

LOS VOLCANES GEMELOS DE LA POMA

Y SU RELACIÓN CON LA TECTÓNICA DEL VALLE CALCHAQUÍ

POR J. KEIDEL

En los Andes argentinos, la actividad volcánica ha mermado en el transcurso de los tiempos terciarios, si bien que con variaciones manifiestas. Los volcanes se han apagado desde el período pleistoceno. Tan sólo en el flanco chileno de los Andes se producen aún hoy erupciones, a veces violentas, en aquellos volcanes que, en la parte exterior de las latitudes subtropicales, se levantan en la vertiente y la base de la montaña.

A pesar de esta merma general, muchas bocas volcánicas estaban activas todavía en el pleistoceno. Por lo común, trátase de volcanes, con frecuencia altos y alejados unos de otros, que deben haberse formado ya hacia fines del terciario. Una comarca que, en este sentido, se diferencia de todas las otras argentinas y chilenas, es la Puna. Especialmente en la porción occidental de ella, los volcanes se aproximan tanto entre sí que sus lavas, escorias y corrientes de fango de ceniza cubren, por grandes trayectos, el relieve de montaña en el cual se asientan. El bosquejo de mapa de los volcanes de los Andes argentinos y chilenos publicado por Hauthal, ya hace años ¹, señala en la Puna un número de volcanes tan crecido, que esta comarca presenta carácter propio en cuanto a la magnitud y frecuencia de las erupciones volcánicas.

Es en estas latitudes donde los centros volcánicos avanzan hacia el naciente. También en la parte oriental de la Puna existen volcanes sobrepuestos a un relieve integrado por rocas muy antiguas y capas fuertemente plegadas. Pero aún más al este encontramos orificios volcánicos situados ya dentro de la zona de los cordones orientales de la

¹ HAUTHAL, R., *Distribución de los centros volcánicos en la República Argentina y Chile*, en *Revista del Museo de La Plata*, XI, 177 y siguientes, La Plata, 1903.

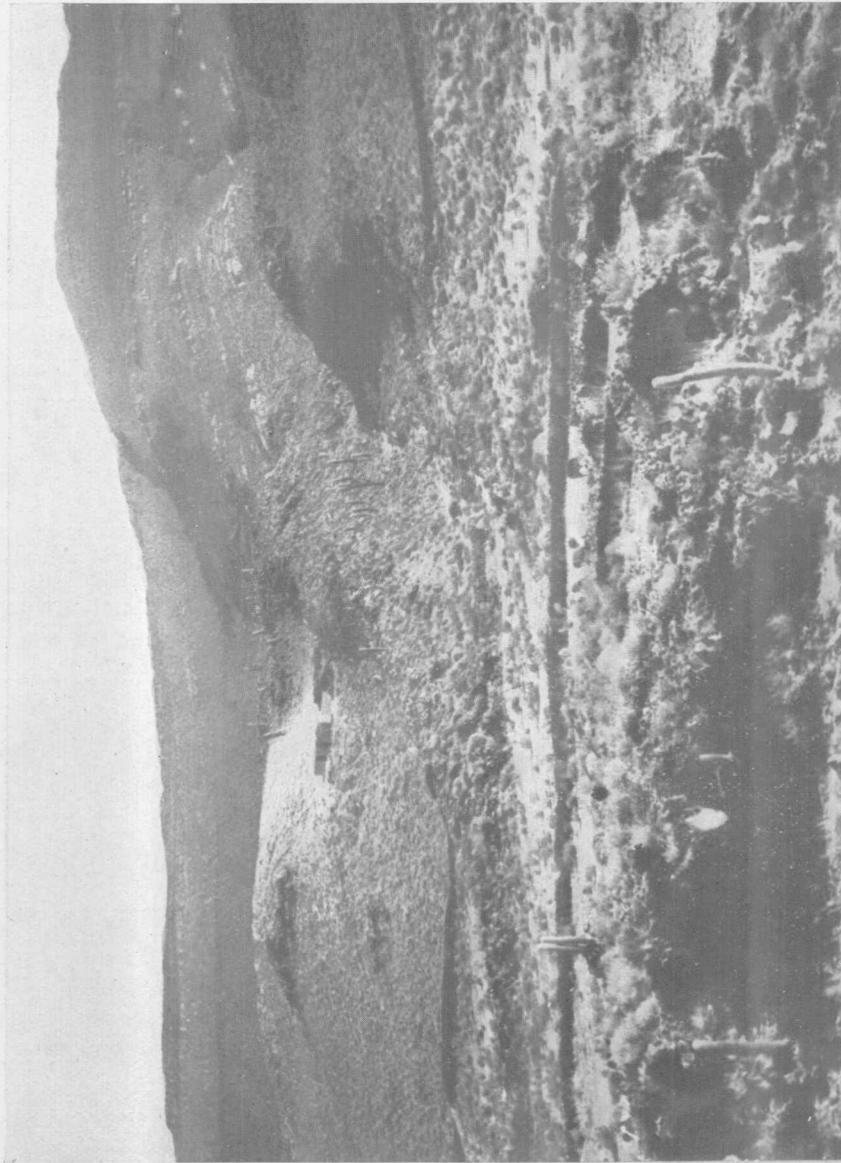
montaña y, según parece, del todo aislados. Con ello me refiero a los pequeños volcanes gemelos de La Poma en el valle Calchaquí. Hauthal, al mencionarlos, afirma no conocer otro sitio de erupciones tan alejado hacia el este del campo principal de volcanes de los Andes. Se trata, como se entiende, de volcanes verdaderos, y no de manifestaciones de un vulcanismo más antiguo, por ejemplo los cuerpos intrusivos de poca profundidad que salen al descubierto, aun en partes situadas más al este y nordeste.

Según el bosquejo de Hauthal, los volcanes de La Poma representarían el único lugar de erupciones en aquella porción de la montaña. Sin embargo el bosquejo, por la época de su publicación, resulta incompleto; pues si bajo el concepto de erupción entendemos, no sólo los paroxismos sino también la salida de lava sin explosiones mayores, el número de señales volcánicas del pleistoceno, o más recientes, es mayor en las cercanías de La Poma. Ya en el valle Calchaquí, aguas arriba de La Poma, existe una corriente de lava (lám. I) en la quebrada del río Blanco, que es un afluente del lado derecho. Y, según Palmer ¹, aún más al oeste y en mayores alturas se encuentran coladas de lava sobre el lecho de algunos valles que, en los alrededores de Piedras Blancas, descienden del flanco oriental del alto cordón de montañas de la divisoria entre el valle Calchaquí y la Puna.

Los volcanes gemelos de La Poma son conocidos bajo el nombre de « El Volcán ». Sus productos de erupción son, al menos en parte, escorias, lapilli y tobas de ceniza. Además, han salido de ellos varias coladas de lava. Su forma recuerda la de los volcanes estratificados de dimensiones pequeñas. Pero, según veremos más adelante, la primera impresión que de ellos recogemos, podría engañarnos sobre sus extensiones verdaderas. Ambos conos saltan a la vista, tanto por su forma cuanto por el color de sus escorias y lavas. Como bocas de erupciones explosivas constituyen en esta parte de los Andes un fenómeno aislado. Su presencia parece discrepar, además, con la constitución geológica del valle Calchaquí y sus laderas.

En el citado valle, y aún más al naciente, la montaña se compone en lo principal de capas proterozoicas. Son éstas las pizarras, en parte filíticas, y cuarcitas consideradas por Palmer como « metasedimentos » paleozoicos, es decir, como sedimentos alterados ligeramente por el metamorfismo regional. Las capas proterozoicas integran una estructura de plegamiento, que en otros lugares de los Andes de Salta y Jujuy se presenta nivelada bajo capas del cámbrico o sedimentos transgresivos del ordoviciano. Las capas proterozoicas constituyen, a ambos lados del valle

¹ PALMER, H. S., *Geological notes of the Andes of NW Argentine*, en *American Journal of Science*, XXXVIII, 309 y siguientes, New Haven, 1914.



Corriente de lava (timburgita) de la quebrada del río Blanco, cerca de la desembocadura de ésta en el valle Calchaquí. La colada, vista del naciente, ha salido de un vallecito del lado noroeste de la quebrada del río Blanco y llena, a la derecha de la cusa, un surco cavado en las capas mesozoicas : enliza a la derecha y arenisca a la izquierda.



