la hoya del río Mauri y debe haber rápidamente cortado el umbral del portezuelo que se hallaba cerca de la Concordia. Que el lago no quedó mucho tiempo a su nivel más alto, podemos deducir de la ausencia de terrazas de abrasión correspondientes a la altura de rebalse. *Bowman* menciona expresamente esta ausencia, pero la explica por la denudación posterior que indicaría una edad muy grande del lago Ballivian. Pero, en las explicaciones de las fotografías habla siempre de una delgada cubierta de arcillas con conchas que representan el sedimento del lago. También esta circunstancia habla a favor de un período corto de sedimentación, porque si las terrazas hubieran sido destruidas por la larga duración de la denudación, entonces deberíamos esperar que primeramente se hubieran destruido las arcillas blandas situadas generalmente en los bordes de las faldas y poco protegidas por una delgada cubierta vegetal. Las conchas encerradas en las arcillas son muy parecidas a las que viven hoy día en el lago; *G. H. Dall* las considera como pertenecientes al plistoceno inferior. También esta determinación permite suponer que el lago Ballivian se haya estancado en la penúltima época glacial y que ya en la última época glacial sus aguas hayan descendido a su nivel actual.

También en la parte sur de la planicie boliviana existía en la época glacial un antecesor gigantesco del actual lago Poopó, que ocupó toda la altiplanicie de Bolivia desde el pie de la Cordillera Marítima hasta más allá de Oruro; *Bowman* le ha dado el nombre de lago Minchin. Los sedimentos de este lago son tobas calcáreas que cubren las terrazas al Este de Oruro. Hacia el norte el lago se extendía por el valle del río Desaguadero hasta un poco más allá del lago Ballivian; pero este lago, entonces, ya había retrocedido a las riberas actuales del Titicaca.

Sin duda alguna, la existencia de ambos lagos indica, que en las épocas glaciales, el clima de la altiplanicie y de la Cordillera Real ha sido mucho más lluviosos que hoy día.

c) EL NORTE DESÉRTICO DE CHILE

Chile septentrional constituye la continuación de la zona seca del sur del Perú. En la costa y en la falda occidental de la Cordillera alta hay un clima completamente desértico. Desde los 3,000 m. de altura para arriba principian precipitaciones atmosféricas regulares que oscilan entre 5 y 10 cm. anuales. Igualmente desfavorable para el desarrollo de glaciares es la sequedad extraordinaria del aire que causa una evaporación muy fuerte; el exceso de evaporación sobre las lluvias es de casi 4 m. en Chuquicamata (2,600 m.) y de 1.50 m. en Collahuasi (4,800 m.).

En vista de estas cifras no puede sorprender que ningún cerro del norte de Chile alcance la línea de las nieves: tanto el Tacora con 5,950 m. situado al interior de Tacna, como el Llullaillaco con 6,700 m. situado al N. E. de Taltal, carecen de nieve eterna. Hacia el sur, la zona seca se extiende también hacia la falda oriental de la cordillera, donde, en territorio argentino, el cerro Cahi (6,000 m.) no contiene glaciares.

En vista de tales alturas anormales casi no puede hablarse de una línea de nieves, tanto más si se toma en cuenta que en los cerros gigantes del norte de Chile no aumentan las precipitaciones, de por sí escasas, con la altura. Según *Penck* las precipitaciones tienen su máximo entre 3,000 y 4,000 m. en el sur del desierto de Atacama; en la época glacial, esta zona se habría hallado a unos 600 a 800 m. más abajo.

También durante el cuaternario la cordillera marítima ha sido una región relativamente seca, como se desprende de la escasa importancia que tienen las formas glaciales en la morfología de los cerros. En el Tacora, la línea de las nieves debe haberse hallado más o menos a 5,000 m., ya

que a esta altura en la falda oriental del cerro se observan algunos circos glaciales con morrenas. A 4,300 m. se halla, al lado del ingenio de la azufrera de Chupisquiña, una gran morrena terminal de la última época glacial. En Tarapacá, en el volcán Chapire situado en la cordillera de Sillajaguay, (19°42' L. S.) encontré rocas aborregadas a 4,300 m. mientras morrenas pueden observarse hasta 4,200 m. El valle, en que se hallaban las casas de una pequeña mina de azufre, termina en forma de circo. La línea de las nieves debe haberse hallado en la época glacial a una altura de unos 5,000 m. (falda sur).

Probablemente ninguno de los glaciares cuaternarios del norte de Chile ha tenido una longitud superior a 5-10 km.

