

JEOLÓJIA. Memoria sobre las formaciones, cuaternarias, terciarias, i cretácea (superior) de Chile, relativas principalmente a la parte meridional de este país, por don Enrique Concha i Toro.— Comunicacion del mismo a la Facultad de ciencias físicas i matemáticas en su sesion de 15 de octubre de 1868. pp. 345-390

ADVERTENCIA.

Los apuntes que damos a continuacion, forman parte de un resumen sobre las formaciones jeológicas de Chile, que hice con el finde publicarlo en una obra que se trataba de formar en este país, i de cuya parte jeológica quedé encargado. Esta obra, titulada *Chile*, debia tener por modelo, en cuanto a las partes de que constaria, un libro frances cuyo título es *Patria*.

Pero para la confeccion de un trabajo de esa naturaleza, no podia ménos de encontrarse con serias dificultades, en un país donde los estudios relativos a las ciencias físicas i naturales, o la aplicacion de estos datos a las necesidades materiales de la nacion, no han llegado todavía a un grado suficiente de adelanto. Mas tarde, cuando se publique la obra que se ha encargado a un sabio, Mr. Pissis, quien explora desde hace 20 años nuestro territorio, se encontraran ya los datos necesarios para el trabajo indicado o la base para nuevas investigaciones, si se quiere, de la misma manera que sucede actualmente con la obra del señor Gay, en los ramos que esta abraza.

En vista de estas circunstancias, i conociendo las dificultades que presenta la descripcion jeológica de un país, temeríamos que se creyera presuntuosa la publicacion de un trabajo que comprendiese todas las formaciones jeológicas de Chile; razon por la cual nos contentamos con suministrar algunos datos relativos a una parte de los terrenos sedimentáreos, para indicar algunos apéndices o modificaciones que, segun nuestra observacion, creemos del caso añadir a los trabajos jeológicos que conocemos sobre el mismo objeto.

FORMACIONES CUATERNARIAS.

Las formaciones cuaternarias se presentan en Chile bajo dos aspectos distintos, atendiendo a la naturaleza de los depósitos que la cons-

tituyen, los cuales se relacionan con el lugar que ocupan aquellas formaciones, de tal manera que vamos a dividir las en dos clases principales. Una de estas divisiones se refiere al valle central, es de aluvion; la otra se refiere a la costa, i es de origen marino (a).

Esta última formacion se compone de depósitos de arenas, que contienen conchas idénticas a las que viven en el mar vecino, siendo esta propiedad la que sirve de carácter principal. Bajo este aspecto, la encontramos ocupando la parte occidental del desierto de Atacama; se prolonga en la costa de la provincia de Coquimbo; en la desembocadura

(a) En esta nota, entraremos en algunos detalles sobre la formacion cuaternaria marina, de lo cual se deduce lo que dice arriba.

Principiaremos a considerar esta formacion desde el norte, pues se muestra en el morro de Mejillones, en los depósitos de guano, que han sido trastornados por sollevamientos correspondientes al período cuaternario. Al oriente del morro, se muestra la formacion que nos ocupa bajo otra forma distinta, tomando un ancho de doce a quince millas i que separaba, segun Mr. Larroque, aquel punto, del continente, convirtiendo el morro en una isla, ántes que el sollevamiento pusiera fuera del mar ese espacio de terreno. Mr. Larroque, en el informe que dió al gobierno sobre el guano de Mejillones, presenta las capas sollevadas, compuestas de "areniscas gruesas i amarillosas por el óxido de fierro, asociadas con guijarros de granito; arenas incoherentes con conchas análogas a las que actualmente arroja el mar, cuyas especies son Venus, Turritella, Trocus, Mytilus etc."; agregando que la altura de estos depósitos no pasa de 200 metros sobre el mar. Mas al sur, siguiendo por la costa del desierto de Atacama, esta formacion es interrumpida por las sienitas i pórfiros, que forman los cerros de la costa, i se la encuentra de distancia en distancia, como sucede en el continente que está al oriente de la isla Blanca [de pórfiro arcilloso], donde encontró Philippi conchas de origen reciente, en un depósito que se avanza como media legua al oriente, de cinco a seis metros de elevacion; i se encuentran en él, fragmentos de diásperos i caludonias.

Continuando siempre para el sur, vuelven a aparecer rocas mas antiguas; i como a once leguas al norte del Paposo, notó Philippi los mismos depósitos arenosos, como a 70 metros sobre el mar, siendo caracterizados esta vez, por Turbo i Niger Gray, que es raro encontrar en depósitos análogos.—En Mal Paso, los cerros dan lugar a la misma formacion, endonde se encuentran Concholepas, Fisurelas etc. En el valle del rio Salado, que corre de norte a sur, de media legua de ancho i situado cerca de Chañaral de las Animas, encontró Philippi conchas análogas a las anteriores. Lo mismo notó entre el puerto del Ingles i Caldera, atravesando por unas lomas a 120 piés de altura, cubiertas de arenas, conchas, en medio de las cuales aparecen algunas veces rocas plutónicas. Pero en estos desiertos, es principalmente en Caldera donde se puede observar mejor esta formacion, por el desarrollo que toma, extendiéndose como a tres leguas de la playa, i por la cantidad inmensa de conchas marinas que forman una especie de conglomerado. Figuran principalmente entre estas especies *Donacilla chilensis*, *Solen*, *Dombeyi*, *Venus rufa*, *Concholepas*, *Oli-va* i la *Turritella cingulata*.—En Chañaral de las Animas, en un pozo abierto por don Enrique Polsen, encontró hasta una profundidad de 40 a 50 piés de la superficie del mar, una serie de capas de arena gredosa alternadas con capas de conchas, siendo la tercera de éstas bastante dura, por el óxido de fierro que contenia, i a la cual se seguia tierra suelta mezclada con conchas i arenas; i finalmente, barro, del espesor de 4 o 5 piés; «habiendo llegado a esta profundidad, escapó una cantidad de aire incluso; i a dos o tres piés mas abajo, halló agua salobre (1). Aparece otra vez la misma formacion en el valle de Totoral; despues, en varios otros puntos de la provincia de Coquimbo, de los cuales llama primero nuestra atencion a medida que avanzamos al sur, el valle de Huasco, en donde avanza esta formacion hasta Vallenar «a 37 millas de la boca del rio», situado en el fondo de un valle, a 390 metros de altitud.—Llegando a Coquimbo, encontramos el terreno sollevado en escalones, como sucede en Huasco, i que pertenecen unos a la formacion terciaria i cuaternaria, mientras que otros pertenecen exclusivamente a esta última, elevándose los mas altos a 200 o 250 piés sobre el mar. Aqui, esta formacion es caracterizada por capas margosas, cubiertas de conchas recientes, i entre las cuales señala Darwin, *Venus Opaca*, *Mulina bryonensis*, *Pecten purpuratus*, *Mesodesma donaciforme*, *Turritella cingulata*, *Munoceros costa-*

