

poco caprichosos a cirujanos que pierden la mitad de sus amputados? Apresurémonos a decirlo, sin embargo, la última impulsión es infinitamente mejor.

Desde los trabajos de Pasteur sobre la fermentacion se ha hecho una revolucion en las curas. Desde las investigaciones de Tyndall sobre la filtracion del aire por el algodón, se han puesto de nuevo a la obra en Glasgow, en Edimburgo, en Paris, en Berlin i en Viena. Todos persiguen el mismo fin: buscar un medio de evitar la infeccion purulenta. De aquí el método anti-céptico de Lister, de aquí la cura por el algodón de Guerin. Yo, por mi parte, he ensayado con gran cuidado la cura de Guerin en ocho enfermos; la cura no ha impedido en uno de ellos la infeccion purulenta, no ha sido tolerada por otro. Agreguemos luego que la cura es buena, bien soportada en jeneral; que si con ella las heridas cicatrizan mas lentamente, son sin embargo bellas, i que sin duda alguna evita muchos accidentes.

Manteniéndose, pues, a la vez lejos de un entusiasmo exajerado i de un escepticismo desalentador, se puede decir desde luego que la cura por el algodón ha conquistado el derecho de ciudadanía en la ciencia i que su autor ha prestado un servicio real a la humanidad.

JEOLÓJIA.—Analogías entre la formacion jeolójica de Chile i de Bolivia.—Discurso leído por don Enrique Concha i Toro en el acto de su incorporacion, en reemplazo de don Santiago Tagle, a la Facultad de ciencias físicas i matemáticas, en sesion del 24 de setiembre de 1872.

I.

A medida que la civilizacion se ha ido abriendo paso en Europa, con la perfeccion a que han llegado los conocimientos humanos, la América ha tenido tambien la fortuna de que el progreso haya ido cundiendo en su suelo, endonde han penetrado las costumbres, las creencias i las artes de los pueblos europeos. El órden de las cosas ha querido que el descubrimiento del nuevo continente tuviera lugar en una época en que todos los conocimientos comenzaban a experimentar una reaccion con el renacimiento de las letras i el arte de la imprenta. Esta reaccion

ha continuado después con mas fuerza i vigor, desde que la ciencia tomó el camino de la observacion i de la exactitud. La ciencia, abandonando en parte el estudio del viejo mundo, dirigió sus investigaciones al occidente, hácia una naturaleza mas exuberante i mas grandiosa. Desde el acontecimiento mas grande del siglo XV, el descubrimiento de América, el mundo civilizado comienza a despoblarse para venir en busca de otra patria, donde la libertad se abre camino, donde la vista se recrea en las selvas, en los montes i en los valles, donde la yerba crece abundante, i donde la tierra solo pide el arado para dar con exuberancia todas las producciones del orbe. Hoi dia la América abre sus puertas a la Europa, adonde se llevan sus ricos productos en tanta cantidad que pesan demasiado en el consumo jeneral, para que deje de divisarse el gran desarrollo que esas producciones tomarán un dia, cuando aumente la poblacion i cuando reinen menos las conmociones políticas que agitan a los países que comienzan a organizarse.

No dudamos que esa inmigracion, que ese comercio, que se hace cada vez mas rápido i poderoso, i que el corto tiempo en que relativamente los pueblos americanos se asimilan a la Europa, envuelven algunas cuestiones sociales; pero no puede menos de reconocerse tambien que en gran parte todo este movimiento se ha operado por la situacion i por la naturaleza del suelo americano. I en efecto, desde que Colon puso el pié en América, la naturaleza que admiraba dominó su espíritu, i en sus cartas al rei ponderaba las bellezas que encerraban las islas i las tierras del nuevo continente. Los conquistadores de América admiraban tanto la fertilidad de la tierra, la bondad del clima, la belleza del paisaje, como la riqueza que revelaba la abundancia con que los indíjenas se proveían de los metales preciosos.

La creencia en las riquezas de América se ha convertido en hechos prácticos, que el progreso de los tiempos ha sabido disfrutar; pero todavia se necesita de mayor perfeccion para palpar todo lo que contiene el suelo americano. Para ello se necesita estudiar mas la constitucion física de esta parte de la tierra.

La formidable cadena de los Andes, que recorre la América en una estension tan vasta, es la que ha dado la configuracion a su suelo i es la causa que ha conmovido, desde el fondo del mar, esas

inmensas pampas de Buenos Aires, de Bolivia, Chile, etc.; así como de admirables hoyas hidragráficas, de las cuales la primera del universo, la del Amazonas, ha hecho esclamar a Humboldt, que "es allí donde tarde o temprano debe concentrarse algun día la civilización del globo."

El estudio mas detenido de los Andes, no solo está estimulado por la influencia que han tenido en las conmociones tan grandes que ha sufrido el continente que atraviesa, sino tambien por las ventajas que la industria i la riqueza de las naciones podrán reportar. Los descubrimientos de metales preciosos en su seno o en sus ramificaciones, han participado de su misma inmensa magnitud. Verdaderamente no puede menos de causar asombro la manera cómo se duplicaba en breve tiempo la cantidad de plata en circulación en el viejo mundo, con el descubrimiento de América, a juzgar por el aumento del precio de las cosas, en otro tanto de lo que antes representaban; siendo tanto mas notable esta progresión cuanto mas se piensa en las dificultades de aquella época para la extracción i elaboración de los minerales (1).

