

ENSAYO SOBRE LA JEOLÓJIA.

(POR DON ENRIQUE CONCHA I TORO.)

(Artículo publicado en el diario *La República*.)

En uno de los números siguientes, vamos a dar parte de unos apuntes sobre la jeología de Chile, que se publicarán en los *Anales de la Universidad*, escojiendo los trozos que, segun nuestro parecer, sean mas aparentes para los lectores de este diario; sea que se miren meramente como una curiosidad científica, o bien por la aplicacion que esos datos tienen en la industria. Pero ántes de ocuparnos de esos apuntes, creemos oportuno comenzar por un artículo que abraza bajo un punto de vista jeneral las numerosas e importantes cuestiones que están bajo el dominio de la jeología, i los progresos que han impreso a esta ciencia los hombres eminentes que la han cultivado. Procurando ser tan lacónicos cuanto sea posible, daremos preferencia en esta parte a un escrito de M. Rozet que traduzco de la enciclopedia publicada por Didot.

La *Jeología* es una vasta ciencia que busca el oríjen i la composicion de las rocas que constituyen la corteza terrestre, i de los fenómenos que han precedido a su formacion i a su disposicion: ella estudia tambien los despojos fósiles de la fauna i flora de los diversos períodos. Así la jeología abraza la *jeognosía*, que toma de la química los principios que le sirven de bases, i tiene por objeto el estudio de la composicion, la estructura, la forma, la disposicion i estension de los diversos sistemas de rocas cuyo conjunto constituye la parte sólida del globo; la *jeognosía*, considerando los efectos de las fuerzas físicas que obran sobre la materia, se remonta a la causa de los fenómenos que han cambiado la superficie de la tierra, desde las épocas mas remotas hasta nuestros días; en fin, la *paleontología*, que tiene por objeto el conocimiento de los cuerpos organizados fósiles, i que los compara con los seres que viven actualmente. “Vulgarmente se mira la jeología como una ciencia nueva, aunque ella remonta a la mas alta antigüedad: los sistemas relijiosos mas antiguos encierran principios que anuncian conocimientos jeológicos bastante estensos. Los ejiipcios admitian en su cosmografía, hace mas de tres mil años, la fluidez primitiva de nuestro planeta, su estado prolongado bajo las aguas i trastornos sucesivos en su superficie, segun ellos, por la mutacion del eje de los polos, que suponian haber sido primitivamente paralelos al de la eclíptica.

“Los Egiptios transmitieron a la Grecia las primeras nociones cosmográficas. Heródoto, Tales de Mileto etc., habiendo sido admitidos en el santuario de los templos de Osiris, fueron iniciados en una parte de los misterios, entre los cuales se encontraban los conocimientos de entonces, i las teorías sobre la formación del globo terrestre. Volviendo a Europa, ellos enseñaron la cosmografía en las escuelas de la Grecia, adornando esta ciencia con todo el brillo de su imaginación. De las escuelas de la Grecia, la cosmografía se esparció entre los principales pueblos de la Europa, e inútiles discusiones se suscitaron bien pronto entre los filósofos que las estudiaban o las profesaban.

En lugar de observar la naturaleza para juzgar la exactitud de las teorías egipcias sobre la formación de la tierra, los griegos las habian comentado i alterado al grado de su imaginación. Aquellos a quienes las transmitieron siguieron su ejemplo, i en todas partes se discutió sobre la naturaleza i la formación del globo, sin tener una noción exacta de la constitución física i de los numerosos fenómenos que tienen lugar en la superficie; las teorías se suceden rápidamente, i lo ridículo llega a ser bien pronto la trasmisión de los jeólogos.

En fin, aparecieron Bacon i Newton, que imprimieron una marcha enteramente nueva a la filosofía natural, i los jeólogos comenzaron a comprender que era necesario observar la naturaleza, en lugar de entregarse a vacías discusiones. Sin embargo, no fué sino al fin del último siglo cuando los bellos trabajos de Buffon, de Werner i de Saussure, hicieron salir la jeología de la confusión en que habia caído, i le imprimieron un carácter de verdad que no habia tenido hasta entonces: con ellos las observaciones fueron sustituidas a las hipótesis, i se comenzó a ocupar del estudio de los materiales que entran en la composición de la corteza sólida de nuestro planeta.