(1) Véase la memoria de don Ignacio Domeyko, en los *Anales de la Universidad de Chile*, en la séptima parte, año de 1860.

cadura de todos los ríos de la provincia de Aconcagua; en la costa de Cartagena (provincia de Santiago); i en fin, en la costa que se estiende hasta el cabo de los Tres Montes. Esta formacion, segun lo que precede, ocupa una larga i angosta faja, sufriendo muchas interrupciones, i se une al valle central subiendo por el cause de los ríos hasta este valle, en donde se encuentra cubierto por el terreno de acarreo que ocupa la parte superior.

La cantidad inmensa de conchas marinas que se muestran en los terrenos que nos ocupan, prueba que han sido levantados del fondo

turo, *Concholepas perubianus*, *Trochus*, *Calyptrea bryonensis*. «I aunque, entre las conchas envueltas en las mencionadas capas margosas, dice el señor Domeyko, no aparecen, segun Darwin, las diversas especies en la misma proporcion relativa que en la actual bahía, notó el mismo naturalista que en la superficie de las capas calizas, i en partes, en una arena que las cubre, se ven desparpilladas conchas de aspecto mucho mas moderno que las anteriores, fragmentos de *Concholepas* i de *Mytilus* con restos de su color primitivo, i las diversas especies (en proporcion mucho mas aproximada a la que se observa entre las especies) vivas en la bahía.» — Mas adelante, «desde el puerto de Coquimbo hasta la punta de Lagunillas, i desde la Lengua de Vaca hasta la boca del Limari, se ve la costa granítica como cortada por un angosto llano que se eleva a unos 200 o 250 piés sobre el mar, i va subiendo insensiblemente hácia el oeste.» — Siguiendo al sur, se encuentran las formaciones cuaternarias en la desembocadura de todos los ríos de la provincia de Aconcagua. Así se las ve aparecer por la boca del río Conchalí, endonde el terreno se divide en tres escalones que encierran multitud de conchas análogas a las que el mar arroja hoy día; tales son, *Concholepas*, *Mesodesmas*, *Venus*. Estas mesetas se elevan generalmente de 40 a 50 metros sobre el mar, i se unen insensiblemente con el lecho de los ríos que vienen de los Andes. Aparecen tambien en Longotoma i en la provincia de Valparaiso, pues los bancos de conchas que encontró Darwin hácia el sur i cerca de aquella ciudad, deben referirse a la formacion cuaternaria: son de la misma especie i aparecen en la misma proporcion que las que viven actualmente. Entre éstas, cita las *Concholepas* como mas abundantes, que aparecen a diferentes alturas, encontrando a 1000 piés fragmentos de *Echinus* i del *Balanus psitaccus*; i a 1,300 piés de altitud, recojió *Concholepas*, *Trochus*, *Fisurelas* i una *Patella*. «Un hecho mui interesante señalado por Darwin, dice don Ignacio Domeyko, es que la tierra negruzca o pardorajiza, en la cual se hallan envueltas estas conchas i la que tambien suele hallarse en el interior de ellas, tierra depositada sobre unos restos de granito descompuesto, consta en gran parte de fragmentos mui pequeños, visibles por medio del microscopio, de espigas i conchas de erizos [echini], como igualmente de partículas de *Patella*, *Mytilus* i otras especies.»

Las formaciones cuaternarias que describimos, aparecen tambien en suaves pendientes que se estienden, desde los escalones que forman el terreno solevantado, hasta las riberas del mar: de esta manera, aparece en los llanos de Larraquete i Carampangue, en la provincia de Arauco. En Valdivia, encontró Darwin en una arenisca mui blanda i como a 60 piés de altitud, conchas de *Mytilus*, *Crepidula*, *Solen*, *Cythera*; i en la parte meridional de la península Lacai, halló a 350 piés, *Venus castelata* i *O. ednifio*, que son las mas abundantes en las bahías vecinas; «estas conchas están envueltas en un sedimento negro de dos o tres piés de espesor compuesto en gran parte de mui pequeños fragmentos de sepulas i conchas marinas. En una capa de conchas a pocos piés debajo de la indicada altitud (250 piés), halló Darwin un cuerno de venado [servus humilis], que vive actualmente en Chiloé, lo que prueba que la época de este solevantamiento es mui reciente.» Aparecen ademas en muchos otros puntos de la provincia de Chiloé los terrenos solevantados con conchas recientes, i entre las cuales abunda principalmente *Venus castelata*. En fin [2] «en el cabo de Tres Montes, en la latitud 46° 35', halló Darwin a una altura como de 20 piés sobre el nivel de las altas mareas, conchas recientes, i en varias partes del archipiélago de Chonos, dos gradas de llanuras parecidas a las que observó del otro lado de los Andes.»

() Véase la citada memoria de don Ignacio Domeyko.

del mar en que fueron depositados.—En este solevantamiento de estension tan considerable, podemos prever la exactitud con que puede determinarse la direccion en que se ha verificado, si atendemos, como dice Mr. Pissis, a la larga i angosta faja que la formacion cuaternaria ocupa en la parte occidental de Chile; i además, si se considera que aquella direccion no ha sido modificada por ningun otro solevantamiento, como sucede con las demas formaciones de Chile.

El arco círculo máximo que ha servido a Mr. Pissis para fijar esa direccion es el que resulta de unir sobre el esferoide terrestre a Cobija con el puerto de Huasco. El azimut de este arco, calculado mediante las posiciones jeográficas de estos dos puntos, es en Cobija $80^{\circ} 33' 16''$. Este arco prolongado, pasa por las formaciones cuaternarias del sur de Chile; i al norte, calculó Mr. Pissis que va a pasar por la misma formacion en el morro de Mejillones; i aun en el Perú, por la isla de San Lorenzo, que tambien pertenece al mismo período jeológico de que nos hemos ocupado hasta aquí.

