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 geológicos 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 geólogos sobre el último de estos solevantamientos i hundimientos, para que ellos, con nuevos estudios, confirman o rechacen mis observaciones i las deducciones que de ellas saco.

Estas deducciones son, anticipándome, las siguientes:

1) El último solevamiento es muy moderno, geológicamente hablando; posterior, i quizá con mucho, a la época oecena o terciaria antigua.

2) Las fuerzas solevadoras 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 ocasión de conocer, se encuentran de trecho en trecho, y desde el mar hasta la cordillera, restos mas o menos aislados de una formación estratificada, compuesta de capas de cascajo, de arena, rara vez de arcilla, pero muy a menudo con capas de tofo traquítico. Digo que la formación 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 y quebradas, sino también en la falda de los cerros, pone fuera de duda que su origen no puede ser ni lacustre ni de río.

La formación es generalmente de poco espesor, una circunstancia que, junto con la poca consistencia de sus capas, explica el por qué una gran parte ha sido destruida durante i después del solevantamiento.

Las capas tienen generalmente una suave inclinación hacia la costa.

Tienen un aspecto muy moderno, más o menos como las capas en las barrancas de los ríos de Chile.

Su composición varía con las localidades.

En el Bordo, del salar de Atacama, y en la parte norte de la altiplanicie de Bolivia, descansan encima de una formación de conglomerados e areniscas rojas, que por sus capas intercaladas de tofos e conglomerados traquíticos juzgo terciarias.

Indicare ahora los principales puntos donde las he encontrado, haciendo omisión completa de las capas fosilíferas que bordean una gran parte de la costa de Chile y Argentina hasta la altura de unos 200 metros más o menos, i que han sido estudiados por muchos viajeros.

Un excelente punto es cerca de Pabellón, estación del ferrocarril de Copiapó; de la misma estacion se divisa al S. E., encima de los cerros oscuros pertenecientes a la época cretacea, una formación de color claro i de estratificación horizontal más o menos; he subido i he visto que se componen de cascajos e arenas sueltas, que forman el fondo de la plana entre El Molle i Sacramento.

Otro punto muy curioso por la mui limitada extensión que ocupa la formación en cuestión, 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 pies.

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

Avanzando más al norte, ocupa nuestra formación probablemente mayores extensiones en el fondo de las grandes llanuras y planos inclinados del desierto, pero generalmente oculta debajo de los detritos sub-áreos más modernos. La mina Buena Esperanza del Chimborazo ha hecho un pique de 200 metros de profundidad en este terreno en busca de agua dulce. El encañador inglés de este pique me dijo que, después de atravesar 30 metros de capas con piedras angulosas, se encuentra cascada con piedras redondas y una o dos capas de tofo blanco intercaladas, hasta que en la mencionada hondura de 200 metros se encontró agua abundante y dulce. La boca del pique estaría unos 6,000 pies sobre el mar.

Mas al norte, encima de las barrancas de la quebrada de la finca de Chañaral, se ve nuestra formación en varias partes hasta muy adentro en la cordillera, siempre distinguiéndose desde lejos por su color claro y estratificación más o menos horizontal. Contiene capas delgadas de tofo traquítico.

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

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

En las profundas quebradas que más al norte cruzan el desierto, como ser Doña Inésita, Jucales, Encantada, Iscahuasi, Sandón, no me acuerdo haber visto otras capas que pudieran pertenecer a esta formación sino capas traquíticas, y en este momento no podría decir si serán tofos endurecidos, depositados debajo de agua, o verdaderas corrientes de lava traquítica. Solamente en la quebrada de Chaco hay capas delgadas de conglomerados traquíticos debajo de las anteriores.

Para encontrar de nuevo nuestra formación 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 más o menos
horizontales de color claro, descansando sobre rocas oscuras. No he tenido ocasión de acercarme. Esa quebrada ha sido probablemente, antes del último hundimiento, el desagüe natural de la hoyada de Aguas Blancas. Después de principiar el solevantamiento y 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 formación; se emplea en construcciones en el establecimiento de Playa Blanca.

En el gran plano inclinado que de éstas cabeceras se eleva hasta Caracoles y más allá hasta El Bordo del salar de Atacama, no se ve ningún corte natural o artificial que indique la composición del fondo de este plan, cuya superficie toda es de formación 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 más al sur. Aquí se ve cascajo estratificado horizontalmente y 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 muy probable que también 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 tofo traquítico también bajando con mantel al naciente, i al otro lado del salar, en más altura que El Bordo, se ven en una que otra quebrada, que baja de los volcanes cerca de Sotaire, cascajos estratificados de material traquítico, manteniendo al poniente.