La serie de las areniscas y conglomerados del terciario cerca de la Esquina Azul, cuyas capas se inclinan con ángulo pequeño y disposición irregular hacia el este. La serie constituye el subsuelo del valle y sale al descubierto en largos trechos. Hacia el naciente descende con señales de fuerte deformación de sus rocas, debajo de la mole de las capas proterozoicas que es visible en la alta ladera, del tercer plano. La vista muestra con claridad el contraste entre las areniscas y conglomerados del fondo y el relieve del alto cordón del lado izquierdo del valle Catechaquí, o sean los Cerros Lampasillos, de cumbre plana.

Calchaquí, los cordones de montañas hasta las alturas más elevadas. En la cima plana del Nevado del Acay alcanzan la altitud de 6000 metros sobre el nivel del mar. Sólo en los lugares de intrusiones extensas, por ejemplo los Nevados de Cachi, se hallan substituídas por granito antiguo.

Las capas proterozoicas que prestan al conjunto un tinte obscuro, dominan la composición de la montaña en grandes trechos. Mas la nota peculiar del cuadro geológico presentado por el valle Calchaquí, debe su origen a una espesa serie de areniscas y conglomerados de color pardo rojo y rojo vivo. Tales areniscas integran el subsuelo del valle, y con los conglomerados afloran en largos trechos debajo del acarreo de la vaguada, de los conos de deyección y de capas de acarreo elevadas que son conos antiguos y por eso recortados. Las areniscas y conglomerados se presentan en la altura media de 3000 metros aproximadamente. Se encuentran, pues, a 2500 metros debajo de las cumbres redondas o planas de los cordones de montañas que, con rumbo meridional, se alzan a ambos lados de esta parte del valle Calchaquí. A diferencia de las capas proterozoicas de las altas laderas del valle, las areniscas están poco dislocadas. Donde en algunos afloramientos del lado izquierdo salen al descubierto con algún mayor espesor, parecen adosarse con escasa inclinación a la ladera empinada que se compone de las capas proterozoicas fuertemente plegadas. La vista de la lámina II muestra el contraste entre la ladera izquierda y la serie de las areniscas y conglomerados del valle, dando a la par una idea de los rasgos esenciales del paisaje de esta parte del valle Calchaquí.

Este contraste tan manifiesto invita a suponer que las areniscas del valle están separadas de las capas proterozoicas de la alta ladera por una profunda fracturación. Las areniscas y conglomerados compondrían, en este caso, una serie hundida, relativamente, con respecto a los bloques de los cordones de montañas contiguos. Palmer ha emitido esta idea, y conforme a ella ha descrito la porción superior del valle Calchaquí como fosa tectónica. En el bosquejo de mapa pertinente de su trabajo ha dibujado dos fallas paralelas que limitan la cuenca longitudinal del valle con rumbo general dirigido de sur a norte.

Palmer refiere las areniscas y conglomerados al jurásico. Al contemplar su corte de conjunto, transversal, de los Andes, vemos que las areniscas y conglomerados del valle Calchaquí constituyen un bloque hundido entre moles de capas paleozoicas. El bloque longitudinal de areniscas se adelgaza en forma de cuña hacia abajo. Se trataría, pues, de una tectónica relativamente sencilla; y, según Palmer, sencilla e inmediata resultaría también la relación entre ella y las erupciones de los dos pequeños volcanes, porque éstos se asentarían en la gran falla del lado izquierdo del valle Calchaquí.

También Hausen considera el valle como zona de fracturación.¹ Según sus observaciones, el valle Calchaquí tiene origen tectónico como la quebrada del Toro y la de Humahuaca. Esta afirmación, en su forma general, está fundada.

Mas la historia geológica de los grandes valles longitudinales de los Andes de Salta y Jujuy resulta, en realidad, más complicada de lo que podría parecer según los datos publicados hasta la fecha. De todos modos, los tres valles se diferencian unos de otros en el sentido tectónico, y las diversas partes de cada uno de ellos se distinguen por un desarrollo diferente. La del valle Calchaquí, que se extiende por un corto trecho aguas arriba y abajo de La Poma, se parece en cierto modo a una fosa tectónica. En cambio la sección superior, que comienza cerca de la cuesta del Acay, y la sección que se extiende hasta Cachi, poco más o menos, presentan caracteres diferentes. No puedo detenerme aquí a describir estas diferencias. Sin embargo procuraré aclarar algunas de las complicaciones tectónicas que se observan en las líneas de contacto de las areniscas y conglomerados del valle con las capas proterozoicas de las laderas. Ya en algunos afloramientos que encontramos en el lado izquierdo de la vaguada, cerca de los volcanes, advertimos que la línea de contacto de estos lugares no es una sencilla falla longitudinal.

Aun antes de Palmer, varios investigadores habían mencionado los volcanes gemelos de La Poma. El lugar de erupción figura, muchos años atrás, en el mapa geológico publicado por Brackebusch². Tannhäuser que ha estudiado las rocas eruptivas de escasa edad, coleccionadas por Brackebusch, refiere las de los volcanes al basalto común y a las andesitas con piroxeno³. Pero sólo Kühn ha descrito brevemente las dos bocas de erupción⁴. La figura que encontramos en su trabajo, da una idea clara de la forma y disposición de los volcanes.

Según Kühn, se levantan uno al lado del otro en la base de la ladera izquierda del valle, a una distancia de 6 a 7 kilómetros al sudeste de La

¹ HAUSEN, H., *Sobre un perfil geológico del borde oriental de la Puna de Atacama con una descripción de algunos yacimientos en la Puna de Salta y Jujuy*, en *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba*, XXVIII, 1 y siguientes, Buenos Aires, 1925. Los mismos datos, pero ampliados y en parte rectificadas, están publicados en el trabajo que lleva el título: *Geologische Beobachtungen in den Hochgebirgen der Provinzen Salta und Jujuy, Nordwestargentinien*, en *Meddelanden fran Abo Akademis Geologisk-Mineralogiska Institut*, N° 11, Helsingfors, 1930.

² BRACKEBUSCH, L., *Mapa geológico del interior de la República Argentina*, Gotha, 1891.

³ TANNHÄUSER, F., *Petrographische Untersuchungen an jungvulkanischen Gesteinen der argentinischen Republik*, en *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie u. Paläontologie*, Beil. Bd. XXII, 555 y siguientes, Stuttgart, 1906.

⁴ KÜHN, F., *Beiträge zur Kenntnis der Argentinischen Cordillere zwischen 24° und 26° südl. Br.*, en *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 1911, 147 y siguientes.

Poma. Se alzan, en los 3200 metros de altura, sobre una terraza de acarreo. Su forma es simétrica, aunque surcos radiales de aguas pluviales han tajado sus flancos. El cono meridional se levanta a 3500 y el septentrional a 3590 metros de altura. La curva de los flancos es cóncava en la parte media, donde alcanza 35° de inclinación. En el flanco norte del cono meridional hay dos grandes cavidades. Según Kühn son, probablemente, nichos de desplome producidos en ocasión de uno de los grandes terremotos que, en intervalos desiguales y de menores conmociones, azotan este trecho del valle Calchaquí. Kühn ha estudiado también la composición y estructura de los volcanes. Estos, a pesar de lo similar de su forma que justifica el hablar de volcanes gemelos, se diferencian por su estructura. El cono septentrional se compone de bloques de lava, que en parte constituyen una masa coherente y en parte están esparcidos de los flancos. En el lado austral de este cono salen al descubierto pizarras fuertemente inclinadas que pertenecen al basamento del volcán. El cono meridional en cambio se compone, en la parte baja, de una toba brechosa de color amarillo. Sobre las capas inclinadas de la toba descansan los productos acumulados por las erupciones, es decir escoria negra que presenta la estructura de la piedra pómez, y otros trozos y partículas de lava expulsada violentamente por las erupciones. En ambos conos el lugar del cráter, ya obliterado en gran parte, está señalado por hondonadas de contorno elíptico. El dibujo de Kühn reproduce varias coladas de lava, que se extienden desde la base de los conos hacia el oeste, a la terraza de acarreo ya mencionada, en la cual parecen alzarse los volcanes. Una corriente de lava cordada ha salido del valle angosto que separa los dos conos. Por la buena conservación de su superficie podría tratarse de una corriente formada en tiempo reciente.