En América se observa lo que en ninguna otra parte de la tierra: un solo mineral que se descubre asombra el mundo entero por su inmensa producción. En Méjico, la veta grande de Guanajuato presentaba el espesor de 70 hasta 200 piés, entre leguas de trayecto; mientras que en Zacatecas, en menos de tres siglos, las minas produjeron un número de marcos que hoy representarían mas de 700 millones de pesos fuertes. En el Perú, el cerro de Pasco ha dado cantidades considerables. En el Alto Perú o Bolivia un solo cerro, el de Potosí, ha producido mas de 1600 millones de fuertes, sin contar la plata perdida para el beneficio de los metales. Las riquezas de los minerales de Lipez, que solían llamar la mesa de plata, mas al sur de Potosí, han representado tambien sumas enormes. Recientemente las minas de plata de Chile, en el trascurso de 31 años, han producido 90 millones de fuertes, i 254 millones los diversos productos de minería en el mismo número de años (2). En fin, cuando los cerros se consideran explorados i esa producción en decadencia, nuevos descubrimientos se hacen en Caracoles, hácia la parte

(1) *Œuvres de Montesquieu.*

(2) *P. L. Cuadra. Jeografía física i política de Chile.*

norte del desierto de Atacama, donde el número de vetas i su lei subida hacen cifrar grandes esperanzas a la poblacion minera atraida por la fama de los cerros. El oro no es menos abundante relativamente al precio del metal: el solo descubrimiento de California ha dado anualmente hasta 60 millones de fuertes.

El mineral de Caracoles está probando, como un ejemplo, que hai mucho por investigar, mucho que estudiar todavía: i yo por mi parte estoi persuadido de que poco hai mas digno de prolijos reconocimientos que el territorio boliviano. Verdad es que las dificultades que oponen las montañas i el clima para la exploracion de la vertiente oriental de los Andes, como la falta de buenos caminos, han sido un obstáculo para el desarrollo de la industria; pero hoi que se emprende en grande escala la navegacion de los rios i la construccion de ferrocarriles, ella se abrirá paso i se sentirá estimulada, desde que en una era de paz i de reorganizacion política, el gobierno de esa república hermana se preocupa seriamente de todo lo que puede propender al desarrollo de sus inmensos tesoros, en parte tan poco explotados como desconocidos. La ciencia tiene un sobrado alimento en el pasado i mucho mas en el porvenir de esas rejiones. ¿Qué cerro mas poderoso que el de Potcsí, cuya riqueza aun no está agotada? En qué abundancia no se han producido los metales finos de plata, en las serranías que constituyen los Andes orientales de Bolivia? ¿Cuán larga no seria la descripcion o enumeracion prolija de sus minas de plata trabajadas en otro tiempo i cuánta es todavía la riqueza que en esas mismas montañas se reserva al porvenir? Hoi día las imponderables vetas de Pulacayo en Huanchaca, de Portugaleta i de Aullagas; los cerros arjentíferos i auríferos del sur de Bolivia; las salitreras, las abundantes i ricas minas de estaño, de galenas, i la presencia del bismuto en las mismas serranías, que hacen de Bolivia un país mui excepcional por la variedad i riqueza de sus minerales, están invitando a investigaciones metódicas, tan útiles para la industria como hermosas para la ciencia.

Circunstancias especiales me han permitido hacer algunas observaciones en lo relativo a los minerales de plata de Bolivia, i me habia propuesto dar una reseña de ella, a la Facultad, cuando me llegó su bondoso llamamiento. Nada digno de vosotros

podré ofreceros; tanto menos hoy que no pudiendo disponer del tiempo necesario para organizar mis datos, he debido limitarme a acudir presuroso a reunirme a vosotros, antes de tener que ausentarme nuevamente del país; prometiéndome para mas adelante presentaros mi débil contingente, que solo tendrá valor si él puede servir de base para los trabajos de vosotros, ilustrados i distinguidos profesores.

Debiendo concretarme dentro de los límites que vuestra indulgencia podría dispensarme, me permitiré llamar brevemente vuestra atencion hácia la analogía que puede haber en el suelo boliviano con el nuestro, tan íntimamente ligado en cuanto a la ramificacion de sus cadenas de montañas, en cuanto a la constitucion última de sus serranías i de sus minerales.

En efecto, nada mas digno de estudio que esa vastísima cadena de cerros que comienza en el cabo de Hornos, i corre hácia el norte paralela con la costa de Chile, echando a la rejion de las nieves perpetuas el Aconcagua, el Tupungato, el Descabezado, el Villa-Rica, i tantos otros elevados macizos, cuyos altísimos picos se pierden a veces entre las nubes que se levantan sobre las tenues capas de aire. Los contrafuertes o cadenas transversales que manda al oriente i al occidente de su eje principal, no son sino las espigas de ese vastísimo cuerpo que va de un polo a otro polo, constituyendo por el mismo aspecto de sus cerros i elevados picos, i la naturaleza de la tierra que las compone, la parte mas importante de los Andes occidentales. Se admira la simplicidad, la uniformidad, con que se han formado las diversas partes que constituyen aquella dilatadísima cadena, presentando en centenares de leguas los relieves de una misma formacion jeológica: i, como dice D'Orbigny, los que el juicio de Baumont ha podido descubrir desenredando las complicadas líneas estratigráficas del antiguo continente, manifestando los diversos sistemas de cadenas de montañas, lo habrá demostrado el estudio de la América meridional, por esa misma magnitud con que se han desarrollado los hechos jeológicos que tuvieron lugar durante la formacion de los Andes.

