



EL ÚLTIMO HUNDIMIENTO I SOLEVANTAMIENTO DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES



En el *Boletín de la Sociedad de Minería*, número 46, en un artículo denominado Estudios jeológicos en Corocoro i en la altiplanicie de Bolivia, he mencionado tres solevantamientos i hundimientos de la cordillera de los Andes, desde fines de la época cretácea hasta la actual, en la parte correspondiente a Bolivia i las provincias vecinas de Chile i Perú.

El objeto de estas líneas es llamar la atención especial de los jeólogos sobre el último de estos solevantamientos i hundimientos, para que ellos, con nuevos estudios, confirmen o rechacen mis observaciones i las deducciones que de ellas saco.

Estas deducciones son, anticipándome, las siguientes:

1) El último solevantamiento es mui moderno, jeológicamente hablando; posterior, i quizás con mucho, a la época eocena o terciaria antigua.

2) Las fuerzas solevantadoras han obrado especialmente en dirección vertical, sin que presiones laterales hayan producido dobleces de consideración en las estratificaciones.

Las observaciones que forman la base de estas deducciones son las siguientes:

Desde Copiapó hasta Arequipa, es decir, la parte de la Cordillera que he tenido ocasion de conocer, se encuentran de trecho en trecho, i desde el mar hasta la cordillera, restos mas o ménos aislados de una formacion estratificada, compuesta de capas de cascajo, de arena, rara vez de arcilla, pero mui a menudo con capas de tofo traquítico. Digo que la formacion es marina, a pesar de que fuera de la zona de la costa no conozco fósiles marinos en ella; pero su posición, no solamente en las pampas i quebradas, sino tambien en la falda de los cerros, pone fuera de duda que su oríjen no puede ser ni lacustre ni de rio.

La formacion es jeneralmente de poco espesor, una circunstancia que, junto con la poca consistencia de sus capas, esplica el por qué una gran parte ha sido destruida durante i despues del solevantamiento.

Las capas tienen jeneralmente una suave inclinacion hácia la costa.

Tienen un aspecto mui moderno, mas o ménos como las capas en las barrancas de los ríos de Chile.

Su composicion varía con las localidades.

En El Bordo, del salar de Atacama, i en la parte norte de la altiplanicie de Bolivia, descansan encima de una formacion de conglomerados i areniscas rojas, que por sus capas intercaladas de tofos i conglomerados traquíticos juzgo ser terciarias.

Indicaré ahora los principales puntos donde las he encontrado, haciendo omision completa de las capas fosilíferas que bordean una gran parte de la costa de Chile i Arjentina hasta la altura de unos 200 metros mas o ménos, i que han sido estudiados por muchos viajeros.

Un excelente punto es cerca de Pabellon, estacion del ferrocarril de Copiapó; de la misma estacion se divisa al S. E., encima de los cerros oscuros pertenecientes a la época cretácea, una formacion de color claro i de estratificacion horizontal mas o ménos; he subido i he visto que se componen de cascajos i arenas sueltas, que forman el fondo de la llanura entre El Molle i Sacramento.

Otro punto mui curioso por la mui limitada estension que ocupa la formacion en cuestion, es en la falda del cerro San Antonio, punto que por su color claro se divisa desde el mine-

ral de Lomas Bayas, un par de leguas distante; altura sobre el mar, unos 5 a 6,000 piés.

Otros restos muy pequeños se encuentran encima de los cerros en el interior de la quebrada de Paipote.

Avanzando mas al norte, ocupa nuestra formacion probablemente mayores estensiones en el fondo de las grandes llanuras i planos inclinados del desierto, pero jeneralmente oculta debajo de los detritus sub-aéreos mas modernos. La mina Buena Esperanza del Chimbero ha hecho un pique de 200 metros de profundidad en este terreno en busca de agua dulce. El emaderador ingles de este pique me dijo que, despues de atravesar 30 metros de capas con piedras angulosas, se encuentra cascajo con piedras redondas i una o dos capas de tofo blanco intercaladas, hasta que en la mencionada hondura de 200 metros se encontró agua abundante i dulce. La boca del pique estará unos 6,000 piés sobre el mar.