De este resumen de la descripción de Kühn se desprenden algunos hechos que conviene tener en cuenta para interpretar la formación de los volcanes gemelos y la relación que éstos guardan con su basamento. Si a ellos agregamos algunos datos más, resultará factible apreciar las dimensiones de los conos y decidir qué parte se integra, sobre un basamento de rocas sedimentarias, de los materiales sueltos y acumulados directamente por la actividad volcánica. Además podemos considerar la cuestión de si las erupciones se han producido durante un lapso de tiempo de alguna duración. Por último, el estudio de los afloramientos de las rocas estratificadas del basamento hasta cierta distancia permitirá averiguar la relación que guardan las formas de origen volcánico con la disposición tectónica de las rocas sedimentarias de su basamento.

Consideraremos primero el tamaño de las formas, que se componen de los materiales arrojados y acumulados en torno de las chimeneas por la actividad volcánica.

Las hondonadas en las cimas que, muy probablemente, señalan los lugares ocupados anteriormente por los cráteres, están separados por un trecho que mide menos de un kilómetro. Su situación responde a una línea de SSW a NNE. De esta suerte, la boca eruptiva meridional se encuentra un poco más al oeste y más cercana a la línea media del valle Calchaquí que la boca septentrional. Los datos referentes a las alturas absolutas y relativas, establecidos en el trabajo de Kühn, los considero aproximadamente correctos. Sin embargo, las alturas relativas se refieren a toda la forma topográfica y no, como pudiera parecer a primera vista, a la forma de origen volcánico; pues sólo una pequeña porción de ella se compone de los materiales acumulados, sucesivamente, en torno de los orificios eruptivos, tal vez durante una fase postrera de la actividad volcánica. Se trata de la cuarta o quinta parte de los 300 y 390 metros respectivamente, atribuidos por Kühn como alturas relativas a los volcanes. Esta porción reducida, y correspondiente a la verdadera forma volcánica, está coronando un basamento compuesto de rocas proterozoicas. Ello se deduce de la distribución de los afloramientos en los cuales tales rocas salen al descubierto debajo de una capa de escombros volcánicos mezclados con trozos de pizarras y cuarcitas. Esta capa es, pues, talud.

Ya Kühn, según se desprende de su descripción, ha visto un afloramiento de las capas proterozoicas no muy abajo de las cimas, y el examen detenido revela la frecuencia relativa de tales afloramientos. Especialmente al norte de los conos, el subsuelo está expuesto en los surcos angostos de vallecitos laterales. Las capas proterozoicas, fuertemente dislocadas, se internan aquí, en la dirección de su rumbo, en el flanco norte del volcán septentrional y reaparecen en el lado opuesto. La mayor cantidad de los materiales volcánicos se ha acumulado en el surco que separa los volcanes. Podemos apreciar ahí su espesor en los dos nichos de desplome ya descritos por Kühn. Mas, por lo general, la capa de talud de los flancos de los conos es bastante delgada. Escombros de lava y escoria, mezclados con toba clara, constituyen una cubierta continua y lisa en la porción alta del flanco occidental del volcán norte, que se extiende hacia abajo hasta un canto de la pendiente integrado por las rocas proterozoicas. Aun más abajo, hasta la misma base del cono, hay mantas de escoria, de bloques de lava y de toba. Lo mismo el flanco oeste del volcán meridional presenta talud, en el cual una escoria negra y pardo obscura, mezclada con toba clara, constituye mantas que se cubren parcialmente unas a otras. Es fácil comprobar que, en este flanco, la cubierta integrada por escoria y toba es poco espesa, porque en los surcos someros, que las aguas pluviales han tajado en la parte baja y media de la pendiente, salen al descubierto las rocas proterozoicas con su característico color gris azulado. En el lado noroeste del vol-

cán septentrional, y hasta mayor altura, se hallan dispersos afloramientos de las mismas rocas. Dentro de una faja de la pendiente que aquí desciende desde cerca de la cima, trozos de rocas proterozoicas que proceden del basamento, se encuentran en la capa de talud, entreverados con materiales volcánicos.

Todo esto comprueba que los conos se componen esencialmente de las rocas proterozoicas. Los bloques de lava y los demás productos de las erupciones, como escoria, lapilli, arena y toba, acumulados en torno de las chimeneas, coronan un relieve preformado y constituido por las rocas proterozoicas. Se trata de un escalón ancho, cuya presencia en la base de la ladera izquierda del valle Calchaquí es debida a movimientos tectónicos que, al producirse, han originado probablemente deslizamientos de falda (fig. 2).

Para comprobar con mayor certeza que sólo la parte alta de los conos se compone de los materiales acumulados directamente por la actividad volcánica, convendría averiguar la altura de su asiento sobre el basamento integrado por las rocas proterozoicas, y examinar, a la par, su textura interna. Pero un estudio en tal sentido está dificultado por la alteración de las hondonadas que parecen señalar el sitio de las chimeneas, y por la presencia de la cubierta de talud. Sin embargo, si contemplamos los volcanes del norte desde un lugar conveniente y algo distante del valle Calchaquí, advertimos, en cuanto a configuración y color, el contraste que existe entre el basamento y la forma volcánica, propiamente dicha, de las cimas de los conos. Vemos a la vez que, a diferencia de los flancos occidentales de los volcanes, extensos y fuertemente inclinados, los del lado oriental presentan una curva suave que, hacia el nacimiento, asciende gradualmente a la alta vertiente izquierda del valle Calchaquí.

La impresión de la escasa altura de las cimas volcánicas que así recogemos se ratifica por el examen de las mismas acumulaciones de materiales eruptivos. El volcán septentrional se asienta en una porción elevada del escalón integrado por las rocas proterozoicas. Los materiales acumulados por las erupciones cubren una superficie poco inclinada al oeste y constituyen un cordón de 40 a 50 metros de altura que tiene disposición algo oblonga, se abre hacia el noroeste por un surco suave, encerrando así una hondonada de poca profundidad. Las rocas proterozoicas asoman aun en mayor altura del flanco norte del volcán, donde se presentan con alguna extensión en la pared sur de un pequeño valle transversal. En este lugar descansa en discordancia sobre ellas una camada negra de materiales volcánicos. Además, vemos aquí bloques amontonados de una lava compacta, de superficie abovedada irregularmente. De esta manera surge bien visible la superficie mencionada, que se inclina algo al oeste y separa el basamento de las rocas volcánicas.

Escombros de escoria y de lava se extienden en las demás partes del mismo flanco sobre las rocas proterozoicas.

También en el flanco norte del volcán meridional observamos capas de escoria y toba inclinadas al oeste. Las encontramos, con respecto a las rocas proterozoicas del subsuelo, en posición tal, que debajo de ellas podríamos buscar la superficie en la cual debe estar asentada la cima volcánica. Debajo de la porción media y occidental de esta superficie se abren los nichos de desplome, ya varias veces mencionados. Los afloramientos, sin embargo, no se presentan claros. Por lo general, la pendiente está cubierta profusamente de escoria y otros materiales volcánicos. En el borde oeste del nicho occidental se distinguen, en fuerte inclinación, capas de escoria de algunos metros de espesor. Si bien la hondonada en la cima es chata como la del cono septentrional, no posee forma circular porque las escorias y tobas acumuladas en su torno constituyen un cordón bajo de disposición poco más o menos rectangular.

El volumen total de los materiales volcánicos depositados durante las erupciones en la cima de los conos es, pues, reducido. Si no hubiera otras señales de la actividad volcánica, los conos gemelos de La Poma representarían tan sólo bocas de erupciones insignificantes. Mas, es probable que los volcanes propiamente dichos que acabamos de considerar, deban su origen a erupciones postreras. De todos modos, no es posible formarse idea de la magnitud de las erupciones sin tener en cuenta también las coladas de lava expelidas, en diversos tiempos, por los volcanes.

La lava de las corrientes, en particular la de las primeras erupciones, parece haber cubierto una superficie de mayor extensión. Esto nos lleva a considerar la distribución de las coladas de lava y su reiterada salida, para señalar, dentro de lo posible, la época de las erupciones.