De los datos anteriores se deduce que la repartición relativa de las precipitaciones atmosféricas en el norte de Chile y en Bolivia ha sido parecida a la actualidad. Pero, los cambios climatológicos deben haber sido mucho más importantes en Chile que en Bolivia. En la falda oriental de la cordillera, la zona más lluviosa parece haberse extendido más hacia el sur en el cuaternario, según se desprende de las observaciones de *Kuehn* que encontró en el Cerro Cachi bloques erráticos y formas glaciales que descienden hasta 3,000 m.

Un aumento considerable de las precipitaciones atmosféricas en el norte de Chile queda evidenciado por las terrazas de lagos que se observan a alturas considerables en las faldas de depresiones sin desagüe cuyo fondo está hoy día cubierto de un extenso solar o de algunas lagunitas saladas poco profundas. En el salar del Huasco, situado al Este de Pica a 3,700 m., a unos 30m. encima del fondo de la depresión, encontré una terraza de abrasión de pocos metros de ancho cortada en la roca viva; tanto la terraza como la falda situada más abajo estaba cubierta de tobas calcáreas, un sedimento químico del lago cuaternario.

Más al sur, hasta la región de Copiapó faltan todos los datos acerca de la extensión de los glaciares cuaternarios que seguramente han existido, aunque en la misma forma reducida que los del Tacora y del volcán Chapire.

d) LAS CORDILLERAS DE COPIAPÓ Y DE ELQUI

En la región del Salar de Maricunga, al Este de la ciudad de Copiapó aparecen los primeros cerros que se elevan por encima de la línea de las nieves como puede deducirse de los numerosos cerros designados como "Nevados". *Penck* atribuye a la línea actual de las nieves una altura de 6,300 m. en el Cerro Tres Cruces que se levantan al Este del bolsón de Maricunga. Una glaciación cuaternaria bastante importante, resulta de mis observaciones hechas al pie occidental del cerro; existe allá una gran morrena terminal que en forma de semicírculo cierra una ancha depresión antepuesta al Nevado. Detrás de esta morrena hay un extenso fondo de un lago que posteriormente se ha secado porque el desagüe ha cortado el cordón de morrenas. El término del glaciar en el cuaternario se ha hallado a 4,200-4,300 m. de altura, igual a la región del Tacora.

Ya desde la latitud del Salar de Maricunga aumenta el número de los cerros cubiertos de nieve eterna; pero, debido al acceso muy difícil de las partes más altas de la cordillera, las noticias exactas son muy escasas. Según *Brackebusch*, el cerro del Potro de 5,830 m. de altura situado a 28°23', es el primer cerro que contiene glaciares de cierta importancia. *Risopatrón* dice que el cerro está cubierto de nieve perpetua desde los 5,200 m. cifra que indica probablemente el término de los glaciares.

Más al sur, se halla en el nacimiento del río Huasco, la Laguna Grande a 3,470 m. de altura; la laguna ocupa el fondo de un ancho valle glacial, pero su ribera inferior está cubierta de un gran derrumbe de cerro de modo que no me fue posible observar morrenas terminales típicas. En vista de que más abajo de la laguna, el valle toma formas características de erosión fluvial, podemos considerar los 3,500 m. como término de la glaciación cuaternaria.

En la Cordillera de Elqui, menciona *Brackebusch* que cerca del paso de la Agua Negra, en el lado argentino, termina un glaciar a poca distancia de su morrena terminal; esta última tendría una altura de 4,150 m. por lo cual podríamos suponer como límite de los glaciares una altura de 4,200 m. Un poco más al norte se halla enteramente en terreno chileno el cerro de Doña Ana de 5,690 m. de altura que también contiene glaciares que no alcanzan tan abajo como en el lado argentino.

En la subida de Huanta al portezuelo de la Doña Ana, a unos 4,300 m. de altura y a unos 300 m. debajo del portezuelo, observé varios circos glaciales que nos indican la altura de la línea de las nieves eternas durante la última época glacial. En esa época, los glaciares de la alta cordillera han tenido una extensión muy grande como resulta de la situación de las grandes morrenas terminales situadas en el río de la Laguna a 3,100 a 3,200 m.; el glaciar que los ha depositado debe haber tenido una longitud de 50 km. Detrás de las morrenas terminales se hallaba antiguamente una extensa laguna que más tarde ha sido rellenada por sedimentos y que en parte se ha vaciado por profundizamiento del río de desagüe. Hacia valle abajo las morrenas terminales pasan a sedimentos fluvioglaciales que constituyen una terraza de 30 a 40 m. encima del fondo del río la que más abajo descende hasta 10 m. encima del río.

