

Santiago, enero 5 de 1877.

La comision examinadora acordó publicar en los *Anales* la presente memoria.

WENCESLAO DIAZ,
Secretario.

JEOLÓJIA DE CHILE.—Estracto de las cartas escritas por don Lorenzo Sundt, injeniero de minas, a don Ignacio Domeyko (1).

1. Chorros i cruceros.—2. Vetas de cobre en Atacama.—3. Las dos cordilleras.—4. Vetas nuevas en el desierto de Atacama i sierra de la Salitrera—continuacion.—5. Situacion que guarda la formacion porfirica con relacion al terreno básico.—Chañaral de las Animas.

I.—CHORROS I CRUCEROS.

Chañaral, mina la Fortunata, enero 20 de 1876.

Durante mi primera permanencia en Chile, era de opinion que los chorros i cruceros que atraviesan las vetas eran de orijen mas moderno que éstas, por consiguiente tambien los botamientos, i que los cruceros i chorros no tenian ninguna influencia, ni brocedora ni pintadora, por lo menos en la rejion fria de las vetas que ya estaban rellenas, antes que se formasen dichos chorros i cruceros.

(1) El injeniero don Lorenzo Sundt, de la Universidad de Cristiania, vino de su patria Noruega, a Chile, con el objeto de hacer un estudio especial del reino mineral de las cordilleras chilenas. A su llegada a Santiago me obsequió una valiosa coleccion de los minerales mas raros de Suecia i Noruega, minerales desconocidos en nuestro hemisferio, de cerio, lantano, itrio, colembio, etc.

Toda esta coleccion he colocado en su nombre en el gabinete mineralojico de la Seccion Universitaria. Después de haber visitado algunas serranias del sur, ha viajado por la provincia de Atacama i recorrió una gran parte del desierto de Atacama hasta las altas cordilleras de Juñcal, Osandon e Ines. De allí recojió i me mandó una coleccion muy interesante de fósiles que actualmente forman parte de la coleccion paleontolójica de la Universidad i añadió unas muestras de grandes cristales de cloro fosfato de cal que descubrió en las serranias de Copiapo. Ocupado ahora en la direccion de los trabajos mineros de una de las minas de cobre mas importantes de Chañaral, continúa haciendo estudio profundo de la formacion de los depósitos metalíferos i de la naturaleza de los terrenos de aquella rejion poco conocida de Chile i hace escursiones, en cuanto sus ocupaciones le permiten, a diversas partes del desierto, movido principalmente por el amor a la ciencia i el deseo de ser útil al país. Debo a la amistad del señor Sundt las observaciones que en una serie de cartas me ha comunicado, como resultados de sus investigaciones, i que me tomo la libertad de publicar como muy interesantes i útiles para las personas ocupadas en el estudio de la jeolójia de Chile.—IGNACIO DOMEYKO.

Un estudio detenido de muchos chorros i cruceros ha cambiado completamente esta opinion. Ahora considero a todos los chorros i cruceros que hasta ahora conozco i que han producido botamientos en las vetas, como mas antiguos que éstas, i luego numerosos ejemplos tengo de que verdaderamente han tenido mucha influencia en los beneficios. La prueba de esta antigüedad es el hecho de que las vetas acercándose a un chorro botador, siempre son modificadas por éste; se angostan, ramifican i cambian su rumbo, algunas veces casi empalmándose con el chorro i pasándole en un pelo, si no por lo menos, cambiando su rumbo en el mismo sentido, es decir, buscando el ángulo obtuso.

Esta mi opinion sobre la antigüedad de los chorros es contraria a la de todos los mineros con quienes he hablado sobre esta materia, pero está conforme con los hechos i además, explica mui bien la influencia de los chorros sobre los beneficios, una influencia jeneralmente reconocida pero mui difícil de explicar, considerando los chorros mas modernos: mientras que considerándolos mas antiguos, se atribuye a ellos el cambio de rumbo i de anchura i a este cambio, el aumento o la disminucion del beneficio; porque la mayor importancia para una veta es una buena formacion con regular anchura i buenas cajas.

Botamientos producidos por cruceros i chorros mas antiguos que las vetas botadas no tienen nada de particular. El chorro obra del mismo modo que una estrata blanda de micasquito entre estratas duras de hornblenda o cuarzo. Una veta, llegando a la estrata blanda se desvia o se bota, (en aleman *schleppung*). Lo mismo sucede en Chañarcillo i en Caracoles, donde las vetas son botadas algunas veces por mantos; lo mismo en el mineral de cobre de Ladrillos, etc.

