

En el ocular campo del anteojo debería colocarse una cruz formada de dos hilos, de los cuales el uno estaría paralelo i el otro perpendicular al meridiano. El borde circular del ocular deberá llevar de 5 a 5 grados divisiones bien marcadas. Para librar la superficie del mercurio de toda agitacion del aire se podria una parte de anteojo i el yaso con mercurio encerrar en un cajon. Tambien seria necesario que el anteojo debajo del ocular, tuviera por un lado un agujero provisto de un espejo por el cual la luz del dia o la de una lámpara de noche pudiera reflejarse sobre el mercurio a fin de que se pudiera distinguir claramente las imágenes de los hilos.

JEOLÓJIA.—Antigua Erupcion Volcánica en la vecindad de los Baños de Cauquénés, situados en el valle del Cachapual al lado austral de este rio, por el doctor Alfonso Stübel.

(Traducido del alemán.) (1)

El hecho de que las aguas termales se hallan con preferencia en las localidades que exhiben antiguos o modernos vestijios de accion volcánica, se manifiesta claramente al observador del valle que contiene los *Baños de Cauquénés*. Aunque esta parte de la falda occidental de los Andes, profundamente cortada i ramificada, i atravesada por el rio Cachapual, no presenta ningun volcan en actividad, ni aun aparecen en él cerros que, por su confi-

(1) Santiago, julio 31 de 1876.—Al señor doctor don Ignacio Domeyko, Decano de la Universidad de Santiago.—Muy distinguido señor:—A Ud., señor Decano, en union con el doctor Philippi les debo los informes mas interesantes sobre la jeolojía de la República de Chile, i me hubiera sido sumamente grato, aprovechando de ellos, haber podido visitar algunos de los volcanes de la alta Cordillera, si la estacion lo hubiera permitido; para así contribuir tambien por mi parte a la pesada tarea que todavia queda por vencer en favor de la ciencia.

Para probar esta mi buena voluntad, permítame, señor, presentarle una corta relacion de un estudio jeolojico del valle de Cauquénés, resultado de mi única escursion que he podido hacer durante mi permanencia en Santiago.

Reciba Ud., señor Decano, nuevamente las espresiones de mi mas sincero respeto.—
S. S. i A. S.—Alfonso Stübel.

guracion, revelen un orijen eruptivo, da con todo pruebas evidentes en las abigarradas rocas que existen en los alrededores de los *baños*, de haber sido, en tiempos remotos, un vasto teatro de estupendos fenómenos volcánicos. Como el objeto de esta corta reseña es solamente llamar la atencion de otros exploradores que puedan disponer de mas tiempo i de mejor estacion que yo, hácia la configuracion jeológica de esos parajes, me limito únicamente a dar de su orografía un lijero bosquejo descriptivo.

Chile, por la circunstancia de que sus Andes presentan estensos declives casi totalmente desnudos de vejeticion i surcados hasta su mismo corazon por profundas abras, ofrece con ventaja de muchos otros países un campo mui apropiado i sumamente favorable para las investigaciones jeológicas. Al jeólogo que por primera vez recorra el pintoresco valle del Cachapual, sin haber conocido antes otros lugares análogos de Chile, no podrá ménos de sorprenderle la configuracion algo estraña de esta parte de la cordillera; notando aquí enormes masas de cerros que circundan ese valle i le dan la apariencia de un vasto anfiteatro, compuestas de capas colocadas unas sobre otras con tan perfecto arreglo, que solo se observa en los depósitos verdaderamente sedimentarios. La jeneralidad de las capas sobrepuestas se manifiesta en posicion mas o ménos horizontal, i solamente en puntos aislados se ven variaciones de esta regla, las cuales ya en sus partes superiores, ya en las inferiores, dan a series de estos aparentes sedimentos un aspecto i una disposicion estraños i singulares. Las nieves que en invierno cubren lijeramente las alturas de esos cerros de mas de 2000 metros, hacen resaltar a la vista con mayor claridad las líneas divisorias de estas capas sobrepuestas parecidas a las sedimentarias, que forman como blancas cornizas sobre arquitecabras oscuros; i a veces se estienden en largas zonas horizontales estratas blancas, alternadas con otras negras,

que guardan paralelismo hasta las mismas cumbres mas elevadas de la cordillera. Este sistema de capas sobrepuestas, que presenta muchas veces un espesor de 1000 metros, consta comunmente de rocas cristalinas de muy variada composicion. Caracterizanse estas últimas por un hecho notabilísimo. Al lado de formaciones indudablemente sedimentarias i como intrínsecos enlaces de esta misma serie de capas, se ostentan otras que por sus propiedades petrográficas muestran ser antiguas rocas eruptivas, i cuya colocacion relativa no se explica bien, ni se armoniza de ninguna manera con sus vecinas inmediatas. Predominan en ellas rocas de estructura porfídica, sienítica i diorítica; pero tambien aparecen allí mismo conglomerados unidos por una liga cristalina.