Los Andes son, pues, tanto mas dignos de estudio, cuanto mas grandes son las causas que les han dado oríjen. Para des-

cubrir tanto misterio que encierran, se necesitará de mucha constancia, de muchos obreros i de mucho tiempo. Será preciso estudiar bien todos los hechos locales, compararlos, discutirlos, asimilándolos, tomando en cuenta los mismos fenómenos que en otras partes hubiesen tenido lugar, i solo así podrá llegarse a formar una idea mas o menos completa de los fenómenos que han sobrevenido. Así es como Humboldt ha podido darnos una idea del cosmos, necesitando de todo el progreso que los conocimientos humanos han alcanzado en estos tiempos. Del mismo modo, para obtener una descripción fiel i exacta de la grandeza de los Andes, no bastará considerar las importantes leyes que rijen en su constitucion, descubiertas hasta ahora por ilustres viajeros: además será preciso entrar en todos los detalles de esas leyes jenerales, apoyándose en ellas mismas, examinado parcialmente cada uno de los terrenos conocidos hoy bajo un punto de vista muy jeneral; que cada uno lleve su grano de arena que sirva para preparar el terreno a los Laplace, a los Arago, a los Humboldt, i demás jenios organizadores, que sepan comprender i dar unidad a todos los elementos que a primera vista pudieran parecer heterojéneos. Bajo este punto de vista, será importante el trabajo que tuviera por objeto, formar la historia de los conocimientos que se tienen hasta el presente sobre lo concerniente a la descripción de los Andes; el viaje de Humboldt a las rejiones equinoxiales del nuevo continente, su ensayo político sobre la Nueva España, el viaje de D'Orbigny, los trabajos de Pissis, los de Gay, Domeyko, Philippi, etc., suministran un material muy vasto, donde pueden confrontarse i discutirse los hechos mejor observados, para deducir el estado actual de los conocimientos sobre la gran cordillera, el sentido en que deban iniciarse nuevas exploraciones, i los puntos en que mas precisaria la construccion de trabajos topográficos, para llegar a la descripción completa de los Andes.

Sea por la atencion que en países mineros se tiene que prestar a la constitucion de las montañas, sea por la naturaleza misma de ellas, su estudio ha contribuido mucho desde Werner para el progreso de la jeognosia, i nada tiene de extraño que la América, por la riqueza i la abundancia de sus minerales, dé origen a nuevas leyes, que por lo menos vengan a establecer un

campo mas vasto i a dar mas exactitud a los conocimientos actuales. Por eso, todos los ingenieros que se ocupan en el laboreo de las minas debieran consignar sus observaciones propias, sobre la clase de terreno en que se hallan las vetas, las modificaciones que tanto éste como aquél experimentan, las relaciones o las leyes que se verifican en los diversos cambios que se notan en los panizos o en la naturaleza misma de las vetas; i en una palabra, anotar todas las circunstancias que entran en la esfera de sus conocimientos. El espíritu de asociacion que reina hoi dia en Chile, los injentes capitales que se invierten en las empresas de minas, aconsejan, como alguien ha dicho, que mientras mas sea la confianza que el público dispense a los hombres profesionales, mas es tambien el deber de aquellos que tienen conocimientos locales, de publicar los datos que les son propios para hacer apreciar la riqueza relativa de las vetas metalíferas, en las diversas partes de la América española. La práctica del arte del minero, como dice Humboldt, está intimamente ligada a los progresos de la jeognosia, i se puede probar que muchos millares de pesos han sido localmente disipados en la América equinocial a causa de esta ignorancia profunda de la naturaleza de las formaciones i del yacimiento de las rocas, con la cual se dirijirian los trabajos de investigacion.

Llamado a ocupar un asiento entre vosotros, comprendo demasiado que tal honor puedo tan solo deberlo a vuestra induljencia; que sin duda quiere estimular a los que saben profesar el culto de la ciencia, sin que les haya sido permitido entrar en su sacerdocio. Mas de un título obliga mi gratitud: mis escasos méritos i el honor de ocupar la silla que el señor don Santiago Tagle dejó vacante.

Nacido el señor Tagle en una época en que honrar el estudio era un mérito, se hizo doblemente notable por su consagracion a las ciencias que cultivaba la distinguida Facultad a que tengo el honor de dirijirme. Al señor Tagle se deben trabajos serios sobre irrigacion, a los que dedicó gran parte de su tiempo, i el ejercicio de su profesion le ocupó constantemente. Cuando me llamais a reemplazarlo, debo daros las gracias por el honor que me habeis hecho; i tomando en cuenta

vuestra benevolencia, trataré de corresponder a esta distincion con toda mi voluntad.

II.

ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE EL TERRENO EN QUE SE HALLAN LAS MINAS DE PLATA DE BOLIVIA, COMPARADO CON LOS MISMOS TERRENOS DE CHILE (1).