El ilustre Buffon, cuyo estilo elegante ha esparcido tanto el gusto por las ciencias naturales, no estudió mas que una parte de la Borgoña; pero hizo una multitud de esperiencias en el laboratorio para apoyar su teoría del globo, concepcion de un vasto jenio, pero que, como todas las otras, se hallaba fundada sobre un pequeño número de hechos.

De Saussure consagró una gran parte de su existencia i de su fortuna al estudio de la constitución física de los Alpes. Escortado de guías i de obreros, recorría esas montañas a pié, con martillo en mano, trepando las rocas mas escarpadas, las cimas mas elevadas, sin

ser detenido por las nieves i hielos eternos. Todos los años era interrumpido en esa tarea por el rigor del invierno, i volvía tan pronto como calmaba la tempestad. Para reposar de sus grandes fatigas, iba consignando todas sus observaciones en una grande obra que ha llegado a ser inmortal, la primera en que los hechos jeolójicos fueron espuestos con una verdad i una elegancia hasta entónces desconocidas. Los apuntes de viaje insertos al fin del volúmen octavo encierran de tal modo los verdaderos principios de la jeolojía, que el célebre profesor H. de Beaumont lo ha tomado por guia en la grande obra que él publica todavía.

Miéntas De Saussure recorría los Alpes, Werner, profesor de mineralojía en la escuela de minas de Freiberg en Sajonia, sabiendo la importancia que presentaba el conocimiento de las leyes segun las cuales las especies minerales se encuentran distribuidas en el seno de la tierra, estudiaba minuciosamente el pais que habitaba, i se veía conducido así al descubrimiento de una multitud de hechos nuevos; reconoció en las rocas pruebas de depósitos sucesivos; estableció relaciones íntimas entre las rocas i las circunstancias de su disposicion i estructura; en fin, restringió la jeolojía a la observacion de los hechos, i estableció un cuerpo de doctrina que llamó jeognesia. Sus numerosos discípulos se esparcieron bien pronto en diversas partes del mundo, i proclamaron que las leyes reconocidas en una pequeña parte de la Alemania, bien entendidas, podian estenderse a todas las comarcas de la tierra. Freisleben, Mohr, Baumer, Bracchi, d'Aubuisson, Charpentier de Bonnard etc., exploraron las diferentes partes de la Europa; de Humboldt recorrió el nuevo mundo i llegó a asombrar al universo por sus numerosos trabajos, no solamente sobre las ciencias naturales, sino tambien sobre casi todas las partes de los conocimientos humanos; Debuch, recorrió la Escandinavia, la Italia, las islas del Africa etc.; i d'Aubuisson ha podido decir con justo título de Werner, como se decia de Linneo: "La tierra ha sido cubierta por sus discípulos, i de un polo al otro, la naturaleza ha sido interrogada en nombre de un solo hombre."

Pero es a la Francia a la que debe la jeolojía el grado de perfeccion a que ha llegado: la escuela de Werner no habia comprendido toda la importancia de los restos orgánicos encerrados en las capas de la tierra. Solo fué a principios del siglo XIX, cuando dos franceses, Cuvier i Brongniart, cuyos nombres han llegado a ser tan célebres como los de Werner i de Saussure, mostraron la importancia del estu-

dio de los fósiles, i dieron así un nuevo vuelo a la jeología. Ellos han probado que los restos orgánicos encontrados en las capas pedregosas son los testigos de su formación, i aun los indicios muchas veces de los trastornos que han experimentado. La Inglaterra había quedado atrasada en los estudios jeológicos: Hutton acababa de morir dejando una ingeniosa teoría de la formación del globo; apoyados en un pequeño número de hechos, él i su alumno Playfair sostenían esta teoría con tanta energía como talento. Hall, de su lado, mediante bellas experiencias sobre los efectos del calor aplicados a los cuerpos sometidos a fuertes presiones, daba un alto grado de probabilidad a las principales leyes del sistema de Hutton: pero de repente un alumno de Werner llega a Edimburgo, i organiza bajo los ojos de Playfair i de Hall, la célebre sociedad Wereniana. El choque fué violento, pero la luz saltó; se abandonaron las teorías por las observaciones exactas, i bien pronto fueron creadas sociedades jeológicas en la capital i en las principales ciudades de la Inglaterra. Las numerosas publicaciones de esas sociedades popularizaron luego la jeología en las islas Británicas, i muy pronto los ingleses se encontraron tan avanzados como los franceses en la jeognosía. Los Buchland, los Mac-Culloch, los Congbeure, vinieron a colocarse al lado de Saussure, de Werner, de Cuvier, de Brongniart, i las transacciones de la sociedad jeológica de Londres tomaron el primer rango entre las publicaciones jeológicas.