Muchas vetas metálicas, si bien de escasa importancia, i pequeños mantos de antracita de insignificante valor comerciáble, pero de importancia científica, se encuentran en esa formacion. Ahora se nos presenta esta grave pregunta: ¿Cómo denominar esa formacion? Solo un exámen minucioso, harto detenido i no ménos laborioso, podrá darnos la deseada respuesta. Mientras ésta se verifique, i a fin de indicar de algun modo la creacion enigmática i el desarrollo de esas moles de variada composicion que forman en íntima combinacion la estructura de las gigantescas cordilleras de la América del Sur, propongo que se la llame *formacion metamórfica de los Andes*.

El valle del rio Cachapual, que se estiende principalmente de este a oeste (*véase el plano*), está rodeado de altos cerros, cuyos picos dentellados i lomas tendidas se cubren de nieve durante el invierno, como he mencionado. Hacia la medianía del valle, las alturas prominentes se retiran en direccion al sur i al norte, de manera que éste toma la forma de una ancha cuenca, cuyo fondo ocupan varios grupos de cerrillos que deben considerarse como ramas de aquellas alturas.

En este vasto seno e inmediato a las *termas de Cau-*

quénes, el rio Cachapual deja un curso ordinario de este a oeste, i tuerce de repente hácia el norte, para volver a dirigirse nuevamente hácia el occidente.

La seccion de serranía que baña el rio en este vasto arco, se halla rodeada del lado opuesto i mas allá de los cerros de *los Canelos* por el rio Claro; pero queda por la parte del oriente en contacto inmediato i no interrumpido con las alturas principales de los Andes. En este mismo terreno tan bien determinado por el curso de esos dos rios, perteneciente a la formacion metamórfica, se eleva un macizo considerable en direccion norte a sur hasta la altitud de 1568 metros, que se compone de rocas antiguas eruptivas; pero que su composicion no puede, sin embargo, distinguirse fácilmente de la formacion metamórfica de los cerros contíguos.

Tanto la serranía de formacion volcánica, como la de metamórfica, se hallan cubiertas de piedras sueltas i rocas irregularmente desparramadas, i están revestidas de escasos arbustos.

El punto mas prominente de esta rejion ha sido bautizado por los habitantes con el nombre de *cerro de la Garza*, i su cumbre, que es a manera de cúpula, se eleva 1487 metros sobre el nivel del Pacífico. Ese cerro se enlaza por la parte del sur con otro llamado el *Morro de la Gloria*, i el mas alto de los ántes mencionados cerros de *los Canelos*, por medio de un ramal bastante ancho, comado a trechos i de flancos escarpados. En todo este gran macizo se ostenta a la vista por todas partes la roca volcánica hasta tocar cerca de 60 metros mas abajo de la cresta culminante, con una incision en el perfil del ramal del morro de *la Gloria*, llamada *morrito del Agua fria*. En este punto se ponen en contacto la masa eruptiva i las subyacentes rocas metamórficas. De estas últimas es fácil conocer los caracteres petrográficos fraccionándolas con un martillo, pues que se dividen fácilmente en trozos angulosos, mientras que las lavas antiguas poseen mucho

mayor tenacidad i se resisten a esos golpes. De las ramificaciones laterales que sostienen por ambos lados, como poderosos estribos, el gran macizo volcánico, voi a señalar solamente una de ellas que se estiende en direccion a *La Estacada* i termina en la pequeña quebrada de *El Infiernillo*; porque ella es el manchon de la inmensa mole volcánica, que mas que ninguna otra demuestra haber sido formada por una densa corriente de lava que en estado líquido se ha dirigido hácia abajo.

En direccion al norte i como a 200 metros mas abajo del punto culminante del *cerro de La Garza*, se junta a éste una loma ancha, en cuyo medio se levanta un monte que los vecinos llaman el *Ojo del Toro* i cuya elevacion es de 367 metros sobre el llano del *Durazno*.

Esta cifra representa tambien al parecer el mayor espesor del macizo volcánico que aquí se ha formado; pues si bien el cerro de *la Garza* i los picos inmediatos exceden al llamado *Ojo del Toro* en cerca de 300 metros, el grueso de la masa volcánica es, sin embargo, bastante menor en estas localidades; hecho que se comprueba por las capas de rocas metamórficas, que se presentan a la vista en las quebradas i por los derrumbes en el cuerpo de los cerros.