En las barrancas del río Loa, hasta un par de leguas al poniente de Calama, a 2,205 metros sobre el mar, no se ve esta formación; la parte superior de barrancas se compone de poderosas capas calcáreas de origen de agua dulce, con suave inclinación al poniente; pero la formación secundaria fosilífera sobre que descansan las mencionadas capas modernas, presentan en el contacto una superficie casi matemáticamente pareja, indi-
canelo haber sido nivelada por el mar. Las capas calcáreas se extienden muchas leguas al naciente; probablemente han sido depositadas, y en parte se están depositando todavía, por las aguas calcáreas del río Loa, en extensas 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 extensión y altura, enteramente compuesta de cascajos estratificados; éstos no pueden ser sino restos de nuestra formación marina, y, por consiguiente, más antiguos que las capas calcáreas de agua dulce. Algunas leguas al naciente de Chiu Chiu se levantan altiplanicies muy altas, de composición traquítica; donde la traquita no es tofo ceído como ceniza en el mar, es corriente de lava cuya superficie, tan pareja y casi horizontal en grandes extensones, parece indicar que descansa sobre una base nivelada por el mar.

Este hecho de la casi horizontalidad de las capas traquíticas es muy común en la alta cordillera.

En Conchi, a 3,015 metros sobre la mar, donde el famoso puentede ferrocarril cruza el río Loa, se divisa primero arriba una capa delgada de la calcaz de agua dulce; debajo de ésta una capa poderosa de tofo traquítico que sirve de cantera, y más 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 río, sino por el mar. Siguiendo siempre el ferrocarril hasta el divisoce aquranum, a 3,955 metros sobre la mar, se reemplazarán las llanuras e planos inclinados por terrenos de orígen glacial e volcánico.

La pampa del Tamarugal es la continuación de las pampas de Antofagasta. No conozco ningún corte en ella que indique la composición; pero al naciente de ella, en la falda de la cordillera de los Andes, se ven en muchas partes grandes planos inclinados hacia la costa, que en las profundas barrancas de las quebradas demuestran ser formados de estratificaciones de cascajo, arena, arcilla y traquita, el que muchas veces forma la capa superior. Por su posición no pueden tener estos planos otro orígen 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
tiene fe tezido ocasion de estudiar.
Al poniente de la pampa, me dicen que en el mineral de
Huantajaya, a unos 5,000 pies sobre el mar, un pique ha atravesado 80 metros de cascajos marinos antes 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 menos horizontal i de colores claros, una for-
macion probablemente identica a la nuestra.
Desde el ferrocarril de Arica a Tacna se ve esta formacion
dentro de la misma playa elevarse paulatinamente hasta topar con
la cordillera en una altura que calculo de 5 a 6,000 pies. 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 menos a 1,800 pies sobre el mar.
Siguen mas al naciente las pampas de Ilaia, en la altura de
mas de 3,000 pies. Cruzando otro cordon de cerros se llega a
las llanuras de Arequipa, compuestas de tofos traquíticos, i que
se elevan desde 7,500 pies hasta mas de 12,000 pies de altura.
En el Cracero Alto, el punto mas alto del ferrocarril a Puno,
a 14,666 pies sobre la mar, se extienden otra vez llanuras de
menor extesion, 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 con-
tienen principalmente trozos redondeados de cuarcita, i de gran-
ito, en su parte inferior, una o dos capas de tofo traquítico
y poderosas capas de arcilla. En El Alto de La Pas, a 4,000 me-
tros sobre el mar, se los ve en una potencia de 400 metros, mas
o menos. Esta formacion sube en la falda poniente de la Cor-
dillera Real, con una inclinacion al poniente mas suave hasta
la altura de 4,800 metros sobre el mar.
La formacion no parece ser de origen lacustre, puesto que la
altiplanicie esta abierta hacia el Atlantico por la quebrada de
La Paz. El mar que ha depositado las capas ha tenido entrada del Atlántico, en el norte, por Cusco y por La Paz, en el sur por la Argentina, y además, del Pacifico, por el lado de Calama.

Son estos los puntos en que he observado la formación 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 hay que observar que en todas partes tienen un aspecto muy parecido y muy moderno, y que no hay motivo alguno para atribuirlas a distintos hundimientos o sumerse de la Cordillera. Ha toda razón para creer que pertenecen a un solo solevamiento.