La impulsión había sido dada. Una multitud de observadores recorrian el globo para recojer hechos; las principales ciudades del mundo formaban colecciones, i abrían colejos. La jeología no ha mucho despreciada, había tomado rango entre los conocimientos exactos, i había llegado a formar parte integrante de la instrucción del hombre. D'Omalius d'Halloy construyó una pequeña carta jeológica de la Francia; Smith hizo la de la Gran Bretaña en mayor escala i con mas detalles. La escuela real de minas (en Francia) tenia un curso de jeología hecho por Brodeaut de Villers, que fué profesor por largo tiempo de la Tarentaise, donde las rocas gigantescas de los Alpes le habían revelado grandes secretos.

Los progresos de la ciencia, las necesidades de la industria minera reclamaban una carta jeológica de la Francia en una grande escala. Brochaut dirigió el plan del trabajo que hizo ejecutar en su mayor parte, cuando él vivía, por MM. Dufrenoy i E. de Beaumont. Una multitud de descubrimientos habían señalado ya el curso de esos hábiles ingenieros en las diversas partes de la Francia, cuando M. de Beau-

mont anunció que una larga serie de observaciones lo habían conducido a reconocer las leyes que han precedido a la formación de las cadenas de montañas i las épocas relativas del solevantamiento de cada una de ellas.

Este inmenso descubrimiento, acogido con la confianza que inspiraba el mérito de su autor, fué confirmado por casi la totalidad de los observadores, i la ciencia dió un gran paso. . . . Ahora todos los jeólogos se ocupan en sus viajes de la determinación de la dirección de las grandes fallas de la corteza terrestre, la de las crestas de las cadenas de montañas, para llegar a colocarlas cada una en la época de su formación; pues ha sido establecido por M. de Beaumont i reconocido en seguida en casi toda la superficie de la tierra, que las direcciones paralelas pertenecen a la misma formación.

Después de Saussure i de Werner, los jeólogos habían abandonado las hipótesis para no ocuparse más que de la observación de los hechos; pero el espíritu humano es de tal modo organizado que tiende continuamente a traspasar los límites que le están asignados. Algunos hechos agrupados habían conducido a ciertos resultados en los cuales los hombres concienzudos se habían detenido; pero bien pronto aparece una multitud de especuladores, que habiendo visto poco la naturaleza, pero estudiado mucho en su gabinete, i exajerando esos resultados hacían retroceder la jeología al tiempo de los griegos. Felizmente, nosotros pertenecemos a una jeneración positiva, que, si se deja de pronto alucinar por falsedades brillantemente presentadas, no tarda en reconocer su error i hacer justicia a aquellos que han querido engañarla: si algunos intrigantes, dotados de un brillante espíritu, se sirven aun de la jeología para llegar a sus propósitos, la verdadera ciencia les hace justicia i continúa su marcha sin cuidarse del ruido que ellos hacen.

Hoy día hemos llegado a clasificar positivamente las diferentes divisiones por lechos de las rocas sedimentáreas (assises); los terrenos que constituyen la parte accesible a nuestras investigaciones sobre la corteza terrestre; se ha determinado la época de la formación de cada uno de ellos, las principales circunstancias de la disposición i manera de ser de las rocas en el seno de la tierra, i la naturaleza de los fósiles que contienen. Con esto se ha llegado a un inmenso resultado: se ha podido determinar en qué época los seres organizados han comenzado a aparecer sobre el globo, i a reconocer que se han ido perfeccionando durante millares de siglos hasta el hombre, que parece ser la última obra del Creador i en la cual ha puesto mayor cuidado.

La observacion de la superposicion sucesiva de las diferentes capas de la tierra, las diversas circunstancias que presenta esta superposicion, la naturaleza de las rocas i de los minerales que contienen, la determinacion de las especies de los seres organizados vejetales i animales que encierran en gran número, han permitido establecer ciertas divisiones bien marcadas para la corteza terrestre, las cuales se han enumerado i cuya posicion relativa se ha dado a conocer en el artículo "Corteza de la tierra."