Por otra parte, comparando este azimut a uno de los círculos determinados por Beaumont para el pentágono de Chile, que es $80^{\circ} 45' 26''$, 7, se ve la pequeña diferencia, entre uno i otro. Mr. Pissis determinó la interseccion entre estos dos círculos, i encontró que se verificaba por los $21^{\circ} 49' 37''$ de latitud austral, concluyendo, por el espacio de arco comprendido entre esta interseccion i el centro del pentágono; i además, del ángulo $0^{\circ} 49' 12''$ que forman los dos arcos, que éstos pueden considerarse como paralelos.

EPOCA DEL SOLEVANTAMIENTO.—Para conocer la época del solevantamiento de que tratamos, es conveniente estudiar la formacion con relacion a las otras con que se liga. Los lugares mas a propósito para esta investigacion son las abras que se encuentran desde la desembocadura de los rios hasta los valles interiores. En efecto, en la provincia de Aconcagua, por ejemplo, se unen los terrenos solevantados de la costa a las márgenes de los rios, i confundiéndose con ellas, concluyen las capas de arenas con ser reemplazadas por el terreno de acarreo que, en los valles situados al centro del continente, reposa sobre las formaciones terciarias. Ahora, si consideramos los restos de mastodontes que han sido encontrados en esas formaciones terciarias; los depósitos de carbon que principian a pasar al estado de Lignita, en el terreno de acarreo; los depósitos volcánicos modernos, de que se encuentra cubierto en muchos puntos; i además, si agregamos la presencia de conchas, que viven actualmente en los mares vecinos,

debemos concluir, que el solevantamiento que ha puesto fuera del mar los depósitos que actualmente forman el límite occidental mas avanzado de la costa, ha tenido lugar en una época comprendida entre el período plioceno i las formaciones volcánicas. Pero si queremos precisar mas todavía la época de esta formacion, nos fijaremos en los fósiles que contiene; i si atendemos a que el gran número de conchas que se encuentran en las depósitos de arenas, son idénticas a las que el mar arroja diariamente en las playas, se verá que hai motivo para clasificar el terreno como perteneciente al período pos-plioceno.

Este sistema de clasificacion propuesto por Lyell, nos permite establecer relacion con los depósitos de rejiones apartadas: i segun esto, deberíamos considerar la formacion de la costa de Chile, como análoga a las que se encuentran en Europa, posteriores al templo de Puzoles (cerca de Nápoles); o bien, a aquellas cuya antigüedad remonta a una época anterior al establecimiento de las antiguas colonias griegas.

Ahora, si nos concretamos a la costa de sur América, i comparamos la formacion moderna de la costa de Chile con la que aparece en el Perú en la isla de San Lorenzo, no encontraremos como suficiente motivo para considerarlas como contemporáneas, el que se encuentren en ambas formaciones fósiles de especies que viven actualmente en el mar. Pero notaremos que en aquella isla han sido encontrados por Darwin algunos restos de la industria de los pueblos que habitaban el Perú, i que fueron sepultados allí junto con las conchas marinas.

Ninguno de esos restos se ha encontrado en las formaciones cuaternarias de Chile, que por otra parte aparecen en alturas elevadas relativamente a la que tienen en San Lorenzo, endonde solo alcanza a 25 metros sobre el mar. —Sin embargo, entre los fósiles mencionados en la nota (a), que se refiere a esta formacion, se habla de restos de venados encontrados en el sur de Chile por Darwin, restos de animales que viven actualmente en Chiloé, i que se encontraban entre conchas recientes solevantadas a una altura como de 150 piés sobre el mar. Este hecho es uno de los que caracteriza mejor la época a que debemos referir el solevantamiento de la costa de Chile. Además, si reconocemos la analogía que admiten algunos jeólogos entre esta formacion i la de Patagonia, i recordamos los restos de instrumentos de labranza bastante toscos encontrados por D'Orbigni en Patagonia, nos vemos inducidos a reconocer que el continente de sur América, ha experimentado grandes alteraciones despues que el hombre ha habitado esta parte de la tierra.

Desgraciadamente, los anales del nuevo mundo (b) no encierran ningun hecho que nos permita establecer relacion con la antigüedad de un trastorno, que, causando alteraciones en el continente, viniera a ensañcharlo, i a la vez que ponía las aguas en movimiento, causará un gran cataclismo para el jénero humano i demas seres organizados que poblaban esta parte de la tierra. Todos los hechos prueban que, despues de la conquista de Chile por los incas, el suelo no ha experimentado los trastornos a que aludimos. Sin embargo de que nada existe anterior a aquella época en los anales de los pueblos americanos, los hechos jeolójicos que hemos mencionado, de haberse encontrado despojos de la industria en formaciones que se relacionan con la de Chile, nos hacen presumir que, en la época del solevantamiento de su costa, el hombre ya poblaba esta parte de la tierra, lo que se encuentra conforme con las tradiciones de los trastornos que han sobrevenido a los pueblos americanos. Pero ademas de esos restos, existen los monumentos de una mediana civilizacion encontrados en formaciones análogas a las de Chile, i que manifiestan una época de reposo igual a la edad de esos edificios.

Trastornos de esta clase no tienen nada de extraño si nos fijamos en los hechos que, no hace muchos años, han tenido lugar en nuestra costa con el terremoto que arruinó a Concepcion en el año 1835. El mar, puesto en movimiento por sacudimiento del suelo, dejó por algunos instantes en seco los buques en la bahía de Talcahuano, i solevantó 8 piés sobre el mar la parte baja de la isla de Santa María (cubierta de conchas), que ántes se encontraba sumerjida en las aguas. Este mismo movimiento del suelo se ha producido en muchos puntos de la bahía de Arauco, tal como la desembocadura del rio Tubul, i mas al sur de esa bahía, en el puerto de Lebú, etc. Mucho mas notables han sido todavía los efectos producidos por los terremotos que arruinaron a varias ciudades del Ecuador i del Perú. Segun la asercion de algunos marinos, se ha notado en un punto de la costa del Perú un solevantamiento de 32 brazas o de 192 piés respecto del antiguo nivel, segun lo que indica la sonda hechada en distintas épocas en ese punto. (c).