La región del río de la Laguna es interesante porque allá se observan también sedimentos glaciales de otra época glacial anterior. Frente a la desembocadura de la quebrada del Tapado, se halla a unos 100 m. encima del río una importante terraza compuesta de rodados y arcilla de bloques de un espesor de a lo menos 40 m. La misma arcilla glacial puede seguirse también hacia valle abajo; el último punto donde la observé, se hallaba a unos 2 km. valle arriba de Potrero Cortez, a 2,440 m.; forma una terraza situada a unos 40 m. encima del río.

e) DE OVALLE AL RÍO ACONCAGUA

Al sur de la hoya hidrográfica del río Elqui, la línea divisoria de las aguas sufre una considerable depresión, de modo que hasta el río Choapa no se levanta ningún cerro hasta 5,000 m. de altura, quedando muchas cumbres debajo de los 4,000 m. Pero más al Este, en territorio argentino, la cordillera alcanza sus mayores alturas, en el Mercedario con 6,900 m. y en el Aconcagua con 7,000 m. Debido a esta repartición de las alturas, parece que hay pocos cerros en el lado chileno que se levanten encima de la actual línea de las nieves eternas, en cuanto se refiere a la región situada al norte del río Alicahue.

En la época glacial, ha habido una glaciación bastante importante. Así, todo el valle superior del río Tascadero, afluente del Río Grande-Limarí, tiene formas netamente glaciales hasta los potreros del Polvo (2,200 m.). No encontré morrenas terminales bien desarrolladas, pero la forma de valles colgados que tienen todos los valles laterales y además, las morrenas irregularmente esparcidas en el valle principal, no dejan duda de que los glaciares se hayan extendido hasta la altura mencionada. Numerosas morrenas situadas en circos a unos 3,400 m. de altura nos indican la situación aproximada de la línea de las nieves en el cuaternario.

En el valle andino del río Choapa cerca de la desembocadura del río Leiva, hay grandes morrenas terminales que en el profundo corte del río principian a 1,600 m. de altura y suben hasta 1,800 m. Debajo de su base, el río ha excavado un valle en las rocas fundamentales de 100 m. de hondura. Tanto la poca altura de estas morrenas, como el trabajo erosivo efectuado por el río después del retiro del glaciar, indican que se trata de sedimentos de la penúltima época glacial.

En el valle principal, las morrenas de la última época glacial no están bien desarrolladas; morrenas se observan en numerosas partes valle arriba del punto mencionado; las mejor desarrolladas se hallan a 2,780 m. de altura, cifra que coincidiría bien con el término de los glaciares del valle de Elqui.

Una paisaje de formas glaciales muy características se observa en la región de la laguna del Pelado, al pie del cordón limítrofe con Argentina. La laguna mencionada es una depresión excavada por erosión glacial, debajo de la cual sigue un gran escalón, a cuyo pie hay otras dos lagunitas, la del Círculo y la Laguna Baya. Aguas abajo de estas lagunitas, a 3,500 m. de altura, hay morrenas frontales de bastante importancia. Pero, en vista de que los kares cuaternarios se hallan en las faldas australes a 3,800 m. y en las orientales a 4,000 m., las morrenas no pueden corresponder a la última época glacial, sino debemos considerarlas como provenientes de un avance postglacial.

Actualmente, la línea de las nieves debería hallarse a unos 4,800 m. en las faldas australes de los cerros del cordón limítrofe. En el lado chileno, esta línea descende rápidamente hacia el sur; en el valle de la Chicharra, afluente austral del río Choapa observé a mediados de Marzo un extenso campo de nieve con inclinación suave hacia el sur que cubría un cerro situado al Este del

Potrero Largo; según la posición, la línea actual de las nieves debería hallarse en las faldas australes a una altura de solamente 4,200 m.; no obstante la época ya avanzada, se observaron muchas manchas de nieve hasta 3,500 m. *Kares* de la época glacial indican que en el cuaternario la línea se ha hallado a solamente 3,400.

En el lado argentino, la línea de las nieves sigue a la misma altura de 4,800 m. según las observaciones ejecutadas por *Kuehn* en el cordón de la Ramada; debido a los cerros gigantescos, se han formado grandes glaciares que terminan a 4,000 m. Las únicas morrenas del cuaternario observadas por *Kuehn*, se hallan a 3,000 m.; han estancado la laguna del Tomé, en la falda occidental de la Cordillera de Ansilta (31°35'). Si estas morrenas corresponden a la mayor extensión alcanzada por los glaciares del cuaternario, y no al avance postglacial, como es más probable, entonces la diferencia entre las glaciaciones de ambos lados del cordón divisorio debe haber sido muy grande.