Otra razon mas para mi opinion, es el botamiento al ángulo obtuso, mientras que un botamiento producido por

un crucero mas moderno que la veta, debía ser hácia el ángulo agudo.

Lo arriba dicho sobre botamientos se refiere tanto a las vetas de plata como a las de cobre. Los he estudiado en Chañaral, Ojancos, Tres Puntas, Lomas-Bayas i Chañarillo; donde por encargo de nuestro amigo comun, doctor Schwarzenberg, he hecho estudios sobre el gran chorro que atraviesa *La Bolaco viejo* i *La Cordillera*. En el plañito de Moesta de Chañarillo, habrá visto Ud. que todos los botamientos en aquel mineral van al ángulo obtuso, esceptuando la veta *Candelaria*, que tiene un botamiento grande hácia el ángulo agudo. Este botamiento no he visto.

La veta *Candelaria* ha hecho un gran caseron de metal donde la veta al mismo tiempo se botó por un crucero vertical i un manto horizontal.

Para evitar equivocacion, añadiré que con la palabra de chorro entiendo una veta boba, rellena con greada masacote o piedra descompuesta; consistiendo la diferencia entre chorro i crucero solamente en la anchura.

2.—VETAS DE COBRE EN ATACAMA.

Un fenómeno que parece tener alguna frecuencia es el que las vetas de cobre algunas veces van pegadas a los diques de piedra. Así sucede en la mina *Tránsito*, de Ojancos, donde la veta, con interrupciones, va acompañada de un dique cuya anchura varia de algunos decímetros hasta 2 metros. El dique consiste en una piedra afanítica de color azulejo o plomizo, mui rara vez con indicios de estructura granuda.

El color indicado se refiere a la rejion de bronce amarillo; en la rejion de bronce negro i metal de color, está mas o menos lavado el dique, i especialmente donde la veta ha sido rica, está completamente caolinizado i cambiado en tefo blanco.

Este dique hace pintar la veta; es decir, la veta acom-

pañada por el dique puede estar bronceada, pero sin él nunca hace beneficio. Cuando la veta se aleja del dique, se oprime, o, si por una rara casualidad toma alguna anchura, está en quijo con un poco rameo de bronce. Luego que entra la piedra azuleja, se forma mejor la veta i jeneralmente hace metal. Jeneralmente va la veta en dos ramos, uno a cada lado del dique. Pocas veces hace metal los dos ramos al mismo tiempo; si es bueno el uno, el otro es malo.

Como la veta se ramifica adentro en el dique, es claro que éste es mas antiguo i parece que el efecto que ha tenido sobre el mejoramiento del beneficio, en gran parte consiste en la mayor facilidad con que la grieta de la veta ha podido abrirse al lado del dique, blando i ya con una buena caja, i no en la sienita entera i dura que forma el cerro.

La veta *Fortunata*, cuya mina tengo ahora a mi cargo, tambien va en dos ramos con un *dique* en el medio, cuya anchura varia de un pié a 7 metros. Este dique, donde va angosto, es una felsita azuleja o blanquisca, muchas veces blanca, de cristales pequeños de pirita i bien homogénea, sin estructura granuda. Donde es ancha, siempre tiene el lado de las cajas la misma estructura afanítica, pero en el medio tiene la estructura granuda o porfírica, los cristales de feldspato de una a dos líneas de largo. El color i el grano varían mucho en los diferentes puntos i talvez pocas veces se encuentra tan buena ocasion para estudiar, tanto en el sentido horizontal como en el vertical hasta la hondura de 330 metros verticales el cambio de aspecto de una roca debido a una sola erupcion, pues está encerrada entre las mismas dos vetas. Oportunamente mandaré a Ud. una coleccion de muestras de este dique. Interesante seria saber si la composicion química varia junto con la estructura.

Añadiré que los dos ramos de la veta parecen suplementos el uno al otro. Nunca hacen beneficio los dos el uno al frente de otro.

Lo contrario sucede en la *Tránsito*, pues ahí la veta puede alejarse 3-4 metros del dique i siempre en buen beneficio. La roca aquí es diorita o labradorita.