Por otra parte, segun los estudios del Mr. Pissis, en Bolivia las arenas de la formacion cuaternaria se encuentran comprendidas entre los conglomerados de pomez en que se apoyan, i los fragmentos del

(b) Pissis: sistemas de solevantamientos.

(c) Efectos del terremoto de 1868: véanse los diarios de Lima.

terreno volcánico, que cubren en muchos puntos las arenas de la formación cuaternaria; i como estas arenas se prolongan por el desierto de Atacama siguiendo la costa de Chile, es natural suponer, por esa relacion entre las arenas marinas i el terreno volcánico, que el sollevamiento de esas arenas del fondo del mar en que se depositaban, há tenido lugar al mismo tiempo que la aparición de los volcánes en la cordillera. De manera que los trastornos ocasionados por este sollevamiento no deben haberse limitado a la parte de la costa, sino tambien del lado de los Andes.

TERRENO DE ACARREO.

El terreno de acarreo ocupa los valles i se une con la formación que ya hemos descrito por las abras que dejan los cerros de la costa, segun se ha dicho anteriormente. Una de las principales es en la que se encuentra situado Vallenar, llegando a una distancia del mar como de 12 leguas. Este valle es cortado en aquella ciudad por cinco escalones que pertenecen a distintas épocas, como lo veremos cuando se trate de la formación terciaria. El mas elevado está cubierto (d) “de arena gruesa o cascajo; de guijarros, que son en partes lisos, redondos, acompañados de una sustancia aluminosa, como en los llanos de Patagonia”. Este último escalon, cuya altitud pasa de 540 metros, se dilata en su parte superior i se confunde con el valle longitudinal que corre de sur a norte “en mas de 70 millas de largo i 10 de ancho.” “La superficie de este llano, cubierto por lo comun de arena gruesa i guijarros, va elevándose insensiblemente hasta la altitud de 800 metros, poco mas o ménos, i alcanza a tener 779, al pié de los Andes, en el lugar donde el camino de la Cortadera baja a él, a unas 4 leguas de Vallenar.”

Siguiendo mas al norte, numerosos valles estériles se presentan a nuestra vista, los cuales, ya mas estrechos, son cortados por sierras, en que termina la parte sur del desierto de Atacama. Esta vasta meseta se compone, segun el doctor Philippi, por lo ménos en sus dos terceras partes, de fragmentos angulosos de piedra (ripió), “que han sido esparcidos por las aguas de lluvia.”

El terreno de acarreo vuelve a aparecer al sur, en los valles de Coquimbo; en la desembocadura de todos los ríos de la provincia de Aconcagua, se ve las arenas marinas unirse insensiblemente con el terreno de acarreo, que se estiende uniformemente hácia el este, en

[d] Véase la citada memoria de don Ignacio Domeyko.

las hoyas hidrográficas.—De la misma manera, en la provincia de Santiago se notan hácia la desembocadura del Rapel, capas de conglomerados de guijarros, compuestos de rocas graníticas, descansando sobre los cerros que componen la formacion cuaternaria, i que van subiendo en la direccion del este, para tomar las riberas de aquel rio i estenderse despues, en la parte superior del estenso valle longitudinal. Entónces se encuentra el terreno de acarreo, asociado a las capas de conglomerados de pomez, como lo observa Mr. Pissis en las llanuras de Puangue i Yallauquien, formando esos conglomerados la base del terreno de acarreo que compone la parte elevada de la llanura de Santiago, “comprendida entre los Cerrillos, las Lomas i la cuesta de Prado.”

ESCALONES FORMADOS POR LAS CORRIENTES DE AGUA.—En seguida, este terreno de acarreo que viene uniformemente desde la costa hasta el pié de los Andes, al penetrar en las gargantas formadas por esta cordillera, se eleva muchas veces bruscamente, formando escalones que se han atribuido jeneralmete a solevantamientos del terreno; sin embargo, la situacion de esas mesetas, correspondiendo a la interseccion de dos corrientes de agua, ha inducido a mirarlas mas bien como una causa distinta de la anterior. Así, la hoya del Cachapoal, desde Rancagua (a la altitud de 520 metros) hasta el rio Cortaderal, presenta cuatro de estas mesetas situadas en la interseccion de ese rio con alguno de sus afluentes, llegando la altura de la última de estas mesetas, a 1,200 metros sobre el nivel del mar.

La esplicacion dada por el Mr. Pissis a este respecto, se reduce a un problema de mecánica; i efectivamente, si se considera la gran velocidad que traen los torrentes que vienen de los Andes, se podrá formar una idea de la cantidad considerable de piedras que arrastran consigo; pero si por una causa cualquiera hai una disminucion de velocidad en el agua, los cuerpos que necesitaban una cierta fuerza para ser arrastrados, van a depositarse ahora, desde que, con la pérdida de velocidad, no se puede vencer el peso de esos cuerpos. Es lo que sucede si dos corrientes de agua se encuentran: el choque disminuye la velocidad tanto mas cuanto mayor es el ángulo de interseccion, i parte de los elementos mecánicamente arrastrados, se va depositando, formando una especie de barra. El cauce del rio se eleva lentamente hasta tanto que la diferencia de nivel en la junta de los rios produce una cascada. El lecho del rio va siendo destruido por las aguas, que al fin, forman las barrancas que actualmente determinan su cauce.

Debemos concluir por consiguiente, según Mr. Pissis, que estos accidentes del terreno no son debidos a solevantamientos, sino a la acción ejercida por las aguas; además de que el período asignable al terreno de acarreo se encuentra comprendido desde los últimos solevantamientos que ha experimentado el suelo, hasta los depósitos más recientes de las aguas.

De manera que el terreno de acarreo ha producido en el suelo de Chile efectos bastante notables; por una parte, ha dado a los valles la uniformidad que presentan actualmente; haciendo desaparecer las desigualdades ocasionadas por los solevantamientos; i por otra parte, ha producido un efecto distinto del anterior, dividiendo el terreno por gradas, como lo observamos en las gargantas por donde atraviesan los ríos que salen de los Andes.

FORMACIONES TERCIARIAS.

Las formaciones terciarias son de origen lacustre unas; i otras, de origen marino. Las primeras ocupan los valles; i en la costa, alternando con capas marinas, aparecen asociadas algunas veces a las capas de lignitas.