La región en estudio tiene un interés especial, porque en ella, por primera vez desde la zona tropical, la línea de las nieves se halla en el lado occidental más abajo que en el lado oriental. La falta de grandes glaciares en territorio chileno se debe a la altura relativamente reducida de sus cerros. Pero, en la época glacial, el desarrollo de los glaciares ha sido inverso al actual, porque entonces, el descenso de la línea de las nieves hizo aparecer extensos nevados en el lado chileno de las cuales se han desprendido largos glaciares; mientras en el lado argentino, los glaciares cuaternarios han alcanzado longitudes muy reducidas no obstante la altura mucho más grande de sus serranías.

f) LA GLACIACIÓN ACTUAL DESDE EL ACONCAGUA HASTA EL VOLCÁN SAN JOSÉ

Al Este de la línea divisoria de las aguas se levanta el Aconcagua con sus 7,000 m. de altura como gigante aislado entre los demás cerros que vistos desde lejos se pierden en el sinnúmero de las otras cumbres andinas y que, no obstante sus alturas de más de 5,000 m. no parecen más que olas del mar.

La falda norte del Aconcagua está libre de nieve eterna y glaciares que se hallan solamente muy abajo, en los valles protegidos contra los temporales de viento. En la falda sur la línea de las nieves se hallaría según *Kuehn* a 4,600 m.; además hay varios glaciares de los cuales el más importante es el de Horcones con 6 km. de longitud; según *Reichert* todos están en retroceso rápido. En la última época glacial, los glaciares han descendido hasta 2,900 m. terminando en la región de Puente del Inca.

Al sur del ferrocarril trasandino siguen los gigantes andinos; hasta el San José hay seis cerros de más de 6,000 m. de altura y hasta el Tupungato (6,650 m.) el cordón limítrofe tiene solamente tres portezuelos, todos ellos de más de 4,700 m. de altura. Correspondiendo a estas alturas, los glaciares alcanzan dimensiones alpinas, como resulta de los estudios de *Reichert*, *Helbling* y otros; así, el glaciar del Río Plomo, que en el lado argentino baja desde la cumbre del cerro del Río Blanco tiene una longitud de 17 km. descendiendo hasta una altura de solamente 3,165 m. Pero en general los glaciares terminan en el lado argentino entre 3,400 y 3,600 m.; sorprende que en el Tupungato, el cerro más alto y situado más al sur, los glaciares del lado argentino terminen ya a 4,200 y 4,300 m., probablemente porque el Tupungato está situado al S. E. del Cerro Las Polleras y del cordón alto del Juncal, cumbres en las cuales las nubes pierden ya la mayor parte de su contenido en agua.

No encontré datos acerca de la extensión de los glaciares en la época glacial ni acerca de la posición de la línea actual de las nieves; pero a juzgar de los excelentes mapas publicados, debe hallarse esta línea a los 4,200 m. en la región del C° Juncal, pero en regiones situadas un poco más al Este sube 4,600 y 4,800 m.

Helbling explica esto porque la mayor cantidad de nieve se deposita detrás de los cerros donde encuentra protección contra el viento que no permite la acumulación de nieve en las faldas de barlovento. Personas que conocen la fuerza increíble de los vientos en la cumbres altas de la cordillera, comprenden perfectamente esta explicación.

Muy poco conocida es la falda chilena del alto cordón divisorio en la que la glaciación actual debe tener un desarrollo muy grande; un glaciar que desciende del Juncal hacia el río Blanco, afluente del Aconcagua, termina a solamente 2,800 m. según las exploraciones de *Reichert*. El

misimo atrevido explorador observó desde Tupungato que la glaciación, por lo demás enteramente desconocida, del lado chileno de este cerro era mucho más importante que la del lado argentino.

Antepuesto el cordón limítrofe, escondiéndolo en su mayor parte para los habitantes de Santiago, se halla en territorio chileno el macizo del Cerro del Plomo (5,430 m) y Cerro Altar (5,200 m) que no obstante su menor altura, tiene una glaciación bastante importante.

En el nacimiento del Río Blanco, al norte del cerro Altar, encontré la situación de la línea de las nieves a 4,300 m. de altura, hallándose los términos de los glaciares alrededor de 4,000 m.

