

ACERCA DE LA NATURALEZA VOLCÁNICA DEL ACONCAGUA

Por ENRIQUE FOSSA-MANCINI

I. ADVERTENCIA PRELIMINAR

Al redactar esta nota, me veo obligado a emplear ciertos vocablos o expresiones que pueden interpretarse en más de un sentido; creo conveniente, pues, indicar desde un principio cuál es el significado que les atribuyo.

Cuando digo simplemente « volcán », me refiero sólo al aparato volcánico externo, que puede ser más o menos completo, o mutilado, o aun semidestruido; y cuando tenga que aludir a los tiempos en que se manifestó la actividad endógena, añado el calificativo del caso (« activo », « durmiente », « apagado » o « extinguido »).

De las masas estratiformes que, apiladas, suelen constituir volcanes, algunas se han formado por el enfriamiento de corrientes de lava, otras por la acumulación de cenizas, a veces acompañadas por lapilli y ocasionalmente por alguna bomba. En esta nota, llamo « mantos » las masas estratiformes del primer tipo, o sea de origen estrictamente efusivo, y llamo « bancos » las del segundo, de carácter esencialmente piroclástico, reservando los términos « estrato » y « capa », equivalentes entre sí, para designar las unidades estratigráficas elementales de las formaciones sedimentarias. Así, por ejemplo, digo: un manto de andesita, un banco de toba andesítica, un estrato (o capa) de caliza. Y cuando no indico la naturaleza de la roca, doy por sobrentendido que ella es efusiva en los mantos, piroclástica en los bancos, sedimentaria en los estratos o capas. El significado que atribuyo a cada uno de estos términos (manto, banco, estrato, capa) es puramente convencional y, hasta cierto punto, arbitrario; lo justifica, a mi manera de ver, la posibilidad de ahorrar palabras más adelante. Invoco la misma justificación para el empleo, en sentido restringido, de otros vocablos o expresiones que defino en este capítulo.

Llamo « formación volcánica » todo el conjunto de mantos efusivos y de bancos piroclásticos que constituye la mayor parte del Aconcagua.

El origen volcánico de este conjunto es indiscutible, pero esta afirmación no equivale a decir que el Aconcagua es necesariamente un volcán. No son pocos los geólogos que han opinado que este monte debe su forma simplemente a la erosión que, según ellos, ha esculpido la gran mole piramidal en un enorme paquete de mantos y bancos de rocas volcánicas, venido de lejos; de adherirnos a esta teoría, deberíamos admitir que el Aconcagua es el residuo de una porción de una falda de un antiguo volcán de excepcional magnitud que, en un pasado más o menos lejano, surgía en algún lugar relativamente distante.

Cuando empleo la expresión «base sedimentaria», quiero indicar el conjunto de rocas sedimentarias que se halla debajo de la formación volcánica, aflorando en las faldas del Aconcagua y en algunos montes inmediatos.

Por «región del Aconcagua» entiendo todo el territorio que se halla entre el Río de las Cuevas (que se continúa en el Río Mendoza) y el Río de las Vacas (inclusive su sección superior, que corre en la Quebrada Vieja Alta).

En cambio, cuando digo simplemente «el Aconcagua», me refiero a la mole que se levanta a la izquierda del Río A de los Horcones ¹ y que aloja en sus faldas el Glaciar A de los Horcones, el Glaciar Güssfeldt, el Glaciar de las Vacas y el Glaciar de los Relinchos, mientras otro (el Glaciar B de los Horcones) se adentra mucho más en un flanco del monte. Si queremos trazar límites convencionales, podemos hacerlos pasar por el Río A de los Horcones, por su confluencia con el Río B, y por los puntos de depresión máxima de las tres crestas que unen la parte superior del Aconcagua con otros tantos montes que se levantan inmediatamente al Sudeste, al Nordeste y al Noroeste; el último de estos montes es el Cerro Cuerno y los otros dos carecen de nombre, de acuerdo con los mapas que he consultado.

En el siglo pasado se usaba con relativa frecuencia la expresión «Pico de Aconcagua»; la hallamos sobre todo en relatos de viajeros que, mirando muy de lejos, sólo habían podido ver la parte superior del Aconcagua, por quedar el resto oculto detrás de otras montañas de altura considerable. En realidad, el Aconcagua tiene una forma demasiado compleja para que lo podamos considerar, en su totalidad, como «pico», pero esta denominación me parece aplicable a la parte que se eleva por encima de los 5000 metros, pues su forma irregularmente piramidal se aproxima mucho a la de típicos «picos» de los Alpes y de los Cantábricos. El hecho de que el Aconcagua culmina en una cresta con una punta en cada extremo me parece de poca importancia, pues también tiene dos cimas, conectadas por una cresta, el famosísimo pico de Tenerife.

¹ El significado de las letras A y B, mediante las cuales distingo dos glaciares y dos cursos de agua, es aclarado en la página siguiente.

Si, prescindiendo de la existencia de la cresta terminal, comparamos la parte superior del Aconcagua con una pirámide, podemos distinguir cierto número de caras y, naturalmente, otras tantas aristas que las limitan. Nuestra pirámide está lejos de ser regular, pues no sólo sus caras son desiguales, sino también más o menos cóncavas, mientras las aristas son bien prominentes; éstas son peñascosas, aquéllas (salvo una) están cubiertas casi enteramente por acumulaciones de detrito. Apoyándome en la analogía geométrica, en esta nota me refiero a menudo a «caras» y «aristas» del monte, y las distingo indicando su orientación. Así, por ejemplo, digo «cara Oesnoroeste» y «arista Noroeste». Claro está que en lugar de «cara» podría decirse «ladera»; pero me parece conveniente emplear una palabra que indique que la superficie de cada ladera, en el caso del Aconcagua, queda particularmente definida por la presencia de las dos aristas sobresalientes que la limitan. El otro vocablo me parece realmente necesario, por cuanto no he logrado hallar otro término que dé la idea de un angosto relieve riscoso que baja de la cumbre de un monte siguiendo, aproximadamente, una línea de máxima pendiente; los geólogos solemos usar, en este sentido, la palabra «cresta» incurriendo así en manifiesta impropiedad de lenguaje, pues según el Diccionario de la Academia Española esta palabra tiene una sola acepción geográfica, que es: «cumbre peñascosa de una montaña». Esto quiere decir que el Aconcagua (como también cualquier otro monte) sólo puede tener una cresta, que es necesariamente terminal.

Al Oesnoroeste de la cresta terminal del Aconcagua hay un glaciar, llamado de los Horcones y al Sudeste y Sudsudeste de la misma cresta hay otro, que también fué designado de igual manera; es evidente que esta homonimia puede causar confusiones graves. Para tratar de evitarlas, se ha pensado en agregar calificativos, a veces antagónicos, como «occidental» y «austral» (Conway, 1902, 55, 56), «posterior» y «anterior» (Schiller, 1907, lám. XLV), «superior» e «inferior» (Reichert, 1927, *Carta de conjunto*; Sekelj, 1944, mapa); pero puede obtenerse el mismo resultado de una manera más sencilla, añadiendo una sola letra, como ya lo hizo Fitz Gerald (1898, mapa; 1899, mapa), quien llamó «Glaciar A» el que se halla al Oesnoroeste de la cumbre y «Glaciar B» el que está al Sudsudeste. En esta nota adopto estas denominaciones.

Cada uno de estos dos glaciares alimenta un curso de agua que corre en un valle; ambos ríos y ambos valles han recibido varios nombres, que corresponden a los elegidos para los glaciares por los distintos autores. Aplicando el mismo criterio, en esta nota llamo «Río A» y «Río B» los cursos de agua que salen del Glaciar A y del Glaciar B, respectivamente, y llegan hasta el punto de su confluencia; y cuando digo simplemente «Río de los Horcones», me refiero al curso de agua que se forma

por la unión de aquéllos y luego desemboca en el Río de las Cuevas cerca de Puente del Inca. Naturalmente, designo los valles mediante expresiones análogas.

Las hojas « Puente del Inca » y « Punta de Vacas », en la escala de 1 : 50.000, edición 1941, de la *Carta Topográfica de la República Argentina* del Instituto Geográfico Militar indican que el Río de los Horcones es uno de los afluentes del Río de las Cuevas, y que el Río de las Cuevas llega hasta la desembocadura del Río Tupungato o hasta la del Río de las Vacas ; en cambio, en la pág. 94 del *Anuario Geográfico Argentino*, año 1941, del Comité Nacional de Geografía, se lee que la confluencia del Río de las Cuevas con el Río de los Horcones es el nacimiento del Río Mendoza. Obligado a escoger, me atengo al uso del Instituto Geográfico Militar, que oficialmente (Decreto N°. 8944, del 2 de septiembre de 1946) es la autoridad máxima en asuntos de cartografía y toponimia.

Para mejor aclaración de denominaciones convencionales o ambiguas pueden servir los estereogramas (láms. I y II) que he preparado utilizando principalmente el mapa trazado por Weller (en Fitz Gerald, 1898), pero rectificando el error de orientación de que adolece. El mapa de Weller no tiene pretensión alguna de exactitud ; por mi parte, en atención al fin puramente demostrativo que atribuyo a estos estereogramas, no he titubeado en esquematizar ciertos rasgos topográficos que ya son bastante llamativos en el mapa de Weller, así que el fruto de mi labor de ilustrador es una especie de caricatura del Aconcagua y del terreno que lo rodea.

II. ORIGEN DE DOS ERRORES

Visto de lejos, desde el Este (por ejemplo, desde las alturas del Paramillo de Uspallata) o desde el Oeste (por ejemplo, desde el puerto de Valparaíso), el Pico del Aconcagua se destaca muy netamente, sobresaliendo por encima del nivel de las cumbres circunstantes. No pocos conos volcánicos notoriamente activos se elevan de igual manera sobre el nivel de las llanuras o de las mesetas en que tienen sus bases. Es natural, pues, que ya en tiempos remotos se haya pensado que el Aconcagua puede ser un volcán, aun sin tenerse noticia alguna de erupciones o de emanaciones. Por otra parte, apariencias falaces han dado, a veces, la impresión de que se hallara en plena actividad.

A la luz del día es imposible confundir, desde el Paramillo de Uspallata o desde Valparaíso, el Pico del Aconcagua con otros montes ; pero es posible que, vistas de lejos, masas de nieve levantada por viento impetuoso parezcan penachos de humo. De noche, sin la ayuda de la brújula o de puntos de referencia fijos (luminosos o iluminados), es fácil que uno se

desorienta e incurra en errores al estimar rumbos, por cuanto la disposición de las constelaciones en el cielo austral no favorece la determinación, sin instrumentos, de la dirección del meridiano. A un caso de desorientación nocturna debemos la difusión de una idea completamente equivocada.

El 20 de enero de 1835, antes del amanecer, el capitán de un buque fondeado en el puerto de Valparaíso despertó a uno de sus pasajeros para enseñarle un volcán en erupción, creyendo que fuera el Aconcagua. Este pasajero (un comerciante británico, de apellido Byerbache, que se había arraigado en Valparaíso) conversó con Darwin, algunos meses después, y le contó el episodio; y Darwin atribuyó gran importancia a la noticia, no sólo porque sabía que el Aconcagua normalmente no da indicio alguno de actividad volcánica, sino también porque en la misma noche entre el 19 y el 20 de enero de 1835, hallándose en la bahía de San Carlos de Chiloé, había presenciado una breve y violenta erupción del Volcán Osorno y porque le parecía lógico que los paroxismos de dos o más volcanes de la Cordillera fueran simultáneos (Darwin, 1839, 356; 1840, 610, 611; 1860, 319, 320).

Lo que actualmente sabemos nos obliga a suponer que el capitán del velero y el señor Byerbache, no dándose cuenta en la obscuridad de la noche de la posición de las montañas visibles desde el puerto de Valparaíso, confundieron el Tupungatito, que es realmente un volcán activo, con el Aconcagua, que se halla unos noventa kilómetros más al Norte. La distancia angular entre los dos montes, para observadores situados en Valparaíso, es de unos treinta grados.

Darwin no tenía motivos para dudar de la exactitud de la noticia que le había dado su compatriota; por consiguiente, se sintió seguro de que el Aconcagua es un volcán activo y lo afirmó tanto en una comunicación, hoy casi olvidada, que leyó en 1838 ante la Sociedad Geológica de Londres, como en dos obras que tuvieron extraordinaria difusión. La primera de éstas (*Journal and Remarks. 1832-1836*) apareció en 1839, y la otra (*Geological Observations in South America*) en 1846; de ambas se hicieron luego nuevas ediciones (a veces modificando los títulos) o simplemente reimpressiones, y también traducciones a varios idiomas. Mediante estas dos obras y con su merecida fama de investigador concienzudo y cauteloso, Darwin contribuyó más que cualquier otro a difundir un concepto completamente falso. Para dar una idea de la influencia que ha tenido la opinión de Darwin, recuerdo que un distinguido ingeniero británico, que por haber dirigido la expedición que en 1871 y 1872 estudió el trazado para el ferrocarril transandino había tenido ocasiones de ver de cerca el Aconcagua, afirmaba que este monte «must be described as a volcano, dormant if you will», fundándose únicamente en la «unpeachable authority» de Darwin (Crawford, 1884, 248, 249).

Otro error igualmente grave tiene su origen en una generalización arbitraria, fundada en observaciones intrínsecamente exactas pero incompletas.

A mediados del siglo pasado, Pissis, a quien el gobierno de Chile había confiado la dirección de importantísimos trabajos geodésicos y topográficos, tuvo oportunidades de acercarse al Aconcagua y entonces se dió cuenta de que este monte no presenta los caracteres exteriores de un volcán típico; además, comprobó que su base está formada por rocas sedimentarias y notó, observando con el antejo, que aun en su parte superior hay un estratificación neta y relativamente regular. Olvidando que ciertas rocas volcánicas y casi todas las rocas piroclásticas suelen presentarse estratificadas, ya en 1852, en su *Descripción geográfica y geológica de la Provincia de Aconcagua*, Pissis afirmaba rotundamente que la montaña homónima no es de origen volcánico, sino que está constituida enteramente por rocas sedimentarias; posteriormente volvió a expresar varias veces, en diversas publicaciones, la misma opinión y en la forma más categórica. En su *Geografía Física de la República de Chile*, publicada en 1875, representó el Aconcagua como un macizo esculpido en una potentísima serie de estratos, aparentemente en concordancia, que pertenecerían en parte al Triásico y en parte al Paleozoico superior. Ocho años después quedó comprobado que el Aconcagua está constituido principalmente por rocas de origen volcánico. La interpretación de Pissis perdió así su mejor fundamento y, como tantos otros frutos de generalizaciones arbitrarias de resultados de observaciones insuficientes, ha caído rápidamente en el olvido, después de haber pasado por indiscutible, en Chile, durante unos treinta años. La autoridad de Pissis era tal, que el eminente geógrafo Barros Arana (1871, 46) no vacilaba en afirmar que quien dice que el Aconcagua es un volcán extinguido incurre en un «error sin fundamento alguno». Veremos más adelante que la opinión tan severamente juzgada por Barros Arana puede ser sostenida aun hoy, y con argumentos de peso.

A Pissis debemos reconocerle el mérito de haber señalado que la forma del Aconcagua difiere notablemente de la de los volcanes activos. Queda por ver si este monte de forma tan notable representa o no las ruinas de un antiguo volcán. A este propósito recuerdo las prudentes palabras de Asta Buruaga (1867, 4), quien, refiriéndose al Aconcagua, así se expresó: «Por su estructura y formas exteriores no indica que sea un volcán apagado como se le llama, pues no es más que un macizo colosal, anguloso y quebrado». Presentada en estos términos, la afirmación del ilustre geógrafo chileno puede ser aceptada, con tal que no se niegue que antiguos volcanes pueden haber perdido completamente, por efecto de intensa y prolongada denudación, su aspecto originario. Seguramente no pensó en esta posibilidad Burmeister (1875, 226; 1876, 367) cuando aseveró que el Aconcagua, por el simple hecho de que

termina en dos puntas, no puede ser un monte de origen volcánico.

En el tiempo en que escribía Burmeister, ya estaba comprobado que el Pico de Aconcagua no es un volcán activo (como lo creía Darwin) y tampoco puede ser un volcán durmiente; pocos años después, un animoso explorador llegó hasta las inmediaciones de la cumbre y al regresar trajo muestras de rocas volcánicas recogidas por él en la parte superior del monte, demostrando así que (contrariamente a lo aseverado por Pissis) el Aconcagua no está formado totalmente por rocas sedimentarias. Pero, aun después de haberse descubierto el error de Darwin y el de Pissis, los conocimientos acerca de la geología del Aconcagua seguían siendo sumamente escasos; y hoy mismo quedan muchos puntos por aclarar. Casi toda la información científica concreta que poseemos es fruto de exploraciones efectuadas en los años 1883, 1897 y 1898 por cinco geógrafos (Güssfeldt, Fitz Gerald, Vines, Lightbody y Conway) y en los años 1906 a 1909 por un geólogo (Schiller).