FORMACION DE LA ARENISCA ARCILLOSA I DEL TERRENO (TERCIARIO) DE ACARREO.—La subformación más moderna del período terciario ocupa los valles de las provincias de Llanquihue i de Valdivia, i se compone de una arenisca arcillosa, que en el cerro del Amortajado, presenta un espesor de 100 metros. Este cerro se encuentra situado en la desembocadura del río Maullín; desde ahí, la formación arcillosa sube gradualmente por las riberas de ese río, i se extiende en la llanura central de la provincia de Llanquihue (como puede observarse constantemente en el camino de Osorno a la Unión); continúa mostrándose en la llanura central de la provincia de Valdivia, donde forma, hacia la parte occidental de esta estensa llanura, el cerrito que domina la misión de Quinchilca en las riberas del río Calle-calle; i sigue con algunas interrupciones las riberas de este río hasta la llanura en que se encuentra situada la ciudad de Valdivia. Esta formación descansa en el Amortajado, sobre la parte superior de la formación cretácea; i avanzando para el valle central, reposa sobre el terreno de acarreo, del cual pasamos a ocuparnos, a fin de dar una idea más clara de la época a que debe referirse el solevantamiento de la arenisca arcillosa.

El terreno de acarreo que acabamos de mencionar toma un gran

desarrollo en las provincias de Llanquihue i de Valdivia, i forma por completo la isla de Teúglo i varias islas de las provincia de Chilóé. El punto de partida mas favorable para estudiar esta estensa formacion es la ciudad de Puerto Montt, situada en la ensenada de Reloncaví. Allí se ve el terreno dividido en tres escalones, de los cuales el mas elevado pasa de 100 metros sobre el nivel del mar; en todas partes, se ven capas de cascajo o bien de piedras, de algunos decímetros de diámetro i redondeados por la acción de las aguas. Esta formacion se muestra a la superficie en todo el camino de Puerto Montt a la laguna de Llanquihue, distante $4\frac{1}{2}$ leguas al norte de aquella ciudad; rodea las riberas de esa estensa laguna i soporta en algunos puntos, capas de una arcilla blanca finísima dividida en hojas tan delgadas como las de un libro; mas allá de las riberas de la laguna, el terreno de acarreo se hunde bajo la arena arcillosa del valle central, i se muestra a la superficie, de trecho en trecho, en el camino de la laguna al pueblo de Osorno, donde se muestra otra vez la misma formacion. Estos rodados presentan jeneralmente en su interior una estructura mui porosa, de color gris algo oscuro, con cristales de felpato; otras veces, la masa porosa (compuesta siempre de felpato vítreo) presenta un tinte mas oscuro i una estructura mas fina que la anterior, pero salpicada con cristalitos de felpato. A la simple vista, no es fácil distinguir si esta última roca pertenece a las traquitas o a las lavas; no obstante, la ausencia de la piroxena, i el carácter de asociacion que puede observarse en las rocas de que tratamos, nos manifiestan que pertenecen a las traquitas. Este hecho ya nos dá una idea bastante clara de la época a que debe referirse el terreno de acarreo, si se considera que las traquitas han aparecido hácia el fin del período terciario, i por consiguiente, el solevantamiento que puso fuera de las aguas la formacion de que nos ocupamos, es posterior al que levantó lo restante de la gran llanura central; por otra parte la ausencia de las lavas nos prueba que ese solevantamiento se encuentra comprendido entre la aparicion de las traquitas i la de los volcanes.

Volviendo ahora a considerar la formacion de la arenisca arcillosa, veremos justificada de nuevo la opinion emitida anteriormente respect^o de la edad de estos terrenos: en efecto, se observa en el Amortajado un corte vertical desde la cumbre del cerro hasta la base, en una elevacion de 100 metros. La parte superior, hasta mui cerca del pié, se compone de la arenisca arcillosa que descansa en estratificacion di-

cordante, segun se ha dicho ántes, sobre la parte superior de la formacion cretácea, i la línea de separacion se encuentra marcada por algunas capas de lignita, de calidad mui inferior a las que se explotan en Lota i Coronel. Aun se observa en algunos trozos de carbon, que la descomposicion de la madera no ha sido completa, miéntras que otras partes del mismo trozo se asemejan al azabache. Estas capas de lignita no solo aparecen en la base del cerro Amortajado, sino tambien hácia la parte superior del mismo cerro.

Reuniendo ahora los hechos mencionados, no cabe la menor duda que la arenisca arcillosa ha sido solevantada al fin del período terciario. Las capas arcillosas se sobreponen siempre al terreno de acarreo; i en la laguna de Llanquihue. descansan sobre este último terreno, en estratificacion concordante, capas de una arcilla blanca mui fina. Probablemente, el solevantamiento de la arenisca arcillosa se correspondé con el del terreno de acarreo, que es posterior a la época de la aparicion de las traquitas; i como a esta última época debe referirse, segun veremos mas adelante, el solevantamiento de una gran estension del valle central, resulta que la parte de esta llanura correspondiente a las provincias de Valdivia i de Llanquihue, se ha formado en una época posterior a la del resto de las provincias centrales. Otro hecho se deduce de la presencia de las capas de combustible, atendiendo al orijen del terreno carbonífero, de que hablaremos despues, i es, que el suelo ha experimentado al fin del período terciario un movimiento gradual de depresion hasta la época del solevantamiento de la arenisca arcillosa.

A esta misma conclusion, nos lleva el estudio sobre el terreno de acarreo, compuesto, segun hemos dicho, de una serie de capas de guijarros de cascajo, i arenisca arcillosa, que indican la existencia de corrientes de agua que han redondeado las piedras que arrastraban consigo, lo cual no ha podido tener lugar a una profundidad de mas de 100 metros, que es el espesor que presenta aquella formacion. Tambien las capas de arenisca arcillosa i las impresiones de plantas, con que se muestran en la ciudad de Valdivia, indican los aluviones que han tenido lugar repetidas veces, como lo observamos actualmente en los valles. Este movimiento gradual de depresion debió ser análogo al que tiene lugar en nuestros dias en la costa de Chile i en otros paises, así como al que debió efectuarse cuando se formaban los depósitos de combustibles, de que trataremos despues, correspondientes a la parte ménos antigua del período cretáceo.