Tanto la veta *Fortunata* como la veta *Tránsito*, van acompañadas de una *guía* con criadero de carbonato de cal; esta *guía* contiene en la *Tránsito* un poco de cobre gris con lei de 27 por ciento de cobre i 3-4 marcos de plata, además, indicios de galena i blenda; en la *Fortunata* contiene el mismo cobre gris con la misma lei de cobre, los mismos indicios de galena i blenda i además un mineral que debe ser un sulfuro arseniuro de cobalto o níquel cristalizado en cubos con las esquinas truncadas, por el octaedro. La *Fortunata* contiene además un mineral mui brillante, lustre metálico, color negro, cristalizado en prisma romboidal con pirámide i con lei de 130 marcos de plata por cajon; talvez es un sulfuro de cobre i plata. Parece que de la misma *guía* tienen su oríjen várias grietas llenas de carbonato de cal que se ramifica adentro en el bronce amarillo, *transformando* el bronce amarillo en bronce morado con lei variable de 4-20 marcos de plata, mientras el bronce amarillo no tiene absolutamente nada de plata. La transformación del bronce amarillo en morado se estiende a los dos lados de las grietas de cobre, algunas veces dejando una parte del metal amarillo intacto, otras veces transformando toda la veta.

En la veta *Tránsito* he visto el bronce amarillo lleno de centenares de ojedades tan completamente cúbicas, que no me dejan duda ninguna de que han sido ocupadas por cubos de pirita. Pero ¿cómo han desaparecido estos cubos? siendo la pirita de fierro un metal que en la rejion de los broncees negros ha resistido a los agentes oxidantes i disolventes, mucho mayor que la pirita de cobre. Las cajas de las ojedades son muchas veces cubiertas por cristalitos de cuarzo.

En la mina *Fortunata* la veta en los planes, es decir, en la hondura de 330 metros verticales es toda de cuarzo con rameo de bronce i además sembrada de manchas

de apatita hasta una pulgada de largo que indican la forma de los cristales de apatita. No he visto este mineral en ninguna otra parte de la mina.

3.—LAS DOS CORDILLERAS.

Chañaral, mina Fortunata, febrero 29 de 1876.

Respecto a la cuestion de las dos cordilleras, no tengo suficiente conocimiento del desierto para contestarle a Ud. satisfactoriamente. A mí me parece que, como dos cadenas *topográficas*, talvez no existen; como cadenas *jeológicas* talvez sí. Ud. sin duda sabe que la gran travesía de Huasco a Chañarillo, (el punto mas al sur que yo conozco) forma una línea bien pronunciada entre una cadena eruptiva al poniente i las formaciones calcáreas estratificadas al naciente. Esta línea de demarcacion se corta completamente en Ojancos, donde la simita o diorita está en contacto inmediato con el terreno estratificado.

Entre paréntesis diré que las rocas eruptivas aquí, parecen mas modernas que el terreno estratificado; siendo este último cerca del contacto muy metamorfosado, con capas gruesas de granate puro entre capas de cal cristalina.

En Ojancos tienen las dos formaciones mas o menos la misma altura.

Al norte de la quebrada de Copiapó pasa la línea de demarcacion por la misma boca de la quebrada de Paipote, cruza luego al poniente de esta quebrada i sigue por un médano, donde las capas calcáreas en parte se pierden, en parte aparecen aisladas, como, por ejemplo, en el Chulo. Este médano tiene al poniente una cadena eruptiva de mediana altura; al naciente está cortado por la quebrada de Paipote que es mucho mas honda i está cortada en un terreno estratificado consistente en conglomerado de pórfidos, areniscas, del mismo material i algu-

nas capas calcáreas; este terreno sigue al naciente con mui poca elevacion hasta mucho mas adentro, encontrando primero, el cerro aislado de Checo, cuya cumbre es pór-fido con una altura no menos de 8-9000 piés; i mas al naciente una cadena bastante pronunciada i elevada que pasa por *La Ternera* i mas al sur, por el cerro de Romero i el Durazno, al naciente de Lomas-Bayas. *La Ternera* consta de un terreno estratificado, compuesto de glomerados i areniscas alternadas con capas de pizarra que incluyen la antoracita, todo segun mis observaciones, *sobrepuesto* sobre la formacion calcárea de Chañarillo. La composicion de esta cadena mas al sur no la conozco.

En resúmen, de Copiapó a Tres Puntas no se distingue bien la otra cordillera hasta mucho mas adentro de la formacion calcárea.

El gran valle longitudinal del sur de Chile pudiera talvez tener su combinacion en el médano mencionado que pasa por Chulo i que al poniente de Tres Puntas está mas pronunciado.