III. CONTRIBUCIONES DE GEÓGRAFOS EXPLORADORES ALPINISTAS

Güssfeldt intentó subir hasta la cumbre del Aconcagua en febrero de 1883 y repitió la tentativa en el mes siguiente; no tuvo la suerte de llegar hasta la cima, pero pudo hacer igualmente observaciones de capital importancia.

Le llamaron particularmente la atención la estructura en pirámide escalonada (« terrassenartig ») de la cara Oesnoroeste y la variadísima constitución litológica de la arista Noroeste, por la cual ascendió. A unos 5300 metros de altura vió grandes peñas de conglomerado arenáceo gris; más arriba, capas de arenisca, entre gris y verdosa; luego una formación con calizas y yeso, encima de la cual descansan, a unos 6000 metros de altura, unos mantos de roca roja, con aspecto de pórfido; en altura algo mayor, a estas rocas se sobreponen otras de color amarillento o blanquecino; aun más arriba, surgen algunos peñascos blancos de en medio del detrito gris que evidentemente procede de rocas que afloran en mayor altitud. Cuando ya había llegado al pie de los peñascos blancos (6560 metros de altitud), Güssfeldt se vió obligado a regresar; pero desde allí notó que la parte superior del monte está formada por rocas de color rojo (Güssfeldt, 1888, 291-296, 322-326).

Naturalmente, después de haber visto que un flanco del Aconcagua se asemeja a una gradería, constituida por masas estratiformes aproximadamente horizontales, de colores variados y en parte vivos, Güssfeldt pensó que el Aconcagua no es ningún volcán, y así lo dijo en una nota que apareció en septiembre de 1883 en la revista de la Sociedad Geográfica de Berlín. Pero en el número siguiente de la misma revista, que sa-

lió tres meses después, se pudo leer un brevísimo artículo, titulado *Das Aconcagua - Ein Vulkan*, mediante el cual Güssfeldt rectificaba su opinión anterior, diciendo que algunas muestras de rocas, recogidas por él en el Aconcagua entre 5500 y 6100 metros de altitud, habían sido examinadas por Justus Roth, y que éste había comprobado de una manera indiscutible su naturaleza volcánica. De esto, Güssfeldt sacó la conclusión de que el Aconcagua es un volcán, aunque su forma no lo indique, y que sus tres cúspides pueden ser tres puntas del borde de un cráter de gran tamaño. El año siguiente, en la revista de la Sociedad Alpina Austriaco-alemana, Güssfeldt agregaba que, por no haber logrado llegar hasta la cima, no había podido cerciorarse de la existencia del cráter, pero que la naturaleza volcánica del Aconcagua había sido demostrada definitivamente « por una autoridad de primer orden, el académico Justus Roth ».

Los resultados de las observaciones petrográficas de Roth están consignados en las Actas de la Real Academia Prusiana de Ciencias (1885, 285); pero el título de su comunicación puede inducir a error, por cuanto alude únicamente a rocas coleccionadas en Chile por el doctor Güssfeldt. Este estudio petrográfico de Roth fué luego reproducido tal cual en el libro de Güssfeldt (1888, 462-465).

La expedición británica dirigida por Fitz Gerald exploró la región del Aconcagua en diciembre de 1896 y en los primeros cinco meses de 1897. Fitz Gerald no pudo llegar hasta la cumbre, pero otros tres miembros de la expedición consiguieron hacerlo: el 17 de enero de 1897 el guía Zurbruggen llegó hasta la punta más alta, pero no vió casi nada, por haberse desencadenado una tormenta local; exactamente un mes después Stuart Vines y el guía Lanti repitieron la hazaña y tuvieron la suerte de hallar tiempo bueno y aire diáfano. Catorce años antes, Güssfeldt pudo suponer que tal vez hubiera un cráter, por cuanto él había visto el Aconcagua sólo desde el Norte y el Noroeste; pero Vines y Lanti, ya antes de llegar a la cima, notaron que el Aconcagua culmina en una cresta con tres puntas (la posición y altitud de estas tres puntas había sido determinada trigonométricamente por Güssfeldt) y que inmediatamente al Sudeste de la cresta no hay ningún cráter, sino un enorme precipicio limitado lateralmente por dos aristas de roca entre las cuales, más abajo, se aloja un glaciar de considerable magnitud. Gracias a este descubrimiento, los miembros de la expedición Fitz Gerald tenían aun más motivos que Güssfeldt para asegurar que el Aconcagua no se asemeja en nada a un cono volcánico (Fitz Gerald, 1898, 474-478).

Vines, al regresar al campamento base, trajo algunas muestras de rocas que había recogido en la cumbre y en varios otros puntos de la parte superior del Aconcagua. Estas muestras, juntamente con otras recolectadas en altitudes menores por Fitz Gerald, fueron remitidas a Bonney

para su estudio. Bonney vió que la roca de la cumbre es una andesita anfibólica y de esto infirió que el Aconcagua es un volcán cuyo cráter ha desaparecido. A su juicio, la cumbre actual (o, mejor dicho, la cresta que lleva las tres puntas) podría ser o un filón que atravesaba la pared del antiguo cráter, o bien una parte de la columna de lava que se había consolidado en su fondo. En este caso, según observa Bonney, el cráter habría desaparecido totalmente y su antiguo fondo constituiría, ahora, la parte más alta del monte, lo cual significa que el antiguo volcán se elevaba por lo menos unos trescientos metros (y probablemente mucho más) por encima del nivel de la cumbre actual del Aconcagua (Bonney, 1898, 491). Posteriormente el eminente investigador volvió a referirse, en dos trabajos que aparecieron en el año 1899, a las rocas del Aconcagua recolectadas por la Expedición Fitz Gerald. Uno de estos trabajos es una breve nota, publicada en el *Geological Magazine*, en la cual hay una descripción petrográfica sucinta de la andesita anfibólica de la cumbre del Aconcagua, acompañada por un análisis químico de la misma roca, hecho por R. W. Gray. El otro trabajo, más extenso, está incorporado como apéndice en el libro de Fitz Gerald (1899, 311-332); contiene, entre otras cosas, la descripción de varias rocas de la parte más alta del Aconcagua (tres andesitas anfibólicas y una andesita, o toba andesítica, piroxénica), el análisis de Gray, e interesantes conclusiones finales. Según Bonney, la ausencia de muestras de lava escoriácea o netamente vesicular indica que el Aconcagua se ha formado mediante la sobreposición de una serie de corrientes sucesivas de lava (como el Mauna Loa) y no por efecto de erupciones de tipo explosivo.

Bonney examinó también otras muestras de rocas recogidas por miembros de la expedición Fitz Gerald en las faldas del Aconcagua, en los valles A y B, y en el de los Horcones; vió que entre ellas había muchas de yeso y de caliza, como también muchos fragmentos de rocas volcánicas que pueden proceder tanto de mantos que afloran en la parte alta del monte, como de filones que afloran en los valles. El título de la contribución petrográfica de Bonney insertada en el libro de Fitz Gerald es algo inexacto, pues dice: « Notes in the specimens collected in the *Chilian* Andes by members of the Fitz Gerald expedition ». Otro apéndice a la misma obra se titula, con igual impropiedad, « Notes on the fossils from the *Chilian* Andes collected by Mr. Fitz Gerald's expedition »; es un breve estudio paleontológico de Crick sobre unos pocos fósiles de las calizas que afloran en el valle de los Horcones y en el flanco oriental del Cerro Tolosa. Según Crick, uno de los ejemplares que examinó se asemeja a una nota especie del Jurásico medio, y los demás son comparables con especies ya conocidas del Jurásico superior.

Breve fué el tiempo que Sir Martin Conway pasó en la región del Aconcagua. Partió de Puente del Inca el 3 de diciembre de 1898. El día

4 llegó al borde del Glaciar A. En los días siguientes realizó la ascensión en tres etapas, llegando el día 7 hasta un punto de la cresta terminal situado muy cerca de la cima; cuando sólo le faltaban pocos minutos para alcanzar la cúspide, emprendió el regreso y bajó rápidamente hasta el borde del Glaciar A, adonde llegó antes del anochecer, el mismo día 7. En la tarde del 8 estaba nuevamente en Puente del Inca. Es admirable la cantidad de cosas de interés geológico que en pocos días supo ver Conway (quien era, ante todo, un crítico de arte y profesor de bellas artes en la Universidad de Cambridge); no menos notable es la habilidad con que expuso sus deducciones, en términos sencillos y claros. Entre los asuntos de que trató, recuerdo los siguientes: naturaleza volcánica del Aconcagua; aproximada horizontalidad de los mantos y bancos que lo constituyen; neta discordancia entre la formación volcánica y los estratos (casi verticales en el lugar donde Conway los vió aflorar) de la base sedimentaria; acción de la intemperie sobre las rocas del Pico, con producción continua de detrito que va progresivamente desmenuzándose siempre más; extensión de los glaciares A y B en el Holoceno y extensión de un glaciar mucho mayor, que en el Pleistoceno descendió por el Valle de los Horcones; distribución y composición de las morenas de estos glaciares; origen de los campos de «nieve penitente» (Conway, 1902, 55, 56, 63-72, 80-83, 105).

Se entiende que durante una excursión tan rápida Conway no tuvo tiempo para coleccionar ordenadamente muestras de las rocas que veía aflorar; lo único que pudo hacer, y lo hizo, fué recoger en la cara Oesno-roeeste numerosos fragmentos de roca de los que forman la gran acumulación inestable de detrito. Cuando regresó a Inglaterra, los dió a Bonney para que los estudiara (Conway, 1899, 26; Bonney, 1901, 377-383).

Un ligero examen petrográfico indicó que casi todos estos fragmentos de roca son trozos de andesita (antibólica o piroxénica), a veces muy alterada, y que ninguno de ellos presenta marcada estructura vesicular. «Es notable — escribía Bonney — la ausencia general de escoria, especialmente en una montaña tan alta. Seguramente el Aconcagua ha sufrido mucho los efectos de la denudación y los materiales livianos, que difícilmente faltaron en la composición de su cráter, han sido barridos. Pero, aun tomando esto en cuenta, las corrientes de lava deben haber predominado mucho sobre las cenizas, por lo menos en la parte examinada por los señores Fitz Gerald, Vines y Conway, en la cual la variedad más abundante es una andesita con hornblenda». De estas palabras de Bonney resulta evidente que el estudio de las muestras recogidas por Conway no había modificado sus opiniones anteriores, sino que le había proporcionado nuevos datos para corroborarla.

Observo, de paso, que esta vez Bonney había dado a su contribución un título correcto, aunque un tanto vago (*Notes on rocks collected by Sir*

W. M. Conway during his expeditions in the Andes); desgraciadamente, ella apareció, como apéndice, en el libro de Conway sobre los Andes de Bolivia y, por esta razón, no atrajo la atención de los cultores de la geología de la Cordillera mendocina.

IV. CONTRIBUCIONES DE SCHILLER

En la región del Aconcagua, Schiller hizo observaciones de suma importancia en los años 1906 a 1909. Los exploradores que lo habían precedido (Güssfeldt, Fitz Gerald, Vines, Lightbody y Conway) tenían más inclinación para las operaciones geodésicas y topográficas que preparación en el campo de la geología. En cambio, Schiller, aunque muy joven, ya había evidenciado singulares aptitudes al llevar a cabo el levantamiento geológico de una difícilísima región de los Alpes y por consiguiente, se hallaba en condiciones favorables para abordar el estudio de la constitución y de la estructura del Aconcagua. Desgraciadamente sus investigaciones no resultaron tan completas como él lo deseaba, porque el mal tiempo frustró todas sus tentativas de escalar la porción terminal del monte.

En una nota preliminar publicada en 1907, Schiller hizo conocer los principales resultados de una rápida excursión efectuada en marzo de 1906, durante la cual ascendió por la arista Noroeste hasta unos 6200 metros de altitud. Dijo Schiller que logró ver que desde la altura de 6000 metros, aproximadamente, hasta la cima, el Aconcagua está constituido por una serie de bancos o mantos relativamente delgados y aproximadamente horizontales, a veces con indicios de una especie de estratificación cruzada, y que en su mayor parte son de color rojo o pardo rojizo, habiendo otros amarillentos, verdosos, grises y blancos. Schiller agregó que muchos de ellos (especialmente entre los pardos y los grises) le parecieron formados por andesita, pero hizo presente que no siempre es prácticamente posible distinguir una andesita de una porfírita; ni podría ser de otra manera, por cuanto los geólogos y petrógrafos del continente europeo, como también sus imitadores de la América Latina, suelen mantenerse fieles a la vieja distinción basada en la edad geológica; para ellos, todas las andesitas son del Cuaternario o del Terciario y todas las porfiritas son más antiguas, sin que haya necesariamente diferencias en la composición mineralógica o en la textura. Schiller no sabía si las rocas volcánicas de la parte más alta del Aconcagua son del Terciario o del Mesozoico y, por consiguiente, si debía llamarlas andesitas o porfiritas.

Debajo de este conjunto de mantos o bancos relativamente delgados,

Schiller observó otra serie de rocas andesíticas (o porfiríticas en el caso de ser anteriores al Terciario), en la cual predominan tobas grises, verdosas o parduscas, que parecen netamente estratificadas, especialmente cuando uno las mira de lejos. En ciertos trechos de la arista Noroeste, vió que las andesitas (o porfiritas) están asociadas con rocas de otro tipo, que le parecieron traquitas (u ortófros) y liparitas (o pórfidos cuarcíferos). Notó Schiller que esta formación constituída principalmente por andesitas (o porfiritas) se apoya encima de un conjunto de capas de areniscas rojas, conglomerados y brechas, que a su vez descansa sobre otro en que predominan yeso y calizas; y comprobó que en las calizas hay horizontes fosilíferos. Schiller no ignoraba que unos pocos fósiles de esta formación, recolectados por miembros de la expedición Fitz Gerald, ya habían sido examinados por Crick y que éste había reconocido que se asemejan mucho a ciertas formas descritas con anterioridad y que pertenecen seguramente al Jurásico superior y (en un caso) al Jurásico medio.

En la misma nota preliminar publicada en 1907, Schiller expuso seis razones por las cuales no podía considerar el Aconcagua como un verdadero volcán: 1º, la forma de este monte no es la que caracteriza los volcanes; 2º, faltan por completo, al parecer, lavas vesiculares; 3º, las supuestas nubes de vapores y gases volcánicos emitidas por el Aconcagua eran simplemente nieblas o bien masas de nieve pulverulenta, levantadas por el viento en remolinos; 4º, las rocas que constituyen el Aconcagua son, principalmente, tobas andesíticas (o porfiríticas), que en su opinión ya existían antes del plegamiento de la Cordillera que se produjo en la segunda mitad del Terciario; 5º, no se conoce indicio alguno de la existencia de un orificio (cráter propiamente dicho o simple hendidura) de donde haya podido salir el magma después del plegamiento andino; 6º, los únicos testimonios de actividad magmática posterior a las erupciones de andesita (o porfirita) son vetas de azufre y de yeso, no teniéndose noticias de la existencia de fumarolas o solfataras activas en tiempos históricos.

En substancia, Schiller afirma implícitamente que el Aconcagua no es un volcán activo, ni un volcán durmiente, ni un volcán que se ha apagado en tiempos relativamente recientes; pero, aunque no lo dice, deja entender que es lo que queda de un volcán que se apagó en un tiempo bastante remoto y precisamente, a su manera de ver, antes del plegamiento de la Cordillera.

Después de nuevas excursiones en la región del Aconcagua, realizadas en los años 1907, 1908 y 1909, Schiller presentó a la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología de la Nación, a principios de 1910, su memoria sobre la Alta Cordillera de San Juan y Mendoza, que

luego fué publicada en 1912 en los Anales del Ministerio de Agricultura. También esta memoria tiene, como lo advierte Schiller en la primera página, el carácter de un estudio preliminar; él hacía notar que necesariamente pasarían varios años antes de que pudiera presentar una exposición completa de los resultados de sus investigaciones, tanto más cuanto que había que esperar que especialistas como Weinschenk y Pompeckj (que se habían ofrecido para estudiar las muestras de rocas y los fósiles recolectados por Schiller) comunicaran las conclusiones de sus estudios. El estallido de la primera guerra mundial y otras circunstancias, que Schiller no podía prever, le impidieron llevar a efecto su propósito y, por consiguiente, la exposición completa de sus investigaciones en la Alta Cordillera de San Juan y Mendoza nunca fué escrita. Por otra parte, Weinschenk y Pompeckj no se ocuparon, que yo sepa, de la determinación de las muestras de rocas y de los fósiles coleccionados por Schiller.