Si se considera el largo trascurso de tiempo que ha debido mediar durante la formacion de las capas del terreno de que se trata, es necesario admitir tambien que las traquitas han salido en una época que no pertenece precisamente al fin del período terciario, como se ha dicho alguna vez.

De manera que esta formacion terciaria corresponde a uno o varios sollevamientos intermediarios entre la aparicion de los volcanes i la de las traquitas, que han hecho salir de las aguas los valles de las provincias de Valdivia i de Llanquihue, las islas de Teuglo, Maillen, Chauques, Caucahue i Quinchao, que pertenecen al Archipiélago de Chiloé; i probablemente, muchas otras que se encuentran situadas en la prolongacion del valle longitudinal. (e).

FORMACION LACUSTRE.—Anteriormente, tratando de la formacion cuaternaria, hemos recorrido la larga estension que ocupa. Este terreno se encuentra, sin embargo, en las partes bajas del valle longitudinal compuesto de una arcilla sin estratificacion, i que proviene de los elementos de las rocas, principalmente graníticas, depositadas tranquilamente por las aguas. Esta arcilla es de una estructura terrosa muy fina, en los pequeños lagos donde ha sido depositada; otras veces, en las arcillas del gran valle central, se encuentran capas de lignita, que, a juzgar por su estructura i su densidad, parecen pertenecer a depósitos mas modernos que los de Lota i Coronel; tales son las capas de combustible que se encuentran en los alrededores de Nacimiento.

Ahora, si pasamos a considerar las rocas que limitan esta formacion, observaremos primeramente hácia la parte superior la transicion con el terreno de acarreo, de que tratamos en la formacion cuaternaria la cual se efectúa muchas veces por capas de conglomerado de toba volcánica, mientras que la parte inferior descansa sobre margas, sienitas, mica-esquita, areniscas etc.: en una palabra, sobre rocas mucho mas antiguas, que marcaban el límite de las hoyas en que se reunian los depósitos terciarios. De manera que, así como estos depósitos nos representan el espacio ocupado por los lagos terciarios, las rocas mas antiguas nos presentan las islas i cadenas de cerros que las separaban. Pero si nos proponemos estudiar la superposicion del terreno lacustre,

(e) En esta nota indicamos solamente la direccion que debe haber seguido el sollevamiento de la arenisca arcillosa, para suministrar un dato a las personas que quieran hacer mas estudios sobre este objeto. Parece que la direccion de este levantamiento puede representarse por el azimut del arco de círculo que une la ciudad de Valdivia con el cerro Amortajado, situado en la desembocadura del rio Maullin: este azimut es (sur 10° 15' oeste) contado en el horizonte de Valdivia, siendo la posicion jeográfica de esta ciudad (latitud 39° 49'; lonjitud 2° 40' al oeste de Santiago); i la del Amortajado (latitud 41° 37'; lonj. 3° 6').

no ya en los límites de las hoyas terciarias, sino en el centro o en puntos donde podamos examinar la naturaleza de estos depósitos, pocos lugares nos serán favorables para este exámen, a causa de la uniformidad que presentan los estensos valles que componen el terreno lacustre. Así es que no omiteremos los ejemplos que puedan presentarse, i llamaremos la atencion al corte del terreno formado por la catarata del Laja.

En efecto, en el estenso valle que forma el centro de Chile i que se dirige desde Chacabuco para el sur, encontramos el Bio-bio, el mas caudaloso de nuestros rios. Uno de sus afluentes, el Laja, forma poco ántes de la confluencia, la catarata designada con el mismo nombre. Allí el rio se divide en dos brazos, forma una isla, i la gran masa de agua se precipita a una profundidad comprendida entre 20 i 25 metros. Este pintoresco lugar se encuentra situado aproximativamente, donde el gran valle longitudinal toma su mayor anchura (80 quilómetros), i hácia su parte central.

Allí veremos el terreno de acarreo (compuesto de arenas i rocas volcánicas) descansar sobre la arenisca de oríjen marino, que, a la misma latitud, contiene en Concepcion los depósitos de combustible (f). Del mismo modo puede observarse, dirijiéndonos al norte del salto, la relacion en que se encuentran las arcillas que componen el terreno lacustre de la llanura de Colchagua, con los depósitos marinos referentes a la época terciaria, que describiremos cuando se trate del terreno de Bucalemu, que es anterior a la formacion que nos ocupa.

La llanura central, ántes del solevantamiento que la puso fuera de las aguas, debia formar lagos, o mas bien, una serie de golfos, donde se han depositado sedimentos arcillosos, de la misma manera que los vemos formarse en las aguas estancadas. Durante esta época de reposo, han podido desarrollarse los mamíferos de especies desaparecidas hoi dia, tales como los restos de mastodontes encontrados en la

(f) El órden en que se suceden las capas de terreno, ha sido descrito por el señor Domeyko, *Anales de minas*, tomo II. Es el siguiente:

- A. Despues de la tierra vegetal viene una capa B.
- B. Compuesta de conglomerados volcánicos, de gruesos fragmentos de rocas análogas a las que arroja el volcan de Antuco, cuya distancia al salto es considerable.
- C. Conglomerados pasando a tofos volcánicos; los fragmentos de rocas son menores que las anteriores.
- D. Rocas arcillosas, blandas, de color amarillo rojizo, con granos blandos de color oscuro subido, presentando granos concéntricos mas o ménos redondos (pisolithique ocraceos.)
- E. Margas grises, ásperas al tacto.
- F. (Tosca)—arenisca terciaria semejante a las que encierran los depósitos de lignita, que se encuentran en la costa de Concepcion, de color ceniciento.

laguna de Tagualagua. Pero luego viene un gran trastorno que solleva el fondo del estenso lago i otros menores (al norte) que se encuentran en iguales circunstancias. Las aguas son arrojadas, dejando sepultados en las partes mas bajas los animales que vivian en esa época.

Relacionados con ese sollevamiento, hai hechos de importancia que conviene observar. I en efecto, la semejanza de caracteres notada por d'Orbigny entre el terreno pampeano (g) de la banda Oriental i el de Chile, le ha determinado a considerarlos como pertenecientes a una sola época. Por otra parte, ya hemos notado que los conglomerados de las rocas asociadas a las traquitas descansan sobre la arenisca de orijen 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 tendremos ocasion de ver cuando tratemos de las rocas endojénicas, no puede 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; j de la misma manera que éste, es caracterizado, en cuanto a su antigüedad, por especies desaparecidas de grandes animales terrestres. El terreno lacustre de Chile, sobreponiéndose a la arenisca de orijen marino, es posterior a la formacion de Bucalemu (que veremos despues); i así mismo, los restos de mamíferos estinguídos nos comprueban que el período jeolójico a que debe referirse la formacion que nos ocupa, es hácia el fin del período terciario designado con el nombre de Plioceno.