Las lavas deben tener bastante mayor volumen que las escorias y otros materiales sueltos expulsados por las erupciones, sobre todo hacia fines de la actividad volcánica. No obstante, resulta difícil apreciar la cantidad de los materiales sueltos que, en total, han sido esparcidos por las mismas explosiones volcánicas y acarreados a mayor distancia por las aguas torrenciales, propias de todo clima seco, como lo es el de esta comarca. Mas, si comparamos el volumen de las lavas con el de los materiales sueltos acumulados en torno de las chimeneas, podemos decir que las bocas eruptivas de La Poma se aproximan, en cuanto a los rasgos esenciales de las erupciones, más bien al tipo de salida tranquila de lava pero no al de las explosiones prolongadas o reiteradas de un modo intermitente. Tal vez se trate de un tipo intermedio, es decir de sucesiva salida de corrientes de lava y acción alternativa o accidental de verdaderos paroxismos.

La lava que procede de corrientes, y las escorias dispersas no se encuentran exclusivamente en la inmediata cercanía de las bocas eruptivas. Al oeste de los conos y más al sur, se hallan remanentes de lava al lado izquierdo del río Calchaquí, hasta 5 ó 6 kilómetros de distancia de los conos. En este trecho termina la parte del valle Calchaquí, en el cual está situado el pueblo de La Poma, parte que se extiende, aguas arriba, unos 12 kilómetros al norte, hasta más allá de la « Esquina Azul ». En la dirección opuesta, aguas abajo de « La Abajada », el valle en descenso más rápido se ensancha, así que cerca del río de Las Conchas (finca Palermo) ya se convierte en extensa cuenca intermontañosa.

Al oeste de los volcanes y más al sur, hasta La Abajada, el fondo del valle, al lado izquierdo del río Calchaquí, es un plano inclinado que termina en la dirección de su pendiente hacia el oeste y sudoeste, en la vaguada del río Calchaquí, que en el trecho mencionado es un cañón. El plano inclinado o bajada se compone de conos de deyección unidos lateralmente. Por la presencia en su superficie y su acarreo de muchos escombros volcánicos de color obscuro, recibe el nombre de « Campo Negro ». Su anchura es mayor cerca de los volcanes que en su extremo sur. El espesor de su capa de acarreo es reducido, según demuestran los afloramientos de las rocas de su subsuelo en el cañón del río Calchaquí. Allí salen al descubierto areniscas pardas, que según Palmer tendrían edad jurásica. Al subir por el valle, desde La Abajada, ya encontramos varios remanentes de lava que al lado izquierdo del cañón descansan, a alguna altura sobre la vaguada del río, sobre las areniscas poco dislocadas. Como esta lava está cubierta a su vez del acarreo del Campo Negro, se desprende que ella ha llegado a desparramarse ya en la primera fase de la actividad volcánica en la orilla izquierda del río Calchaquí hasta cerca de La Abajada. No es factible averiguar hasta dónde, bajo la capa de acarreo superficial, esta lava se extiende por el Campo Negro. Quizá ha corrido del lugar de erupción a lo largo de la línea de la entonces vaguada, más elevada, del río Calchaquí. Pero dada su longitud considerable, es posible que también sea ancha y alcance, hacia el este, puntos más altos del Campo Negro, como señala Palmer en el bosquejo pertinente de su trabajo.

Escoria y otros materiales sueltos cubren también, juntamente con el acarreo de las rocas proterozoicas, la parte norte del Campo Negro, entre la base de los volcanes y el surco del río Calchaquí. Debajo de la capa constituída por ellos, sale al descubierto, en el lado izquierdo del cañón del río, el canto extenso de una capa de lava. También en este lugar la lava cubre areniscas de color pardo chocolate arriba del lecho del río. Se comporta, pues, como la lava que encontramos algo aguas arriba de La Abajada. Por esta razón podemos aceptar que en ambos afloramientos

tos se trata de la misma corriente de lava, indicando el comienzo de las erupciones. En todo caso, la corriente ya debía existir cuando el río llegara a profundizar su lecho, cavando el cañón por el cual corre actualmente. Se comprueba esto por la igualdad de altura de algunos remanentes de lava en el lado opuesto o derecho del cañón, que fueron separados de la corriente del lado izquierdo por la actividad erosiva del río (fig. 1). Por esto disponemos de un argumento, de orden morfológico, que permite sacar determinadas conclusiones respecto a la edad de las primeras erupciones.

Todas las otras corrientes de lava se presentan desnudas cerca de los volcanes en la superficie del relieve de los conos, o no están del todo cubiertas por el acarreo y los escombros volcánicos. Dos de estas corrientes se encuentran en la altura del volcán septentrional. Una de ellas, compuesta de una roca gris negruzca que contiene pequeños granos dispersos de olivino, desciende por el lado noroeste del cono. Otra corriente más corta se extiende del lado norte de la cima a las rocas proterozoicas del basamento. De un punto situado cerca de la cima puede proceder lo mismo la colada del surco que separa los volcanes, es decir la corriente que ya a Kühn le llamó la atención por la buena conservación de su superficie.

Las demás coladas las encontramos en la parte baja de las pendientes occidentales de los volcanes, desde donde se extienden a la capa de acarreo del Campo Negro, mientras que en la falda del volcán septentrional hay una sola colada de este grupo. Esta corriente parece partir desde un punto situado debajo del canto del escalón mencionado anteriormente, compuesto por las capas proterozoicas. En la base de la pendiente ella tuerce ligeramente al noroeste, hacia el Campo Negro. Las coladas del cono meridional son más anchas y, según parece, se confunden o en parte se cubren. En sus lados y en su frente están cubiertas por escombros volcánicos y acarreo procedente, en su mayor parte, del alto flanco situado al este de los conos. Los puntos de salida de las corrientes de este grupo no son visibles, pero según la dirección de su porción superior podrían haber partido desde los cráteres de los volcanes. Recogemos esta impresión, sobre todo, al examinar las del volcán meridional. Sin embargo, las corrientes no están en comunicación con las cimas de los conos. Este hecho, y luego la circunstancia de hallarse cubiertas en parte por acarreo de las rocas proterozoicas y escombros volcánicos, podrían indicar su anterioridad a las coladas desnudas que descienden de la cima del volcán septentrional.

Sea lo que fuera, de lo precedente se deduce que los volcanes de La Poma no se han formado por una sola erupción ni por varias erupciones en rápida sucesión. Por el contrario, el estudio de las diversas coladas de lava y la relación de algunas de éstas con la capa de acarreo del

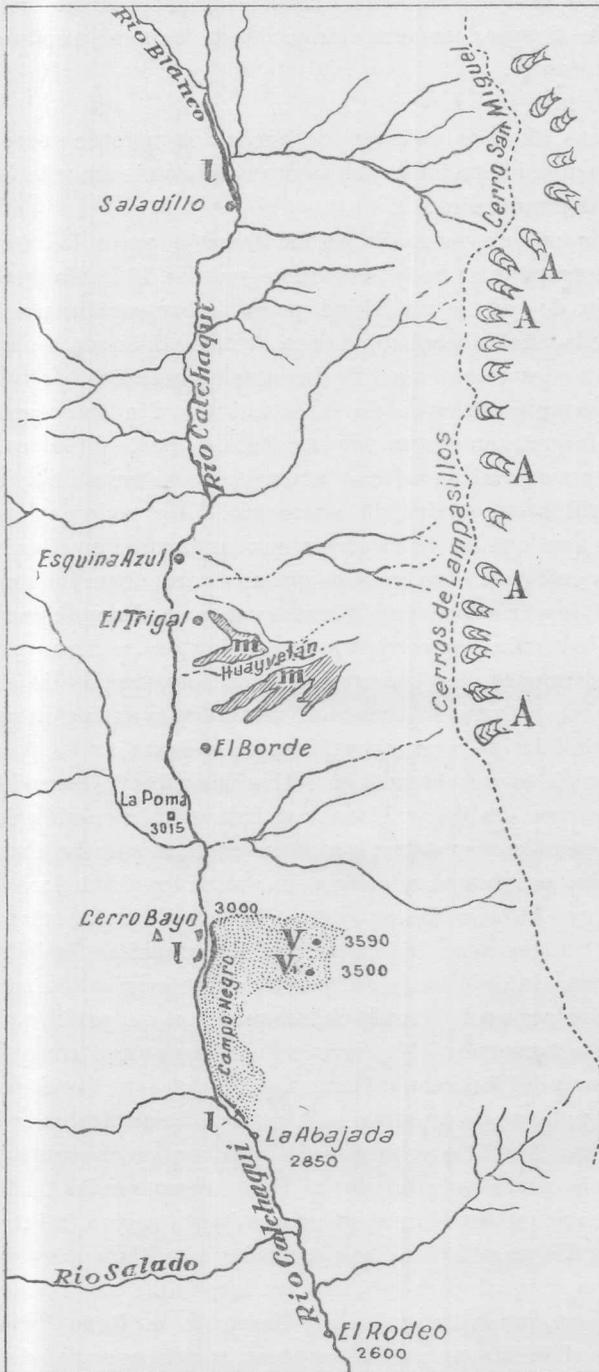


Fig. 1. — Bosquejo de mapa del sistema de desagüe del Río Calchaquí aguas arriba y abajo de La Poma : V, Volcanes; I, Coladas de lava; m, Nivel de erosión más alto de las mesetas de la quebrada de Huayvelán; A, Anfiteatros glaciares vacíos al Este de la divisoria de Los Cerros de Lampasillos, en 5000 metros de altura.