En la obra de Schiller que apareció en 1912, los datos más interesantes sobre la estratigrafía del Aconcagua están condensados, en forma tabular, en las primeras dos páginas de un extenso cuadro sinóptico titulado «Perfil combinado de la serie de rocas en Puente del Inca»; las mejores indicaciones acerca de la interpretación de las condiciones tectónicas se hallan en el «Perfil perspectivo» de la lámina V y en los transparentes sobrepuestos a dos reproducciones de fotografías (figuras 15 y 17 de la lámina XVII).

El «Perfil Combinado» nos dice que el Aconcagua está formado esencialmente por un conjunto de rocas efusivas (entre las cuales predomina una «andesita-porfirita») y de las tobas correspondientes; el espesor total de este conjunto es de unos 3000 metros. Las andesitas-porfiritas y sus tobas engloban a menudo fragmentos, y a veces aun masas voluminosas, de rocas más antiguas. Todo el conjunto está cruzado por filones de traquita.

Creo necesario, a esta altura, volver sobre una cuestión de nomenclatura a que ya me he referido brevemente.

Las expresiones «andesita-porfirita» y «porfirita-andesita», empleadas por Schiller para indicar el tipo de roca que predomina en el Aconcagua, se justifican por su finalidad de poner de relieve la incertidumbre de su posición cronológica. Efectivamente, según los criterios de la escuela petrográfica alemana (que aun hoy prevalecen en el continente europeo y en la América del Sur) decir que una roca de cierto tipo es una andesita equivale a afirmar que es del Cuaternario o del Terciario, y decir que es una porfirita equivale a aseverar que es más antigua. Pareciéndome absurda esta práctica de designar las rocas volcánicas con nombres diferentes de acuerdo con su edad (que en muchos casos ignoramos) y no únicamente de acuerdo con su composición y textura (que siempre

podemos averiguar), prefiero la costumbre de los petrógrafos y geólogos de habla inglesa; según ellos, el término « porfrita » debe reservarse, independientemente de toda consideración de índole cronológica, para rocas magmáticas de la familia de las dioritas y de las andesitas que, por su textura, se diferencian de aquéllas y de éstas, presentando caracteres intermedios. Este método objetivo y racional parece destinado a difundirse también en la Argentina, a pesar de la tendencia conservadora del ambiente. Pocos años atrás lo aplicó De Benedetti en el capítulo petrográfico incluido en estudio geológico de Harrington sobre las Sierras de Villavicencio y de Mal País; en previsión del efecto que tal innovación causaría a los numerosos misonéistas, Harrington tomó la precaución de acompañar cada determinación de De Benedetti con una notita que dice qué término le corresponde en la terminología continental europea.

Las razones que he dado en el párrafo anterior me autorizan, a mi modo de ver, a prescindir de seguir empleando la doble denominación usada por Schiller. Además llamaré simplemente « formación volcánica » el potente conjunto de mantos de andesita y de bancos de tobas andesíticas que constituye casi en su totalidad la ingente mole del Aconcagua; no quiero aplicarle el calificativo que corresponde al tipo litológico, por cuanto la denominación de « serie andesítica » ya ha sido dado a una entidad estratigráfica cuya equivalencia con la formación volcánica del Aconcagua ha sido negada por el mejor conocedor de la estratigrafía de la Cordillera Mendocina (Groeber, 1929, 79).

Schiller observó que la enorme pila de mantos y bancos de la formación volcánica se apoya, en evidente discordancia, sobre un espeso conjunto sedimentario cuyos estratos han sido caprichosamente doblados en pliegues muy apretados y lacerados por dislocaciones de considerable magnitud. A pesar de estas complicaciones, Schiller logró reconocer la sucesión estratigráfica normal que, en orden descendente, podemos resumir de esta manera: 1°, pizarras arcillosas con muchas intercalaciones de yeso; 2°, areniscas y conglomerados de color pardo o rojo; 3°, calizas, que a veces contienen fósiles determinables; 4°, areniscas y conglomerados, de color verde y rojo; 5°, grandes masas de yeso. Schiller refirió al Oxfordiano o al Kimmeridgiano el grupo sedimentario 5°; al Kimmeridgiano o al Titoniano al grupo 4°; al Neocomiano el grupo 3°; y a pisos indeterminados del Cretácico los grupos 2° y 1°, cuya posición cronológica no podía indicar con seguridad, por no haber logrado hallar fósiles en ellos. Es evidente que, si es discutible la edad de estos dos grupos sedimentarios, aun más dudosa ha de ser la edad de la formación volcánica, que está separada del grupo 1° por una discordancia marcadísima causada por el plegamiento de los estratos de pizarra arcillosa. Según Schiller, la formación volcánica del Aconcagua puede referirse al

Cretácico superior o al Terciario inferior; los filones de traquita serían, probablemente, del Terciario superior.

En la memoria publicada en 1912, Schiller menciona varios tipos de dislocaciones (pliegues tumbados y estirados, fallas inversas, estructuras en escamas, cobijaduras) notadas por él en la región del Aconcagua. El «Perfil perspectivo» de la lámina V indica que estas dislocaciones complican notablemente la estructura de la base sedimentaria, sin tener influencia apreciable sobre la disposición de los mantos y bancos de la formación volcánica; las fallas inversas, las escamas y los corrimientos parecen limitados a una zona relativamente próxima al Río de las Cuevas y, por consiguiente, algo distante del Aconcagua.

V. RELACIONES ENTRE LA FORMACIÓN VOLCÁNICA Y LA BASE SEDIMENTARIA

En la falda Sudoeste del Aconcagua es muy llamativo (como ya lo notó Conway y lo documentó luego Schiller publicando una excelente fotografía) el contraste entre la posición aproximadamente horizontal de los mantos y bancos de la formación volcánica y los buzamientos extraordinariamente fuertes de las capas de la base sedimentaria. Quien no tenga ideas preconcebidas acerca de la edad de la formación volcánica puede explicar este contraste de una manera sumamente sencilla: basta suponer que las erupciones de andesita sean posteriores a la última fase de plegamiento intenso de la Cordillera. Es evidente que, de producirse un nuevo plegamiento después de las erupciones, los pliegues ya existentes en la base sedimentaria se habrían acentuado, modificando necesariamente la forma de la superficie de discordancia, en cuyo caso los mantos de andesita y los bancos de toba no habrían podido conservar su posición aproximadamente horizontal.

Ya me he referido muchas veces, en esta nota, a la aproximada horizontalidad de los mantos y bancos de la formación volcánica del Aconcagua, invocando la autoridad Güssfeldt, de Conway y de Schiller, pero esto no equivale a decir que *toda* la masa volcánica del Aconcagua presenta una especie de estratificación horizontal. En realidad, creo que no pocos de aquellos mantos y bancos, aun hallándose en posición horizontal o casi horizontal *en la mayor parte* de los afloramientos, se presentan con buzamientos bastante fuertes en cierta parte, visible pero inaccesible, del monte.

En las publicaciones que he consultado no he hallado ningún dato preciso acerca de la orientación de estos mantos, o bancos, en tal o cual lugar. Es posible que nadie se haya tomado la molestia de determinarla

mediante la brújula y el clinómetro, por cuanto en los lugares accesibles se nota de inmediato que los buzamientos son sumamente suaves, si no nulos; por otra parte en una formación volcánica no hay que esperar un paralelismo perfecto de las superficies límites de las masas estratiformes, así que diferencias de pocos grados resultan despreciables.

En alta montaña los afloramientos accesibles constituyen la excepción, los inaccesibles la regla. Afortunadamente, quien compare un número suficiente de buenas fotografías sin olvidar ciertos principios elementales de perspectiva, puede formarse una idea de la orientación de las superficies de estratificación cuyas trazas son visibles en los flancos inaccesibles de una montaña.

Tanto en dibujos esquemáticos de Schiller (1907, lám. XLVI; 1912, lám. V) como en fotografías del Aconcagua tomadas desde el Sudeste por el propio Schiller (1912, lám. XVII, figs. 15 y 17) y por Reichert (1929, 57), los mantos y bancos de la formación volcánica parecen suavemente arqueados, como si correspondieran al fondo de un sinclinal ancho y regular. Comparando varias vistas fotográficas, he tenido la impresión de que esta apariencia es tanto más pronunciada cuanto menor era la distancia entre el monte y el fotógrafo. Esto me hace sospechar que se trate de una simple ilusión de perspectiva causada por el fuerte desnivel y por la marcada concavidad de la cara Sudsudeste. Presenta un aspecto análogo cualquier vista de un sector de anfiteatro tomada desde un punto bajo de su interior: en una tal fotografía las gradas del anfiteatro aparecen como otros tantos arcos y cuanto más alta es la posición real de la grada, tanto más acentuada es la curvatura de su imagen. En el caso de la fotografía del sector de anfiteatro esta apariencia no engaña a nadie, porque todos ya saben por experiencia que la superficie superior de cada grada es plana y horizontal; en el caso de las montañas, las ilusiones de perspectiva no se dejan reconocer tan fácilmente.

En fotografías del Pico tomadas desde puntos relativamente elevados situados unos doce kilómetros al Oeste de la cima (Portezuelo de los Contrabandistas, 4380 metros) y seis kilómetros y medio al Noroeste (Portezuelo del Penitente, 4970 metros), la curvatura aparente de los mantos es apenas perceptible; me refiero a dos vistas publicadas por Conway (1902, al principio del libro) y por Güssfeldt (1888, 472), respectivamente. De aceptarse la explicación que he dado en el párrafo anterior, este aspecto es perfectamente normal, por cuanto las caras Oesnoroste y Norte, que aparecen en estas dos vistas, no presentan concavidades tan acentuadas como la de la cara Sudsudeste.

Inmediatamente al Oeste y Noroeste de la cresta terminal, la horizontalidad de los bancos es casi perfecta. Lo atestigua una fotografía tomada por Lightbody, desde una altura de casi 6000 metros, mirando hacia el

Sudeste (Fitz Gerald, 1899, lámina frente a la página 91). Claro está que hay que tener prudencia en la interpretación de las fotografías que, como ésta, han sido tomadas desde laderas de fuerte pendiente mirando hacia arriba, porque a veces ocurre que el fotógrafo incline el aparato para poder incluir en la vista objetos muy elevados que sobresalen por encima de la cuesta. Puedo citar como ejemplo cierta fotografía de la misma cresta terminal del Aconcagua, también tomada mirando hacia el Sudoeste desde la misma ladera, pero a mayor altura (6700 metros) y por consiguiente más de cerca, por E. Sundt en 1915; está reproducida en el libro de Reichert (1929, 93, figura superior). La fotografía de Sundt, aunque deja reconocer las cuatro peñas centrales de la vista de Lightbody, da la impresión de que ellas están formadas por espesos mantos, o bancos, que presentan un buzamiento no despreciable hacia el Sudeste. Creo que es una ilusión, causada por haber el fotógrafo apuntado el objetivo unos quince grados, por lo menos, arriba del horizonte; lo indica el aspecto de la ladera cubierta de detrito que se observa en primer término y cuya pendiente parece relativamente suave, aunque sabemos que es tan escarpada que el detrito es extraordinariamente movedizo, dificultando enormemente la ascensión (el ángulo de reposo, o ángulo límite, de una masa de detrito anguloso como el que aparece en la fotografía de Sundt, debe ser próximo a 30 grados).

El examen de muchas fotografías efectivamente indica que los mantos y bancos que forman la mayor parte del Aconcagua se hallan, *en general*, en posición horizontal o casi horizontal; pero entre tantas hay algunas que revelan que *localmente* también hay buzamientos bastante considerables. Naturalmente, debemos prescindir de tomar en cuenta las vistas donde aparecen masas relativamente pequeñas de roca con buzamiento más o menos fuerte (ejemplos: Fitz Gerald, 1899, figura inferior de la lámina frente a la página 76; Sekelj, 1944, 232, fondo, y 237, primer término) y aquellas tomadas con el aparato no horizontal; en el primer caso puede tratarse de bloques derrumbados y en el segundo no hay término de comparación para apreciar las inclinaciones reales. Los tres ejemplos que doy a continuación se basan en vistas excelentes, que abarcan grandes extensiones de terreno.

En el libro de Sekelj (1944, 128) está reproducida una fotografía del borde precipitoso de la cara Sudsudeste; en el fondo se ve la línea del horizonte paralela al borde superior de la vista, lo cual nos da la seguridad de que el aparato no estaba inclinado lateralmente. La pendiente aparente del precipicio es de 60° a 70° y la pendiente real no puede ser mucho menor. En dos niveles sobresalen mantos, o bancos, más resistentes y oscuros, que presentan un buzamiento bien perceptible (que estimo en 15° a 20°) hacia el Sudoeste aproximadamente.

Nuestra lámina III reproduce una fotografía de la parte superior del

Aconcagua tomada por Lightbody, con teleobjetivo, desde un punto de 3300 metros de altitud situado poco al Sur del Cerro Penitentes (Fitz Gerald, 1899, 300 y lámina frente a la página 114). En efecto, a la derecha de la punta más alta, vemos la arista Estesudeste; inmediatamente más cerca de nosotros, descende el precipicio de la cara Sudeste, que en su parte oriental no está cubierto de nieve. Debido a esta circunstancia, podemos observar que algunos bancos relativamente resistentes no están en posición horizontal, sino que se presentan arqueados, como si hubiera un anticlinal. No puede ser una ilusión de perspectiva por cuanto, siendo la cara sudsudeste cóncava, deberíamos ver algo parecido a un sinclinal, y no a un anticlinal. Nótese que si cortáramos un típico volcán mixto (o «estratovolcán») con un plano vertical que no pasara por el cráter ni muy lejos de él, deberíamos obtener una sección de aspecto parecido.

Una fotografía de un sector poco conocido del Aconcagua fué tomada por Lightbody desde el glaciar B (Fitz Gerald, 1899, lámina frente a la página 224) y está reproducida en nuestra lámina IV; ella deja ver, como la anterior, que en la parte oriental de la cara Sudeste afloran mantos, o bancos, con buzamientos más o menos fuertes. Esta vista es interesante también por otras particularidades a que me refiero más adelante.

Notable por otro respecto es una vista fotográfica tomada por Lightbody desde cierto punto del Valle de las Vacas mirando hacia el Sudoeste (Fitz Gerald, 1899, lámina frente a la página 43). Según el mapa de Weller, este punto se halla a la altitud de aproximadamente 3400 metros y dista de la cumbre del Aconcagua unos doce kilómetros. En esta fotografía podemos notar que los bancos de la cara Sudeste parecen inclinados hacia el Sudsudeste o el Este; pero, observando con atención cómo varía esta inclinación aparente en el trecho donde el banco mayor atraviesa un moderado relieve, nos damos cuenta de que se trata de un efecto de perspectiva y que el buzamiento de los mantos visibles en esta fotografía es nulo o insignificante. Naturalmente, hay que tener presente que la línea del horizonte atraviesa la fotografía en su mitad inferior y que el ángulo de elevación de la visual a la cima del Aconcagua es de 17°, aproximadamente. Esta hermosa vista es interesante también porque documenta la acción erosiva de grandes glaciares que en el Pleistoceno descendieron hasta altitudes de sólo 2500 metros (Schiller, 1912, 28); la faceta triangular que corta una estribación, visible en la parte central de la figura, es manifiestamente obra de un antiguo glaciar.

De la reseña iconográfica que antecede podemos sacar con confianza la conclusión de que los mantos de andesita y los bancos de toba se presentan aproximadamente horizontales en la mayor parte de los afloramientos de la formación volcánica, pero que en ciertos lugares aparecen arqueados de la misma manera que se observa en cortes naturales de volcanes típicos.

Volvamos ahora a las relaciones entre la formación volcánica y la base sedimentaria.