El alto cordón limítrofe tiene en el sur un término natural con el portezuelo de las Nieves Negras situado en la falda austral del volcán de San José. Al sur de este punto ya no existen cerros que alcancen 5,500 m. de altura. Al pie del portezuelo termina a 2,680 m. el glaciar de las Nieves Negras que debe su nombre a la fuerte cubierta de arenas volcánicas oscuras.

g) LA GLACIACIÓN CUATERNARIA DE LAS HOYAS HIDROGRÁFICAS DEL ACONCAGUA Y MAIPO

En el río Aconcagua y en su afluente principal, el río Blanco, en el que termina hoy día un glaciar a solamente 2,800 m., se observan formas glaciales muy bien conservadas hasta 1,300 m. A esta altura se halla la angostura del «Salto del Soldado» que representa un umbral glacial que ha sido dejado por el glaciar y que posteriormente fué cortado por el río, originándose la angostura que parcialmente se estrecha hasta 2m. de ancho. Aguas arriba, el valle presenta las formas típicas de un cajón glacial. El buen estado de conservación de estas formas indica que el glaciar, que bajó hasta los 1,300 m. de altura, pertenecía a la última época glacial. Pero sorprende que todavía no se conocen las morrenas terminales pertenecientes a las misma época; es posible que éstas se hayan conservado a alguna distancia del camino y se encuentren al hacer un estudio más detallado de la región.

La laguna del Inca (2,840 m.) que se ve desde el ferrocarril transandino, está estancada por una gran morrena de bloques; por su situación alta y análoga a la de las morrenas del cajón del Yeso, atribuimos la morrena de la laguna al avance post-glacial del hielo.

Morrenas más antiguas existen en el valle del río Colina, afluente del Mapocho, en un punto llamado «Los Huinganes», donde se observa el perfil de la figura N.º 4.

Las morrenas forman una altiplanicie ondulada de 1,500 m. de altura situada al sur del río. Según se ve en el perfil, después del retroceso del glaciar, el río no ha dado con su antiguo curso sino que ha excavado en las rocas duras un nuevo valle estrecho de unos 100 m. de profundidad. En el punto x puede observarse la pared rocosa del antiguo valle, cubierta de estrías glaciales un poco borradas. Considerando el gran trabajo de erosión efectuado por el pequeño estero de Colina, debe haber pasado un largo tiempo desde el retroceso del glaciar, razón por la cual debemos atribuir las morrenas de Los Huinganes a la penúltima época glacial. Con esta suposición se explica también la posición relativamente baja de las morrenas, porque los cerros que rodean la hoya del río tienen muy escasa altura, pocos pasan de 3,500 m. Debemos suponer que la línea de las nieves en la penúltima época glacial se haya encontrado debajo de los 3,000 m.

En el valle del Mapocho no he podido descubrir hasta ahora morrenas terminales de ninguna de las épocas glaciales; probablemente quedan sepultadas debajo de los rodados que el río ha tenido que depositar a su salida de la cordillera debido al estancamiento detrás del gran cono de rodados depositado por el río Maipo. Rasgos típicamente glaciales se observan hasta 1,200 m. y restos de arcillas glaciales hasta 1,000 m. en las cercanías del puente Nilhue.

Muy importante debe haber sido el aspecto del glaciar del Maipo cuando alcanzó su término en el Valle Longitudinal de Santiago, construyendo su anfiteatro de morrenas en la región de Puente Alto entre 700 y 800 m. de altura. Superficialmente, las morrenas se presentan como un lomaje irregular; cerca del río han sido destruidas en parte por las terrazas. La descomposición superficial no baja mucho más de 2 a 3 m. indicando así la edad relativamente moderna del depósito. Enteramente frescos aparecen especialmente los enormes bloques erráticos que, al sur del camino de Puente Alto a la Obra, yacen en las lomas alargadas de la morrena.

Superficialmente las morrenas no ocupan mucha extensión de terreno, como puede verse en el mapa de la figura 5. Se debe esto a que, en gran parte están cubiertas por los sedimentos

fluvioglaciales del gran cono de rodados que rellena el valle longitudinal; así en un pozo de agua excavado en la maestranza de los ferrocarriles de San Bernardo encontró el Dr. Felsch una capa de típica arcilla glacial de 20 m. de espesor, que principia a 34 m. de profundidad y que se apoya en una capa de rodados de más de 30 m. de grueso. Debemos considerar esta arcilla como depositada en un avance del glaciación resultando el perfil siguiente que nos demuestra el engranaje en forma de cuña que existe entre las morrenas y los rodados fluvioglaciales.

El cono de rodados, se ha conservado perfectamente hasta hoy día; no hay ninguna quebrada que haya surcado su superficie. Solamente el río Maipo ha cortado un estrecho cañón de unos 50 m. de profundidad en la parte superior del cono; pero, más abajo, antes de entrar al valle desfiladero de la costa, alcanza la superficie del cono y, en la región llamada “Isla de Maipo” está depositando una gran parte de sus rodados. Resulta, de la forma bien conservada del cono de rodados, que este debe ser bastante nuevo, y lo mismo vale de las morrenas de la región de Puente Alto, que, por esto, deben pertenecer a la última época glacial.