Campo Negro, comprueban que durante un determinado y prolongado intervalo de tiempo, las erupciones deben haberse producido de un modo intermitente.

Entraremos ahora a señalar los hechos cuya interpretación podría acaso ayudarnos a determinar los tiempos del comienzo y de la extinción de la actividad volcánica.

Kühn dice haber averiguado en La Poma si entre las gentes había memoria de erupciones de los volcanes gemelos. Él había recibido, pues, la impresión de que la actividad podía haber continuado hasta días recientes; y la recibió, probablemente, al notar la buena conservación de la corriente de lava que ha salido de entre los volcanes, y al ver la forma, en apariencia poco alterada, de estos mismos. Sin embargo, tal impresión puede inducir en error; por otro lado, la parte de los conos constituida por los materiales sueltos y acumulados en torno de las chimeneas, presenta evidentes señales de alteración. Esto podemos aseverar en cuanto a las hondonadas de las cimas, en el supuesto que ellas indiquen el lugar de los cráteres. Pero ninguna circunstancia observada nos autoriza a decidir si los cráteres, por llenarse con escombros de escorias y con toba procedente de los cordones circundantes, se han transformado rápida o lentamente. Por consiguiente no disponemos de observación alguna que nos informe en cuanto al tiempo de la extinción sobrevenida en la actividad de las bocas eruptivas de La Poma.

Más favorable se presenta una investigación sobre la época del comienzo de las erupciones. Palmer y Hausen ya han emitido opinión acerca de la época de las erupciones ocurridas en las cercanías de La Poma. Palmer se refiere a las coladas ya mencionadas, que en los alrededores de Piedras Blancas cubren el lecho de los valles. Tales coladas habrían obstruido los valles y obrado como diques naturales, causando el embalse del agua de los arroyos. En opinión de Palmer, cabría referir los sedimentos depositados en los lagos así formados al tiempo final del período pleistoceno. No es posible formarnos juicio acerca de esto, ya que Palmer no describe los pormenores del fenómeno. Hausen trata de estudiar el problema de la edad de las lavas de un modo más general. Se adhiere a la conclusión ya emitida por Tannhäuser de que los basaltos se encuentran en pocos lugares de la parte oriental de la Puna como producto de la última fase del ya muy menguado vulcanismo de esta región. Al mencionar la corriente de limburgita de la quebrada del río Blanco, agrega que su superficie ha sido atacada en medida apreciable por la erosión. Como Hausen supone que la actividad volcánica de la Puna ha cesado por completo en el pleistoceno, todas las rocas basálticas serían de esta fecha. Falta saber, sin embargo, si los basaltos de feldespato y las limburgitas que constituyen coladas de lava, tienen edad diferente. Hausen opina

que ante la excesiva escasez de las observaciones hechas al respecto, resultaría imposible resolver esta cuestión.

Estas circunstancias nos inducen a suponer que las erupciones principales de la comarca de La Poma deben haberse producido ya tiempo atrás. De todos modos, esto puede decirse del comienzo de la actividad volcánica. Para fijar, aproximadamente, la época de las primeras erupciones de los volcanes de La Poma, podemos basarnos en la relación que existe entre el Campo Negro, como plano de acarreo inclinado, y los demás niveles de los conos de deyección más altos, y por eso más antiguos. Por otra parte, el cañón del río Calchaquí, que limita el frente del Campo Negro, debe haberse formado después de desparramadas las primeras lavas. Esto se desprende, como ya hemos visto, de la presencia de la misma lava en el lado derecho del río Calchaquí.

Conviene sin embargo advertir que en la porción norte de los Andes argentinos resulta difícil todo ensayo de comprobación cierta de la edad pleistocena o cuaternaria de los depósitos sedimentarios y las formas de relieve de los valles, referidos comúnmente a este período. Los restos de fósiles característicos que podrían guiarnos en esta tarea, son muy escasos, cuando no faltan por completo. Para determinar la edad pleistocena de los depósitos y formas aludidos, sólo podemos examinar los efectos de las variaciones cata y anaclimáticas propias del período cuaternario, según se admite generalmente.

En los Andes de Salta y Jujuy y la Puna, los efectos inmediatos de las variaciones climáticas quedan manifiestos. Pero las morenas antiguas y los vacíos anfiteatros (circos) glaciares de que se trata, se encuentran aislados en las grandes alturas de la montaña, como son las partes encumbradas de los Nevados del Chañi, del Acay y Cachi. Cerca de La Poma, en la falda oriental del cordón que se levanta al este del valle Calchaquí, o sean los cerros de Lampasillos, y más al norte en la falda oriental del cerro San Miguel, se encuentran unos 20 anfiteatros con las morenas de pequeños glaciares hoy desaparecidos¹. Los observamos unos al lado de otros en alturas próximas a 5000 metros, donde la nieve, acumulada repetidas veces a consecuencia de variaciones de clima en lugares defendidos de los vientos occidentales, ha podido transformarse en hielo de glaciar. En cambio, en la falda occidental del mismo cordón de montaña en descenso al valle Calchaquí, no se percibe rastro alguno de morena y anfiteatro glaciar (lám. II). Aquí, pues, no cabe relacionar morenas pleistocenas con el acarreo de los conos de deyección que hallamos en

¹ Véase el mapa geológico-económico de la República Argentina, hoja 7 (Rosario de Lerma) en 1 : 200 000, de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Buenos Aires, 1919.

la base de la ladera y sobre el ancho fondo del valle. Esto sólo es factible en contados sitios, próximos a los esparcidos centros de las glaciaciones cuaternarias. En cambio, en otras porciones del relieve de montaña, especialmente en los grandes valles longitudinales, el único medio a nuestro alcance para comprobar la edad cuaternaria de determinados depósitos nos lo ofrece la acumulación reiterada de grandes cantidades de acarreo, a consecuencia de las variaciones pleistocenas del clima.

La acumulación reiterada de acarreo de falda, y con eso la formación de conos de deyección, unidos lateralmente y llenando los fondos de valles longitudinales y transversales en la altura media de 3000 metros, y a veces algo arriba o abajo, ha resultado ser un fenómeno complejo. Porque aquí presenciarnos, no solamente los efectos de la acumulación de acarreo procedente de las laderas de las montañas y predominante en determinados subperíodos, sino a su vez los de la acción erosiva de los torrentes y aguas pluviales, desarrollada con mayor fuerza que actualmente durante subperíodos alternantes del pleistoceno.

En un estudio publicado hace ya años ¹, he descrito brevemente estos procesos, que en algunos de los valles de los Andes de Salta y Jujuy han alcanzado grandes proporciones. En él he tratado de demostrar que la acumulación de acarreo y la parcial destrucción posterior de las formas resultantes de ésta, o sean los conos de deyección, se explican por el reiterado ascenso y descenso de todos los límites climáticos y, con eso, de todos los pisos fisiográficos de la montaña. A este respecto aparecen como de suma importancia los repetidos desplazamientos, en sentido opuesto, del piso de escombros. En los valles angostos, y sobre todo en los profundos valles transversales de la vertiente oriental de los Andes, que a ambos lados del trópico descienden a las sierras subandinas y al Chaco, encontramos un espeso rellamamiento de acarreo que constituye conos de deyección encajados los unos en los otros. Diferente acumulación notamos en aquellos trechos de los valles longitudinales que poseen mayor anchura o son más bien cuencas intermontañosas. Allí el acarreo procedente del piso de escombros, al acumularse a consecuencia de una variación pleistocena del clima, ha sido distribuido sobre áreas de mayor extensión. Por eso constituye capas de espesor tan sólo reducido, que, inclinadas desde la base de las laderas hacia la antigua vaguada de los valles, descansan sobre una superficie más o menos nivelada de las rocas dislocadas de su basamento. En estos valles o cuencas encontramos a veces sistemas de mesetas y terrazas de erosión coronadas por capas de acarreo, o también terrazas de acumulación en donde el acarreo cubre enteramente la roca firme del subsuelo. En tales casos es el efecto

¹ KEIDEL, H., *Junge fluviale Aufschüttungen in den nördlichen argentinischen Anden*, en *Geologische Charakterbilder*, herausgegeben von H. Stille, Heft 18, Berlin, 1913.

de la acción del agua corriente, y no el de la acumulación de acarreo, el que llama sobre todo la atención del observador. Sin embargo, la formación de estos sistemas de terrazas puede haberse complicado por la posible intervención de movimientos de ascenso y diferenciales de la mole de montaña, y en consecuencia por los desplazamientos correspondientes del nivel de base de los ríos y arroyos pleistocenos.