Aun si la apariencia de un suave pliegue sinclinal no fuera un simple efecto de perspectiva, el leve plegamiento de la parte inferior de la formación volcánica del Aconcagua siempre sería insignificante frente a las perturbaciones, señaladas por Schiller, de la base sedimentaria; por consiguiente, este ligero arqueamiento de los mantos andesíticos del Aconcagua debería ser posterior a la última fase de plegamiento energético de la Cordillera. El intervalo entre esta fase y la primera erupción andesítica del Aconcagua ha sido seguramente muy largo; lo indica, a mi modo de ver, una fotografía de Schiller (1912, lám. XVII, fig. 17) donde vemos que la superficie de discordancia que separa la formación volcánica de las pizarras arcillosas (cuyos estratos, en este lugar, son sensiblemente verticales), es plana, y al parecer, horizontal. Si, como creo, esta superficie es obra de la erosión, ésta ha debido actuar durante un tiempo larguísimo para producirla.

No me parece verosímil que esta discordancia corresponda a una superficie de corrimiento, por cuanto en este caso el movimiento habría debido efectuarse paralelamente, o casi paralelamente, a los mantos basales de la formación volcánica, que seguramente están atravesados por las innumerables grietas que siempre se producen durante el enfriamiento de las masas efusivas. De haberse producido un movimiento a lo largo de aquella superficie de discordancia, la mole volcánica, de algunos millares de metros de espesor, habría debido vencer una resistencia enorme, por frotamiento, al ser empujada lateralmente y obligada a correrse sobre el conjunto sedimentario subyacente; por consiguiente, debían despedazarse los mantos basales de la formación volcánica, desmenuzarse los estratos de pizarra arcillosa, y formarse, por la mezcla de fragmentos de rocas tan diferentes, una potente zona de brecha tectónica que no podía escapar al ojo experimentado de Schiller. Por otra parte, de existir esta zona de brecha tectónica, difícilmente podría notarse una neta línea de contacto entre el afloramiento de la formación volcánica y la base sedimentaria, línea que aparece nítidamente en una fotografía de Schiller (1912, lám. XVII, fig. 17).

La observación de Schiller (1912, 55) de que en la falda Sudoeste del Aconcagua « grandes trozos de yeso ... se encuentran directamente en la roca eruptiva ..., habiendo adquirido una dureza extraordinaria » se explica fácilmente, pues en muchos volcanes se ha comprobado que el magma ha arrastrado consigo, en su ascenso, fragmentos de rocas de su base sedimentaria que luego han quedado incluidos en los mantos efusivos, presentando testimonios más o menos evidentes (de acuerdo con la naturaleza de la roca sedimentaria y la del magma) del metamorfismo sufrido. Recuerdo, a este propósito, que Vines, al bajar por una acana-

ladura de la barranca al Oeste de la cima del Aconcagua, recogió en el detrito una piedra negra muy diferente de todas las otras que había visto durante su ascensión, y que luego Bonney reconoció que se trata de una anfibolita y que debía ser una inclusión en la andesita y provenir de masas de rocas cristalinas atravesadas por el magma en considerable profundidad (Bonney, 1898, 490, 491; 1899, 318). A mi manera de ver, el trocito de anfibolita (de dos centímetros y medio de largo y de poco más de un centímetro de ancho y de alto) también puede ser un producto de metamorfismo de roca sedimentaria, pues yo mismo he visto, en la ladera occidental del Monte Amiata (Provincia de Grosseto, Italia) voluminosos trozos de marga verdosa revestidos por una espesa envoltura negra formada en su mayor parte por hornblenda, incluídos en la lava traquítica emitida en el Pleistoceno por aquel volcán, hoy extinguido. En la base sedimentaria del Aconcagua abunda el yeso y no faltan pizarras margosas verdes verosimilmente cloríticas (es sabido que la clorita puede transformarse en hornblenda por metamorfismo térmico); por consiguiente, es razonable suponer, hasta prueba de lo contrario, que el volcán se ha formado sobre la misma base sedimentaria que lo sostiene actualmente.

No veo motivos, pues, para atribuir un origen tectónico a la discordancia que Schiller observó entre la formación volcánica del Aconcagua y su base sedimentaria. Hay, sin duda, la posibilidad de que numerosas alternancias de mantos de andesita con bancos de toba hayan determinado, en el seno de la formación volcánica, la existencia de muchas zonas o superficies de menor resistencia, a lo largo de las cuales puede haberse producido algún corrimiento (falla paralela) de modestísima extensión; seguramente, una falla paralela con un corrimiento de algunos decímetros o de pocos metros puede no perturbar la aparente continuidad de un manto de andesita atravesado por una red de grietas imperceptibles. Pero la continuidad y la posición aproximadamente horizontal de los mantos y bancos próximos a la superficie de discordancia indican, a mi juicio, que la formación volcánica no ha sido sometida a empujes laterales capaces de determinar corrimientos de extensión considerable.

Schiller, según creo, no opinaba de otra manera; desgraciadamente, el texto de su obra sobre la Alta Cordillera es tan conciso, que a veces no es fácil distinguir cuándo se refiere a las condiciones locales y cuándo expone conclusiones de carácter general. A esta concisión atribuyo algunos errores de interpretación, que en un estudio paciente de las láminas podía evitar.

Quien lea bien el texto y examine las láminas con un poco de atención, notará que la zona en que Schiller ha señalado corrimientos o cobijaduras de tipo alpino es más próxima a Puente del Inca que a la

parte del Aconcagua que está constituida por rocas volcánicas. Por consiguiente, no se puede afirmar que Schiller creía que la formación volcánica y su base sedimentaria pertenecen a alguna gran masa alóctona de recubrimiento. Por otra parte no me parece imposible que algunas dislocaciones que Schiller vió en los alrededores de Puente del Inca e interpretó como cobijaduras sean accidentes tectónicos de otro tipo. Hay que tener presente que en los años 1906 a 1909 aun no existía ningún mapa topográfico detallado de los alrededores de Puente del Inca; por carecer de un buen mapa, Schiller tropezó necesariamente con grandes dificultades cuando trató de establecer correlaciones entre los perfiles parciales que había podido examinar de cerca en los pocos lugares accesibles en donde las rocas del Terciario y del Mesozoico emergen de entre las enormes acumulaciones de detrito de toda clase que se ha formado (por acción de glaciares o independientemente de ellos) desde principios del Pleistoceno hasta los tiempos actuales. Una comparación del «Perfil perspectivo» de Schiller con las hojas «Puente del Inca» y «Las Cuevas», en la escala de 1:50.000, del Mapa Topográfico de la República Argentina publicado por el Instituto Geográfico Militar en 1924, me hace sospechar que algunas de las supuestas cobijaduras sean simple fallas inversas cuya superficie de deslizamiento puede tener inclinación muy fuerte, aunque parezca débil o nula a quien mire, desde el Sur, la intersección de aquéllas con la superficie del terreno. Y aun de haber realmente, cerca de Puente del Inca, verdaderos corrimientos, o cobijaduras, de tipo alpino, esto no justificaría la afirmación de que ellos perturban igualmente las inmediaciones del Aconcagua, tanto más cuanto que en un corte geológico del propio Schiller (1912, lám. IV, perfil V), cuya traza pasa apenas diez kilómetros al Norte de la cima del Aconcagua, no vemos el menor indicio de corrimientos o cobijaduras.

Las razones que acabo de exponer me inducen a suponer que el Aconcagua es lo que aun queda de un antiguo volcán de grandes dimensiones que se formó en una región relativamente llana donde entonces afloraban estratos del Jurásico, del Cretácico y posiblemente aun del Terciario inferior, ya fuertemente plegados y en parte dislocados por accidentes tectónicos de importancia local, como lo están ahora en las porciones que han sido respetadas por la erosión.

VI. SUPUESTO CORRIMIENTO DE LA BASE SEDIMENTARIA

El «Perfil perspectivo» de Schiller no es, ni quiere ser, un corte geológico, sino una combinación demostrativa, aproximadamente en perspectiva, de varias vistas parciales más o menos esquematizadas;

colores, rayados y números convencionales indican las unidades estratigráficas que afloran en uno u otro lugar; líneas finas indican las trazas de las superficies límites de aquellas unidades, líneas gruesas indican las trazas de superficies de falla o corrimiento. En realidad es una vista panorámica idealizada, más bien que un perfil. En primer término, vemos el lado izquierdo del Río de las Cuevas, con el flanco austral del Cerro Tolosa y un cerro innominado (cuya cima lleva la cota 3910 en la plancheta del I. G. M.), separados la desembocadura del Valle de los Horcones; más atrás aparecen el Cerro Almacenes y el Cerro Santa María; aun más lejos la confluencia del Río A con el Río B, y el cerro inmediato (cota 4514, en la plancheta del I. G. M.); luego se levanta la mole volcánica del Aconcagua, apareciendo su base sedimentaria cerca del extremo visible del Río A; finalmente, se asoma, en el fondo, el Cerro Catedral. Las cimas del Cerro Catedral, del Aconcagua, del Cerro Santa María, del Cerro Almacenes y del Cerro Tolosa se hallan unos veinticinco, dieciocho, ocho, siete y cinco kilómetros, respectivamente, al Norte del trecho del Río de las Cuevas (trecho de unos veinte kilómetros de largo) que aparece en primer plano. Es evidente que Schiller quiso expresar, en lo que llamó « Perfil perspectivo », su interpretación de las condiciones geológicas de toda una región y no las supuestas relaciones estratigráficas y tectónicas que aparecerían en un corte vertical. Puede discutirse la propiedad del término « perfil » en el caso de la representación en perspectiva bosquejada por Schiller, pero hay que reconocer que es clara y expresiva. Me parece difícil que un geólogo que la observe durante algunos segundos no se dé cuenta de lo que quiere significar.

Gerth (1926, 93, fig. 4) ha creído interpretar las ideas de Schiller en un corte esquemático en la escala de 1:150.000, aproximadamente, titulado « Schematisches Profil durch das Aconcaguagebiet »; dice que lo ha trazado basándose en la sección geológica detallada de Schiller « que corta la montaña aproximadamente en la dirección del Ferrocarril Transandino ».

Quien examine este corte geológico de Gerth recibe la impresión de que la masa volcánica del Aconcagua, constituida por los mantos horizontales de cierta « formación andesítica » del Terciario inferior, yace encima de un conjunto de estratos del Cretácico, del Jurásico superior y del Jurásico medio, plegados de tal manera que debajo de la mitad occidental del pico forman un sinclinal isoclinal acostado y debajo de la mitad oriental del pico forman un amplio anticlinal; y llama la atención la forma de la línea que separa la formación volcánica de la base sedimentaria, pues ella es irregularmente sinuosa, como para poner de manifiesto que la superficie del terreno era muy accidentada en el tiempo

en que se iban apilando los mantos de andesita y los bancos de toba de la parte inferior de la mole volcánica del Aconcagua.

Al observar por primera vez este corte geológico quedé sorprendido por su inverosimilitud, pues me pareció que reflejaba la idea de que la resistencia relativa de ciertas rocas sedimentarias ha variado mucho después del Cretácico. De acuerdo con el corte geológico de Gerth, antes de la erupciones andesíticas las rocas clásticas del Cretácico medio y superior debían ser más resistentes a la erosión que las calizas del Neocomiano, pues en correspondencia del anticlinal acostado las primeras constituían una acentuada eminencia, mientras las calizas afloraban a menor altura en faldas de pendiente suave; y el mismo corte geológico nos hace ver que en tiempos recientes ha ocurrido exactamente lo contrario, pues la cumbre del Cerro Almacenes está formada por las calizas del Neocomiano que la erosión ha despojado de su cubierta originaria de sedimentos del Cretácico medio y superior, evidentemente menos resistentes.

Según el corte geológico de Gerth, la grandiosa unidad tectónica formada por grandes masas de yeso del Jurásico medio, por los estratos del Jurásico superior, por los estratos del Cretácico, y por la « formación andesítica » del Aconcagua, ha sido acarreada a lo largo de una superficie de corrimiento irregularmente encorvada, debajo de la cual aparecen otra vez los estratos del Mesozoico y, más al Este, los sedimentos terciarios del Cerro Santa María. Me parece que esta disposición, que también estimo poco verosímil, no refleja conceptos anteriormente expresados por Schiller, en cuyo « perfil perspectivo » Gerth ha basado su corte, así como explícitamente lo dice. Dado que los dos autores representan las condiciones tectónicas de maneras tan diferentes, es natural que nos preguntemos cómo puede haber ocurrido tal cosa.

A mi parecer, la única contestación aceptable es la siguiente: Gerth, habiendo tomado el « perfil perspectivo » de Schiller por un corte geológico, ha proyectado ortogonalmente, sobre un plano vertical que pasa por el Aconcagua y es perpendicular al meridiano, muchos de los puntos que aparecen en el « perfil perspectivo »; la distancia entre estos puntos y el plano de proyección varía entre cero y dieciocho kilómetros, por cuya razón es imposible que el corte geológico de Gerth represente, aunque sea de una manera aproximada, los resultados de las observaciones hechas por Schiller tanto en el Aconcagua como dos o tres leguas más al Sur.

La obra de Schiller sobre la Alta Cordillera, agotada desde hace muchos años, actualmente se ha vuelto rara, así que no son muchos los que hoy tienen frecuentes ocasiones de consultarla y de examinar el « perfil perspectivo ». En cambio, la interpretación de Gerth es mucho más conocida en este país, por cuanto su corte geológico ha sido reproducido

en el primer tomo de la *Geología Argentina* de Windhausen (1928, 528, fig. 108), con una leyenda que dice: «Perfil de la Cordillera en la región del Aconcagua, mostrando los efectos de grandes sobreescurremientos»; y luego (después de la explicación de las abreviaturas) agrega: «según Schiller y Gerth».

Examinando esta figura de Windhausen (o aun el corte geológico de Gerth, pero sin leer lo que está impreso en la misma página y en la siguiente), recibe uno la impresión de que los mantos y bancos andesíticos del Aconcagua son el producto de efusiones y explosiones que han ocurrido después del corrimiento que ha puesto los estratos del Jurásico medio encima de las capas horizontales terciarias del Cerro Santa María, marcadas con el símbolo que suele designar los conglomerados. Sólo puede causar alguna sorpresa el ver que, inmediatamente debajo del Aconcagua, los sedimentos del Mesozoico no están atravesados por filones de roca intrusiva, así que uno se pregunta de dónde ha venido todo el magma que ha construido la gran pila de mantos y bancos que actualmente, después de haber sufrido los efectos de intensa y prolongada denudación, aun tiene unos tres kilómetros de espesor. En el corte de Gerth no aparece vestigio alguno de chimenea volcánica; en cambio, en la parte oriental de la figura se notan, debajo de la superficie de corrimiento, dos «filones estratiformes» encerrados entre los sedimentos del Cretácico superior y medio que llenan una unidad tectónica que se asemeja a un saco y cuyo origen no me resulta fácil imaginar.

Basta que leamos algunos trozos de la página 94 del trabajo de Gerth, comparándolos con las primeras líneas de su página 82, para que nos demos cuenta de cómo pueden engañarnos las figuras. Leyendo, nos enteramos de las siguientes opiniones de Gerth, no expresadas por la figura: 1° la formación volcánica del Aconcagua corresponde a la «serie andesítica» del Terciario inferior y es más antigua que los conglomerados del Cerro Santa María, que Gerth cree sincrónicos con los «estratos calchaqueños», a su juicio miocénicos; 2° el gran corrimiento que llevó los estratos del Mesozoico a sobreponerse a los conglomerados miocénicos del Cerro Santa María se produjo «en el límite entre Mioceno y Plioceno» (esta expresión, que he traducido literalmente, nos da la idea de la extraordinaria rapidez del corrimiento); 3° en esta circunstancia, la mole volcánica del Aconcagua, con base sedimentaria y todo, fué transportada de Oeste a Este, por una distancia de kilómetros y kilómetros.

Si compartiéramos las ideas de Gerth, deberíamos admitir que el traslado del antiguo volcán, o trozo de volcán (siendo evidente que la potente serie de mantos y bancos andesíticos del Aconcagua ha de representar una u otra de estas dos cosas), se efectuó con una delicadeza extraordinaria, pues sabemos que la mole andesítica ha quedado

tranquilamente sentada, sin padecer trastorno alguno, encima de la serie sedimentaria del Mesozoico, aunque ésta necesariamente andaba torciéndose a medida que avanzaba sobre la superficie alabeada de corrimiento. No me es posible aceptar esta interpretación de Gerth, que me parece inconciliable con los principios fundamentales de la geodinámica. En cambio, en la posición aproximadamente horizontal de los mantos andesíticos veo un buen argumento en favor de la hipótesis de que el Aconcagua se ha formado en el mismo lugar donde lo vemos ahora y que los corrimientos que pueden haber dislocado su base sedimentaria (si es que hubo los tales corrimientos) deben haberse producido antes de las erupciones andesíticas.