Las aplicaciones de la jeología han llegado a ser estremadamente numerosas; es esta ciencia la que suministra los medios de descubrir los metales sepultados en las entrañas de la tierra, la que indica al arquitecto las montañas en las cuales debe buscar los materiales de construccion al agricultor los terrenos propios a tal o cual cultura, las rocas que pueden servir para mejorar sus campos, para reparar sus caminos etc. La jeología enseña al fabricante de ladrillos i de lozas a encontrar las capas arcillosas que deben emplear, i las vetas de esas beilas caolinas que se usan en las porcelas i que se trabajan con tan buen éxito. El establecimiento de los pozos artesianos, que han tenido i tendrán aun una grande influencia en los progresos de la industria i de la agricultura, exige el conocimiento de la naturaleza del suelo que se quiere perforar. Mediante los estudios jeológicos, el abate Paramel llegó a fijar la naturaleza de las fuentes, aun en los lugares en que jamas se habia sospechado su existencia.

Las personas que se ocupan de la descripcion de la superficie del globo deben ser iniciadas en los secretos de la estructura interior. Los diferentes grupos de sustancias minerales afectan formas diferentes en el suelo que cada una ocupa, i los valles se encuentran dispuestos siguiendo ciertas leyes. Los militares tambien pueden sacar grandes ventajas de los estudios jeológicos; estes estudios son indispensables a los ingenieros, a los oficiales de estado mayor, de los cuales los mas son empleados en abrir el suelo, i los otros en dar al ejército un conocimiento tan completo quanto sea posible del terreno que debe recorrer. La naturaleza del suelo se examina para atender a la salubridad de las tropas, para decidir sobre la facilidad de los trasportes, para las obras permanentes o pasajeras que deben establecerse. La inclinacion i la altitud de las pendientes, la disposicion, la profundidad de los valles, tienen una gran importancia en la estrategia.

El estudio del interior de la tierra puede conducir, no a la solucion del gran problema de la creacion, como algunos lo han dicho, pero sí

al conocimiento de muchas de las leyes a las cuales las diferentes épocas han sido sometidas: nosotros sabemos ya que los seres organizados se han ido perfeccionando desde el principio del desarrollo de la vida sobre la tierra hasta nuestra especie. La jeología nos muestra durante el largo intervalo transcurrido desde el nacimiento del primer animal hasta el del hombre, que la tierra ha sido agitada por violentas conmociones interiores, i su superficie devastada por revoluciones sucesivas; pero despues de la aparición del jénero humano, el equilibrio parece completamente establecido, como para permitir a nuestra raza esparcirse tranquilamente sobre la tierra, i desarrollar toda la enerjia de su intelijencia.

Antes de ocuparnos de la memoria de que se habló en el artículo precedente, vamos a procurar dar una idea jeneral de la jeología de Chile.

JEOLÓJIA DE CHILE.

Atendiendo a la íntima relacion que existe entre la orografía de un país i los hechos jeológicos que han tenido lugar, nos vemos precisados, para dar claridad en el resúmen de que se trata, a suministrar una lijera idea sobre los principales accidentes que caracterizan el suelo de Chile.

Si nos fijamos en esa inmensidad de montañas que tan variado hacen el aspecto de este país i que componen casi en su totalidad las provincias del norte de Chile, en los numerosos valles que constituyen las hoyas hidrográficas, i en el crecido número de islas situadas en el sur de Chile, nos parecerá a primera vista que esos accidentes tan variados del terreno estan caprichosamente distribuidos.

Sin embargo, cuando los miramos en conjunto, puede observarse que todas esas ramificaciones se ligan por sus propiedades a algún sistema determinado, se dejan ver las leyes a que están sometidos aquellos accidentes, i nos cercioramos de que ellas son tan elementales que nos dan a conocer las causas que han producido tan notables fenómenos.

Esos caracteres distintivos que se observan respecto de las cadenas de montañas, nos hacen dividir las en dos sistemas principales, que son: la cordillera de los Andes i la de la costa; los sistemas trasversales deben considerarse como ramificaciones de la primera de estas dos cordilleras.