Para abrazar bajo un punto de vista jeneral, los fenómenos jeolójicos que se han producido en la formacion de los Andes sud americanos, es preciso considerar seis épocas principales de trastornos, o de sollevamientos, durante las cuales ha tenido lugar la salida de alguna roca endojénica de un carácter especial, que ha conmovido i levantando los terrenos sedimentarios que se depositaban en el fondo de los mares.

Los primeros terrenos sedimentarios anteriores a la arenisca roja, ocupan la parte occidental de Chile, en la cordillera denominada de la costa; i en Bolivia toman principalmente la mayor parte de los Andes orientales, donde varia hasta 3,000 metros el espesor que presenta el conjunto de todo ese terreno. Durante esta época, a causa del enfriamiento gradual del globo,

(1) Nos hallamos en presencia de los Andes de Chile, de esa cadena de montañas que empieza a empinarse desde el cabo de Hornos o desde el estrecho de Magallanes i que, sin desviarse 4° sobre un mismo meridiano, recorre de sur a norte el territorio de este país en mas de 700 leguas. Para estudiar las partes mas importantes de esta cordillera en relacion con los demás accidentes que caracterizan el suelo de Chile, distinguiremos desde luego tres zonas principales: la 1.ª i la mas importante de observar, se estiende desde el grado 21, limite de Chile con Bolivia, hasta el grado 32, donde comienza el valle longitudinal de las provincias centrales; la 2.ª es caracterizada por este valle, que se estiende hasta el golfo de Reloncavi, en cuyo seno se encuentra Puerto-Mount (Melipulli) a los 41½ de latitud; i en fin, la 3.ª desde que desaparece este valle i comienzan en su prolongacion las islas que lo reemplazan, inmediatas a las demás que componen el vasto archipiélago de Chiloé. En esta ultima zona, i desde la latitud mencionada, las olas del Pacifico bañan en largos trechos los flancos mismos de las montañas i de los contrafuertes de los Andes que avanzan hasta el mar, disminuyendo su elevacion hácia el sur; mientras que mas al norte, en la rejion del centro, un estenso valle se interpone entre esta cadena i la de la costa; la zona del norte que constituye la parte mas montañosa o accidentada del país, por los ramales que se desprenden desde los Andes hasta el sistema de la costa, forma la parte verdaderamente mineral, por el cobre i la plata que de ella se extrae.

Así es que los relieves que caracterizan el suelo de Chile, son dos cordilleras: la de los Andes i la de la costa que corren casi paralelas; un estenso valle longitudinal que se interpone entre dichas cadenas; i un vasto archipiélago compuesto de multitud de islas, de las cuales unas se hallan situadas en la direccion de ese valle, otras en la prolongacion de la cadena de la costa hasta el estrecho de Magallanes o el cabo de Hornos.

Entre los 3.º i 31 de latitud, los Andes de Chile proyectan hácia el este un contrafuerte, de cuyas vertientes sale el Desaguadero de Mendoza; i mas al norte, hácia los 25, manda tambien en la misma direccion otra rama, formando las sierras de Salta, i de Jujuy hasta el río Vermejo.

debieron producirse vacíos en el interior, i hallándose en esas parte la corteza terrestre sin una base consistente que la sostuviese, se derrumbó dejando grandes fallas, pordonde salieron los granitos, que en el período *siluriano*, trastornaron el sistema esquitoso.

En el largo período de reposo relativo que sigue, se forman las capas de la arenisca roja, que llegan en el centro de Chile, a mas de una milla de espesor, las que a su vez son solevantadas i trasformadas en muchos puntos en pórfidos metamórficos. Estos terrenos, unidos a los anteriores, dibujaban bastante bien la forma actual de los Andes de Sur América, tanto por la estension en que se muestra la arenisca roja, así como por la direccion de las *fallas* pordonde han salido sienitas, que aproximadamente representan la direccion principal de los Andes de Chile. El mar penetraba entre esas cadenas dispersas, i dió lugar en su seno a los depósitos de nuevos terrenos, que nos manifiestan otra época de reposo, como la anterior, del período *devoniano*.

Este sistema compuesto de una serie de capas de areniscas, de margas i de calcáreas compactas, que en el corte de los Amolanas no tiene menos de 2,400 metros de espesor, contiene a veces una infinidad de conchas sobre la cima misma de los Andes de Chile (en la cadena de los Piuquenes), a mas de 4,000 de altitud: i como, segun Darwin, no puede suponerse que esos animales hubieran podido vivir a mas de 50 a 70 metros de profundidad, se deduce que el terreno debe haber estado sujeto en aquella época a un hundimiento gradual semejante al movimiento que se observa en nuestros dias en las costas del Pacifico, hasta que un nuevo solevantamiento se opera, segun Pissis, en la direccion del este al oeste, con la salida de las rocas de labradorita e hiperstena, formando en el norte de Chile una porcion de cadenas trasversales a las de los Andes, presentando sus puntos mas culminantes en la interseccion con las *fallas*, de las rocas anteriormente solevantadas, i constituyendo al mismo tiempo, como dice Pissis, los principales asientos minerales de este país, tales como los de Chañarcillo, Tres-Puntas i el Romero.