FORMACION TERCIARIA DE LA COSTA.—Despues de haber hablado de la formacion mas moderna del período terciario (perteneciente a Valdivia i Maullin), pasamos a ocuparnos ahora de otra subformacion mas antigua que la precedente, i correspondiente siempre al mismo

(g) La composicion del terreno pampeano dada por d'Orbigni es la siguiente:

1.º En la parte inferior arenisca de orijen marino, con moluscos de especies estinguídas.

2.º Un poco mas arriba se compone de arenisca, en que se encuentran huesos de mamíferos i de maderas fósiles.

3.º Esta capa soporta al norte otras de areniscas i arcillas alternadas; éstas últimas contienen mucho yeso, sal, areniscas azulejas.

4.º En fin, en la parte inferior, se encuentran al norte como al mediodia, capas conteniendo areniscas i calcáreas alternadas, la ostra patagónica i encima conglomerados marinos, encerrando de los dos lados, a 100 miriámetros de distancia, tres especies idénticas, que prueban su contemporaneidad. Hai, pues, semejanza (en las dos vertientes) no solamente de estension relativa i composicion, sino tambien en los cuerpos organizados; esta semejanza de caracteres ha determinado a Mr. d'Orbigni a considerarlos como pertenecientes a una sola época. (1)

(1) Extracto de la obra de d'Orbigni por Beau nou.

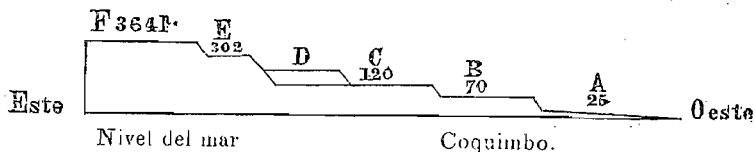
período geológico. Esta formación se compone de capas de areniscas i de arcillas, casi siempre de un color gris amarillento o amarillo rojizo; tambien constituyen esta formación capas de conglomerados, cuyo color predominante es el gris. Todas esas capas presentan fósiles en muchas partes, i por consiguiente, son susceptibles de clasificarse aun aisladamente, mediante un estudio detenido sobre aquellos fósiles. Con el fin de que esta clasificación se haga de una manera mas conveniente, sería necesario comparar las diferentes especies de los fósiles con las que actualmente viven en el mar; deducir la relación en que se encuentran; i entónces, designarles el lugar que ocupan en el período terciario.

Aquellos terrenos se encuentran en la costa formando como lagunas, por decir así, en medio de la formación *siluriana*, en que se apoyan jeneralmente, o sobre los granitos que la reemplazan. Algunas veces, el terreno se encuentra dividido en escalones, o bien forma una serie de lomas que se van elevando sucesivamente hácia el naciente. Tomaremos en estos dos casos los ejemplos mas notables que presenta la formación terciaria; i aun cuando los lugares en que ésta se muestra, se encuentren interrumpidos muchas veces por grandes distancias, sin embargo, podemos relacionar los depósitos por la analogía de los caracteres con que se presentan

FORMACION DE COQUIMBO.—Una de esas formaciones es la que se encuentra en el puerto de Coquimbo, donde el terreno ha sido dividido en escalones. Mr. Darwin ha descrito estos escalones manifestando dos cortes del terreno, uno dirijido de norte a sur, i el otro dirido de este a oeste; i son los siguientes: (h).

Sección este oeste de los escalones que forman los llanos en Coquimbo, por el lado de la bahía.

Fig. (1.^a)



A—Tiene como una milla de ancho, sube insensiblemente hasta la altura de 25 piés, donde principia la barranca del segundo llano: es arenoso, en parte cubierto de pajonales i de pantanos, todo sembrado de conchas.

(h) *Anales de la Universidad de Chile*, sexta entrega, 1860. Memoria de don Ignacio Domeyko.

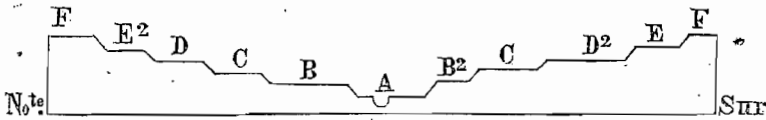
B—En este escalon está la ciudad: sube con mayor rapidez que el anterior, hasta la altura de 70 piés, en cuya altura principia la barranca del 3.º **C**, entre el cual i **E**, señala Darwin al sur de la ciudad otro escalon, **D**.

E—Es mui angosto, pero bastante visible sobre la ciudad.

F—Es el llano que domina a los demas i va elevándose insensiblemente hasta el pié del primer cordon de los cerros, al este de la ciudad.

Seccion trasversal del valle de Coquimbo, de sur a norte.

(Fig. 2.ª)



A—Corresponde esta seccion al lugar en que este llano inferior se halla a unos 100 piés sobre el mar.

B—Este llano se estiende mucho por el lado del norte, a cierta distancía del mar, i no se ve por el lado del sur.

C—Tambien tiene bastante estension de ambos lados en la parte distante del mar.

E—Tiene bastante estension por el lado del sur, i parece estar en la prolongacion del llano **E** de la seccion anterior.

F—Se une con los llanos mas elevados de la costa; va angostándose a medida que nos alejamos de la bahía; i a unas 11 o 12 millas, desapareciendo los demas, es el único que queda, i forma pasos bastante angostos en las faldas de los cerros.

Ahora que conocemos la disposicion que ocupan esos escalones, se comprenderán mejor los hechos jeolójicos que han tenido lugar. Desde luego, debe advertirse que, tanto la naturaleza del terreno como los fósiles que contiene, demuestran evidentemente la existencia en alguno de esos escalones, de tres capas que se refieren a tres épocas distintas, segun la clasificacion que ha hecho d'Orbigni de los fósiles que le han remitido a Francia.