Para formarnos una idea de esa gran cadena de los Andes que

atraviesa el país en todo su largo, fijemos desde luego nuestra atención en la serie de volcanes que comienzan a mostrarse en la parte correspondiente a las provincias centrales, i que parecen imprimir a los Andes un aspecto diferente del que presentan en las provincias situadas al norte de la de Santiago. Así, desde el punto denominado los Cruceros, situado poco mas al norte del volcan de Tinguiririca, notamos primeramente un cambio en la direccion de la gran cadena, la cual, atravesando las provincias del norte, se dirige con corta diferencia de sur a norte; mientras que a partir desde aquel punto en sentido opuesto, su direccion es al sur, inclinándose un poco para el oeste: de manera que la primera parte de esa cadena que se dirige de norte a sur, liga la estremidad volcánica de Bolivia con la que se estiende al sur de Chile comenzando por el volcan de Tinguiririca. Ademas debe observarse que, a partir desde este punto, los Andes se abaten i se estrechan para el sur.

Ahora, supongamos que nos dirijimos hácia el norte, i veremos que la cordillera se eleva en jeneral a medida que avanzamos, siendo dominada en espacios mas o ménos largos por grandes macizos que se elevan a alturas considerables. Entrando en la provincia de Santiago, uno de ellos sube hasta 5,220 metros sobre el nivel del mar. Sigue el grupo de volcanes de San José, elevándose la punta culminante a 5,532 metros sobre el mismo nivel. Mas al norte i siempre en la provincia de Santiago, se halla el Tupungato, cuya cúpula se encuentra a 6,710 metros de altitud. Pero es en la provincia de Aconcagua donde los Andes toman su mayor elevacion, i sus picos, enenjbrados jeneralmente de mas de 5,000 metros sobre el mar, esceden con mucho a los mas elevados de los Alpes, que solo llegan a 4,813 metros en el monte Blanco (Saboya); algunas de esas cumbres son mas elevadas que el Chimborazo, i solo ceden al nevado de Sorata, el pico mas elevado de los Andes, i sobre todo a los mas gigantescos de Himalaya cuya elevacion llega hasta 8,592 metros; mientras que el Aconcagua, impropiamente designado con el nombre de Cerro del volcan se eleva a 6,734 metros sobre el mar, i es el punto mas culminante de los Andes occidentales. A partir de la provincia de Aconcagua, los Andes no presentan picos tan elevados como los precedentes; pero casi nunca descienden de 4,000 metros, ofreciendo en ese intervalo varias depresiones que establecen la comunicacion con la banda oriental.

Ademas de la cadena de los Andes tenemos otra, la de la costa, segun hemos dicho. Considerada en grande escala, puede mirarse como

paralela a la primera. En las provincias del norte, Atacama, Coquimbo i Aconcagua, esta cadena se confunde algunas veces con las ramificaciones de los Andes, i alcanza entónces a su mayor elevacion (2,315 metros); mas al sur, forma una ancha faja de cerros que se distinguen claramente de las demas líneas estratigráficas, por la interposicion entre las dos cordilleras del gran valle longitudinal, cuyo largo, desde la provincia de Santiago hasta el golfo de Reloncavi, es de 930 quilómetros;

Si nos fijamos ahora en los elementos que componen las dos cadenas mencionadas, no podrá ménos de observarse la uniformidad de caracteres bajo las cuales se presentan los que corresponden a un mismo sistema, ya sea que se atienda a la direccion que siguen las crestas mejor determinadas, o a la naturaleza i disposicion que guardan las rocas que los componen. Esta semejanza que se advierte en los elementos de la misma naturaleza nos hace ver la grande estension en que se han manifestado los hechos jeolójicos que han tenido lugar para la formacion de un pais tan profundamente accidentado como Chile. Sin embargo, su suelo no se encuentra dividido, como Europa, en un gran número de trechos diferentes de terrenos, o cortado por innumerables cordones de cuyos cruzamientos es difícil determinar las épocas, como dice D'Orbigny respecto de la América meridional; por el contrario, presenta relieves trazados en centenares de millas, que han permitido a Pissis seguir el rastro de las largas fallas que se abrieron en la corteza terrestre en las distintas épocas a que se debe la formacion de las cadenas de los Andes i de la costa. Así es que los estudios jeolójicos de Pissis i los de D'Orbigny, que son los dos jeólogos que han abrazado con sus trabajos en mayor escala la jeolojía de Sur América, se encuentran conformes acerca del modo como se han formado las cadenas de montañas. Los hechos consignados en las investigaciones sobre los sistemas del solevantamiento de Sur América por Pissis, vienen a dar una prueba de la exactitud de las palabras emitidas por D'Orbigny. "Sin los sistemas de solevantamiento, dice este último Jeólogo, la formacion de la América sería un verdadero caos, que se trataría en vano de desenredar: miéntras que aplicando a su estudio el gran pensamiento de Beaumont, i abrazando en un golpe de vista todo el continente, los hechos aun mas pequeños hallan su aplicacion perfecta: por este medio, se entiende en qué orden las diversas partes de este continente han salido del agua unas en pos de otras, qué conmociones sus diversos relieves han causado en la superficie del suelo