El mineral de la *Floridu* no lo conozco, pero sé que allí estratas calcáreas aparecen aisladas en un llano. Mas al norte he cruzado el desierto desde el puerto de Pan de Azúcar hasta la *Encantada*, i de allí seguí la misma ruta de Philippi hasta *El agua de Vivis* i quince leguas mas al norte todavía.

Estoi completamente de acuerdo con Philippi en comparar el desierto de Atacama en estas latitudes con un gran plano inclinado, que bastante paulatinamente se levanta desde la costa para adentro i en el cual seria mui difícil indicar dos cadenas topográficas.

Este plan inclinado se ve cubierto de inmensas masas de terreno de acarreo, cuya superficie se estiende por las faldas de los cerros que aisladamente se levantan sobre él; pero en jeneral tiene su inclinacion hácia la costa, i con líneas que vistas contra el horizonte parecen trazadas por un matemático. Sobre este plano como base se le-

vantan islas, pero en un número mui grande, serranias de mas o menos estension; hasta várias leguas de largo i con su eje longitudinal mas o menos paralelo a la costa i por consiguiente entre sí forman llanos longitudinales. Soi de la opinion que las aguadas seguidas por el señor Philippi no están mas adentro de la faja de Chañarcillo, así que en el norte del desierto no conozco la línea de contacto entre las formaciones sedimentarias i plutónicas.

Ahora hablando de aquella parte del desierto, mencionaré algunos puntos en que no estoi conforme con el señor Philippi.

Philippi dice que el manteo de las formaciones estratificadas en el desierto es constantemente al naciente; para mí es variable el manteo, aunque talvez el manteo jeneral es el indicado por dicho señor.

Philippi dice haber visto lavas oscuras basálticas; yo considero éstas como pórfidos antiguos.

Philippi menciona pedazos de traquita de una forma como si fueran escorias estratificadas con señas de ciertas direcciones en que se han movido (tímpanos). Yo considero estas formas como producidas por la accion de los agentes atmosféricos.

Pero estoi completamente conforme con el señor Philippi, cuando se admira de la maravillosa estension de fajas traquíticas de un grosor relativamente mui pequeño. La traquita en todas partes donde yo la he visto en el desierto forma capas solamente, i no cerros; capas que siguen todas las ondulaciones del terreno, subiendo i bajando segun la forma de la superficie del terreno de acarreo, que jeneralmente viene inmediatamente abajo. En fin, la traquita forma la última capa del terreno de acarreo, alternando su grosor desde diez a cien piés i cambiando algunas veces paulatinamente, otras veces repentinamente, su estructura i color desde la traquita blanquizca hasta la resinita *pechsein* negra. Su formacion es como una estrata sedimentaria, pero su estructura es

de una roca eruptiva. Es para mí la cosa mas incomprendible que he visto en la jeología. La traquita algunas veces incluye millones de fragmentos de piedra pomez i se encuentra desde la altura de 6-7000 piés para arriba.

La formacion del terreno de acarreo la he visto hasta la altura de 11,000 piés i para formar una idea de su grosor, mencionaré que la mina *Buena Esperanza*, de Tres Puntas, ha hecho un pozo de 200 metros de hondura hasta cortar agua. Dicen haber pasado en dicho pozo várias capas de tofo, probablemente traquítico.

Philippi menciona en Chañaral pórfidos estratificados. Estos no existen. Desde la costa hasta las minas se componen los cerros de cuarcita i pizarra o mas bien *phillada*; las minas están en el terreno diorítico i pertenecen verdaderamente a la línea de minas que pasa por Ojancos, Carrizal, etc.; es decir, la línea de la costa. Por esto mismo mencioné a Ud. las guías platíferas que en Ojancos i Chañaral acompañan a las vetas verdaderas de cobre sin plata, guías que talvez por mal panizo no han podido desarrollarse con alguna importancia.