Consideraciones de otra índole también llevan, a mi juicio, a la conclusión de que los corrimientos o cobijaduras (si realmente los hubo) son anteriores a la formación de la enorme acumulación de rocas volcánicas y piroclásticas cuyos restos constituyen el actual Aconcagua. Debajo de cada volcán de cierta magnitud siempre hay una masa magmática en forma de columna, acompañada, en general, por filones que irradian en varias direcciones; se constituye así, en profundidades moderadas, un complejo sistema de filones de rocas magmáticas conectados entre sí, que debe impartir una gran solidez a todo el conjunto de estratos sedimentarios que estos filones atraviesan. Me parece poco verosímil, pues, que se produzca un corrimiento, o cobijadura, a lo largo de una superficie poco inclinada o aproximadamente horizontal que cortaría una potentísima serie de rocas sedimentarias justamente en la parte donde ella está reforzada por una robusta red de intrusiones magmáticas.

La «formación andesítica» del Terciario Inferior, a la cual Gerth refiere las rocas volcánicas del Aconcagua, había sido definida, años antes, bajo el nombre de «serie andesítica», por Groeber (1918, 224-226) en una de sus publicaciones de índole sintética. Dice Groeber que esta serie andesítica llega a varios kilómetros de espesor, que se compone principalmente de mantos, tobas y aglomerados andesíticos (aunque también puede comprender basaltos, traquitas y dacitas, con las tobas correspondientes), que se extiende por la Cordillera por lo menos desde el Norte de la provincia de San Juan hasta el Nahuel Huapi, y que las erupciones a que debe su existencia empezaron en el Oligoceno o a principios del Mioceno y terminaron antes del Plioceno. En el trabajo a que ahora me refiero, Groeber admite, fundándose en observaciones de Schiller, que la formación volcánica del Aconcagua no es otra cosa que su serie andesítica; opina, además, que los filones de traquita que afloran entre el Aconcagua y Puente del Inca son intrusiones de edad pliocénica.

Gerth, en su nueva interpretación de la geología de la región del

Aconcagua, utilizó muchas de las ideas publicadas por Groeber en 1918.

Poco tiempo después de haber aparecido el trabajo de Gerth, Groeber (quien entre tanto había visto muestras de rocas del Aconcagua coleccionadas por Schiller) modificó su primera opinión y escribió, refiriéndose al Aconcagua y a sus inmediaciones, que «la gran masa de mantos, tobas y aglomerados de esta región «corresponde por lo pronto a las efusiones miocénicas del *Basalto I* del Sur de Mendoza» y que «podría ser que existan también restos de la serie andesítica infraterciaria, pero su presencia no está comprobada»; y en cuanto a los filones de traquita, Groeber opinó que es difícil que en la Cordillera se hayan producido intrusiones o efusiones de esta roca después del Plioceno. De acuerdo con la interpretación de Groeber, los conglomerados del Cerro de Santa María serían del Plioceno superior (Groeber, 1929, 79, 92, 99).

La edad miocénica de las rocas andesíticas del Aconcagua y la edad pliocénica de los conglomerados del Cerro de Santa María parecieron poco verosímiles a Brüggén (1934, 50), quien trató de corroborar su opinión mediante consideraciones de carácter fisiográfico y paleogeográfico.

He indicado, en páginas anteriores, cómo Gerth deformó involuntariamente el pensamiento de Schiller. Ahora debo agregar que él no fué el único, ni quien lo hizo en mayor grado. Para demostrarlo, creo suficiente transcribir un breve trozo del conocido libro de Kühn titulado *Fisiografía Argentina* (1922, 42).

«El Aconcagua — dice Kühn — cima más alta de las Cordilleras y antes considerando erróneamente como volcán, debe su origen precisamente a un sobreescurrecimiento; una masa de andesitas anfibólicas y tobas andesíticas y traquíticas de un espesor hasta de 3000 metros (región culminante: las llamadas *rocas coloradas*) se han escurrido desde el Oeste sobre las capas mesozoicas muy dislocadas del fundamento». En la versión alemana, Kühn (1927, 55) repite el mismo concepto, agregando que las tobas son bien estratificadas.

La aseveración de Kühn no coincide con las opiniones manifestadas anteriormente por Schiller, Groeber y Gerth. Por otra parte no tengo noticia de que Kühn haya efectuado investigaciones minuciosas en el Aconcagua, aunque en uno de sus viajes de estudio tuvo la oportunidad de verlo de cerca (Kühn, 1922, mapa II, frente a la pág. 4). Sospecho, pues, que haya habido algún error en la interpretación de escritos ajenos. En cualquier caso, el corrimiento indicado por Kühn me parece muy inverosímil.

Cierta desorientación, causada por las diversas interpretaciones arbitrarias de las palabras y de los dibujos de Schiller, es perceptible aun en la *Geología Argentina* de Windhausen, aunque este autor se caracte-

rizaba por su objetividad y prudencia en exponer o resumir ideas ajenas.

En el segundo tomo de dicha obra, Windhausen (1931, 358, 359, 420) se refiere brevemente al «perfil perspectivo» de Schiller y hace notar que el corrimiento se ha producido «en el horizonte del yeso del Jurásico superior». Esta observación me parece muy importante, por cuanto es sabido que las grandes acumulaciones de yeso pueden comportarse como masas plásticas, causando complicaciones tectónicas notabilísimas, aunque locales y relativamente superficiales. Recuerdo que en la región petrolífera de Masjid-i- Sulaiman, en el Irán, se conoce un gran número de intrusiones linguiformes de yeso que, por su forma y tamaño, son perfectamente comparables con las que aparecen en el faldeo austral del Cerro Tolosa, según están representadas en el «perfil perspectivo» de Schiller. Pero, si examinamos con atención el «perfil perspectivo», vemos que justamente en el lugar donde el supuesto corrimiento parece más evidente, las areniscas y conglomerados de color verde y rojo (del Titoniano o Kimmeridgiano) están en contacto inmediato con los conglomerados terciarios del Cerro de Santa María, sin intromisión de «yeso principal» (del Kimmeridgiano u Oxfordiano); por consiguiente, aquí no podría invocarse la relativa plasticidad del yeso para explicar el corrimiento. En lo que se refiere a la edad de los conglomerados del Cerro de Santa María, Windhausen se muestra indeciso, por cuanto en cierto lugar (pág. 359) dice que esta formación «parece ser una especie de facies particular de la Serie Andesítica» y en otro (pág. 420) afirma que es «de edad pliocena», trayendo de esto la conclusión de que el corrimiento se produjo «en el límite del Terciario y Cuaternario».

En substancia, de las consideraciones que he expuesto en este capítulo puede inferirse que lo único seguro es la existencia de algunas relaciones anormales, debidamente señaladas por Schiller, entre distintos grupos de estratos; no veo la necesidad de suponer que haya verdaderas cobijaduras, pareciéndome más probable que se trate de simples fallas o de dislocaciones locales causadas por la plasticidad de grandes masas de yeso. La presencia de las complicaciones imaginadas por Gerth y por Kühn me parece altamente improbable.

VII. RAZONES PARA SUPONER QUE EL ACONCAGUA ES UN VOLCÁN EXTINGUIDO

Creo haber demostrado, en el capítulo anterior, que los supuestos grandes corrimientos de la región del Aconcagua son poco verosímiles y que, por consiguiente, las opiniones de Gerth y de Kühn no quitan valor a la vieja idea de que el Aconcagua es un volcán apagado.

En realidad, el propio Schiller (1907, 734, 735) la aceptaba implícitamente, al decir que de sus estudios « geht mit Sicherheit hervor, dass der Aconcagua kein Vulkan im engeren Sinne (Schichtvulkan) ist » y que « das einzige Zeugnis der Tätigkeit des Erdinnern nach Ablagerung der Andesite sind Schwefel- und Gipsadern ». Con estas palabras, quería rectificar el error en que había incurrido Hauthal (1903 *a*, 185; 1903 *b*, 3; 1904, 31) al incluir el Aconcagua en una lista de volcanes activos, durmientes, o extinguidos en tiempos relativamente recientes.

Hemos visto que, después de la publicación de la memoria de Schiller sobre la Alta Cordillera, se invocó su autoridad para difundir la idea de que el Aconcagua es sólo un trozo de una colosal masa volcánica, surgida no se sabe dónde, y que este trozo ha venido, no se sabe cómo, a ubicarse en el lugar donde lo vemos ahora. Esta interpretación arbitraria es, a mi juicio, el fruto de un examen apresurado e incompleto de los escritos y dibujos de Schiller, pero también refleja cierta propensión a ver en todas partes las condiciones tectónicas particularísimas que caracterizan la estructura de los Alpes. Esta tendencia se observa especialmente entre los geólogos que se han formado en el continente europeo, donde la cobijadura es el *deus ex machina* que resuelve de inmediato, aparentemente, todos los problemas tectónicos que no se dejan aclarar con sólo suponer la existencia de fallas simples y de pliegues. Los que no saben resistir a esta tendencia invocan las cobijaduras ya antes de asegurarse de que puede haber explicaciones más sencillas.

Tengo motivos para creer que el propio Schiller desaprobaba las deducciones arbitrarias que aparentaban fundarse en sus prudentes afirmaciones y que deseaba dejar aclarado definitivamente el problema del Aconcagua mediante un nuevo estudio de la parte superior del monte. Así me explico sus obstinadas tentativas de escalar la cumbre en los años 1940, 1943 y 1944.

Para demostrar que el Aconcagua es un volcán apagado, no basta refutar los argumentos aducidos en favor de supuestas cobijaduras; también hay que convencerse de que no hay razones de otra índole para negar a este monte el carácter de volcán. Y los que quieran negárselo, pueden esgrimir cuatro argumentos que a primera vista parecen poderosos. Ellos son :

- 1º, la forma general del monte;
- 2º, la posición, generalmente casi horizontal, de los mantos de andesita y de los bancos de toba que lo constituyen;
- 3º, la falta de todo vestigio de cráter;
- 4º, la falta de vestigios de la chimenea y de restos de las rocas que quedaron en ella.

Veamos qué importancia corresponde atribuir a cada uno de estos argumentos.

1º. La comunicación de Fitz Gerald, que apareció en el número de diciembre de 1898 del *Geographical Journal* está acompañada por un mapa de la región del Aconcagua en escala de aproximadamente 1:125 000, en la cual la forma del terreno está representada mediante curvas de nivel con equidistancia de 500 pies. Su autor, F. S. Weller, miembro de la Real Sociedad Geográfica de Londres, lo confeccionó basándose en un número moderado de datos topográficos y en muchas fotografías tomadas desde puntos de posición conocida; por consiguiente, es de carácter puramente demostrativo y no tiene pretensiones de exactitud. Su modesto título es: «Sketch map to illustrate the route of the Fitz Gerald expedition to Aconcagua, 1896-7». El mapa en la escala de 1:73 370 trazado posteriormente por Lightbody (Fitz Gerald, 1899, segundo mapa) probablemente es menos impreciso, pero no tiene curvas de nivel y trata de representar los accidentes topográficos mediante un sombreado pardo que a mis ojos no resulta suficientemente expresivo; en él no logro reconocer el terreno representado por fotografías tomadas de lejos, mientras puedo hacerlo, en general, en el mapa de Weller que, por ésta razón, considero preferible. Con esto no quiero decir que el de Weller sea un mapa bueno, sino tan sólo que sirve mejor para dar una idea de las formas del terreno.

Ya he dicho que, si se prescinde de la cresta terminal entre las dos puntas más altas, el Aconcagua es comparable a una pirámide de base poligonal irregular y de caras cóncavas; en los estereogramas (láms. I y II) he tratado de representar, basándome en el mapa de Weller y en fotografías, el diferente grado de concavidad de distintas caras; pero en el mapa de Weller se nota más claramente que estas caras presentan doble curvatura, pues en cada cara no sólo las curvas de nivel son cóncavas hacia afuera, sino que la distancia horizontal entre curvas de nivel sucesivas disminuye, en general, a medida que aumenta la altura. En buenos mapas topográficos presentan el mismo aspecto los flancos de muchas altas montañas que padecieron los efectos de la gran extensión de los glaciares durante el Pleistoceno. En nuestro caso es innecesario cavilar acerca del origen de las concavidades, dado que cuatro glaciares al pie de otras tantas laderas cóncavas no dejan la menor duda al respecto. Sin embargo, es conveniente que veamos cómo puede haberse producido, gradualmente, un notable cambio de forma.

Es sabido que los aparatos volcánicos externos pueden tener forma de cono, de cúpula o de escudo, pero no de pirámide; es preciso reconocer, pues, que el Aconcagua no presenta ninguna de las formas que se observan en volcanes activos o bien en volcanes apagados bien conservados. Debemos considerar, por otra parte, que en el caso de volcanes extinguidos desde hace mucho tiempo, la denudación puede haberles hecho perder completamente la forma originaria, especialmente cuando

los glaciares han representado un papel importante en la obra de destrucción.

Richter (1900, 63), cuya autoridad en asuntos de morfología alpina creo indiscutible, observaba que es sorprendente la semejanza entre los altos picos de los Alpes, del Cáucaso, y de otras regiones montuosas de gran altura, independientemente de la naturaleza de las rocas que los constituyen; y agregaba que cuando la destrucción de una cumbre volcánica ha llegado a un grado muy avanzado, la forma de sus ruinas se aproxima a la de las cimas de otros montes de origen no volcánico, sino puramente gliptogenético. Efectivamente, las montañas muy elevadas que han sufrido la acción de glaciares de tipo alpino durante el Pleistoceno suelen presentar picos de aspecto muy característico (con paredes cóncavas limitadas por aristas prominentes riscosas), cualquiera que sea su constitución litológica.

Supongamos que a fines del Plioceno el Aconcagua tuviera la forma aproximadamente cónica característica de los grandes volcanes mixtos, y que en el Pleistoceno se hayan formado en sus laderas ocho glaciares, aprovechando ciertas irregularidades topográficas o bien algunas diferencias en la resistencia de las rocas. Después de algún tiempo de activa erosión glacial, los ocho valles debieron quedar separados únicamente por filosas aristas, no quedando ya nada de la parte superficial del cono originario. Al terminar la última fase glacial, algunos glaciares se han reducido en extensión y otros han desaparecido del todo, así que ahora podemos ver, además de las concavidades de los circos terminales, también las concavidades que alojaron las grandes masas de hielo que, renovándose continuamente, desgastaron los flancos del monte durante decenas de milenios. Y así se explica la forma de pirámide de caras cóncavas y aristas sobresalientes adquirida por antiguos volcanes muy elevados, cuya actividad se extinguió antes del Pleistoceno.

Nótese que puede haber ocurrido lo mismo aun en el caso de un volcán mixto que se ha extinguido durante la primera mitad del Pleistoceno, pues probablemente no se requiere más de una fase glacial para destruir en gran parte una montaña muy elevada, cuando ella está constituida por mantos de roca efusiva (casi siempre agrietados) y por bancos de toba (a menudo deleznable).

A mi parecer estas consideraciones ya bastarían para quitar importancia a la objeción (formulada por Pissis y por otros) que se basa en la forma aproximadamente piramidal del Aconcagua; pero no creo inútil agregar que en el conocido tratado de geomorfología de Lobeck (1929, 669) hay una figura que representa, idealizadas, formas características de montes volcánicos «maduros», dejando ver claramente el aspecto piramidal que los volcanes de gran altitud pueden adquirir al quedar sometidos a la acción de la erosión durante un tiempo suficientemente largo.

2º Todos los datos que he logrado hallar en la literatura geológica concuerdan en indicar que el Aconcagua está constituido esencialmente por mantos de roca efusiva y por bancos de toba; por consiguiente, si admitimos que fué un volcán, debemos ponerlo en el grupo de los « volcanes mixtos » o « estratovolcanes ».

Se da el caso de que en los volcanes mixtos más conocidos, los mantos de lava y los bancos de toba presentan marcada disposición periclinal, o sea, siempre muestran una pendiente bien perceptible hacia el exterior; en los libros de texto de geología y de geografía física suele haber cortes ideales de volcanes mixtos típicos (sobre todo, cortes del Vesubio) evidenciando, y a veces exagerando, la inclinación de los mantos de lava y de los bancos de toba. A quien recuerde sólo estas figuras debe parecerle imposible que la masa de rocas volcánicas del Aconcagua, donde es evidente el predominio de mantos o bancos aproximadamente horizontales, represente los restos de un aparato volcánico externo de tipo mixto.