De este modo es como se complican las líneas estratigráficas, especialmente en el norte de Chile, que es donde aquella for-

macion (del *lias*) se manifiesta en mas abundancia. Un trascurso mui largo de tiempo debió mediar hasta el fin del período *cretáceo*, en que comenzó a formarse en la costa de Chile el terreno carbonífero del Algarrobo, de Coronel, Lota, Lebu, etc. Estas últimas formaciones experimentan algunos trastornos, sin que ellos correspondan con la aparicion de alguna roca endojénica, i continúan desarrollándose en el período terciario; al mismo tiempo que en la costa de las provincias de Santiago i de Colchagua, se depositan los terrenos de Búcalemu i del Algarrobo, que llegan hasta 400 metros de potencia, experimentando una transicion de las formaciones marinas a las ecestrés. Solevantamientos correspondientes a las épocas *eocono* i *mioceno*, los ponen fuera de las aguas, i agregan en el Algarrobo, en Rapel, en Concepcion, en Coronel, Lota, Lebu, Pargas i Magallanes, nuevos apéndices a la cordillera de la costa (1).

Estos trastornos se operan en mucho menor escala que los anteriores, a juzgar por la estension que presentan los terrenos emerjidos. Una época de reposo prepara un nuevo solevantamiento, el mas poderoso de los que hayan conmovido el suelo de Chile o de los Andes occidentales. Hasta entonces el valle longitudinal de este país, se halla sumerjido en el fondo de las aguas, así como la vasta meseta o altiplanicie de Bolivia, endonde se depositan los terrenos terciarios que van a ser trastornados por la aparicion de nuevas rocas endojénicas. En esta época el suelo, fracturado de norte a sur, da paso a las rocas tra-

(1) *Anales de la Universidad de Chile* (año 1869). E. C. T.

Al penetrar los Andes en el desierto de Atacama, se forma una serie de suaves lomajes, que poco a poco van elevándose hácia el este, i formando cerros rias escarpados hasta trasformarse en la cresta de una cordillera que toma hácia el oriente mas al norte de Atacama, en direccion a Potosí. Al propio tiempo comienza a elevarse, al poniente desde el desierto mismo, un otro sistema de cerros, que no es sino la continuacion de los Andes de Chile, siguiendo paralela a la costa de Bolivia i del Perú. Estos dos sistemas son los que constituyen los Andes orientales i occidentales de Bolivia; que mas al norte de la Paz, se reunen en el nudo de Apolobamba, comprendiendo entre ellas un estenso valle o altiplanicie que hácia el sur se une insensiblemente con el desierto de Atacama. Ambas cordilleras son elevadísimas, siendo dominada la occidental por una serie de volcanes cuyas cúpulas se mantienen entre las nieves eternas, de los cuales sobresalen el Sajama con una altitud de 6541 metros, el Tacora i los Pomarapi.

La cordillera oriental, denominada tambien cordillera Real, se compone de una serie de cadenas paralelas, que se juntan a veces formando nudos marcados por elevados macizos, tales como los de Chorolque, Porco, Potosí, Chayanta, etc. Es en esta cordillera donde se encuentran los nevados del Illampu i el Illimani, tambien los principales asientos metalíferos de Bolivia, principalmente hácia la parte occidental; así como del lado oriental de esta misma cordillera se encuentran las selvas impenetrables i los valles por donde corren los afluentes del Amazonas.

quíticas acompañadas de un poderoso desprendimiento de vapores ácidos sulfurosos, segun Pissis, los cuales han modificado la composicion de las estratas sedimentarias que atravesaban; i condensándose en las hendiduras mas estrechas, formaron los minerales de plata, así como al tiempo de la aparición de las sienitas se formaron las piritas, i con la salida de las labradorita e hiperstena, se formaron las demás vetas de cobre. Este solevantamiento tan estenso, no solamente se hace sentir en los Andes, sino también en la parte central de Chile, dedonde son espulsadas las aguas del gran valle lonjitudinal, destruyendo i arrastrando consigo los grandes animales que vivian en esa época, tales como los restos del Mastodonte encontrados en la laguna de Tagua-Tagua. Estos mismos movimientos del terreno debieron hacerse sentir en los llanos de la Patagonia, i en Bolivia, donde tambien han sido hallados los esqueletos de esos grandes animales. Las *fallas* por donde han salido estas rocas corren paralelas a la línea culminante de los Andes; i ya sea por las elevadas crestas que presenta o por las modificaciones que han introducido los vapores sulfurosos en el terreno vecino, puede reconocerse la presencia de las traquitas en todos los Andes occidentales, formando escarpados i elevados macizos.