He dicho mas arriba que considero la formacion carbonífera de *La Ternera* como sobrepuesta a la formacion calcárea de Chañarillo. En efecto, contra la opinion de los jeólogos chilenos, tengo la conviccion de que la gran formacion de conglomerados i areniscas de material porfirico, es mas moderna que la formacion de Chañarillo. Como prueba de esta opinion no tengo petrefactos, porque nunca los he visto en esta formacion; tampoco me refiero a la composicion mineralójica i su semejanza con ciertas formaciones en Europa; comparaciones que talvez han influido en las teorías de los jeólogos chilenos; pero me atengo a la sobreposicion que está completamente manifiesta en los magníficos perfiles que dan las quebradas hondas de Copiapó, de Cerrillos i de Paipote. Allí se ven primero las estratificaciones calcáreas blanquizas, con manto al naciente i siguiendo después

inmediatamente, o separada por erupciones porfíricas, la gran formacion de conglomerados oscuros, con el mismo manto. El contacto entre estas dos formaciones se ve en el valle de Copiapó, entre Pabellon i el Yeso. Los conglomerados oscuros, interrumpidos por erupciones porfíricas de varios colores, siguen al naciente hasta San Antonio, cambiando manto i formando una gran silla.

Las minas de plata de San Antonio están situadas en esta formacion. Si las capas calcáreas de Chañarcillo, que en San Antonio deben estar en mucha hondura, salen a la superficie mas al naciente, no he tenido ocasion de observarlo. El camino que de San Antonio o de Los-Loros conducen a Lomas Bayas, (peña subida de 2-3000 piés), pasa por estos conglomerados oscuros hasta muy cerca de las minas. Estas están situadas en conglomerados amarillos o blanquizcos, en areniscas amarillas, en pizarras con muy pocas calcáreas i en grandes diques de pórfidos; sus estratificaciones se ven sobrepuestas a las formaciones oscuras. La formacion de Lomas Bayas es por consiguiente mas moderna que la de Chañarcillo, lo que es contrario a la opinion del señor Pissis. Las cimas de los cerros de Lomas Bayas es, por ejemplo, el cerro de la Cruz, de la Carmen, i de la Sara, se componen de un pórfido, que como un gorro está puesto encima de estos cerros aislados. Tienen estructura estratificada, pero son de orijen eruptivo; contienen felspató i mica; en cuanto a la sanidina no la he visto.

De Lomas Bayas bajando por Cabeza de Vaca a la quebrada de Cerrillos, se ven a luz las formaciones oscuras otra vez.

Las mismas formaciones se ven subiendo de Los-Loros a Cerro Blanco, cuya cumbre, sin embargo, no conozco, i bajando de Cerro Blanco por el ferrocarril que conduce a Carrizal; es decir, conglomerados i areniscas oscuras interrumpidos por pórfidos i con manto al naciente.

En casi todas las serranías arriba mencionadas he anda-

do a pié, con martillo en mano, con gran admiracion de los chilenos que no viajan sino a caballo.

Lo digo a Ud. con bastante verguenza que hasta ahora ha sido estéril para la ciencia tanto trabajo; pues por pura desidia no he publicado nada, ni he hecho un solo apunte por mí mismo sino en la memoria, donde lo tengo guardado todo para mi propio conocimiento hasta que algun dia pudiera satisfacer mideseo de trazar un gran perfil de los terrenos desde la costa hasta la cumbre de los Andes; dia que probablemente nunca llegaré.

Antes de concluir, llamaré todavia su atencion sobre el moderno orijen de las vetas de Chile, tanto de las de plata como de las de cobre i oro.

Las vetas de plata se encuentran en terrenos que segun mis observaciones, nunca son mas antiguos que *lías*, i estos terrenos son mas nuevos que los chorros, cruceros, i diques eruptivos, esceptuando talvez la traquita; lo que quizas se pudiera reconocer en Lomas Bayas.

Pero lo que es perfectamente seguro es que en Tres Puntas un gran dique de granito, compuesto de feldspato, cuarzo i anfibola, atraviesa las estratas líasicas, caracterizadas con amonites i grypneas, i que este dique a su vez es atravesado por una veta bien formada, que ha sido trabajada por cobre i oro sin plata.

4.—VETAS NUEVAS EN EL DESIERTO DE ATACAMA.

Ha tenido alguna fama un descubrimiento de plata que está situado en la sierra de *La Salitrosa*, unas 3 leguas al sur de la aguada del mismo nombre, talvez unas 8 leguas al poniente de Tres Puntas i unas 12-14 leguas al sur-este de este mineral.