Una extensión mucho más grande han tenido los glaciares de la penúltima época, como resulta de la repartición de sus depósitos, que según uno de sus componentes más característicos, llamaremos *morrenas de piedra pómez*. Esta morrenas componen en el valle longitudinal un extenso lomaje al Oeste de Santiago, que abarca desde Pudahuel hasta el campo de batalla de Maipú, y cuya altura es de unos 450 m. Las lomas presentan un estado muy avanzado de denudación y hacen contraste con la planicie perfecta del cono de rodadas, sobre el cual se levantan en unos 10 a 20 m. Fuera de ese punto, se observan las morrenas de piedra pómez en numerosos otros puntos: así en la rinconada situada detrás del cerro de Lo Aguirre, al Oeste de Pudahuel; al pie oriental del cerro de Chena constituyen una pequeña terraza que se levanta unos 14 m. encima del llano. Frente a La Obra, al sur del río Maipo, aparecen en forma parecida, en una terraza que corresponde a un ancho cajón glacial, más alto que el ocupado por las morrenas de la última época glacial.

Posición parecida tienen las morrenas de piedra pómez en el Toyo, frente a San José de Maipo. El punto más alto, donde observé estas rocas, es la parte inferior del valle del Yeso, un poco arriba de San Gabriel, donde se hallan a unos 300 m. encima del río, en un típico fondo antiguo de valle.

Hacia la costa, pude seguir las rocas de piedra pómez hasta la región de Melipilla, donde también componen una terraza que se levanta unos 10 m. encima del fondo más moderno del valle; entran también al curso inferior del río Puangue, en el cual llegan hasta la hacienda de Ibacache.

En su composición petrográfica, la mayor parte de la morrenas de la última época glacial, presentan el aspecto típico de una toba blanca de piedra pómez; en una masa blanca arenosa, que carece enteramente de estratificación, yacen irregularmente repartidos piedras pómez blancas cuyo diámetro varía entre pocos y 15 cm.; además hay algunas piedras esquinadas de rocas más antiguas, generalmente de porfiritas mesozoicas. Este aspecto, lo tienen las morrenas en la región de río Yeso, frente a La Obra y en gran extensión en el lomaje al Oeste de Santiago. Pero, en este último punto, hay al lado de la toba blanca también una arcilla de bloques que no deja lugar a dudas acerca de su origen glacial; en esta forma contiene solamente aislados fragmentos de piedra pómez, prevaleciendo las rocas fundamentales, que alcanzan hasta medio metro de diámetro y que a menudo no muestran indicio de haberse gastado sus cantos. También, en la parte más occidental en Melipilla, las morrenas contienen solamente aislados fragmentos chicos de piedra pómez.

Morrenas compuestas de material volcánico, pero más bien de lavas porosas andesíticas de color negro u oscuro, ocupan extensiones muy grandes en las partes centrales y australes del valle longitudinal, especialmente entre el río Laja y Temuco, o en los cerrillos del Teno, cerca de Curicó, donde siempre tienen mayor edad que los grandes anfiteatros morrénicos. La abundancia de material volcánico puede deberse a que, en la penúltima época glacial había una fuerte actividad volcánica; pero más probable es que esa penúltima época glacial, ha sido también la primera, en que los glaciares removían las enormes masas de material volcánico esparcido superficialmente por los volcanes precaternarios.

Importantes morrenas terminales, que son más nuevas que las de la región de Puente Alto, se hallan en varios cajones de la alta cordillera. Las mejor conocidas son las del río Yeso; debido a

su enorme masa, se han extendido a lo largo del fondo del valle en una longitud de unos 12 km., alcanzando desde los 2,700 m. hasta los 1,670 m. de altura sobre el mar. Forman una larga lengua de terreno poco ondulado que separa el río Yeso de su afluente, del estero Manzanito; ambos ríos, así separados, corren por una distancia de unos 10 km. por el mismo valle.

El espesor de la morrena es muy grande; especialmente en la parte superior, extendiéndose la arcilla glacial desde la laguna de los Piuquenes hasta más arriba del nivel de la Laguna Negra, lo que corresponde a un espesor mínimo de 200 m. que bien puede ser el doble porque no se conoce la base rocosa del valle. Según se ve en el mapa, las morrenas han estancado tres lagos. La Laguna de los Piuquenes es el último resto de un gran lago que, rellenaba el valle principal. La Laguna Negra corresponde a la parte inferior de dos afluentes del Yeso que se estancaron detrás de las morrenas. Origen parecido tiene la laguna Encañada, situada a unos 200 m. debajo de la anterior.