Se infiere de esta observacion que, cuando la masa volcánica se estendió, el terreno presentaba sobre su faz muchas colinas; i que posteriormente ha sufrido grandes cambios su configuracion. La formacion volcánica que acabo de describir no descende, como podria suponerse, de una masa en licuacion, hasta el fondo mismo del valle. Al contrario, las rocas metamórficas se encuentran en todas partes i con especialidad en el lado oriental, formando grandes declives. Sobre la superficie de estos recuestos se hallan desparramados muchos trozos de lava, i en tan gran número que es evidente que la masa volcánica yacia de antemano en forma de un inmenso banco que mas tarde fué subdividido en un sinnúmero de fragmen-

tos. También está patente i visible aquí el efecto de la corrosion o erosion, que con el trascurso del tiempo ha producido el cambio radical del terreno.

Como tendré que someter la coleccion de muestras petrográficas que caracterizan esta formacion volcánica a un exámen ulterior, estableceré brevemente aquí tan solo el hecho de que todas ellas se asemejan a los productos de los volcanes al presente en actividad, i de que al lado de las muestras de lava de estructura compacta i variada forma se han recojido en gran número otras escoriadas i hasta una obsidiana lejitima.

Hasta aquí me he contraido esclusivamente a hacer notar las masas coherentes de orijen volcánico del valle o rejion en que se hallan los *baños de Cauquenes*; pero existen tambien en varias otras partes de este valle, como en las orillas izquierda i derecha del Cachapual bancos i lavas de 10 hasta 20 metros de espesor que cubren a manera de un manto la formacion metamórfica en una altura de 200 metros mas o ménos sobre el nivel del rio. Parece inadmisibile la esplicacion de que cada una de estas mesetas volcánicas sea debida a una erupcion separadamente local, por cuanto se hallan divididas unas de otras por profundos tajos abiertos en el terreno jeneral. Al contrario, la única esplicacion aceptable de este raro fenómeno sería suponer que un enorme derramamiento de lava ha corrido por sobre las rocas metamórficas, descendiendo por este valle en un tiempo remoto i cuando aun esas mesetas no formaban sino una sola costra o planicie, elevada a 200 metros sobre el actual nivel del mismo rio. Por consiguiente, ha debido trascurrir desde aquella erupcion un decurso de tiempo bastante largo para que la accion de las aguas corrientes haya podido rebajar el nivel del Cachapual por unos 200 metros. Uno de los mas interesantes restos testimoniales de aquella antigua corriente de lava se puede observar un poco mas abajo del establecimiento de los *baños*, a una altura de 178 me-

tros sobre el camino principal. En una placeta de considerable estension, que lleva el nombre de *llano de los Corralones* i está cruzada por la pequeña quebrada de *los Culenes*. Desde el camino se puede divisar distintamente el banco horizontal de lava que en su corte vertical revela una segregacion a modo de columnas. La superficie de esta meseta de lavas está cubierta de piedras rodadas desde las alturas del *morro de los baños* i del *del cerro del Guayacan*. Al otro lado del Cachapul i casi a la misma altura he observado iguales bancos de lava sobre dos lomas separadas una de otra por la quebrada *del Agua*.

Ofrecen tambien interes en este respecto el llamado *llano de los Queltrihues* al pié de la parte superior del cerro de la *Compañía*, que tiene la forma de una cúpula, i la subida del cerro del *Establecimiento* entre las quebradas de los *Chorros* i de los *Huinganes*. El cuerpo de este último cerro hasta pocos metros de su cumbre está formado de rocas metamórficas i solo de allí arriba se hallan en él grandes trozos de lava, la cual se ha deshecho por la accion atmosférica, i ha constituido un banco compacto i continuo de este material. El hecho de encontrarse gran número de trozos de lava sobre el declive oriental del mismo cerro en direccion del llano del *Durazno*, indica la probabilidad de que exista una íntima conexion con la masa principal volcánica del cerro de la *Garza*. Pero aun que no he podido visitar el vecino cerro del *Coligual*, no vacilo en creer que su planicie superior presenta una capa semejante de lava; i abrigo igual suposicion respecto a su prolongacion hácia el portezuelo del *Coto*.

Falta de tiempo me impidió averiguar cuantas de estas mesetas de lava podrán existir en la parte inferior del valle; pero tengo motivos para creer que la antigua corriente de lava ha alcanzado hasta mas abajo del *Río Claro*. Aquí he encontrado trozos de esa materia que contienen olivina, i cuyo aspecto me induce a suponer que sean fragmentos de alguna masa volcánica que sub-

siste aun íntegra a una altura de 100 metros mas arriba del camino.

Las indicadas observaciones hacen mas que verosímil la conclusion de que esa corriente de lava ha podido tener primitivamente una estension de mas de 13 kilómetros por 300 a 400 metros de ancho. Con todo, solo una investigacion mas detenida podrá comprobar la exactitud de esta aseveracion.