Mas al norte, encima de las barrancas de la quebrada de la finca de Chañaral, se ve nuestra formacion en varias partes hasta muy adentro en la cordillera, siempre distinguiéndose desde lejos por su color claro i estratificacion mas o ménos horizontal. Contiene capas delgadas de tofo traquítico.

En la quebrada del Salado la he visto al naciente de Agua Dulce.

Cerca de la reunion de las dos quebradas mencionadas, en el Pueblo Hundido, se encuentra tambien i con una capa de tofo traquítico.

En las profundas quebradas que mas al norte cruzan el desierto, como ser Doña Inesita, Juncal, Encantada, Incahuasi, Sandon, no me acuerdo haber visto otras capas que pudieran pertenecer a ésta formacion sino capas traquíticas, i en este momento no podria decir si serán tofos endurecidos, depositados debajo de agua, o verdaderas corrientes de lava traquítica. Solamente en la quebrada de Chaco hai capas delgadas de conglomerados traquíticos debajo de las anteriores.

Para encontrar de nuevo nuestra formacion bien caracterizada, tenemos que avanzar hasta Antofagasta, donde en las cabeceras de la quebrada del Coloso, unas tres leguas al sur del puerto, se distinguen desde lejos estratificaciones mas o ménos

horizontales de color claro, descansando sobre rocas oscuras. No he tenido ocasion de acercarme. Esa quebrada ha sido probablemente, antes del último hundimiento, el desagüe natural de la hoyada de Aguas Blancas. Despues de principiar el levantamiento i encontrándose tapada la quebrada del Coloso por los cascajos modernos, han tenido las aguas que buscarse salida por la quebrada de La Negra. En la cabecera de ésta se halla tofo traquítico probablemente perteneciente a nuestra formacion; se emplea en construcciones en el establecimiento de Playa Blanca.

En el gran plano inclinado que de éstas cabeceras se eleva hasta Caracoles i mas allá hasta El Bordo del salar de Atacama, no se ve ningun corte natural o artificial que indique la composicion del fondo de este plan, cuya superficie toda es de formacion sub-aérea. Pero en el mismo Bordo, 2,400 metros sobre la mar, tenemos un magnífico corte, ya en el mismo camino que viene de Caracoles a San Pedro de Atacama, ya, i mejor todavía, un par de leguas mas al sur. Aquí se ve cascajo estratificado horizontalmente i de color claro, descansando encima de las capas fuertemente inclinadas de conglomerados i areniscas rojas, probablemente terciarias. Tenemos, por consiguiente, los mismos cascajos en la costa i en El Bordo, lo que hace mui probable que tambien constituyen el fondo de todo el gran plan inclinado.

Bajando al salar de Atacama por el camino de Caracoles, pero especialmente por el camino que viene de Calama, se ven los cascajos con tofos traquíticos tambien bajando con manteo al naciente, i al otro lado del salar, en mas altura que El Bordo, se ven en una que otra quebrada, que baja de los volcanes cerca de Socaire, cascajos estratificados de material traquítico, manteando al poniente.

En las barrancas del rio Loa, hasta un par de leguas al poniente de Calama, a 2,265 metros sobre el mar, no se ve esta formacion; la parte superior de barrancas se compone de poderosas capas calcáreas de orijen de agua dulce, con suave inclinacion al poniente; pero la formacion secundaria fosilífera sobre que descansan las mencionadas capas modernas, presentan en el contacto una superficie casi matemáticamente pareja, indi-