i qué cambios han ocasionado en la naturaleza de los sedimentos i de las formas.

Recorreremos lijeramente esas épocas en que han acontecido los grandes trastornos a los cuales se debe la formacion de las cadenas de montañas o de los valles de nuestro pais; i tomando en consideracion los largos períodos de reposo que han sucedido a esos trastornos, procuraremos distinguir las distintas facies por que ha pasado esa parte de la tierra, una de las mas accidentadas del globo.

Refirámonos a la mas antigua de esas épocas: despues del estado de liquefaccion ígnea del globo terrestre; despues de la solidificacion de la parte exterior de esa masa líquida por su enfriamiento gradual, comienzan a condensarse los vapores acuosos de la atmósfera, que, acumulándose sobre la tierra, formaron mares que cubrieron casi la totalidad de la superficie de nuestro planeta. En medio de estos mares, se depositaron los terrenos sedimentáreos cambrianos i silurianos, que se muestran principalmente en la parte occidental de Chile. En esta última época, debieron producirse vacíos en el interior de la tierra a consecuencia del entriamiento gradual del globo, i entónces la parte de la corteza terrestre ocupada por aquel terreno esquistoso, se derrumbó dejando rajaduras por donde aparecieron los granitos, que en el período siluriano trastornaron el sistema esquistoso. A la salida de los granitos se debe, pues, la formacion de la cadena de cerros conocida con el nombre de cordillera de la costa i que, desde la provincia de Acancagua, se distingue claramente hasta el territorio de Magallanes, presentando una angosta faja, dividida en aquella época en una serie de islas separadas por brazos de mar, cuya situacion debia ser la misma que la que ocupan actualmente los ríos hácia su desembocadura. Algunas islas menores se encontraban situadas al oriente de las anteriores, principalmente en la parte correspondiente a las provincias centrales, donde formaban un archipiélago semejante al que nos presenta Chiloé.

Despues viene un largo período de reposo durante el cual se deposita la arenisca roja, formando, segun Darwin, un terreno continuo de norte a sur i de este a oeste, el cual llega en el centro de Chile a un espesor de mas de una milla. Nuevos hundimientos i rajaduras se producen en la corteza terrestre, por donde salieron las rocas de sienita, trastornando las capas de la arenisca roja, transformándolas en pórfiros metamórficos, segun Pissis, i formando una larga faja de cadenas dispersas que han dado principio a la formacion de la cordillera

de los Andes. Después de esta época, el mar penetraba entre los dos sistemas de cerros que se han solevantado, presentando al poniente la serie de islas de que ántes hemos hablado, miéntras que hácia el oriente de las islas debian existir principalmente grandes golfos, formados por los sistemas solevantados por las sienitas.