Mas el estudio comparado de los fenómenos que consideramos, demuestra que la causa principal de la acumulación de acarreo y de la erosión fluvial alternante reside en las grandes variaciones de clima ocurridas durante el período cuaternario. Si admitimos, de acuerdo con la opinión general, que las variaciones climáticas se han producido a un mismo tiempo en el hemisferio norte y sur, debemos aceptar que todas las formas de acumulación y erosión aquí tratadas corresponden al período caracterizado en otras regiones de la tierra por las grandes glaciaciones pleistocenas. La presencia de tales formas, bien desarrolladas en el valle Calchaquí, y la posibilidad de agruparlas en un sistema de niveles diferentes, incluso el del Campo Negro, justifican esta digresión acerca de los criterios que permiten fijar la edad cuaternaria de determinados fenómenos.

Volvamos ahora al objeto de nuestro estudio, aplicando las consideraciones precedentes. Hallamos mesetas cubiertas por una capa de acarreo, que son remanentes de un peniplano de pie de monte, en el valle Calchaquí, donde se presentan, aguas arriba de La Poma, entre « El Borde » y « El Trigal ». En especial la meseta situada al sur de la quebrada de Huayvelán da una idea de la extensión que debe haber tenido el peniplano del cual es remanente (fig. 1). Este plano arranca de la base de la ladera izquierda del valle, en una altura algo inferior a 3600 metros. La meseta, que es su parte conservada, se extiende por un trecho de 3 kilómetros al oestesudoeste y termina frente al ancho lecho del valle principal en el acantilado de su borde, algo arriba de 3400 metros de altura. Esta meseta, juntamente con otro remanente del mismo peniplano que encontramos al norte de la quebrada de Huayvelán, cerca de El Trigal, constituye el nivel más alto de las formas de erosión. Si, teniendo en cuenta su inclinación media, nos figuramos su prolongación hacia el valle, tendríamos que buscar la vaguada de entonces entre 320 y 350 metros sobre el lecho actual. Esto permite formarnos idea, a grandes rasgos, del efecto total de la erosión sobrevenida desde el comienzo de las variaciones climáticas del pleistoceno.

El estudio morfológico de todas las formas de erosión y acumulación del trecho del valle Calchaquí que se extiende aguas arriba y debajo de La Poma, presenta ciertas dificultades por la necesidad de correlacionar los niveles de erosión con los de acumulación, integrados por conos de

deyección de distinta altura y, por eso, de edad diferente. No es posible efectuar este examen sin entrar en muchos pormenores. Por fortuna, el Campo Negro ofrece un nivel diferente, bien definido y de posición bastante más baja que el de la meseta cuyos remanentes están situados a ambos lados de la quebrada de Huayvelán. Si pudiéramos considerarlo también como remanente de peniplano de pie de monte, representaría el nivel más bajo dentro del sistema de las formas de erosión principales de este trayecto del valle Calchaquí. Pero, según hemos visto, no parece posible averiguar con certeza, bajo la capa superficial de acarreo y escombros volcánicos, la extensión de la primera colada de lava grande, o coladas, cuyos afloramientos hallamos al lado izquierdo y derecho del cañón del río Calchaquí. Por la misma razón, o sea por la falta de surcos de profundidad suficiente, tampoco podemos averiguar la configuración del relieve por el cual se ha desparramado la lava de las primeras erupciones, relieve que en otros lugares esté tal vez cubierto directamente por la capa de acarreo y escombros volcánicos.

Todavía hoy el Campo Negro es, al menos en parte, un área de acumulación, por depositarse sobre ella el acarreo de la ladera izquierda. Probablemente la superficie del campo se ha conservado intacta como plano inclinado a causa de recibir todavía el acarreo de valles pequeños. Pero más al norte, a corta distancia de los volcanes, la alta ladera del valle, constituida por las capas proterozoicas, retrocede algo al este; y del ángulo entrante, así formado, se extiende un gran cono de deyección de un valle lateral mayor al principal. Su superficie está separada del Campo Negro por un surco de erosión. Tal surco existe también en el lado norte del cono, y otras señales de derrubio en la misma superficie y la parte frontal comprueban que se trata de una forma en vías de destrucción. El cono de deyección tiene, en la parte media, la misma altura que la parte correspondiente del Campo Negro al lado de los volcanes. Al comparar el cono con el plano inclinado del Campo Negro, salta a la vista la diferencia de la forma de superficie y del estado de conservación. A pesar de la igualdad de altura de ambas formas, el cono de deyección es producto de acumulación en mayor grado que el Campo Negro. Por eso su basamento, constituido por las areniscas y demás capas sedimentarias del subsuelo del valle Calchaquí, debe encontrarse en mayor profundidad que el basamento compuesto de las mismas rocas bajo la capa de acarreo y escombros volcánicos del Campo Negro. Podríamos deducir ya de esto, para el Campo Negro, mayor edad que para el cono de deyección que está tajado por surcos de erosión y lo limita al norte.

El cono mencionado pertenece a un grupo de formas de acumulación de nivel bajo, con respecto a la vaguada del valle Calchaquí cerca de La Poma. Por lo tanto podría tratarse, tal vez, de un cono de edad post-

pleistocena. En vista del hecho de que el Campo Negro tiene en su parte contigua la misma altura que el cono, circunstancia que podría inducir a una errónea apreciación de edad, conviene considerar todavía la relación general entre el Campo Negro y el valle Calchaquí.

En el campo, hasta cerca de La Abajada, el valle Calchaquí se angosta en medida apreciable. Aquí las altas laderas de ambos lados se aproximan algo, y en la margen derecha del cañón del río el terreno asciende inmediatamente por el flanco del cerro Bayo (perfil de la fig. 4). De esta manera, el plano inclinado del Campo Negro aparece como prolongación del trecho del valle en el cual está situado el pueblo de La Poma. Sin embargo el drenaje de toda la parte superior del valle Calchaquí se confina al surco, no profundo, del cañón que a lo largo del Campo Negro ha cavado el río Calchaquí, porque aguas más abajo, hacia el río Salado y « El Rodeo », el valle se ensancha de nuevo. Y aquí, donde la vaguada desciende con mayor rapidez, presenta un carácter morfológico muy diferente del que vemos aguas arriba del Campo Negro, en las proximidades de La Poma; pues, hacia el río Salado y El Rodeo, el río Calchaquí ha excavado su lecho en la espesa serie de las areniscas rojas, que asoman en gran extensión, mientras en el trecho de La Poma están cubiertas por el acarreo de la ancha vaguada, y aun en parte por el de los conos de deyección laterales. Al lado del río Calchaquí, cerca de La Poma, nos encontramos en los 3000 metros de altura. A lo largo del Campo Negro el surco del cañón desciende algo más de 100 metros. A corta distancia, aguas más abajo de La Abajada, estamos en los 2800 metros, y en la desembocadura del río Salado ya en los 2600 metros de altura. Estos valores, aunque sólo aproximativos, dan una idea del rápido descenso de la vaguada que alcanza a 400 metros en un trecho de 12 kilómetros.

Partiendo de esta breve descripción, podemos distinguir en el valle Calchaquí, entre La Poma y la desembocadura del río Salado, tres tramos diferentes, o sean: la cuenca de La Poma, en la cual todavía se acumula el acarreo; el plano inclinado del Campo Negro con el canal de desagüe del cañón a su lado; y por último, aguas abajo de La Abajada, la ancha cuenca constituida por areniscas rojas, en las cuales el río ha cavado su lecho.