Pero ¿cómo la duración de este solevamiento se ha extendido a varias épocas geológicas?

Aquí hay que tomar en cuenta que nuestra formación, en todas partes, exceptuando 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 sumerse ha tenido la misma configuración que ahora, es decir, con Arica, 4,000 metros más bajo que la altiplanicie boliviana, es evidente que no pueden haberse depositado capas litorales al mismo tiempo en las dos partes. Las de la altiplánie tendrían que ser las más antiguas, las demás se habrían depositado a medida que el solevamiento iba acercando los demás puntos a la superficie del mar.

¿O deberemos creer que durante la sumerse, la altiplánie ha estado en el mismo nivel de Arica, formando un lomo sumer- jido a poca profundura, con cordones secundarios elevándose sobre el mar?

En tal caso los cascajos de la altiplánie se depositarían al mismo tiempo que las demás, y habría que suponer que las fuerzas solevadoras habrían obrado con más fuerza debajo de la altiplánie, disminuyendo gradualmente hacia la costa actual y 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. Estos pudieran deber su existencia a una misma erupción o época de erupciones; pero como es evidente que las erupciones traquíticas se han verificado desde fines de la época secundaria y continuando por toda la época terciaria, no se puede basar ninguna hipótesis sobre las capas traquíticas, a menos que se pudiera seguir una misma capa desde la cordillera hasta el mar. En tal caso, difícilmente podría haber duda sobre el origen simultáneo de toda la capa, y por consiguiente de toda nuestra formacion.

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

En Caldera hay 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, y no sabemos a cuál de estas capas corresponde nuestra formación del interior.

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

En el Cerro Gordo, cerca de Mejillones, ha encontrado el señor Ramón Vidal Gorman, a la altura de 300 metros sobre el mar, cuatro especies de conchas, tres que actualmente viven en el Pacífico, y una en la costa de África.

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

El mismo señor Krull me dice que un poco al norte de Iquique, cerca de Hospicio, hay 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 muy 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 geológica, tendría-
mos entonces a lo menos 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 interrupción hasta
la cordillera de los Andes. Si el testimonio de los mismos fósiles
tiene o no aplicación a todo este plano y a la altiplanicie de Bo-
livia, 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 extendían hasta la cordillera,
y ya hemos visto que esto no se sabe con seguridad.

Las rocas sobre que descansa nuestra formación en la falka
poniente de la cordillera, no nos ayudan a precisar su edad geo-
lógica, puesto que las más modernas son cretáceas y faltan com-
pletamente capas terciarias.

En la parte alta de la cordillera tenemos el hecho ya men-
dionado, que en El Bordo del salar de Atacama i en el norte de
la altiplanicie de Bolivia, nuestros cascajos descansan sobre una
formación, 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 observación.

En el mismo artículo he mencionado huesos fósiles de varios
grandes mamíferos de la época cuaternaria, que se encuentran
en las barrancas del río Desaguadero, a la altura de 3,800 me-
tros sobre el mar. Entre éstos hai Megaterios, Mastedentes i
varias especies de caballos fósiles. Creía al principio fuera de
duda, que las capas en que se encuentran estos restos, per-
tenían a la formación de nuestros cascajos marinos; pero he
comprendido después que hay cierta posibilidad de que las
capas fósilíferas pertenezcan a alguna formación lacustre más
moderna. Esto será objeto de estudios de viajeros futuros.
Sea esto como fuere, el doctor R. Philippi opina, que estos ani-
males no habrían encontrado suficiente alimento a tanta altura
y que, por consiguiente, no pueden haber vivido allí sino cuando
la altiplanicie estaba menos elevada sobre el mar que ahora.

Tenemos aquí una prueba de un solevantamiento importante
durante o después 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 y pampas argentinas), se explica con la misma facilidad por cualquiera de las dos posibilidades antes mencionadas: 1) o han estado todos estos lugares en el mismo nivel, i los animales cuaternarios han vivido simultáneamente en ellos, tomando después la cordillera de los Andes, durante el solevantamiento, su actual configuración; 2) o la cordillera tenía ya antes del solevantamiento su actual configuración, en cuyo caso los animales cuaternarios deben haber vivido primero en la altiplanicie, retirándose a lugares más 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 río Desaguadero se encuentran o no en la formación marina.

LORENZO SUNDT
Ingeniero de minas