Entre tanto, las aguas depositan sus sedimentos entre esas cadenas i se forman las capas de areniscas, de margas i de calcáreas compactas, que son solevantadas, segun Pissis, al tiempo de la aparicion de las rocas de labradorita e hiperstena. El mar era poblado, segun Darwin, por un pequeño número de especies de moluscos, pero cuyos individuos eran al contrario extremadamente numerosos. En la cadena de los Piuquenes (provincia de Santiago), se encuentran los fósiles diseminados a distintos niveles desde la base hasta la cumbre (de 4,200 metros de altitud), i unen las diversas capas del sistema ligándolas todas al mismo período jeológico. Este sistema yesoso (gypseux) con los bancales superiores de conglomerados porfíricos, no tiene ménos de 2,400 metros de potencia, segun Darwin, en el corte de las Amolanas. "En el valle del Despoblado, que se junta con el de Copiapó, se deja ver el espesor de las capas yesosas, que llega hasta 2,128 metros, i las capas fosilíferas que se encuentran cubiertas todavía por otras estratas de 1,200 o 1,800 metros de potencia. No pudiendo suponer que el mayor número de conchas haya vivido a una profundidad de mas de 50 a 70 metros, M. Darwin piensa, como en los ejemplos precedentes, que el fondo del mar se ha abatido durante la existencia de esos animales, supuesto que se les observa en toda la altura de la serie. Los caracteres mineralógicos de los conglomerados i del cascajo conducen a la misma conclusion (1)." El solevantamiento que puso fuera de las aguas esos depósitos no ha seguido, como ántes, la direccion de sur a norte con inclinacion hácia al este, sino que al contrario corre en direccion transversal casi perpendicular a las fallas por donde han salido las sienitas. Las partes mas elevadas de los Andes pertenecen a la interseccion de estos dos sistemas de solevantamiento. De esta manera se complican ya las líneas estraligráficas, principalmente en las provincias del norte, donde las rocas de labradorita e hipersena han salido en mayor abundancia, i aun hasta el grado 34 de latitud, en la parte correspondiente a las provincias centrales: por consiguiente, de esa zona es de donde el mar ha debido retirarse en mayor estension a la época de este solevantamiento.

[1] *Histoire des progrès de la Geologie de 1834 a 1842*, por A. D'Archiac.

En el largo período de reposo que sigue hasta la aparición de las traquitas, solo se han producido en la costa de Chile sollevamientos de poca estension relativamente a los anteriores, de los cuales el mas antiguo se refiere a las capas de areniscas verdosas i micáceas que descansan sobre la formacion silúriana o sobre los granitos que la reemplazan, i sostienen las estratas de conglomerados con *cardium* i baculitas del puerto del Tomé, de la ista de Quiriquina, de la llanura de Concepcion etc. Durante este período, el suelo donde se depositaban estos terrenos debió experimentar un hundimiento gradual, dando principio a la formacion del terreno carbonífero de la costa sur de Chile, que se explota en Coronel, Lota i Lebu. Estas formaciones experimentan algunos trastornos i continúan desarrollándose en el período terciario, al mismo tiempo que en la costa de la provincia de Colchagua i de Santiago se depositan los terrenos terciarios de Bucalemu, que llegan hasta 400 metros de potencia, experimentando una transicion de las formaciones marinas a las lacustres. Sollevamientos correspondientes a las épocas mioceno o eoceno los ponen fuera de las aguas, i agregan en el Rapel, en Concepcion, en la bahía de Arauco, en Lebu, en Pargas etc.; nuevos apéndices a la cordillera de la costa. La línea de separacion entre el fin del período cretáceo i el terciario se encuentra representada en el puerto del Tomé por capas de conglomerados con rocas redondas o elipsoidales que contienen baculitas; en la isla de Santa María se halla representada por las estratas arcillosas que forman la base de esta isla; mientras que las capas arenosas terciarias que se sobreponen a las arcillosas en estratificacion discordante, nos ponen de manifiesto los hundimientos i sollevamientos sucesivos que han tenido lugar en estos terrenos en diversos puntos de la costa de Chile.

Esos movimientos del suelo han debido estenderse tambien hasta el valle central, donde se ve algunas veces el terreno lacustre (que compone en partes esta estensa llanura), descansando sobre la arenisca de la formacion carbonífera de la costa. Un estenso lago debia formar lo que hoy dia representa el gran valle longitudinal de Chile, hasta que un nuevo sollevamiento se hizo sentir en una inmensa estension. En esta época, el suelo, fracturado de norte a sur, da paso a las rocas traquíticas acompañadas de un poderoso desprendimiento de vapores ácidos sulfurcosos, segun Pissis, los cuales han modificado la composicion de las capas sedimentáreas que atravezaban; 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 labradoritas e hiperstena se formaron las demás vetas de cobre. Este sollevamiento tan estenso no solo se hace sentir en los Andes, sino tambien en la parte central de Chile, de donde son espulsadas las aguas del golfo, destruyendo i arrastrando consigo los grandes animales que vivian en esa época, tales como los restos de mastodontes encontrados en la laguna de Tagua-Tagua; se forma entónces el estenso valle longitudinal, pero solamente hasta la provincia de Valdivia. Relacionados con este sollevamiento, hai hechos de importancia que conviene observar. En efecto, la semejanza de caracteres notada por d'Orbigny entre el terreno pampeano de la banda oriental con el de Chile, lo ha determinado a considerarlos como pertenecientes a una sola época.