Hice el viaje hasta allí. El camino va con direccion al sureste por consiguiente atraviesa diagonalmente la formacion diorítica, i en efecto, esceptuado un pórfido negro interpuesto, i del cual luego hablaré, no ví en todo el trayecto mas que diorita i granito, hasta llegar a la veta

recien descubierta. Allí cambió el panizo. La piedra del cerro es un pórfido verdoso con cristales de feldspato del mismo color, los que por todo su aspecto considero de labradorita. La piedra, por consiguiente, se pudiera llamar un pórfido de labradorita. De la estension de esta roca no puedo decir nada. La veta descubierta, que corre mas o menos este-oeste, con bastante manteo al norte, tiene a la caja del sol un pedernal negro, mui duro i mui parecido a lo que los alemanes llaman *lydischerstein* piedra *lidia*. Ala caja de patilla se encuentra un cuarzo blanco con manchas de óxidos de fierro i cobre, es decir, un completo criadero de cobre, pero en venitas delgadas adentro; en este cuarzo se encuentra tambien cloro-bromuro hasta el grueso de una línea. Lo que en vetas mas comunes de plata se llama *masa* o criadero no existe en estas vetas, pero es probable que las pocas materias ferruginosas i cobrizas contienen plata. Estas observaciones son hechas en el primer escarpe al sol de apenas un metro de hondura; después se ha labrado el pozo de ordenanza sin quebrar la veta. Por el aspecto seco del cuarzo i el criadero tan cobrizo poco gustó la veta a los mineros.

Es la primera vez que he visto plomos cálidos en cuarzo, esceptuando una muestra de Cerro Blanco i otra de Taltal.

Del pórfido negro arriba mencionado casi nada puedo decirle por estar mui descompuesto al sol, pero contiene una de las vetas mas poderosas que he visto. Está situada unas 4 leguas al naciente de este mineral con rumbo mas o menos norte-sur. Tiene mui poco manteo al naciente i cajas bien definidas; se conoce en una estension superficial de 2 leguas i tiene a veces una anchura de 40 metros. Donde tiene esta anchura es el criadero todo carbonato de cal, formando un espejuelo con grano mui grueso hasta 3-4 pulgadas de diámetro. Este criadero es aquí como en todas partes donde lo he visto, completamente estéril, tanto para plata como para cobre. Este criadero

revienta i se ve de lejos blanquesino. Rumbeando esta veta se encuentran minas de cobre; aquí ya no revienta la veta; el carbonato de cal ha desaparecido i el único criadero que he podido ver en las grandes rajás al sol es piedra descompuesta. Me refiero aquí a la mina *Manto California*, una mina que ha dado mucho metal de color i que ahora está aterrada, con solo la hondura de 20-30 metros.

Siguiendo la veta mas al sur, cambia otra vez su carácter la veta, Revienta otra vez como una veta de arenilla, aquí tambien hai faenas de cobre que dan metales de arenilla con 8-10 por ciento de cobre.

No me recuerdo si en mi carta anterior he mencionado a Ud. que en Ojancos he observado el mismo cambio en el criadero de las vetas; arenillas con poco metal, espejuelo de carbonato de cal con poco metal i al fin en la misma veta minas ricas de cobre de buena lei.

En Carrizal he visto un cambio semejante al espejuelo de cal, pero sin arenilla.

En la veta recién descubierta, en *La Salitrosa*, que ya he mencionado, hai el mismo cambio.

Creo que estas observaciones pueden ser muy útiles a los cateadores. En el desierto de Atacama hai un sinnúmero de vetas que revientan en arenillas. Escarpando estas mismas vetas *donde no revientan*, pudiera ser que en analogía con las vetas arriba mencionadas darian metales de cobre.

P. S. Los cambios mencionados en el criadero de las vetas, no están en relacion ninguna con cambios correspondientes en la roca de cerro, que en los casos observados se ha conservado *la misma*.

Chañaral de las Animas, enero 4 de 1877.

Desde mi última carta en que le conté de mi viaje a la *Salitrosa*, la cual espero que Ud. haya recibido, he hecho

etra al norte, pasando por los minerales del *Salado*, la *Florida*, *Carrizalillo* i *Vaca muerta*. He visto en este viaje que la misma sucesion de rocas con sus vetas que se encuentra desde Copiapó hácia el naciente, tambien se estiende desde Chañaral mui al norte.

En Copiapó tiene Ud., pasando por la misma ciudad i hácia el sur por Ojancos i los Lirios, la diorita. Después sigue una faja de rocas de color oscuro, cuyo carácter, en efecto, no sé definir bien en este momento. Señor Pissis los contará talvez entre los pórfidos anjíticos o entre los hiperthemitas. Aparecen en una faja delgada en Ladrillos, *Tierra Amarilla* i *Punta del Cobre* i en toda esa faja se hallan las minas de cobre. Parece que las vetas de cobre en estos últimos minerales tienen como criadero principal espató de fierro i la misma roca, mientras que las vetas en Ojancos i Lirios, tienen principalmente el cuarzo.