A la salida de las traquitas, al solevantamiento de una gran parte del valle lonjitudinal de Chile, i en otros de mayor estension todavía del lado oriental de los Andes, sucede una época de reposo relativo durante la cual se depositan, en un espesor de 100 metros, los terrenos sedimentarios que componen en Chile el valle de las provincias de Valdivia i de Llanquihue, hasta que otro solevantamiento tiene lugar por la salida de nuevas rocas endojénicas, de conglomerados traquíticos o de conglomerados porosos. La presencia de estas rocas se advierte en la llanura de Santiago, precisamente donde han salido tambien las rocas traquíticas que la han solevantado (1); en los volcanes, cuya posicion se debe a la interseccion de várias líneas estratigráficas, i en el sur de Chile en el terreno de acarreo de Puerto-Montt. Sobre la meseta boliviana especialmente es donde viene a reconocerse en grande escala esta formacion, mos-

(1) Hacienda de Puangué.

trándose a la superficie en el centro i en toda la parte occidental de esta estensa llanura. Las rocas que los componen son unos conglomerados cuya base principal es de felpato mui poroso, liviano, a veces escoreáceo, con un tinte blanco o rosado, en medio del cual se hallan diseminados granos de cuarzo cristalino i hojillas exágonas de mica. A veces con trabajo llegan a descubrirse por la presencia de la anfíbola fragmentos i trozos de traquitas envueltos por la masa de los conglomerados. Esta circunstancia i el nivel que ocupa bajo el terreno de acarreo de la altiplanicie, que en el norte descansa sobre los conglomerados porosos, nos permiten asignarles el lugar que ocupan en la serie jeológica de los terrenos. Es tan singular la forma bajo que se presentan estas rocas, que ella puede inducir a encontrar alguna analogía con las rocas endojénicas que se hallan en la vecindad de los minerales de plata, cuya formacion es mui difícil determinar, como dice Humboldt. Dicha forma nos representa a veces las ruinas de antiguos monumentos, con sus elevadas i destrozadas columnas i murallas; otras veces se presentan enormes peñascos, que desprendiéndose aisladamente del resto del terreno, parecen partes de grandes pórticos, de cuyas aspezas salen peñas figurando garfios. Si además del aspecto esterior que presentan esas rocas, se atiende a los elementos que entran en su composicion, comparados con los que constituyen los pórfidos arjentíferos de Bolivia, i a la proximidad misma de las minas de plata con respecto a la altiplanicie, solevantada como se ha dicho por las rocas de los conglomerados i las traquitas; en fin, si se atiende a esa forma algo semejante de enormes peñascos en que se convierte a veces la forma basáltica de los pórfidos arjentíferos, se hallará que mas de un punto de analogía existe entre estos pórfilos, las traquitas i los conglomerados que han salido después del solevantamiento ocasionado por estas rocas. Es durante la época intermediaria a estos dos solevantamientos, en que se ha formado el terreno de acarreo de Puerto-Montt, del Maullín, de Osorno i de Valdivia, en la parte sur del estenso valle lonjitudinal de Chile; i así como, hácia el norte, el solevantamiento de esa espaciosa llanura ha tenido lugar sin duda por la salida de las traquitas, así tambien el solevantamiento de aquel terreno tuvo lugar por la aparicion en una o mas épocas, de los conglomerados traquíticos, representando el

último trastorno sobrevenido durante el período terciario, tanto en Chile como en Bolivia.

La parte sur del valle longitudinal de Chile tiene, pues, una relación íntima con la altiplanicie o meseta boliviana. En aquel país, el mar penetraba entre las dos cordilleras, la de los Andes i la de la costa, donde se han depositado las capas de terrenos de acarreo de la subformación mas moderna del período terciario, que son solevantadas por la fuerza ígnea que ocasionó la salida de los conglomerados traquíticos o porosos. También en Bolivia la estensa i elevada llanura debia hallarse convertida en un estenso lago de 3,700 leguas de superficie, en medio del cual se levantaban algunos cerros elevados, hasta que el solevantamiento ocasionado por los conglomerados traquíticos arrojó las aguas de la mayor estension que antes ocupaba, las cuales han corrido sin duda por las abras que quedaron hácia la parte norte del desierto de Atacama, dejando en el lago de Titicaca, en el de Pampa-Aullagas i en los inmensos depósitos de sal común, una pequeña muestra de la estension que antes ocupaba. Las desigualdades que estos trastornos han ocasionado en el terreno en que se operaron, han sido emparejadas mas tarde por los aluviones, antes i después que el hombre ha habitado esta parte de la tierra, dándoles la uniformidad que hoy día presentan los estensos valles de Bolivia i de Chile, etc. También es en la época cuaternaria en la que ha tenido lugar la formación de los volcanes situados, próximos unos a la línea culminante de los Andes, en el punto de cruzamiento de varias líneas estratigráficas, otros hácia la misma base de dicha cordillera vecina al mar, i en la relación con el terreno de acarreo de que hemos hablado anteriormente.

Tales son los hechos mas culminantes que han tenido lugar en la formación del suelo americano. Se ha visto que los trastornos mas notables que ha sufrido el terreno en las distintas faces porque ha pasado esta parte de la tierra, corresponden con la salida a la superficie de alguna roca endojénica de un carácter especial (1). Así, los terrenos silurianos de la costa de Chile han sido solevantados con los granitos; las capas de la arenisca

(1) La opinión de M. Pissis, varias veces citada en esta memoria, se refiere a su publicación: *Investigaciones sobre los sistemas de solevantamiento de las montañas*, publicado en los *Anales de minas de Paris*.

roja o de los pórfidos que la representan han sido trastornadas durante el período *devoniano*, por las salidas de las *sienitas*; las capas de *arenisca de margas* i de *calcáreas compactas* han sido trastornadas por las rocas de *labradorita* e *hiperstena*, que se han mostrado a la superficie en el período de *lias*; la parte norte del valle longitudinal de Chile, con toda probabilidad ha sido conmovida con la salida de las *traquitas*, así como la parte sur ha sido solevantada por los conglomerados *traquíticos*, que al mismo tiempo han solevantado también la meseta boliviana a una altura de cerca de 4,000 metros sobre el nivel del mar; en fin, la formación de los volcanes a la salida de las lavas debe corresponder con el solevantamiento de los terrenos mas modernos de la costa de Chile, que forman una larga i angosta faja, con muchas interrupciones desde *Cobija* hasta *Magallanes*.