Lo que incumbe estudiar sobre todo, es el comportamiento del Campo Negro como parte de este sistema de desagüe y erosión. Visto desde las cercanías de La Poma, el campo ocupa un nivel bajo que, en cuanto a altura, dista, dentro del sistema de niveles de erosión y acumulación, considerablemente de los remanentes de meseta situados a ambos lados de la quebrada de Huayvelán. En cambio, contemplado desde un punto conveniente próximo a La Abajada, se presenta como escalón del lado izquierdo del valle Calchaquí, y a la vez como escalón transversal hoy

surcado por el río principal. Conforme a esto, desde La Abajada el camino sube al nivel del Campo Negro.

Hacia el sur, el campo termina como escalón en 2900 metros, poco más o menos. Desciende, pues, unos 100 metros desde su borde norte hasta su extremo sur. Y aunque la diferencia de altura entre este extremo y la vaguada del valle, cerca de La Abajada, sólo alcance algo más de 50 metros, el efecto de la erosión parece allí considerable. Así se confirma la impresión que recogemos al contemplar el cañón excavado por el río Calchaquí al lado del Campo Negro, recordando que es producto de la erosión fluvial desarrollada después del comienzo de las erupciones en el centro volcánico de La Poma.

De lo dicho se desprende que el Campo Negro no es, de ninguna manera, una forma tan reciente como podría sugerir la comparación de su altura con la del cono de deyección que lo limita al norte. Si ahora quisiéramos extendernos a averiguar a qué fase de los acontecimientos morfogénicos del pleistoceno podríamos atribuir la formación del escalón del Campo Negro, sólo contaríamos con apreciaciones generales. No podemos fijar exactamente esta fase correlacionándola con una de las reiteradas variaciones de clima. Mas por el nivel que ocupa el escalón dentro del complejo de formas de relieve de la porción superior del valle Calchaquí, consideradas pleistocenas, podría pertenecer a la segunda mitad del período cuaternario. Más tarde han ocurrido las primeras erupciones que han continuado, intermitentemente, acaso hasta el post-pleistoceno. Si resultara correcta esta interpretación, hecha a base de consideraciones morfológicas someras, no habría relación evidente entre las erupciones y los movimientos que han producido la estructura tectónica del valle Calchaquí. Esto nos lleva a examinar todavía las características sobresalientes de la tectónica que observamos en ambos lados del valle, cerca de los volcanes.

Sabido es que muchos investigadores suponen una estrecha relación entre los movimientos y erupciones del magma y los movimientos tectónicos de la corteza terrestre. Según Hausen, en la Puna y partes contiguas de los Andes de Salta y Jujuy, el ciclo magmático del cenozoico parece acoplado al ciclo diástrófico de estos tiempos. Los movimientos tectónicos se repartirían en tres fases principales. Sin embargo, las erupciones e intrusiones del magma se habrían producido a veces antes y después de las grandes dislocaciones. Hausen refiere al pleistoceno la tercera fase tectónica, caracterizada por fracturaciones y desplazamientos verticales de bloques de montañas. A esta fase corresponderían las erupciones de magma basáltico, ya considerablemente menguadas en comparación con las erupciones anteriores. De esta manera la actividad de los volcanes gemelos de La Poma, como igualmente la salida de lava

en la quebrada del río Blanco, estarían ligadas a movimientos tectónicos del cuaternario.

También en los escritos de otros investigadores que han estudiado las dislocaciones de la parte norte de los Andes argentinos, o las de la montaña situada al este del altiplano boliviano, notamos la tendencia a atribuir importancia excesiva a los movimientos tectónicos y orogénicos referidos por ellos al cuaternario. Yo mismo he visto, en ocasión de las numerosas investigaciones que pude efectuar en la parte norte de los Andes argentinos, las señales indudables de fracturación y hasta de cobijadura en conos de deyección y otros sedimentos de rellenamiento de los valles longitudinales. Mas en todos estos casos se trata de dislocaciones de orden local o de dislocaciones postreras en los lugares de perturbaciones anteriores. Por eso no considero conveniente comprender los esparcidos movimientos del pleistoceno en una fase tectónica especial, y comparable, en cuanto a la amplitud de los movimientos, con las fases tectónicas anteriores. Por otra parte, la determinación de la edad de los movimientos considerados pleistocenos no resulta siempre certera. La confusión que aquí existe, por considerar dislocaciones del terciario como pleistocenas, estriba en la dificultad ya mencionada de comprobar cuáles de los fenómenos pueden referirse al período cuaternario. Lo mismo ocurre en el caso de los supuestos movimientos orogénicos, cuyo efecto principal consistiría en un aumento apreciable de los desniveles del relieve de montaña. Hay también señales de estos movimientos, aunque mucho menos claras que las de los movimientos tectónicos. Pero si queremos formarnos idea de la estabilidad relativa de la mole de montaña durante el período cuaternario, basta examinar los desplazamientos del límite de las nieves persistentes en los subperíodos cataclimáticos. Porque el reiterado descenso de este límite, que se deduce, con las cautelas pertinentes, de la posición altitudinal de los anfiteatros vacíos y las morenas antiguas, corresponde al que podemos esperar bajo las condiciones de un clima seco y por la acumulación de la nieve en los flancos orientales de las cimas y los altos cordones de montañas.

En el valle Calchaquí no observamos los rastros de dislocaciones de edad pleistocena que hayan alterado, de un modo manifiesto, la estructura tectónica preformada. Las dislocaciones de diferente índole que notamos entre la cuesta del Acay y la ancha cuenca intermontañosa de Payogasta y Cachi, deben su origen a movimientos precuaternarios. Su magnitud aumenta aguas arriba. A medida que subimos por el valle, advertimos que la serie de las areniscas y conglomerados de Palmer, y debajo de éstas, de areniscas calcáreas y calizas fosilíferas, alcanza mayores alturas y es comprimida cada vez más entre bloques de montañas constituídos por las capas proterozoicas. La compresión llega a su

máximo en la misma cuesta del Acay, donde las rocas sedimentarias constituyendo el fondo del valle, se presentan en confusa mescolanza y están en parte milonitizadas. Sobre ellas descansan cerca de la cuesta, y con discordancia marcada, los espesos mantos poco inclinados de andesitas micáceas. No puedo entrar aquí en los pormenores de esta complicada estructura tectónica y, utilizando la discordancia aludida, sacar conclusiones con respecto a la edad de los movimientos pertinentes; pero quiero mencionar todavía que la misma zona se interna en el lado noroeste del nevado del Acay, y ya en alturas considerables, en el área sin desagiüe de la Puna, indicando aquí una juntura tectónica de la montaña de orden superior.

Considerado así, el valle Calchaquí no es la sencilla fosa tectónica que Palmer ha señalado en su bosquejo de mapa y dibujado en su perfil de conjunto de los Andes. Hay ya una diferencia muy grande entre la estructura tectónica de la cuenca intermontañosa de Payogasta y el tramo del valle de La Poma. En la cuenca, las calizas fosilíferas y las areniscas rojas que cerca de La Poma constituyen el fondo del valle, están rodeando, en disposición periclinal, la base de bloques de montañas alejados de la vaguada del río Calchaquí o aislados del todo, como el bloque de capas proterozoicas de los cerros del Tintín, situados al sudeste de Payogasta. En cambio, en la proximidad de La Poma ya notamos las señales de compresión de las mismas calizas y areniscas entre las laderas del valle, pues las capas fuertemente plegadas del proterozoico que integran las laderas, descansan por cobijadura sobre areniscas rojas, pardo rojas y de otros colores que, a mi parecer, tienen edad terciaria y no jurásica.

Los perfiles de las figuras 2 y 3 reproducen la cobijadura del lado izquierdo del valle, en la base y cerca de los volcanes. En el corte transversal de todo el valle, representado por la figura 4, vemos también la cobijadura del lado derecho. Pero en el lado izquierdo no se trata de una sencilla cobijadura. En la base del escalón de falda que conocemos ya de la descripción de los volcanes (perfiles de la fig. 2), las rocas proterozoicas descansan sobre areniscas terciarias. Cerca de la línea de contacto, y aun más en los retazos avanzados hacia el valle, de disposición casi horizontal, las rocas proterozoicas (perfil de la fig. 3) muestran una textura peculiar. Allí, la estratificación primaria de las capas proterozoicas ha desaparecido a menudo por completo. La roca está despedazada y la disposición de los trozos de diferente tamaño, así formados, varía constantemente. El aspecto que presenta esta masa de rocas, recuerda el que observamos con frecuencia en las masas de grandes deslizamientos de faldas constituídas por rocas desmenuzadas y molidas.