Valle arriba, el río Yeso corre al nivel del fondo del cajón glacial, mientras que más abajo este fondo está relleno hasta cierta altura por rodados fluvioglaciales correspondientes a las morrenas de la Laguna Negra; los rodados componen una terraza que se levanta unos 30 m. encima del río; la terraza puede seguirse por el río Maipo hasta el valle longitudinal; en Nos, donde la atraviesa el ferrocarril, puede reconocerse todavía claramente como grada en el terreno.

Las morrenas del cajón del Yeso fueron depositadas por un glaciar de una longitud de unos 40 a 45 kilómetros. Son caracterizadas por su aspecto enteramente fresco.

En el río Colorado, el afluente principal del Maipo, que nace al pie del Tupungato y Juncal, se hallan grandes morrenas terminales entre Maitenes (1,200 m.) y el Alfalfal (1,400 m.); por todos sus caracteres, especialmente por su relación con la terraza fluvioglacial del río Maipo, deben considerarse como contemporáneas de las morrenas del río Yeso. La misma edad tienen las morrenas terminales situadas en el cajón del volcán entre el Campamento Valdés y La Engorda cuya superficie está cubierta de un enorme amontonamiento de bloques gigantes; el glaciar que los ha depositado, tenía en parte solamente unos 18 km. de longitud. El Campamento Valdés está situado en una pequeña planicie, que corresponde a un antiguo fondo de un lago; este fue estancado por grandes morrenas terminales que descienden por una quebrada proveniente del norte.

La extensión de los glaciares que han dejado sus morrenas dentro de los valles de alta cordillera ha sido muy reducida; las de la Laguna Negra corresponden a un glaciar de 40 km. y las del Volcán a uno de solamente 18 km. de longitud. Comparando estas cifras con los 50 km. de longitud que tenía el glaciar del Río Turbio (Coquimbo) en la última época glacial, resulta que las morrenas de ambas regiones no pueden corresponder a la misma época glacial, y que debemos considerar las grandes morrenas de la alta cordillera de Santiago como pertenecientes a un avance postglacial de los glaciares. Con esto resulta también que las morrenas de Puente Alto pertenecen a la última época y las de piedra pómez a la penúltima época glacial.

La extensión de los glaciares cuaternarios en el *lado argentino* parece haber sido muy reducida, si la comparamos con la fuerte glaciación que caracteriza actualmente la falda oriental del cordón limítrofe. De la región del Juncal-Tupungato nos faltan noticias sobre la extensión de los glaciares cuaternarios. En la Cordillera del Plata, que culmina a 5,700 m. y que está situada al Este del río Tupungato, encontró *Stappenbeck* un resto de morrenas dudosas a 2,500 m. de altura; pero dice que, por lo común, los depósitos glaciales no descienden más debajo de 2,700 m. Hoy día, los pequeños glaciares terminan a 3,950 m. o casi a la misma altura que los glaciares actuales del lado chileno.

h) DESDE EL CACHAPOAL HASTA EL TENO

Hacia el sur, la altura de la cordillera disminuye paulatinamente; los cerros más australes de más de 5,000 m. se hallan en los nacimientos del Cachapoal. Estas elevaciones siempre muy considerables y la cantidad ya bastante aumentada de precipitaciones atmosféricas, — en el Teniente cae anualmente más de un 1 m. de agua — han dado origen a una glaciación muy importante. Como punto más bajo del término de los glaciares podemos considerar 1,920 m., altura hasta la cual desciende el glaciar de los Cipreses; pero, según *Plagemann*, debemos considerar como término medio de los glaciares actuales la altura de 2,500 m. Según el mismo autor, la actual línea de

las nieves se halla entre 3,100 y 3,300 m. de altura. *Guessfeld*, que visitó esta región en 1882, dice que el glaciar de los Cipreses está retrocediendo rápidamente; a 1.730 m. de distancia del término había un gran bloque errático que, según el arriero, se hallaban 30 años antes en el término del glaciar, lo que corresponde a un retroceso de 58 m. anuales.

Directamente al Este del glaciar de los Cipreses terminan en el lado argentino del cordón limítrofe los glaciares a 2,800 m., estando la línea de las nieves a 3,300 m. de altura. Más hacia el oriente, en el Cerro Risco Plateado (4,860 m.), la línea de las nieves sube a los 3,800 m. y los glaciares descienden solamente hasta los 3,600.

En el valle del Tinguiririca, cerca de la frontera termina el glaciar Palacios a 2,700 m. Al otro lado del Portezuelo de las Damas, en las minas de las Choicas, encontré el término de los pequeños glaciares a 3,400 m. y la línea de las nieves a 3,500 m.