En realidad, no son raros los ejemplos de series de mantos y bancos sensiblemente horizontales en aparatos volcánicos sobre cuya naturaleza no puede surgir la menor duda. En la edición original ¹ de la excelente obra de divulgación de Gheyselinck (1936, láminas XVIII y XXI) podemos ver los bancos horizontales que afloran en las laderas de dos grandes volcanes mejicanos, que son el Ixtacihueatl, extinguido, y el Popocatepetl, activo; y no es difícil observar condiciones análogas en ilustraciones, al hojear obras de vulcanología o relatos de viajes. Es posible que en algún caso particular la aparente horizontalidad sea el resultado de ilusiones de perspectiva, pero es difícil que esto ocurra cuando en la vista fotográfica aparecen extensiones de agua. Tanto en las costas abruptas y sinuosas al pie boreal del Pico de Tenerife, cuyos dos cráteres podemos ver humeando, como también en la gran bahía de la isla de Santorino, famosa por varias erupciones violentísimas, la última de las cuales ocurrió sólo ochenta años atrás, el nivel del mar ofrece una excelente superficie de referencia para juzgar acerca de la inclinación

¹ La primera edición, en holandés, del libro de Gheyselinck contiene 96 hermosas láminas. En la traducción alemana, aparecida en 1938, casi todas las vistas fotográficas originales han sido substituídas por otras y las dos de volcanes mejicanos han sido descartadas. La versión española de la Editorial Labor, sin año, está basada en la alemana, cuyas 64 láminas reproduce, ligeramente reducidas. Al parecer, muchos ignoran que Gheyselinck escribió su libro en holandés; el propio profesor De Novo, en el penúltimo párrafo de su prefacio a la traducción española del ingeniero Castells, deja entender que cree que la obra de Gheyselinck fué escrita en alemán, opinión que me ha causado no poca sorpresa, por cuanto en la página 4 de la versión alemana se lee: « Aus dem Hollandischen übertragen von Herbert von Oelsen ». Con estas observaciones no entiendo criticar la versión española que considero utilísima y que suelo recomendar a los jóvenes que quieren iniciarse en el estudio de las ciencias geológicas.

de los mantos de lava y de los bancos de toba que afloran en las barrancas; y así se puede comprobar que ellos son horizontales, o bien sólo ligerísimamente inclinados, en los lugares indicados.

No creo necesario aducir otros ejemplos para demostrar que puede haber volcanes mixtos sin «estratificación» periclinal evidente; esto no quiere decir que ella no existe, sino tan sólo que no es perceptible en los afloramientos.

Una verdadera estratificación periclinal puede producirse en las tobas, por cuanto las cenizas caen igual y simultáneamente sobre toda la superficie del cono, aunque su distribución no resulte uniforme debido a los vientos dominantes. En general, las corrientes de lava bajan en una dirección determinada, de acuerdo con la posición del orificio de salida y con las condiciones topográficas de la ladera, tratándose de seguir líneas de máxima pendiente. Cada una de estas corrientes, una vez que esté solidificada, puede constituir un relieve suficientemente marcado para dirigir, o desviar, las corrientes que se produzcan por erupciones posteriores. De esta manera, en el curso de pocos milenios cada sector del cono volcánico puede llegar a comprender muchos mantos de lava, aunque en cada efusión se ha producido una corriente de anchura moderada. En volcanes donde las lavas emitidas por distintas erupciones presentan diferencias litológicas perceptibles a simple vista, esta discontinuidad de los mantos resulta evidentísima; y también lo es donde hay intercalaciones de toba entre los mantos, aun cuando éstos estén constituidos por lavas de aspecto idéntico.

Cierta horizontalidad de los mantos visibles en la parte exterior del cono puede tener su origen en corrientes cortas, que posteriormente han sido cubiertas por corrientes de mayor extensión; esta disposición se nota en muchos conos volcánicos partidos por explosiones. Al parecer, las corrientes cortas estaban formadas por lava de poca fluidez (ya sea por su composición química, o bien sólo por su temperatura relativamente baja), así que se han consolidado en corto espacio, disminuyendo rápidamente en espesor. Si, mucho tiempo después, una corriente de lava más flúida se ha derramado por encima de la superficie fuertemente inclinada de la corriente corta, debe haber adquirido una velocidad considerable y luego, por inercia, puede haber seguido avanzando por un buen trecho aun sobre un plano horizontal.

Esta hipótesis (según la cual los afloramientos de mantos aproximadamente horizontales corresponderían a las porciones frontales de corrientes relativamente largas de lavas de gran fluidez) está de acuerdo con lo que vemos en algunas vistas fotográficas del Aconcagua que he mencionado anteriormente; las fotografías indican que en ciertas partes del monte donde la erosión ha cobrado mayor intensidad, hay mantos, o bancos, que presentan buzamientos relativamente fuertes.

Me parece probable, pues, que muchos mantos de andesita del Aconcagua tengan disposición periclinal, pero con buzamientos fuertes sólo en la parte más próxima al antiguo cráter y luego siempre más suaves a medida que se alejan de él. No siendo común el caso de que la erosión logre poner al descubierto la parte central de un aparato volcánico externo (aunque esto puede haber ocurrido, como veremos, en las inmediaciones del punto más alto del glaciar B), es natural que los bancos que afloran lejos del antiguo cráter tengan buzamientos tan suaves que, en comparación con la fuerte pendiente de las laderas, resultan imperceptibles. Esta explicación también valdría para el caso de volcanes mixtos bien conservados, en los cuales no se ha observado la presencia de mantos o bancos con buzamientos apreciables.

En conclusión : en algunos volcanes mixtos activos hay partes donde los mantos, o bancos, son sensiblemente horizontales, mientras en el Aconcagua hay lugares donde los buzamientos no son despreciables ; por consiguiente, la segunda objección carece de valor decisivo.

3° La falta de cráter se explica fácilmente, si se considera la energía con que procede la denudación en las altas montañas.

Vines (1899, 121, 122) ascendió hasta la cumbre del Aconcagua con el convencimiento de que éste es un volcán apagado ; después de haber comprobado que no hay cráter, mantuvo su primera opinión. He aquí cómo expresó las impresiones que experimentó el 13 de febrero de 1897, observando los alrededores desde la cima que acababa de escalar : « ...Aconcagua... lay bare before me confessing itself as nothing more than a colossal ruin, for not a single vestige of the ancient crater of this extinct volcano remains. Foot by foot the relentless forces of nature have reduced the mountain to its present proportions ».

A mi juicio, la conclusión de Vines queda aun hoy perfectamente aceptable.

Dado que el Aconcagua está formado por rocas volcánicas dispuestas de una manera que no es desconocida en volcanes activos o durmientes, lo más verosímil es que haya sido un volcán ; si no se ha logrado hallar vestigios de su cráter, esto significa simplemente que el cráter ha desaparecido por completo, destruído por la erosión.

Es evidente que en un volcán apagado que quede expuesto a la acción de fuertes cambios de temperatura, de vientos impetuosos y del hielo, la posición terminal del cráter y el espesor moderado de sus paredes constituyen dos causas de particular debilidad ; por consiguiente, no es razonable suponer que el cráter de un volcán extinguido de excepcional altura pueda durar centenas de millares de años y dejar algún vestigio fácilmente reconocible después de haber sido sometido a erosión extraordinariamente activa durante una o más fases glaciales.

4º La ausencia de vestigios de la chimenea es algo más difícil de explicar.

La chimenea se halla en el interior del monte volcánico, el enorme espesor de cuyos flancos constituye la más eficaz protección, durante mucho tiempo, contra la erosión. La roca que quedó en la chimenea de un volcán apagado debe presentar algunos caracteres que permitirían reconocerla sin mucha dificultad, si aflorara al lado de mantos de lava o de bancos de toba; en efecto, si el último paroxismo volcánico fué de carácter explosivo, la chimenea puede haber quedado llenada, hasta considerable profundidad, por una gran masa de brechas o aglomerados; y si la actividad del volcán terminó con una efusión de lava, el magma que quedó en la chimenea debe haberse consolidado en una columna de roca que, por las condiciones diferentes en que se formó (enfriamiento más lento y bajo presiones no despreciables) no puede presentar texturas idénticas a las de los mantos efusivos, por cuya razón es probable que haya aun diferencias, reconocibles a simple vista, en el aspecto de las rocas. Además es casi imposible que los mantos efusivos, los bancos de toba y la columna de roca que quedó en la chimenea ofrezcan exactamente la misma resistencia a la erosión. Por consiguiente, es lógico esperar que la antigua chimenea (mejor dicho, la columna de roca que quedó en ella) determine algún accidente topográfico llamativo, que puede ser un marcado relieve, o bien una depresión considerable, de acuerdo con la resistencia relativa del material pétreo que quedó en la chimenea después de la última erupción.

No podemos concebir un volcán sin chimenea; me parece igualmente imposible imaginar una ruina de volcán en que no quede resto o vestigio alguno de la roca que llenaba la chimenea. En el Aconcagua nadie, que yo sepa, los ha señalado; pero esto no significa que no existan, pues hay que tomar en cuenta otras tres posibilidades: 1ª, que estén ocultos; 2ª, que sean visibles, pero que nadie los haya visto; 3ª, que alguien los haya visto sin reconocerlos.

Examinemos la primera posibilidad. Se entiende fácilmente lo que podría ocultar los restos o vestigios de la chimenea, pues sabemos que en el Aconcagua hay glaciares y enormes acumulaciones de detrito que cubren, en gran parte, los mantos de lava y los bancos de toba que pertenecieron al antiguo cono volcánico. Seguramente los restos de un gran filón columnar de roca intrusiva emergerían a través del detrito; y podría ocurrir lo mismo aun en el caso de que se tratara de una brecha volcánica o de un aglomerado, con tal que su cemento fuese suficientemente tenaz. Pero la acción prolongada de un glaciar puede hacer desaparecer por completo las partes más sobresalientes de su lecho, aun cuando éstas corresponden a masas de roca algo más resistentes que las que la rodean. Además, aun en el caso de que la roca más resistente

sobresalga por varios metros, o aun decenas de metros, en relación con las otras rocas del fondo del glaciar, la superficie de éste no suele indicarlo. Por consiguiente, si los vestigios de la antigua chimenea se hallan debajo de un glaciar, nadie puede darse cuenta de su existencia, salvo que se empleara algún método indirecto de investigación, como sería el estudio petrográfico comparativo de bloques y cantos contenidos en las morenas frontales de los distintos glaciares; no me consta que se haya pensado en aplicar este método, que requeriría la armónica colaboración de animosos alpinistas (para coleccionar y traer las muestras) y de pacientes petrógrafos (para estudiarlas).

Veamos la segunda posibilidad. De haber vestigios visibles de la chimenea, es verosímil que ellos se encuentren cerca del extremo superior del glaciar B, o sea donde hay buzamientos relativamente fuertes que podrían indicar la proximidad de aquélla. El glaciar B ha sido visitado muy pocas veces, por cuanto no lleva a ninguna parte que sea de interés para la mayoría de los alpinistas, o sea para los que desean llegar a las cimas más altas siguiendo rutas relativamente bien conocidas; por esta razón, es razonable suponer que los vestigios de la chimenea no hayan sido vistos aún, si es que realmente aparecen en las cercanías de la parte superior del glaciar B.

Admitir la tercera posibilidad puede parecer una falta de confianza en el espíritu de observación de los miembros de la expedición Fitz Gerald que han examinado el glaciar B y sus alrededores. En realidad me atrevo a hacer algo más grave, pues sospecho que son muchos los que han hojeado el libro de Fitz Gerald sin reparar en algunos pormenores de una hermosa fotografía tomada por Lightbody y reproducida en nuestra lámina IV. La vista fotográfica a que me refiero, titulada « Great precipice on Aconcagua » (Fitz Gerald, 1899, lámina frente a la pág. 224), me ha sugerido la idea de que los vestigios de la chimenea del Aconcagua probablemente son visibles cerca del extremo superior del glaciar B y casi al pie del gran precipicio.

Tres son los indicios que, en conjunto, me parecen significativos: 1º, la regularidad casi geométrica del borde del circo del ventisquero suspendido que aparece un poco más arriba del centro de la fotografía; 2º, la forma de media elipse, comparable a la de una U algo abierta, de cierto borde sobresaliente que limita, a guisa de un incompleto marco, la pared que se halla inmediatamente debajo del ventisquero suspendido; 3º, el neto contraste entre el aspecto homogéneo de la roca que aparece en el interior del relieve en forma de U y la apariencia escabrosa de las rocas que sobresalen de ambos lados e inferiormente. Me parece que para explicar estas particularidades bastaría suponer que una columna, aproximadamente cilíndrica, de roca blanda o friable (por ejemplo, una toba o un aglomerado poco coherente), incluida en una gran masa de roca compacta y

resistente (por ejemplo, andesita en mantos de gran espesor), haya guiado la acción erosiva del hielo. Si esta suposición respondiera a la realidad, la columna de material blando no sería otra cosa sino lo que quedó en cierto trecho de la chimenea después de la última erupción; y ésta habría tenido carácter explosivo. Claro está que mi interpretación debe tomarse como una mera hipótesis; no tengo la pretensión de resolver, desde mi mesa de trabajo, problemas que requieren la observación directa del terreno.

Lo que me interesa, por el momento, es hacer notar que el hecho de que los exploradores del Aconcagua no han señalado vestigios de la chimenea no autoriza a negar que estamos en presencia de un volcán apagado y semidestruido; es posible que dichos vestigios estén ocultos debajo del detrito de faldeo o de algún glaciar, o que afloren en un lugar que aun nadie ha visto, o bien que hayan sido vistos y no reconocidos. A esta última posibilidad atribuyo el mayor grado de verosimilitud.

Ahora queda por ver cuál ha podido ser el proceso de erosión glacial que ha transformado un cono volcánico en una montaña aproximadamente piramidal cuya cumbre se levanta algunos kilómetros más al Noroeste del lugar donde es más probable, a mi juicio, que se encuentren los restos de la chimenea.

VIII. ASIMETRÍA DE LA DENUDACIÓN EN VOLCANES APAGADOS DE GRAN ALTURA

Consideremos lo que debe ocurrir en un volcán mixto de forma cónica, cuyo cráter se encuentre, en condiciones normales, más alto que el límite de las nieves persistentes.

Durante períodos de inactividad suficientemente largos, la nieve podrá acumularse en el cráter dando lugar a un campo de neviza; pero luego, al producirse una erupción central, la nieve desaparecerá en parte o totalmente, mientras nuevas emisiones de lava y nuevas acumulaciones de ceniza podrán aumentar la masa del cono, o por lo menos compensar las pérdidas causadas por la erosión. Es de esta manera que un volcán activo, por alto que sea, logra conservar, o restablecer, su forma normal.

Después de la última erupción (o sea, desde la extinción del volcán), la acción continua de la erosión ya no podrá ser compensada por aportes intermitentes de materiales endógenos; y la parte más expuesta a la destrucción será el cráter, debido a su mayor altitud, al espesor relativamente pequeño de sus paredes, y a la escasa resistencia de las rocas piroclásticas que, esencialmente, las forman. Y ahora, en el interior del cráter la nieve podrá seguir amontonándose durante un tiempo larguísimo.

mo, dando lugar a una enorme masa de neviza que tiende a originar un pequeño glaciar.

En general, aun en los volcanes activos mixtos de forma más regular, el borde del cráter no es perfectamente horizontal, por cuanto el viento suele impedir que las cenizas, al caer, se distribuyan de idéntica manera en todas las direcciones. Es verosímil que, después de la extinción del volcán, los desniveles entre distintos puntos del borde del cráter vayan acentuándose, debido a erosión desigual.

No produciéndose ninguna nueva erupción, nada se opone a la acumulación continuada de la nieve y al consiguiente aumento en espesor del campo de neviza terminal, hasta el momento en que éste llene el cráter, convirtiéndolo en la cuenca de alimentación de un glaciar que, desbordando, fluirá por el lado donde el borde del cráter es más bajo.

Luego, a medida que transeurren los siglos, la acción erosiva de este glaciar se extenderá lateralmente, como también hacia atrás. La erosión lateral ensanchará, con relativa rapidez, la depresión originaria del borde, transformando el cráter en un circo; la erosión retrógrada hará desaparecer, poco a poco, todo el borde originario del cráter, de manera que, desde cierto momento en adelante, el límite superior del circo quedará constituido por una cresta arqueada, que podemos considerar como la línea de intersección de la superficie aproximadamente semicilíndrica de la parte superior del circo con la superficie aproximadamente cónica de aquella parte del volcán que aun no ha sufrido los efectos de la erosión glacial.