Por otra parte, notaremos que los conglomerados de las rocas asociadas a las traquitas descansan sobre la arenisca de origen marino (del valle), formando la base del terreno de acarreo; de manera que estas rocas se encuentran en la llanura central relacionadas con las traquitas que han causado el sollevamiento principal de la cadena de los Andes. Un sollevamiento tan considerable como el correspondiente a esas rocas endojénicas, no ha podido ménos de haber causado grandes efectos en el terreno vecino i es, sin duda, a él al que se debe la formacion del terreno pampeano. Desde esa época, correspondiente hácia el fin del período terciario, los Andes han debido presentar el aspecto de hoy día, sobre todo, en las provincias del norte hasta la de Santiago; hácia el sur, las chimeneas volcánicas que se han abierto han modificado mas esta parte de la cordillera.

No ha sucedido lo mismo con el valle central, donde comienzan a formarse hácia su estremidad sur el terreno de acarreo compuesto principalmente de guijarros de rocas traquíticas en un espesor de mas de 100 metros, el cual es sollevado en la época ménos antigua del período terciario. La manera como alternan las capas de arenisca arcillosa i de cascajo con las de guijarros; las impresiones de las plantas en la arenisca arcillosa de la llanura de Valdivia; i los mantos de combustible que presenta esta misma arenisca en la desembocadura del Maullin, donde se apoya sobre los conglomerados de la parte superior de la formacion cretácea, dan lugar a creer en un hundimiento gradual de depresion que debió tener lugar en la parte ocupada por esa arenisca arcillosa o el terreno de acarreo en las provincias de Valdivia i de Llanquihue, semejante al que debió verificarse cuando se

formaron los terrenos carboníferos que pertenecen a la parte superior de la formación cretácea. Con el sollevamiento correspondiente a este terreno, sale del mar toda la parte que forma los valles de las provincias de Valdivia i de Llanquihue, que, uniéndose al valle central del resto de las provincias setentrionales, compone el estenso valle longitudinal desde Chacabuco hasta la ensenada de Reloncaví, i además se forman muchas islas de la provincia de Chiloé situadas en la prolongación de la llanura de esas provincias.

Llegamos ahora al período cuaternario, durante el cual se han depositado en la costa arenas marinas con conchas que viven actualmente en el mar; en los valles, los aluviones han emparejado las desigualdades que habian dejado en la superficie los sollevamientos anteriores; pero algunas veces han producido un efecto contrario en las inmediaciones de los rios que salen de los Andes, donde se encuentra el terreno dividido en forma de escalones. Al período cuaternario se refiere tambien la salida de las lavas que han formado la serie de volcanes, de los cuales unos se encuentran próximos a la línea culminante de los Andes en el punto de cruzamiento de varias líneas estratégicas, i otros, que siguen la base de esta cordillera, se muestran en el extremo sur de las provincias centrales, probablemente desde que comienza a aparecer en el valle longitudinal el terreno de acarreo de que hemos hablado anteriormente. Los movimientos que ha experimentado el suelo por la salida de las lavas, se han hecho sentir poco en la llanura central relativamente a los que han tenido lugar en el lado de la costa: es probable que en esta parte, las formaciones cuaternarias de Atacama, Coquimbo, Aconcagua, Chiloé etc. hayan sido levantadas al tiempo de la aparición de los volcanes, así como la época de la salida de las traquitas debe corresponder con el sollevamiento de una gran parte de la llanura central.

Después de esta época, solo se han producido movimientos de poca consideración, que han sollevado unos pocos piés sobre el mar varias partes de las bahías de Arauco i de Talcahuano, movimientos que han tenido lugar en la misma fecha del terremoto que arruinó a Concepción en el año 1835. Tambien es digno de observarse en la isla de Santa María, el efecto producido por las corrientes marinas, que con el tiempo acabarán por unir esta isla con el continente. Además debe notarse, aun cuando no sea un hecho bien averiguado todavía, que el mar se retira lentamente del continente, lo que dará lugar a creer en un sollevamiento gradual del suelo, tal como el que se observa en otros países donde estos hechos han sido mejor estudiados.