cando haber sido nivelada por el mar. Las capas calcáreas se extienden muchas leguas al naciente; probablemente han sido depositadas, i en parte se estan depositando todavía, por las aguas calcáreas del rio Loa, en estensas vegas, que reemplazaron las playas al principiar el solevantamiento. Pero encima de ellas se levanta, como una legua al naciente de Calama, una colina aislada, de alguna estension y altura, enteramente compuesta de cascajos estratificados; éstos no pueden ser sino restos de nuestra formacion marina, i, por consiguiente, mas antiguos que las capas calcáreas de agua dulce. Algunas leguas al naciente de Chiuchiu se levantan altiplanicies mui altas, de composicion traquítica; donde la traquita no es tofo caido como ceniza en el mar, es corriente de lava cuya superficie, tan pareja y casi horizontal en grandes estensiones, parece indicar que descansa sobre una base nivelada por el mar.

Este hecho de la casi horizontalidad de las capas traquíticas es mui comun en la alta cordillera.

En Conchi, a 3,015 metros sobre la mar, donde el famoso puente del ferrocarril cruza el rio Loa, se divisa primero arriba una capa delgada de la calcárea de agua dulce; debajo de ésta una capa poderosa de tofo traquítico que sirve de cantera, i mas abajo cascajo estratificado que descansa sobre la roca firme. Puesto que el Loa ha cortado su profundo lecho en estas capas, es claro que no han sido depositadas por el rio, sino por el mar. Siguiendo siempre el ferrocarril hasta el divorcio aquarum, a 3,955 metros sobre la mar, se reemplazan las llanuras i planes inclinados por terrenos de orijen glacial i volcánico.

La pampa del Tamarugal es la continuacion de las pampas de Antofagasta. No conozco ningun corte en ella que indique la composicion; pero al naciente de ella, en la falda de la cordillera de los Andes, se ven en muchas partes grandes planos inclinados hácia la costa, que en las profundas barrancas de las quebradas demuestran ser formados de estratificaciones de cascajo, arena, arcilla i traquita, el que muchas veces forma la capa superior. Por su posicion no pueden tener estos planos otro orijen que el marino. Las he visto encima de las barrancas de la quebrada de Huatacondo, pero especialmente en una quebrada al sur de la de Tarapacá. De Pica se ve elevarse un

gran plano inclinado, que parece llegar hasta mucha altura, i que no he tenido ocasion de estudiar.

Al poniente de la pampa, me dicen que en el mineral de Huantajaya, a unos 3,000 piés sobre el mar, un pique ha atravesado 80 metros de cascajos marinos ántes de llegar a la Peña firme.

Entre Pisagua i Arica i probablemente tambien entre Pisagua e Iquique, se divisa en varias partes desde el vapor, encima de los cerros altos i parados de la costa, una formacion poco poderosa, mas o ménos horizontal i de colores claros, una formacion probablemente idéntica a la nuestra.

Desde el ferrocarril de Arica a Tacna se ve esta formacion desde la misma playa elevarse paulatinamente hasta topar con la cordillera en una altura que calculo de 5 a 6,000 piés. Al frente de Tacna se compone de cascajos i capas traquíticas.

En Mollendo se eleva gradualmente hasta topar contra el primer cordon de cerros, mas o ménos a 1,800 piés sobre el mar. Siguen mas al naciente las pampas de Islai, en la altura de mas de 3,000 piés. Cruzando otro cordon de cerros se llega a las llanuras de Arequipa, compuestas de tofos traquíticos, i que se elevan desde 7,500 piés hasta mas de 12,000 piés de altura. En el Crucero Alto, el punto mas alto del ferrocarril á Puno, a 14,666 piés sobre la mar, se estienden otra vez llanuras de menor estension, formadas por capas traquíticas de suaves inclinaciones.

En el norte de la altiplanicie de Bolivia hai grandes pampas formadas por capas suavemente inclinadas, compuestas en su parte superior de cascajo del mismo aspecto moderno que al poniente de la cordillera de los Andes. Los cascajos contienen principalmente trozos redondeados de cuarcita i de granito, en su parte inferior, una o dos capas de tofo traquítico i poderosas capas de arcilla. En El Alto de La Paz, a 4,000 metros sobre el mar, se los ve en una potencia de 400 metros, mas o ménos. Esta formacion sube en la falda poniente de la Cordillera Real, con una inclinacion al poniente mas fuerte hasta la altura de 4,800 metros sobre el mar.