Si es, pues, un hecho innegable que el material sobrepuerto de estas altas planicies o mesetas, repartidas esporádicamente alrededor de los *baños de Cauquénés*, es resultado de una misma erupcion ignea líquida, habrá fundamento para poder calcular aproximadamente la edad relativa de esa explosion volcánica, edad, por decirlo así, tallada en gigantescos caracteres en la viva roca.

Durante mi permanencia en el Ecuador el año 1872 con mi compañero el doctor W. Reiss, tuve oportunidad de comprobar un hecho mui análogo; esto es, una corriente de lava proveniente del volcan *Tunguragua* que ha seguido por muchos kilómetros el lecho del rio *Pastaza*, afluente del *Amazonas*.

Aquí tambien el rápido Cachapual en el trascurso del tiempo ha logrado excavar la costra volcánica de un modo tan eficaz que solamente en pocos parajes i por la proteccion de los recodos laterales del valle, ha quedado intacta la capa de lavas. Así pues, el punto de partida de las masas licuadas que perforaron el sistema estratificado metamórfico del valle de ese rio, cerca de los baños de *Cauquénés*, debe buscarse indudablemente allí mismo donde hoy se encuentra la elevacion mas alta de esos productos volcánicos.

No debe estrañarse que no haya yo encontrado un punto fijo de erupcion que pudiera indicarse por el depósito simétrico de materias volcánicas; tanto ménos, teniendo en cuenta el largo período que desde entónces ha trascurrido; pues las lluvias i las influencias atmosféricas

ricas no habrán dejado de haber causado en la superficie menores estragos, que las aguas del rio que han labrado en el mismo tiempo un cauce de 200 metros de profundidad.

Ahora, si suponemos que las corrientes han podido durante cada siglo excavar un metro del lecho del rio, suposición que en vista de la tenacidad del material destruido o escomido, parece mas bien exagerada, tendríamos como resultado un período de 20,000 años transcurridos desde la época de la erupción! Para determinar finalmente el carácter jeneral de esta erupción podemos compararla con la que tuvo lugar en la isla de Methana en Grecia. Es de aquellas erupciones que, verificándose sin intermedio de cráter preexistente i sin una base de roca volcánica, tiene por objeto único la emision i depósito de materias derretidas, hechos por una sola vez; despues de la cual, queda al parecer duraderamente restablecido el equilibrio de las fuerzas impulsivas de las entrañas de la tierra.

La estación del invierno, con sus dias cortos i fríos que me tocó durante mi estadía en los baños de Cauquénes, no me permitió estender mis escursiones hasta los valles mas interiores de la cordillera; ni pude tampoco penetrar en sus recónditos manantiales, ni mucho ménos reconocer sus ventisqueros.

Por la misma razon tuve que privarme del exámen de un terreno mui interesante, terreno que llamó mi atención a lo léjos desde la misma cumbre del morro del *Aguafría*. Es una formación, petrográfica que por su aspecto exterior se distingue esencialmente del carácter de los demas cerros vecinos, i que en forma de un plano inclinado i surcada su superficie por muchos pliegues, se apoya contra los farellones de rocas metamórficas. Mi guía daba a este lugar el nombre de *El Tajo*. A su base se divisaban unas rocas que por su figura fantástica se las ha denominado *Las Arpas* i que parecen compuestas de un

cónglomerado volcánico, aunque sin relacion con la formacion arriba descrita.

Al concluir este trabajo quisiera mencionar otra circunstancia mui interesante que esplica la razon porque estas formaciones volcánicas del valle de Cauquenes se han sustraído por tanto tiempo a la observacion. Ya he hecho notar la semejanza exterior que han adquirido por la accion corrosiva de la atmósfera los cerros de ambas formaciones, la metamórfica i la volcánica. A esto se agrega el hecho tambien notable de la gran analogía que en su estructura i color ofrecen entre sí las rocas componentes de las mismas formaciones.

El jeólogo que recorra las cordilleras de la América del Sur se convencerá, por esperiencia, de lo difícil i casi imposible que es la tarea de distinguir, por solo muestras o trozos aislados, ciertas variedades de rocas metamórficas de las rocas volcánicas mas modernas. Esta dificultad no solamente ocurre en la determinacion de rocas, cuya composicion es de un grano microscopicamente fino, sino tambien en la de aquellas que demuestran una estructura porfídica producida por la presencia de cristales de feldespato i de anfíbola. Mas, ofreciendo el valle del Cachapual, cerca de los *baños de Cauquenes*, un campo como ninguno otro para estudiar los productos, tanto de la formacion metamórfica como de la volcánica, debo designarlo como clásico para investigaciones petrográficas.

Me apresuro a advertir que el mapa acompañado a este trabajo no pretende ser el resultado de observaciones exatas, sino un lijero bosquejo de esas localidades para la fácil comprension de su topografía.