Al propio tiempo que el solevantamiento de los terrenos sedimentarios corresponde con la aparición de alguna roca endojénica, estas mismas rocas han dado origen a la formación de vetas metalíferas de una naturaleza especial. Así, los filones auríferos se hallan siempre en las vetas de cuarzo, que atraviesan los terrenos cambrianos i silurianos; las vetas de *piritas* corresponden, segun *Pissis*, con la salida de las *sienitas*; las vetas de cobre, con la salida de las rocas de *labradorita* e *hiperstena*; i las vetas arjentíferas, con las salidas de las *traquitas*, por el desprendimiento de vapores ácidos sulfurosos, también segun el mismo autor; a lo que se agrega la influencia de las diversas capas de terrenos sedimentarios atravesados por aquellas rocas.

Ahora, concretándonos solo a las vetas de los minerales arjentíferos, puesto que después daremos una noticia sobre dichos minerales en *Bolivia*, tratando no ya en lo concerniente a este país i a *Chile*, sino hablando de un modo jeneral, se hallará que tanto las rocas primitivas, *pizarras*, *calcáreas jurásicas*, *areniscas de transicion*, diferentes *pórfidos*, i en una palabra, rocas pertenecientes a casi todos los períodos *jeolójicos* mas antiguos de la época *cuaternaria*, son los que componen los cerros en que se hallan los minerales arjentíferos: las minas de *Méjico*, de *Sajonia*, del *Perú*, *Bolivia*, *Chile*, etc.; así lo demuestran. No obstante, si se abraza bajo un golpe de vista los fenómenos *jeolójicos* que han tenido lugar en una comarca determinada i se estudia bien las transformaciones que dichos fenómenos han pro-

ducido en tal o cual paraje, se viene a advertir que una misma causa puede haber producido distintos efectos, segun la naturaleza de las montañas en que ha tenido lugar. Se puede aun asimilar puntos cercanos donde aparecen los minerales arjentíferos, i formar hasta cierto punto una regla jeneral para una estension mas vasta, como puede ser la constitucion de todas esas especies minerales tan variadas que forman la mineralojía de la plata en Chile. Así, por ejemplo, debe notarse que la situacion de las vetas arjentíferas de este país se halla en las serranías que constituyen la cadena de los Andes: uno de los fenómenos mas notables i que mas ha contribuido a la formacion de esa cordillera en Chile, ha consistido en la salida de las traquitas por la vasta estension en que se han manifestado, las alturas tan elevadas de los macizos que han formado, i las inmensas fallas i la enorme cantidad de vapores sulfurosos que se advierte deben haberse producido en la época de la aparicion de las traquitas. Esta aparicion de las traquitas en Chile, no solamente ha hecho la parte mas importante de los Andes occidentales i ha producido conmociones mas profundas, formando los rasgos mas notables de la orografía de este país, sino tambien ha dado lugar, segun Pissis, a las fuentes termales, colocadas en las fallas producidas por aquellas rocas; i en algunas rejiones o minerales, ha dado ocasion a la formacion de las vetas arjentíferas, por la produccion de gases que se desarrollaban i el terreno que estos atravesaban. Muchas veces se ven muestras de minerales finos de plata engastados en rocas traquíticas; i la abundancia de los cloruros, yoduros i sulfuros de plata, en las minas de Chile i de Caracoles, corresponden con los pórfidos producidos por las traquitas o con el desprendimiento de gases que ha tenido lugar junto con estas rocas, lo que a su vez se comprueba por las trasformaciones que han producido en la vecindad del terreno sedimentario que se manifiesta en sus alrededores. La naturaleza del terreno en que han penetrado todos esos vapores metalíferos ha influido poderosamente sobre la naturaleza de las vetas arjentíferas, haciéndose mui notable sobre todo la influencia de las calizas del *lias*, que en tanta abundancia se muestran hácia el norte de Chile, desde el grado 34 de latitud: de aquí nacen los distintos panizos pintadores i bronceadores tan conocidos de los mineros.