Estas rocas oscuras han salido debajo de la gran formacion calcárea que sigue al naciente.

La misma sucesion tenemos aquí al norte. Las minas de cobre de *Chañaral de las Animas* están situadas en la diorita i tienen por criadero principal el cuarzo. Al naciente siguen las rocas oscuras con el mineral de *La California*: contienen las vetas aquí mui poco cuarzo i mucha roca descompuesta. Sobre la misma faja de rocas oscuras están mas al norte las minas del *Salado* i mas al norte las del *Cerro Negro*. La formacion calcárea no existe al naciente del *Manto California* i del *Salado*, o por lo menos no lo conozco, pero al naciente del *Cerro Negro* aparece otra vez en *La Florida*, cuyos estratos calcáreos por consiguiente corresponden perfectamente por su situacion jeológica, como tambien por su distancia de la costa, a los del valle de Copiapó i Chañarillo. Las estratas calcáreas de *La Florida*, se pierden hácia el norte en grandes médanos.

Recordaré que las vetas de Carrizal están situadas en la diorita, tambien con el cuarzo como criadero principal

Otra diferencia entre las vetas de cobre en la diorita i las en las rocas oscuras es que en las primeras las vetas mantos son mui escasas, o mas bien yo no conozco ningunas, i en las últimas abundan.

La mina *Carrizalillo* es la mina mas importante por estos mundos. Está unas 10-14 leguas al norte de *Las Ánimas* i trabaja una *zona de impregnaciones* en la diorita. Esta zona tiene forma de una herradura de caballo i tiene en parte cajas, en partes nó. Por un lado pasa un dique de pórfido colorado. La zona tiene una estension horizontal talvez de 100-200 metros i cae mui vertical. El metal en la hondura es bronce amarillo; peso de veintitantos por ciento con mui poco criadero de cuarzo i yeso; no tiene casi nada de pirita.

Chañaral de las Ánimas, febrero 24 de 1877.

Especialmente me ha sido interesante el reconocimiento de la *tercera zona* de depósitos metalíferos, la zona de los panizos de origen porfirico como la zona de las vetas de plata i cobre. A pesar de conocer vários minerales en esta zona i tan claro como lo veo ahora, confieso que, hasta ahora, no se me habia ocurrido la relacion entre aquellos panizos i las vetas de plata i cobre; vetas que segun los cateadores, pertenecen a panizos de tal o cual color oscuro o plomizo, color que en efecto es característico para una gran parte de aquella formacion.

Pero en lo que no puedo convenir es en la clasificacion de este terreno como mas antiguo que la gran formacion calcárea-liásica; ya sé que tanto Ud. como el señor Pissis i talvez todos los jeólogos chilenos son de la misma opinion i que es atrevido de mi parte el defender la opinion contraria. No conozco tampoco ninguno de los puntos al sur de Chañarillo, donde segun Ud. i Pissis, se puede ver la sobreposicion de la formacion calcárea so-

bre la formacion porfírica. Conozco solamente buenas secciones del contacto entre las dos formaciones en la quebrada de Copiapó i su ramal la quebrada de Cerrillos. He pasado varias veces, estas dos quebradas tanto a pié como a caballo, únicamente con el objeto de estudiar dicho contacto i siempre he visto que las estratas calcáreas mantean al naciente i que los conglomerados i areniscas porfíricas siguen con el mismo manteo, quedando mas separados de la formacion calcárea por una faja angosta de pórfidos eruptivos. Las serranías de Atacama, tan desprovistas de vejetacion, se presentan, vistas de algun punto elevado, como un gran mapa jeológico con sus diferentes colores. En esta vista de pájaro se ve especialmente la línea de contacto entre la formacion calcárea, con sus colores amarillos i la formacion porfírica con colores mas oscuros, con la mayor claridad estenderse muchas leguas, i todas las sinuosidades del terreno presentan siempre esta línea de contacto manteano al naciente. En favor de mi opinion considero tambien los grandes troncos de árboles que he visto en las areniscas de *La Ternera* i cuya estructura interior no deja duda de que pertenecen a las *dicotylidoneas*.