Con el progresar de la acción destructora del glaciar, esta cresta arqueada deberá necesariamente disminuir en altura mientras su curvatura se hará siempre menos marcada y su longitud podrá aumentar considerablemente; al mismo tiempo, la lengua del glaciar irá extendiéndose en largo y en ancho (probablemente guiada por algún barranco del antiguo cono volcánico), excavando un amplio valle.

Naturalmente, y desde los primeros tiempos, el retroceso de la pared del circo será mucho más lento que el avance del frente del glaciar; por esta razón, los restos de la chimenea, que al comienzo se hallaban debajo de la parte central del campo de neviza, terminarán por ocupar, con respecto al glaciar de valle, una posición tanto más excéntrica cuanto mayor ha sido el avance descendente del frente del glaciar. Esto equivale a decir que la distancia entre los restos de la chimenea y la cresta arqueada que limita superiormente el circo irá aumentando lentamente, mientras la lengua del glaciar podrá avanzar de una manera relativamente rápida, siguiendo la pendiente.

En el caso imaginario que acabamos de considerar, los restos de la chimenea quedarían ocultos indefinidamente debajo de la parte superior del glaciar. Pero en los casos reales las cosas no pueden ser tan simples,

pues se presentan dos causas de complicaciones, a saber: 1°, la coexistencia de varios glaciares en un mismo monte volcánico de gran altitud; 2°, las expansiones y contracciones sucesivas de las áreas sometidas a la acción erosiva de los glaciares, especialmente durante el Pleistoceno.

La forma actual del Aconcagua indica que sus flancos han sido esculpidos por varios grandes glaciares que descendían en distintas direcciones; cinco de ellos existen aun hoy, aunque reducidos a dimensiones modestas en comparación con las que alcanzaron en el pasado. Esta pluralidad de glaciares puede ocasionar alguna dificultad en la interpretación de ciertas formas del terreno, pero no infirma las conclusiones que hemos traído de la discusión de nuestro ejemplo imaginario; ello se debe a que el glaciar que ha tenido su origen en el campo de neviza del cráter y que abrió una brecha en su borde, se ha hallado desde entonces en condiciones particularmente favorables para seguir ocupando el lugar donde estaba el cráter y para ocultar los vestigios de la chimenea, o sea lo que queda de la columna de roca magmática o piroclástica que se consolidó en el interior del volcán al final de la última erupción. Los otros glaciares, que necesariamente han tenido su principio en menores altitudes, seguramente no pueden haber representado papeles tan importantes; pero su actividad destructora ha sido suficiente para esculpir determinadas partes de los flancos del volcán extinguido, transformando así el cono originario en una especie de pirámide de caras cóncavas y aristas sobresalientes.

Creo, pues, que en cuanto se refiere a la posición actual de los restos de la chimenea, es prácticamente indiferente que consideremos la acción de todos glaciares del Aconcagua o bien sólo la del glaciar B, pues éste es, a mi juicio, el que se originó, centenares de millares de años atrás, en el propio cráter del volcán y, por consiguiente, pudo efectuar fácilmente la disección de la parte central del aparato volcánico externo mientras los otros, cuyas cuencas de alimentación eran mucho menores, se limitaban a modificar la forma de la parte exterior del cono y a ensanchar los valles que encontraron en su camino.

En la primera parte de este capítulo hemos visto que, si se prescindiera de todo cambio de clima, se llega a la conclusión de que los vestigios de la chimenea del volcán deberían hallarse debajo del hielo, en la parte superior del glaciar B. Pero sabemos que durante el Pleistoceno hubo grandes variaciones climáticas. Veamos si aquella conclusión conserva su validez cuando se toman debidamente en cuenta estas variaciones.

Ciertas observaciones de Conway (1902, 55 y 56) sobre las morenas del Valle de los Horcones indican que el Aconcagua ha sufrido los efec-

tos de dos (como mínimo) de las fases glaciales del Pleistoceno. Las antiguas morenas frontales señaladas por Conway son dos: una poco al Sur de la confluencia de los ríos A y B, otra poco al Norte de la desembocadura del Río de los Horcones en el Río de las Cuevas. Podemos suponer que aquélla corresponda a la última fase glacial y ésta a la penúltima, pero en realidad lo único que sabemos con absoluta certeza es que la morena austral es más antigua que la morena boreal. Es claro que si en alguna fase glacial el frente de un glaciar ha avanzado más que en una fase anterior, este avance puede haber barrido las morenas frontales ya existentes, destruyendo así el testimonio de la fase en que el avance fué menor; por esta razón debemos admitir la posibilidad de que durante el Pleistoceno el Aconcagua haya quedado expuesto a la acción de tres, o aun más, fases glaciales, aunque sólo conocemos los vestigios de dos.

Durante la fase glacial en que se produjo el avance máximo, el glaciar A y el glaciar B confluían, confundándose en una masa de hielo única, que llegó a extenderse por unos ocho kilómetros en el Valle de los Horcones, dejando su morena frontal en un sitio donde la altitud del fondo del valle, actualmente, es de aproximadamente 2900 metros. Es razonable suponer que durante aquella fase glacial la erosión y exaración han sido particularmente activas aun en la parte superior del glaciar B, causando una considerable ampliación de su circo.

El bosquejo topográfico de Lightbody (Fitz Gerald, 1899, segundo mapa) indica que en 1897 el extremo inferior del glaciar B se hallaba aproximadamente dos kilómetros y medio al Norte de la confluencia de los ríos A y B, a una altura ligeramente superior a 3700 metros; podemos admitir, pues, que después del momento de expansión máxima, el retroceso horizontal total ha pasado de diez kilómetros, mientras la altitud del extremo inferior de los glaciares ha aumentado en unos 800 metros, por lo menos. Seguramente ahora la amplitud del circo se ha vuelto excesivamente grande en comparación con la reducida magnitud de la masa de hielo que actualmente forma el glaciar B; por esta razón no es inverosímil que en la parte superior del antiguo glaciar B se haya producido un retroceso local, dando lugar a un ventisquero suspendido que se ha separado de la masa principal de hielo que ocupa el fondo del valle. En el espacio intermedio pueden haber quedado descubiertos los vestigios de la chimenea del volcán.

Es justamente en estas condiciones que se presenta la columna de roca que me ha llamado la atención en una vista fotográfica de Lightbody que ilustra el libro de Fitz Gerald y que ahora he hecho reproducir en nuestra lámina IV.

Debo agregar que la originaria continuidad entre el ventisquero suspendido y el actual glaciar B resulta evidenciada en la primera fotogra-

fía del «gran precipicio del Aconcagua» publicada por Fitz Gerald (1898, 473) y reproducida en nuestra lámina V. Siendo tomada desde mayor distancia, y además apaisada, esta vista deja ver con claridad cómo la cresta terminal del Aconcagua y el circo del ventisquero suspendido son aproximadamente concéntricos, cómo la masa columnar en que vislumbro un vestigio de la chimenea ocupa un lugar central, y cómo ha sido cortada oblicuamente para conformarse a la inclinación originaria de esta parte del circo.

IX. CONCLUSIONES

Por las razones que he expuesto, creo que las proposiciones siguientes no carecen de fundamento:

1ª El Aconcagua es lo que queda de un volcán de grandes dimensiones que surgió en el mismo lugar donde hoy pueden verse sus restos.

2ª Este volcán se formó en el Terciario, pero no antes del Oligoceno, y tuvo períodos de gran actividad en el Mioceno.

3ª La actividad volcánica ya se había apagado al comienzo de la penúltima fase glacial, siendo probable que la extinción se haya producido en el Plioceno o a principios del Pleistoceno.

4ª El cráter del volcán se hallaba en un lugar que luego ha sido ocupado por un glaciar.

5. El actual glaciar B es el residuo del gran glaciar que se originó en el cráter.

6ª Es posible que este glaciar oculte aun hoy todo vestigio de la chimenea; pero también es posible que durante el Holoceno la masa de hielo se haya reducido lo suficiente para dejar aflorar restos reconocibles de la chimenea.

7ª Ciertas particularidades que he notado en vistas fotográficas reproducidas en obras de Fitz Gerald dejan suponer que en 1897 los vestigios de la chimenea eran visibles en las inmediaciones del extremo superior del glaciar B, casi al pie del «gran precipicio» y al Sudsudeste de la punta más alta del Aconcagua.

8ª Las masas pétreas, visibles en 1897, que tal vez representan los restos de la antigua chimenea son de tal magnitud que, por intensa que haya sido la acción de la erosión, no pueden haber desaparecido totalmente en los cincuenta años que han transcurrido desde cuando fueron fotografiadas (noviembre de 1897; véase Fitz Gerald, 1899, 300).

Para comprobar si mi interpretación de fotografías tomadas por Lightbody corresponde o no a la realidad, bastaría que alguien llegara, ascendiendo por el glaciar B, hasta los supuestos vestigios de la chime-

nea, recogiera muestras de las rocas que allí afloran, y luego las hiciera examinar por una persona experta en petrografía.

En el mapa en la escala de 1 : 73 370 trazado por el propio Lightbody (Fitz Gerald, 1899, segundo mapa) el camino que él siguió en su ascensión por el glaciar B está marcado con una línea roja. El extremo de esta línea corresponde al punto más alto alcanzado en aquella excursión de noviembre de 1897, punto que según el mismo mapa dista, en línea recta, de Puente del Inca, poco más de diecisiete kilómetros y de la confluencia de los ríos A y B poco menos de diez kilómetros. No debería ser difícil i lenticular en el terreno este punto terminal, por cuanto desde allí Lightbody tomó dos de las vistas fotográficas que ilustran el libro de Fitz Gerald. Una (Fitz Gerald, 1899, frente a la pág. 224; reproducida en nuestra lámina IV) es la que deja ver, a mi juicio, los posibles vestigios de la chimenea. En la otra (Fitz Gerald, 1899, frente a la pág. 222) puede observarse el aspecto que presentaba la parte del glaciar B ya atravesada por Lightbody; por consiguiente, esta fotografía puede resultar de particular utilidad para reconocer los lugares.

En una vista fotográfica publicada anteriormente por Fitz Gerald (1898, 473; reproducida en nuestra lámina V) con la leyenda « South-East Precipice of Aconcagua from Glacier », llama la atención la gran magnitud de una morena que oculta la parte superior del glaciar B aunque deja ver bien el pie del « gran precipicio »; el aspecto de esta morena deja esperar que en ella pueda hallarse algún camino adecuado para realizar, sin excesivas dificultades, una parte de la ascensión.

Basándome en el mapa trazado por Lightbody, calculo que los supuestos vestigios de la chimenea deben hallarse unos cuatro kilómetros, en línea recta, al Estenordeste del punto más alto alcanzado por Lightbody en el glaciar B; pero es probable que el cruce de la parte superior del glaciar B presente graves dificultades y que convenga seguir un camino muy sinuoso para evitarlas.

En los alrededores de los supuestos restos de la chimenea las condiciones topográficas (por lo que puede verse en la fotografía) son particularmente favorables para la formación de aludes y para los desprendimientos de piedras; por consiguiente la exploración de estos lugares puede presentar riesgos no despreciables. Es poco verosímil, en cambio, que en el glaciar B, rodeado por altísimas paredes, las tormentas sean tan violentas como en la parte más alta del Aconcagua, aunque pueden ser de igual duración. Por estas razones, creo que para reducir al mínimo el peligro convendría instalar un campamento, con abundantes provisiones, en pleno glaciar y bastante alejado del pie del gran precipicio, cuidando que la recolección de muestras se haga lo más rápidamente posible y durante las primeras horas de la mañana, por ser entonces menos probable que caigan piedras.

Me parece difícil que haya aficionados del alpinismo que por puro espíritu deportivo, quieran intentar la ascensión hasta el lugar donde, a mi juicio, puede hallarse la clave del enigma del Aconcagua. Por otra parte, dada la situación del glaciar B, la ascensión podría tropezar con serias dificultades, y aun ocasionar desgracias irreparables si se tratara de llevarla a efecto con medios muy limitados, como suelen hacerlo la mayoría de los deportistas. Lo mejor sería que una sociedad científica, o un instituto universitario, o una repartición técnica del Estado, o alguna unidad de tropas de montaña, organizara una expedición con el objeto de estudiar la parte superior del glaciar B y sus inmediaciones.

La Plata, 10 de septiembre de 1947.

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ASTA BURUAGA, F. S. 1867. *Diccionario jeográfico de la República de Chile*, New York.
- BARROS ARANA, D. 1871. *Elementos de Jeografía Física*, Santiago de Chile.
- BONNEY, T. G. 1898. (Discusión de una comunicación de Fitz Gerald), *Geographical Journal*, XII, n° 5, 490-491. London, November 1898.
- 1899 a. *Fulgurites from Tupungato and the summit of Aconcagua*, *Geological Magazine*, XXXVI, n° 415, 1-3, London, January 1899.
- 1899 b. *Note on specimens collected in the Chilean Andes by members of Mr. Fitz Gerald's Expedition*, en Fitz Gerald, E. A., *The Highest Andes*, Appendix A.
- 1901. *Notes on rocks collected by Sir W. M. Conway during his expeditions in the Andes*, en Conway, M., *Climbing and Exploration in the Bolivian Andes*, Appendix, 366-386, London.
- BRÜGGEN, J. 1934. *Grundzüge der Geologie und Lagerstättenkunde Chiles*, Heidelberg.
- BURMEISTER, H. 1875. *Physikalische Beschreibung der Argentinischen Republik*, I, Buenos Aires.
- 1876. *Description physique de la République Argentine* (traduite par E. Maupas), I, Paris.
- Comité Nacional de Geografía. 1942. *Anuario Geográfico Argentino, 1941*, Buenos Aires.
- CONWAY, M. 1899. *Explorations in the Bolivian Andes*, *Geographical Journal*, XIV, n° 1, 14-31, London, July 1899.
- 1902. *Aconcagua and Tierra del Fuego*, London.
- CRAWFORD, R. 1884. *Across the Pampas and the Andes*, London.
- CRICK, G. C. 1899. *Note on the fossils from the Chilean Andes collected by Mr. Fitz Gerald's Expedition*, en Fitz Gerald, E. A., *The Highest Andes*, Appendix B.
- DARWIN, C. 1839. *Journal and Remarks, 1832-1836*, en *Narrative of the surveying voyages of His Majesty Ships Adventure and Beagle*, vol. III, London.
- 1840. *On the connection of certain volcanic phenomena in South America*, etc., *Trans. Geol. Soc. London* (2), V, 601-631.
- 1846. *Geological Observations in South America*, London.
- 1860. *Journal of researches during the voyage of H. M. S. « Beagle »*, 3rd Ed., London.
- DE BENEDETTI, J. J. P. 1941. *Descripción petrográfica de algunas rocas*, en Harrington, H. J., *Investigaciones geológicas en las sierras de Villaricencio y Mal País, Provincia de Mendoza*, Bol. n° 49, Dir. Minas y Geol., Buenos Aires.