Por lo tanto, podríamos pensar que todo el escalón de capas proterozoicas, en el cual se asientan los volcanes gemelos, sea una masa desli-

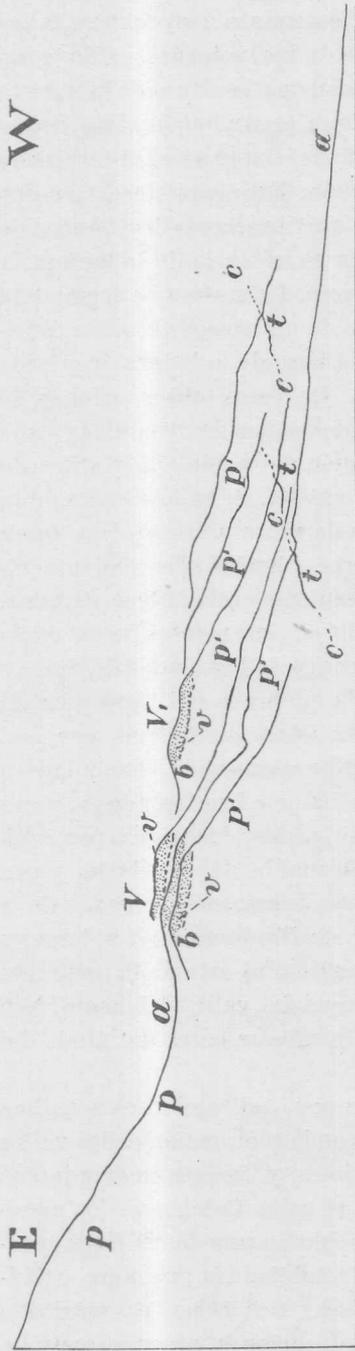


Fig. 2. — Perfil en perspectiva del escalón de la base de la ladera izquierda del valle Calchaquí, constituido por capas proterozoicas: V, Tres perfiles en perspectiva del volcán septentrional; V', Perfil del volcán meridional; v, Escoria, toba, etc., acumuladas en torno de los orificios volcánicos, constituyendo cordones; b, Basamento poco visible de los materiales acumulados por las erupciones; a, Acarreo de falda y de escombros volcánicos; p, Capas proterozoicas de la ladera alta; p', Capas proterozoicas del escalón; t, Areniscas del terciario; c, Línea de la cobijadura en la base del escalón.

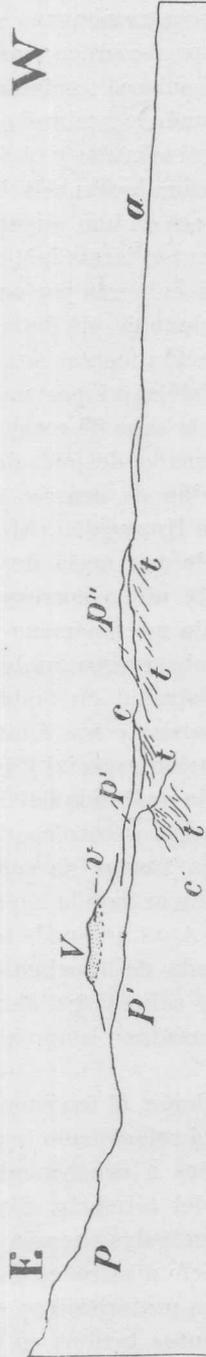


Fig. 3. — Corte transversal de la base de la ladera izquierda del valle Calchaquí, 500 metros al Norte del volcán septentrional; capas proterozoicas cabalgando por cobijadura sobre areniscas del terciario: V, Volcán; v, Materiales sueltos en la cima del volcán septentrional; a, Acarreo de falda y de escombros volcánicos; p, Ladera constituida por las capas proterozoicas; p', Escalón de la base de la ladera constituida por capas proterozoicas; p'', Capas proterozoicas desmenuzadas sobre las areniscas terciarias; t, Areniscas terciarias; c, Cobijadura.

zada de la alta ladera izquierda del valle Calchaquí. Sin embargo, más al norte encontramos una capa parecida, en cuanto a su textura, a los retazos del proterozoico, que en los perfiles de los volcanes están coronando las areniscas terciarias. La encontramos en la altura de la meseta situada al sur de la quebrada de Huayvelán que, según hemos visto, representa el nivel más alto y por eso más antiguo del sistema de las formas de erosión y acumulación referidas al pleistoceno. Esta capa descansa discordantemente en una superficie irregular que intercepta los bancos de las areniscas terciarias inclinados al este en el subsuelo de la meseta. A su vez está cubierta por una capa de acarreo. La meseta es remanente de un peniplano de pie de monte, y por eso de un nivel de erosión continuo. Pero actualmente está separada de la base de la ladera izquierda del valle Calchaquí por una entalladura. De estas observaciones se deduce que la capa de rocas proterozoicas despedazadas y molidas debe haberse formado después del nivel de erosión del peniplano y antes de la acumulación de acarreo que se asienta en ella. Si en la meseta de la quebrada de Huayvelán (El Borde) la capa de rocas proterozoicas fuera remanente de una masa deslizada, quedaría el hecho sorprendente de que no existe nicho correspondiente de desplome en la ladera cercana.

Se trata de un fenómeno que resulta difícil interpretar de un modo cierto. Por observarse también en otros parajes de los Andes de Salta y Jujuy, en especial en la parte media de la quebrada del Toro y valles vecinos, aparece como fenómeno de cierta importancia que, por eso, merece atención especial y permite un estudio comparado. En la ladera derecha de la quebrada del Toro, aguas arriba de « Las Cebadas », rocas amásadas del proterozoico, de espesor considerable, descansan por cobijadura sobre bancos de conglomerado deleznable del terciario, y con éstos se inclinan bajo la mole de las capas proterozoicas plegadas de la alta ladera. Aquí no puede tratarse de un deslizamiento o desplome; y en la quebrada de Incahuasi, valle longitudinal al este de la quebrada del Toro, las calizas fosilíferas que conocemos del valle Calchaquí, han sido despedazadas y empujadas, no obstante aflorar cerca del fondo del valle.

En mi opinión, el fenómeno no se explica por deslizamientos sencillos sino que está relacionado inmediatamente con la compresión de los valles longitudinales a consecuencia de los últimos y fuertes movimientos tectónicos del terciario. Sin embargo, en el valle Calchaquí los movimientos principales parecen haberse producido en una de las fases anteriores del ciclo diastrófico del terciario; y la cobijadura que hace cabalgar las capas proterozoicas sobre las areniscas terciarias, es resultado de movimientos tardíos en el lugar de dislocaciones precursoras y de mayor magnitud.

Si este modo de interpretar los acontecimientos tectónicos del valle



Fig. 4. — V, Volcán; *v*, Escoria, etc., acumulada en la cima del volcán; *l*, Lava bajo la capa de acarreo del Campo Negro y al lado derecho del cañón del río Calchaquí; *l'*, Colada de lava de la superficie del Campo Negro; *p*, Capas proterozoicas; *p'*, Capas proterozoicas desmenuzadas; *m*, Capas calizas, areniscas calcáreas, etc., en parte fosilíferas, del cretácico superior; *ms*, Areniscas, arcosas claras y areniscas pardas y rojopardas del cretácico superior; *t*, Areniscas, etc., del terciario; *a*, Acarreo de falda; *av*, Acarreo de falda y de escombros volcánicos del Campo Negro; *c*, Cobjadura del lado izquierdo; *c'*, Cobjadura del lado derecho del valle Calchaquí; *s*, Cañón del río Calchaquí.

Calchaquí resultara fundado, las erupciones de los volcanes de La Poma, asentados en una masa de rocas proterozoicas empujada hacia el valle, estarían separadas de los últimos movimientos tectónicos por un intervalo de tiempo bastante largo. No se observan vías de ascenso del magma en la base y las cercanías de los volcanes. El magma debe haber subido por grietas o perforando una masa de rocas corridas a corta distancia. Por lo tanto, no existe la relación directa entre la falla de una fosa tectónica y la salida del magma, que podría presumirse al contemplar el bosquejo de mapa de Palmer.