La formacion no puede ser de oríjen lacustre, puesto que la altiplanicie está abierta hácia el Atlántico por la quebrada de

La Paz. El mar que ha depositado estas capas ha tenido entrada del Atlántico, en el norte, por Cuzco i por La Paz, en el sur por la Arjentina, i ademas, del Pacífico, por el lado de Calama.

Son estos los puutos en que he observado la formacion de que estamos tratando.

Ahora se presentan las siguientes preguntas:

1) ¿Pertenecen los cascajos de todos estos puntos a una sola época?

2) ¿Cuál será la época respecto de otras épocas?

A la primera hai que observar que en todas partes tienen un aspecto mui parecido i mui moderno, i que no hai motivo ninguno para atribuirlos a distintos hundimientos o sumersiones de la Cordillera. Hai toda razon para creer que pertenecen a *un solo solevantamiento*.

Pero ¿acaso la duracion de este solevantamiento se ha entendido a varias épocas jeológicas?

Aquí hai que tomar en cuenta que nuestra formacion, en todas partes, esceptuando las arcillas del Alto de La Paz, tienen un carácter completamente litoral, compuesta como está esencialmente de cascajos. Ahora, si el perfil de la cordillera durante la sumersion ha tenido la misma configuracion que ahora, es decir, con Arica, 4,000 metros mas bajo que la altiplanicie boliviana, es evidente que no pueden haberse depositado capas litorales al mismo tiempo en las dos partes. Las de la altiplanicie tendrian que ser las mas antiguas, las demas se habrian depositado a medida que el solevantamiento iba acercando los demas puntos a la superficie del mar.

¿O debemos creer que durante la sumersion, la altiplanicie ha estado en el mismo nivel de Arica, formando un llano sumerjido a poca hondura, con cordones secundarios elevándose sobre el mar?

En tal caso los cascajos de la altiplanicie se depositarian al mismo tiempo que las demas, i habria que suponer que las fuerzas solevantadoras habrian obrado con mas fuerza debajo de la altiplanicie, disminuyendo gradualmente hácia la costa actual i creando de esta manera la actual cordillera de los Andes.

En favor de la última hipótesis parece hablar el hecho de encontrarse casi en todas partes nuestros cascajos asociados con tofos traquíticos. Éstos pudieran deber su existencia a una misma erupcion o época de erupciones; pero como es evidente que las erupciones traquíticas se han verificado desde fines de la época secundaria i continuando por toda la época terciaria, no se puede basar ninguna hipótesis sobre las capas traquíticas, a ménos que se pudiera seguir una misma capa desde la cordillera hasta el mar. En tal caso, difícilmente podria caber duda sobre el orijen simultáneo de toda la capa, i por consiguiente de toda nuestra formacion.

En cuanto a la segunda pregunta: ¿cuál es la época jeológica, a que pertenece nuestra formacion? tenemos solamente en la costa fósiles que pueden guiarnos.

En Caldera hai bancos con fósiles terciarios, cubiertos por otros con fósiles cuaternarios; pero la altura de estas capas sobre la mar no pasa de 150 a 200 metros, i no sabemos a cuál de estas capas corresponde nuestra formacion del interior.

Al norte de Chañaral, cerca del Agua de Miguel Diaz, ha encontrado el doctor R. Philippi, en la altura de 280 metros conchas que actualmente viven en la costa.

En el Cerro Gordo, cerca de Mejillones, ha encontrado el señor Ramon Vidal Gormaz, a la altura de 500 metros sobre el mar, cuatro especies de conchas, tres que actualmente viven en el Pacífico, i una en la costa de África.

En las guaneras de Mejillones ha encontrado el señor Krull conchas actuales en la altura de 1,600 piés sobre la mar, i en la altura de 1,900 piés multitud de conchas demasiado trituradas para determinarlas.