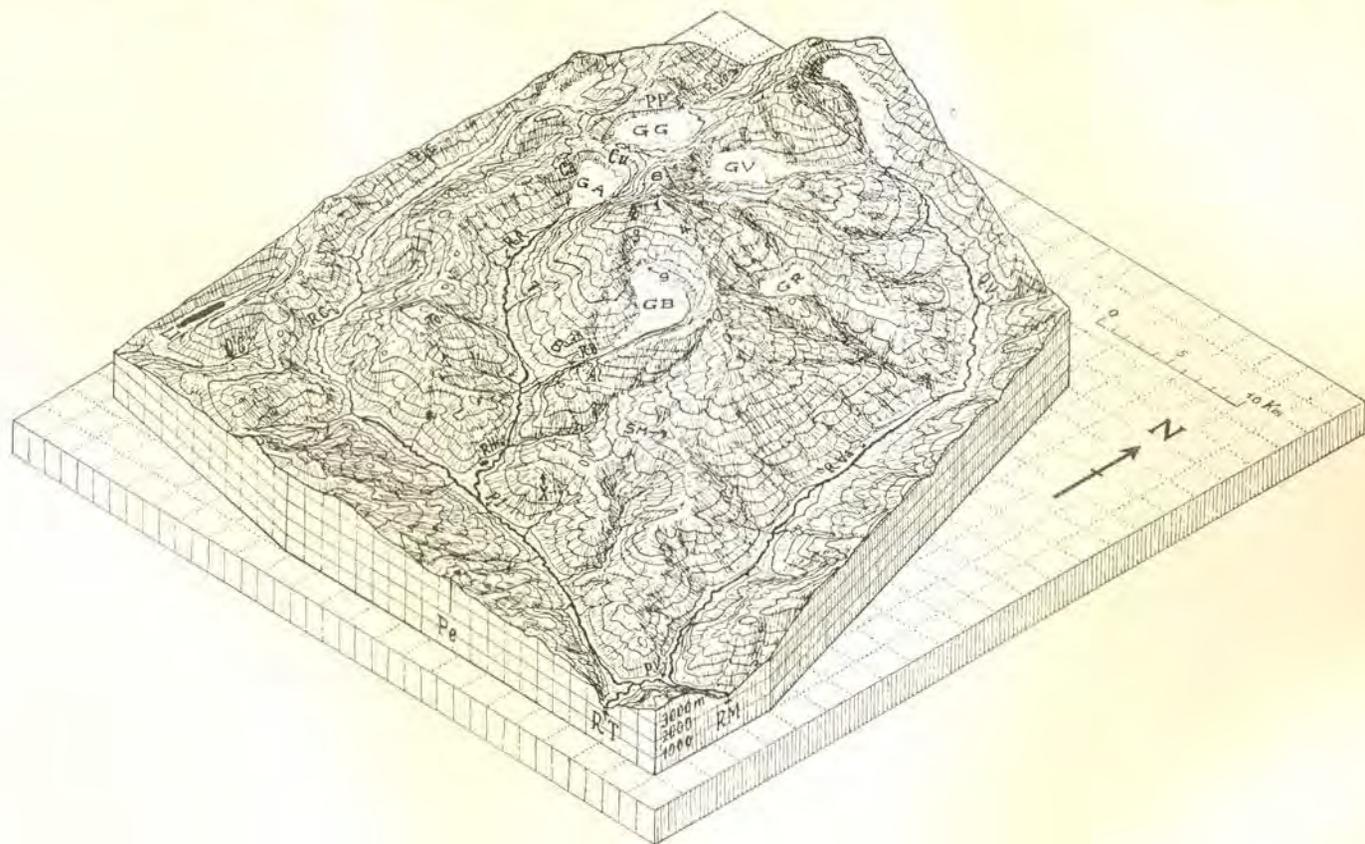
- FITZ GERALD, E. A. 1898. *Exploration on and around Aconcagua*, Geographical Journal, XII, n° 5, 468-486, London, November 1898.
- 1899. *The Highest Andes*, London.
- GERTH, H. 1926. *Orogenese und Magma in der Argentinische Kordillere*, Geologische Rundschau, XVII^A, 62-98, Berlin.
- GHEYSELINCK, R. 1936. *De rustelooze aarde*, Amsterdam.
- 1938. *Die ruhelose Erde* (übertragen von Herbert von Oelsen), Berlin.
- s. a., *La tierra inquieta* (versión española por J. Castells). Barcelona, Editorial Labor.
- GROEBER, P. 1918 a. *Estratigrafía del Dogger en la República Argentina*, Bol. n° 18, serie B, Dir. Minas y Geol., Buenos Aires.
- 1918 b. *Edad y extensión de las estructuras de la Cordillera entre San Juan y Nahuel Huapi*, « Physis », IV, n° 17, 208-240, Buenos Aires.
- 1929. *Lineas fundamentales de la geología del Neuquén, Sur de Mendoza y regiones adyacentes*, Publ. n° 58, Dir. Minas y Geol., Buenos Aires.
- GÜSSFELDT, P. 1883 a. *Reisen in den Anden Chiles und Argentinens*, Verhandl. Ges. für Erdkunde, X, 409-434, Berlin, September 1883.
- 1883 b. *Der Aconcagua - ein Vulkan*, Verhandl. Ges. für Erdkunde, X, 481, Berlin, 24 Dezember 1883.
- 1884. *Der Vulkan Aconcagua von NNW. - Begleitwort zu dem Lichtdruck*, Zeitschr. deutsch. oesterr. Alpenvereins, 404-406, Salzburg.
- 1888. *Reisen in den Anden von Chile und Argentinien*, Berlin.
- HARRINGTON, H. J. 1941. *Investigaciones geológicas en las sierras de Villavicencio y Mal Pais, Provincia de Mendoza*, Bol. n° 49, Dir. Minas y Geol., Buenos Aires.
- HAUTHAL, R. 1903 a. *Distribución de los centros volcánicos en la República Argentina y en Chile*, Rev. Museo de La Plata, XI, 177.
- 1903 b. *Die Vulkangebiete in Chile und Argentinien*, Petermanns Geogr. Mitt., n° 5, 1-6, Gotha.
- KÜHN, F. 1922. *Fundamentos de Fisiografía Argentina*, Buenos Aires.
- 1927. *Argentinien. - Handbuch zur physischen Landeskunde*, Breslau.
- LOBECK, A. K. 1939. *Geomorphology*, New York.
- PISSIS, A. 1852. *Descripción jeográfica y jeológica de la Provincia de Aconcagua*, Santiago de Chile.
- 1875. *Geografía física de la República de Chile*, Paris.
- REICHERT, F. 1929. *La exploración de la Alta Cordillera de Mendoza*, Buenos Aires.
- RICHTER, E. 1900. *Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen*, Petermanns Geogr. Mitt., Ergänzungsband, XXIX, n° 132, Gotha.
- ROTH, J. 1885. *Ueber die von Herrn Paul Güssfeldt in Chile gesammelte Gesteine*, Sitzungsber. K. Preuss. Akad. Wiss., XXVIII, 283-285, Berlin.
- 1888. Reimpresión del trabajo anterior en Güssfeldt, P. *Reise in den Anden von Chile und Argentinien*, 462-465.
- SCHILLER, W. 1907. *Geologische Untersuchungen bei Puente del Inca (Aconcagua)*, Neues Jahrb. Mineral. Geol. Paläontol., B. B. XXIV, 716-736, Stuttgart.
- 1912. *La Alta Cordillera de San Juan y Mendoza y parte de la Provincia de San Juan*, Anales Min. Agr., Secc. Geol. etc., VII, n° 5, Buenos Aires.
- SEKELJ, T. 1944. *Tempestad sobre el Aconcagua*, Buenos Aires.
- VINES, S. 1899. *Twenty-three thousand feet above the Sea*, en Fitz Gerald, *The Highest Andes*, 118-136.
- WINDHAUSEN, A. 1929. *Geología Argentina, Primera Parte*, Buenos Aires.
- 1931. *Geología Argentina, Segunda Parte*, Buenos Aires.

EXPLICACIÓN DE LOS NÚMEROS Y DE LAS LETRAS QUE APARECEN
EN LOS ESTEREOGRAMAS DE LA REGIÓN DEL ACONCAGUA

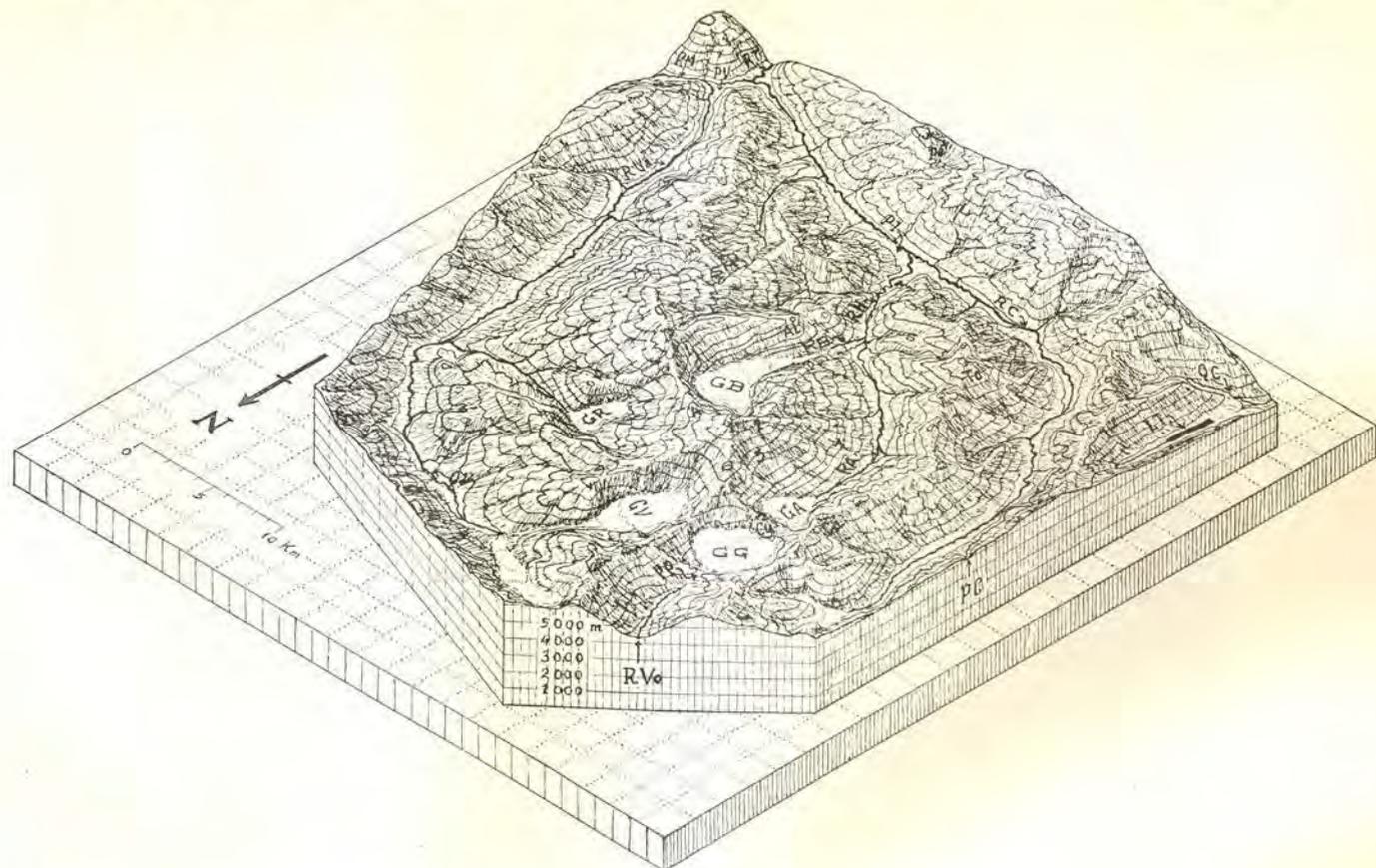
(Láminas I y II)

1, Cima del Aconcagua. — 2, Segunda punta. — 3, Cara Sudsudeste. — 4, Arista Este-sudeste. — 5, Cara Oesnoroeste. — 6, Arista Noroeste. — 7, Flanco Sudoeste. — 8, Punto de cota 4514, en la plancheta «Puente del Inca» del Instituto Geográfico Militar. — 9, Hipotéticos vestigios de la chimenea del antiguo volcán.

Al, Cerro Almacenes. — *Ca*, Cerro Catedral. — *Cu*, Cerro Cuerno. — *GA*, Glaciar A. — *GB*, Glaciar B. — *GG*, Glaciar Güssfeldt. — *GR*, Glaciar de los Relinchos. — *GV*, Glaciar de las Vacas. — *LI*, Laguna de los Incas. — *PC*, Portezuelo de los Contrabandistas. — *Pe*, Cerro Penitentes. — *PI*, Puente del Inca. — *PP*, Portezuelo del Penitente. — *PV*, Punta de Vacas. — *QC*, Quebrada Caracoles. — *QV*, Quebrada Vieja Alta. — *RA*, Río A. — *RB*, Río B. — *RC*, Río de las Cuevas. — *RH*, Río de los Horcones. — *RM*, Río Mendoza. — *RT*, Río Tupungato. — *RVa*, Río de las Vacas. — *RVo*, Río Volcán. — *SM*, Cerro Santa María. — *To*, Cerro Tolosa. — *X*, Punto de cota 3910, en la plancheta «Puente del Inca» del Instituto Geográfico Militar.



La región del Aconcagua. — Al confeccionar este estereograma se ha supuesto que los rayos proyectantes bajan de Sudeste a Noroeste, formando ángulos de $35^{\circ}16'$ con planos horizontales. Las isobispas son puramente demostrativas y la equidistancia es 250 metros. (La explicación de los números y de las letras se halla en la página del frente).



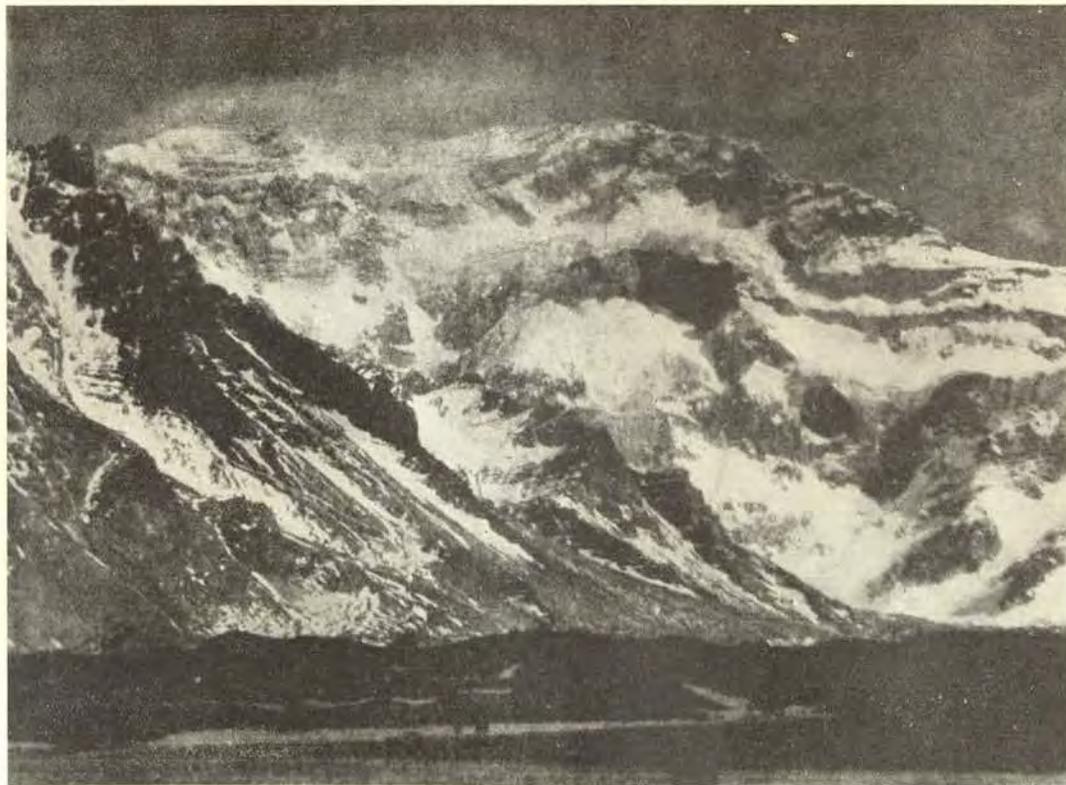
La región del Aconcagua. — Al confeccionar este estereograma se ha supuesto que los rayos proyectantes bajan de Noroeste a Sudeste, formando ángulos de $35^{\circ}10'$ con planos horizontales. Las isohipsas son puramente demostrativas y la equidistancia es 250 metros. (La explicación de los números y de las letras se halla en la página frente a la lámina I).



Vista tomada con teleobjetivo, en dirección al Nornoroeste, desde un punto situado cerca de la cumbre del Cerro Penitentes, por A. Lightbody y reproducida por E. A. Fitz Gerald en *The Highest Andes* (1899), frente a la página 114. En último término, más allá del cerro que presenta una estratificación muy regular y marcada, se levanta la parte superior del Aconcagua, dejando ver indicios de la disposición periclinal tan frecuente en los conos volcánicos de tipo mixto. La figura original lleva esta leyenda: « Aconcagua from the Penitentes. Telephoto View ».



Vista fotográfica tomada por A. Lightbody y reproducida por E. A. Fitz Gerald en *The Highest Andes* (1899), frente a la página 224, con la leyenda : « Great Precipice on Aconcagua ». En la parte central de la figura y algo a la izquierda aparecen los hipotéticos vestigios de la chimenea del antiguo volcán, vistos desde el Este-sudeste.



Vista fotográfica reproducida en la página 473 del tomo XII (1898) de *The Geographical Journal*, para ilustrar la comunicación de E. A. Fitz Gerald titulada *Exploration on and around Aconcagua*; la leyenda dice: «South-East Precipice of Aconcagua from Glacier». En la parte central de la figura y un poco hacia la derecha aparecen los hipotéticos vestigios de la chimenea del antiguo volcán, vistos desde el Sudeste.