Pero, saliendo de Chile mas al norte i mas allá del mineral de Caracoles, así que los Andes que vienen de aquel país se ramifican por los grados 21 i 22 de latitud, en las dos grandes ramas, denominadas Andes *occidentales* i *orientales* de Bolivia, dejando en el centro una vasta llanura o altiplanicie, perece que las vetas arjentíferas toman un aspecto especial, segun puede observarse en las imponderables minas de Pulacayo, Potosí, Oruro i Aullagas. Todas estas minas de importancia en Bolivia, se hallan en los Andes *orientales*, donde las vetas toman mucha consistencia, siendo allí mas regulares o constantes las leyes a que están sujetos los minerales arjentíferos, de lo que se observa en Chañarcillo, en el norte de Chile, a juzgar por el tiempo que se ha empleado en la esplotacion de las minas i el estado en que han quedado en uno i otro caso. Además los minerales de plata de Bolivia, en muchas partes se han encontrado asociados con los de estaño, en un mismo filon; o en filones de estaño se hallan ricos bolsones de plata (1). Las vetas de galenas arjentíferas son mui abundantes, con buena lei en plata, convirtiéndose a veces en plata blanca, o en metales que contienen lei mui subida de esta especie mineral. Aun cuando en la parte de la cordillera comprendida entre aquellos minerales, se encuentran rocas de una estructura porosa de aspecto volcánico, éstas no presentan los elementos que entran en la composicion de las traquitas de Chile, por la abundancia del *cuarzo* i *mica*. En cambio, así como se considera que la salida de las traquitas ha correspondido con el sollevamiento de una parte del valle longitudinal de Chile, así tambien puede admitirse que la salida de los conglomerados porosos, que se manifiestan en la altiplanicie de Bolivia, sollevó esta estensa llanura, o a lo menos, una parte de ella. Nada tiene de estraño entonces, que esos conglomerados porosos o las traquitas hubiesen penetrado en los cerros que componen la cordillera oriental que deslinda con la altiplanicie, i que contiene las mas importantes minas de plata. Puede, pues, buscarse o estudiarse en esa causa la formacion de las vetas arjentíferas de Bolivia, que en otro tiempo han asombrado al mundo por sus riquezas. Los mas ricos minera-

(1) En Colquirino.

les de Bolivia que hayamos examinado, Potosí, Oruro, Pulacayo, Aullagas, Ubina, etc., todos ellos se componen de vetas poderosas en el terreno porfirico, i puede asentarse como una regla jeneral que todas las minas de plata en Bolivia mas al norte de los paralelos indicados, se hallan en ese mismo terreno que podríamos llamar pórfidos arjentíferos. Tambien estos pórfidos son criaderos de los minerales de estaño, i muchas veces se nota, como en Potosí, que una veta de *estaño* a la superficie, ha pasado después a ricos i abundantes minerales de plata, segun acaba de decirse (1). Otro tanto sucede en Oruro, donde los residuos del beneficio de los minerales de plata se compran por estaño; i no cabe la menor duda de que la formacion de ambos metales se halla íntimamente ligada, pues hai hechos palpables que pueden observarse. El mineral de Oruro, en otro tiempo de una riqueza admirable, como lo es hoy dia el de Pulacayo en Huanchaca, se halla, puede decirse, sobre la parte oriental de la altiplanicie, i el primero sobre la misma altiplanicie, formando el cerro como una isla en medio de ella; habiendo sido solerantada esta llanura por los conglomerados porosos i por las traquitas, es probable que la accion de estas rocas haya tenido alguna influencia sobre la formacion de las vetas arjentíferas, desde que hai muchos puntos de analogía sobre la cuestion de los pórfidos arjentíferos i la de los conglomerados, por entrar los mismos elementos mineralójicos, i en la misma forma, en la composicion de las rocas en uno i otro caso, pudiendo decirse que en las mas veces solamente varia el aspecto que presentan por la mayor o menor consistencia o presion a que esas rocas han estado sujetas. Además, en Potosí el cerro primitivo, compuesto de pizarras de la formacion cambriana o siluriana, ha sido atravesado por rocas endojénicas que han dado oríjen a las vetas arjentíferas de este poderoso cerro, formando el pórfido arjentífero de Bolivia; pero en toda la superficie del cerro se advierte a la simple vista la estructura porosa, que al momento trae el recuerdo de las traquitas o de los conglomerados traquíticos. Estas observaciones jenerales por lo menos inducen a admitir cierta analogía entre estas rocas i los pórfidos en que se

(1) De este cerro una de las tres vetas principales, es la denominada del Estaño.

hallan las mas ricas minas de plata de Bolivia, talvez algo modificadas en su aspecto segun la naturaleza i la situacion del terreno que atravesaron. Bien se comprende que esta analogía, una vez admitida i comprobada, puede dar importantes resultados para la esploracion de las vetas arjentíferas. Estos son hechos que solo la esperiencia i las observaciones mas prolijas pueden decidir. Para contribuir a este objeto, nos proponemos decir algo en otra ocasion, sobre la formacion jeológica de los minerales arjentíferos mas importantes de Bolivia, i ofreceros los datos que estén a nuestro alcance para dar una idea del estado actual de lo concerniente a la mineralojía o a la metalurjia de los metales de plata, valiéndonos de los ejemplos mas notables que hayamos podido observar.

Siendo, pues, nuestro ánimo manifestar algunos datos relativos a las minas de plata de Bolivia, hemos querido establecer en lo que precede, que todas esas minas, situadas en los Andes orientales, se hallan en los pórfidos que podríamos llamar pórfidos arjentíferos; i pudiendo existir alguna relacion entre estas rocas, las traquitas i los conglomerados traquíticos o porosos, hemos tratado de precisar el período jeológico a que se refieren dichos conglomerados, estableciendo la relacion que guardan en Bolivia con la formacion correspondiente en el terreno de Puerto-Montt, que ya hemos descrito en otra publicacion (1).

(1) *Anales de la Universidad de Chile*, junio de 1869.