Con todo esto, no quiero negar la posibilidad de rocas porfíricas estratificadas abajo de la formacion calcárea en los puntos indicados por Ud. i Pisis, los cuales no he visto. Pudiera talvez haber estas rocas tanto arriba como abajo de la formacion calcárea. Lo único que yo pretendo es que en el perfil de las quebradas de Copiapó están todas encima.

En Tres Puntas-sí, al Poniente de la *Placilla*, hai verdaderamente pórfidos abajo de las estratificaciones calcáreas i arcillosas. Estos pórfidos se parecen perfectamente a algunos descritos por Ud., que se parecen a

conglomerados, sin serlo. Ud. menciona manchas blanquizcas o coloradas en los pórfidos, cuyas manchas tienen su origen en la descomposicion del pórfido i oxidacion del fierro. Ciertos bancos de este pórfido al poniente de Tres Puntas están llenos de tales manchas, de las cuales muchas en su centro han sido transformadas en *pistacita*. En otros bancos está tan avanzada esta formacion, que se han formado capas eontínuas de 8-10 pulgadas de grueso de *pistacita* pura. Visto de alguna distancia, parece el cerro entero estratificado, pero por la estructura cristalina lo considero todo eruptivo. ¿Acaso no seria tambien así en los puntos de contacto indicados por Ud. i Pissis?

Una vez hablando de pórfidos, voi a mencionar que una cadena de pórfidos colorados se estiende en la línea entre las esquitas de la costa i la diorita, desde un poco al norte de la quebrada del Salado hasta la Vaca Muerta i probablemente mas al norte todavía. Tambien parecen estratificados estos pórfidos vistos de lejos, pero su estructura es completamente cristalina i eruptiva i el aspecto de estratificacion mas bien producido por ser los cerros divididos en bancos, diferentes entre sí por el color i el grano. Algunos de estos bancos contienen millones de almendras, llenos de cuarzo i espato de cal; el último es mas moderno.

Los cristales en estos pórfidos son todos felspato, mientras que en el pórfido mencionado de Tres Puntas son de felspato i un mineral negro, no sé si horblenda o auguítá.

En toda esta cadena de pórfidos colorados, que he reconocido en una estension de sur a norte, de mas de 12 leguas, no conozco una sola mina. El pórfido mencionado al poniente de Tres Puntas tambien es estéril.

Me alegro mucho ver que Ud. tiene la intencion de dar mayor desarrollo a sus investigaciones i tratados.

Espero que Ud. entonces tendrá ocasion de hablar mas especialmente sobre las vetas de oro.

Siento que Ud. no haya tenido a su disposicion noticias mas detalladas de este importante mineral de *Las Animas*; tampoco se menciona en la estadística publicada por la junta de minería de Copiapó.

Yo solamente diré que el puerto de Chañaral tiene como 4,000 habitantes, i que en él habia 16 buques grandes, la mayor parte con carbon para los dos establecimientos de fundicion; éstos tienen juntos 14 o 16 hornos de reverbero i en construccion uno de manga, sistema Piltz.

El puerto está reunido con el mineral de *Las Animas* por una línea férrea de 6 leguas de estension i con el *Satado* por otro ramal.

La corrida principal de *Las Animas* está reconocida por 15 pertenencias en una estension mas o menos de 3000 metros; anchura del beneficio, término medio, 50-80 centímetros, pero llega tambien a 2 metros i mas.

La mina principal es *La Fortunata* que se trabaja con 300 operarios, explotando por una série de años 80-100.000 quintales métricos anualmente, lei 13-14 por ciento.

Cuatro de las minas sobre la corrida tienen máquina de vapor.

El ferrocarril baja mensualmente de los dos minerales *Las Animas* i *El Satado*, 22-28,000 quintales métricos, lei, termino medio, 12-14 por ciento.

Siento no haber tenido tiempo de ocuparme mas con la obra del señor Pissis.

Acompaño un perfil jeológico de la quebrada de Copiapó en la parte donde yo la conozco. Dispense Ud. la lijereza i falta de órden con que se ha ejecutado. Lo he hecho de memoria e intencionalmente con lapiz, para no dar mas importancia de la que merece; pero puedo asegurar

que es bastante exacto, esceptuando la indicacion de los varios eruptivos que atraviesan las areniscas i conglomerados porfíricos entre Pampa Larga i San Antonio.

Nunca he pasado de San Antonio para adentro, asi es que no sé si la formacion calcárea verdaderamente sale de debajo de los conglomerados porfíricos con manteo al poniente, como debian hacerlo segun el perfil que acompaño.