El mismo señor Krüll me dice que un poco al norte de Iquique, encima de Hospicio, hai una planicie a 800 metros sobre el mar, con numerosas conchas de aspecto moderno, pero las especies no han sido determinadas.

Son éstos los únicos puntos de nuestra zona en que se han encontrado fósiles hasta ahora, pero es mui probable que, buscándolos, se puedan encontrar en muchas otras.

A juzgar por estos fósiles, si un número reducido de especies fuera suficiente para caracterizar una época jeológica, tendrí-

mos entónces a lo ménos un solevantamiento de 500 metros en la época cuaternaria, o quizás en la actual. Con estos 500 metros ha invadido el mar la parte poniente del gran plano inclinado, que se eleva al naciente de Antofagasta sin interrupcion hasta la cordillera de los Andes. Si el testimonio de los mismos fósiles tiene o no aplicacion a todo este plan i a la altiplanicie de Bolivia, o con otras palabras, *si todo el solevantamiento de 4,800 metros se ha verificado en la época cuaternaria*, depende de si son o no las mismas capas las que se estienden hasta la cordillera, i ya hemos visto que esto no se sabe con seguridad.

Las rocas sobre que descansa nuestra formacion en la falda poniente de la cordillera, no nos ayudan a precisar su edad jeológica, puesto que las mas modernas son cretáceas i faltan completamente capas terciarias.

En la parte alta de la cordillera tenemos el hecho ya mencionado, que en El Bordo del salar de Atacama i en el norte de la altiplanicie de Bolivia, nuestros cascajos descansan sobre una formacion, que en mi citado artículo he caracterizado como terciaria; pero como hasta ahora no se puede precisar a qué parte de la época terciaria pertenece, no nos ayuda gran cosa esta observacion.

En el mismo artículo he mencionado huesos fósiles de varios grandes mamíferos de la época cuaternaria, que se encuentran en las barrancas del rio Desaguadero, a la altura de 3,800 metros sobre el mar. Entre éstos hai Megaterios, Mastodontes i varias especies de caballos fósiles. Creí al principio fuera de duda, que las capas en que se encuentran estos restos, pertenecian a la formacion de nuestros cascajos marinos; pero he comprendido despues que hai cierta posibilidad de que las capas fosilíferas pertenezcan a alguna formacion lacustre mas moderna. Esto será objeto de estudios de viajeros futuros. Sea esto como fuere, el doctor R. Philippi opina, que estos animales no habrian encontrado suficiente alimento a tanta altura i que, por consiguiente, no pueden haber vivido allí sino cuando la altiplanicie estaba ménos elevada sobre el mar que ahora.

Tenemos aquí una prueba de un solevantamiento importante durante o despues de la época cuaternaria, que viene en apoyo del testimonio de las conchas marinas de la costa.

El hecho de encontrarse estos restos de animales cuaternarios desde cerca del nivel de la mar hasta la altiplanicie boliviana (Ligua, Caldera, Tamarugal, Tarija i pampas argentinas), se esplica con la misma facilidad por cualquiera de las dos posibilidades ántes mencionadas: 1) o han estado todos estos lugares en el mismo nivel, i los animales cuaternarios han vivido simultáneamente en ellos, tomando despues la cordillera de los Andes, durante el solevantamiento, su actual configuracion; 2) o la cordillera tenia ya ántes del solevantamiento su actual configuracion, en cuyo caso los animales cuaternarios deben haber vivido primero en la altiplanicie, retirándose a lugares mas bajos a medida que la cordillera se iba levantando.

Objeto de futuros estudios debe ser: 1.) buscar fósiles; 2.) averiguar, si ello es posible, la continuidad de las mismas capas desde la costa hasta la cordillera; 3.) investigar si los huesos cuaternarios del rio Desaguadero se encuentran o no en la formacion marina.

LORENZO SUNDT

Ingeniero de minas