En las lagunas del Planchón o del Teno, termina el pequeño glaciar de Santa Cruz a 2,500 m., poco más arriba del nivel de la laguna inferior separada de ella por una pequeña planicie de rodados fluvioglaciales y un cordón de morrenas terminales que indican un retroceso reciente del glaciar; la línea de las nieves debe hallarse en la falda sur de los cerros a unos 2,700 a 2,800 m. En la falda norte del volcán Planchón, la misma línea está a los 3,200 m. descendiendo los pequeños glaciares solamente hasta unos 3,000 m. En el lado argentino las cifras correspondientes serían según *Gerth* 3,200 y 2,500.

En las épocas glaciales la extensión de los glaciares ha sido igual a la de la región de Santiago. A la salida del río Cachapoal de la Cordillera pueden observarse dos terrazas; una principal, situada unos 50 a 80 m. encima del río, y otra de 6 a 10 m. que más hacia el Este se levanta hasta 20 m. encima del río. La terraza principal que corresponde también a la superficie del valle longitudinal de Rancagua, está en relación con morrenas que, con su estructura muy características, pueden observarse en la estación Urzúa, a 675 m. sobre el mar. En la superficie hay también drumlins y muchos bloques erráticos. Según la situación y según su relación con el cono de rodados del valle longitudinal, debemos considerar estas morrenas como contemporáneas con las de Puente Alto; quiere decir pertenecen a la última época glacial. Igual edad debe tener también la arcilla glacial que se observa en los numerosos cortes del canal de la fuerza de Coya.

Más valle arriba, en la región de los Chacayes y a unos 1,000 m. de altura se hallan grandes morrenas terminales pertenecientes al avance postglacial del hielo; río debajo de estas morrenas aparecen las extensas terrazas de rodados en el valle, mientras que río arriba de ellas el valle tiene forma típica de U.

Más al sur, se encuentran importantes morrenas terminales de la última época glacial, a la salida del río Tinguiririca de la cordillera. En forma parecida a las morrenas del cajón del Yeso, los sedimentos glaciales se han extendido a lo largo del valle, separando el río principal de su afluente austral, del río Claro; ambos ríos corren por más de 12 km. por el mismo valle separados por las morrenas que constituyen una clase de meseta entre dos ríos que tiene el nombre de "Isla de los Briones".

La meseta se compone de arcilla glacial muy típica; la superficie es un poco ondulada, notándose algunos drumlins. La altura de las morrenas en su extremo Oeste es de unos 600 m., hallándose el río unos 50 m. debajo de la superficie de la meseta; pero más al Este, tanto el río Tinguiririca como el Claro han cortado un valle de a lo menos 100 m. de hondura en la morrena.

Las morrenas del avance postglacial se encuentran entre 1,400 y 1,650 m. de altura; detrás de ellas se halla una extensa planicie conocida bajo el nombre de "Vega del Flacco" que corresponde al fondo de un antiguo lago estancado por estas morrenas.

En el lado Argentino, en el valle del río Atuel, había según *Gerth* un glaciar de 35 km. de longitud que terminó a 2,100 m. de altura, estancando con sus morrenas frontales a la laguna del Sosneado. Probablemente se trata de morrenas correspondientes al avance postglacial que conocemos en las cordilleras chilenas.

En la región del río Teno, el glaciar de la penúltima época glacial dejó sedimentos parecidos a las morrenas de piedra pómez de Santiago. Se trata de arcillas glaciales cuyos bloques se componen en su mayor parte de lavas porosas de andesitas; los llamados "Cerrillos del Teno" que a 200 m. sobre el nivel del mar, ocupan gran extensión del valle longitudinal de la región de Curicó, son

drumlins compuestos por este sedimento. Más al interior, al Este de Los Queñes, la misma roca aparece formando un antiguo suelo del valle que se levanta unos 100 m. encima del río.

Sedimentos glaciales de composición normal, que alternan con rodados fluvioglaciales, aparecen a la salida del río Teno de la Cordillera. Pertenecen probablemente a la última época glacial.

Morrenas correspondientes al avance postglacial, las observé a 1,350 m. de altura, frente a la desembocadura de la quebrada de Maitenes. Aguas arriba, el valle presenta las formas típicas de un cajón glacial, mientras que valle abajo, el río ha excavado en partes, profundas angosturas en el fondo del cajón correspondiente a la última época glacial.

Una morrena mucho más moderna es la pequeña loma que ha estancado las lagunas del Teno, situadas al pie del Volcán Planchón, cuyas aguas tienen una altura de 2,570 m. En vista de la situación muy baja de la actual línea de las nieves, en las épocas glaciales, toda depresión de las lagunas debe haber pertenecido a la región del nevado que alimentó el glaciar del Teno.

Ver texto completo en: www.revistas.uchile.cl