Así, en la parte sur del escalon inferior, se muestra una capa de grandes *ostras*, que descansa sobre el granito, i soporta otras que son tambien de areniscas, pero ménos duras que la inferior, i que contienen conchas análogas a las que viven en el mar; miéntras que las señaladas en la primera capa, han desaparecido en la época actual. En los otros escalones, no se muestra aquella capa que contiene las otras

mencionadas, con escepcion del superior, en el cual están representadas las tres épocas de que hemos hablado.

En efecto, en la parte superior (quebrada de los Loros), se notan las capas de arena (segun el señor Doneyko) con fósiles cuyas especies son análogas a las que viven en el mar, i que representan la formacion cuaternaria de que ya hemos hablado. A continuacion, se nos manifiesta una arenisca mezclada con partes calcáreas, cuyo color es amarillo bastante oscuro, conteniendo algunas ostras de especies desaparecidas hoi dia, tales como las que se han indicado en el primer escalon, juntas con una *terebrátula* que vive en la costa de Chile. Esta parte compone la segunda época a que nos hemos referido. Las capas inferiores de este escalon se apoyan sobre el terreno granitoide, i una de ellas se compone, segun d'Orbigny, de una arenisca muy tosca, muy dura, de color gris, compuesta de granos gruesos de cuarzo i de felspato reunidos por un cimiento calcáreo, que contiene bastante bien conservadas o al estado de moldes las especies siguientes :

Bulla anbigua, d'Orb.	Venus petitiانا, d'Orb.
Fusus Cleryanus, "	Lucina chilensis, "
Fusus Petitiانا, "	Cardium auca, "
Venus Hanetiana, "	Myra Coquimbensis, "
Venus incerta, "	Tellina Hanetiana, "
Venus Cleryana, "	Oliva Serena, "
Lucina auca, "	Perna Gaudichaudi, "

Debemos observar en la descripcion que hemos hecho, los caracteres que nos representan tres épocas distintas. En primer lugar, las capas de terreno que contienen fósiles cuyas especies viven en la costa vecina, nos muestran la formacion cuaternaria. En segundo lugar, los fósiles de especies desaparecidas hoi dia, asociadas a otras que viven en el mar, nos manifiestan un período intermediario entre el primero i el último, que solo contiene especies desaparecidas de la época actual.

Establecidas estas tres épocas, nos parece no puede admitirse lo que dice Darwin, "que las cinco barrancas señalan otros tantos períodos de reposo relativo, en medio del movimiento ascencional de la costa, durante los cuales, el mar ha podido roer i desmoronar las riberas del continente." Admitiendo que ha habido interrupciones entre los tres períodos jeolójicos, i que las capas mas modernas (cuaternarias) se apoyan sobre la mas antiguas, es necesario admitir tambien que el suelo ha experimentado movimientos que han producido emersiones e inersiones repetidas, causando por estos accidentes la division en escalones del terreno de que tratamos.

Dejando ahora a un lado la formacion cuaternaria, de que nos hemos visto obligados a ocuparnos, consideraremos solamente las capas mas antiguas que las de esta formacion. Segun lo que hemos dicho, esas capas se refieren a dos épocas distintas, siendo caracterizada la ménos antigua por una especie que vive actualmente en la costa de Chile; miéntras que todas las especies descritas por d'Orbigni en las capas más antiguas, han desaparecido de la época actual.

Todos estos fósiles han sido considerados por d'Orbigni, Gay, Domeyko, como pertenecientes a la formacion terciaria; sin embargo, cuando se estudia esta formacion mas al sur, se observa que la parte correspondiente a la época eoceno descansa, en el Algarrobo, en estratificacion discordante, sobre la parte superior de la formacion (cretácea) de que nos ocuparemos despues. Esta última formacion es caracterizada en el Tomé principalmente por la presencia de baculitas; i aun cuando en Coquimbo no se halla encontrado esta clase de fósiles, sin embargo, la indentidad en algunas especies (en esas localidades), i la superposicion del terreno terciario en el Algarrobo sobre la parte superior de la formacion cretácea, donde no se han encontrado tampoco las baculitas, pueden dar lugar a creer que las capas mas antiguas de Coquimbo, descritas por d'Orbigni, pertenecen a la parte superior de la formacion cretácea, esto es, contemporánea con la del Tomé i Quiriquina.

Aquella distribucion del suelo en escalones se observa en muchos puntos de la costa de Chile, tales como en Huasco, donde se ven mejor desarrollados que en Coquimbo; en Freirina, cuyo número coincide, segun el señor Domeyko, con el de Coquimbo; en Vallenar, descritos por Darwin etc.

FORMACION DE PUCHUNCAVÍ.—Siguiendo al sur de Coquimbo, notaremos que la formacion terciaria desaparece en la costa de la provincia de Aconcagua bajo los terrenos cuaternarios, i vamos a encontrarla en la de Valparaiso, en la hoya que se estiende (i) desde el arroyo de Quinteros hasta la estremidad de la llanura de Puchuncaví. Las capas de este terreno presentan una lijera inclinacion de este a oeste, elevándose gradualmente desde la costa, donde alcanzan cuando mas una altitud de 40 metros. Este terreno se compone de areniscas calcáreas de color amarillento, i se hacen notables por contener una capa de tripolí "de una blancura hermosísima," en la cual ha observado M. Pissis la existencia de una inmensidad de infusorios que han

(i) Descripcion de la provincia de Valparaiso por A. Pissis.

pasado al estado silíceo. "Examinándolas al microscopio, reconoció las especies *Gallyonella distans*, *Baccilarea vulgaris*, *Monas* i cuerpos alargados que parecen pertenecer a la *Spongilla*, especies que son idénticamente las mismas que las observadas por Mr. Ehrenberg en el tripoli de Bilin". En seguida, el autor, reflexionando sobre el espesor de esta capa que varia entre 14 i 15 centímetros, i la inmensidad de esos animalitos, desde que cada centímetro cúbico contiene 4,000 millones de ellos, concluye notando el gran número de años que han debido sucederse para formar una parte tan pequeña del período terciario.

FORMACION DEL ALGARROBO I BUCALEMU. — La formación terciaria es interrumpida despues por los granitos que forman la cadena de la costa de la provincia de Valparaiso hasta el Algarrobo, donde vuelve a mostrarse la formación terciaria inferior, presentando mesetas cuya altitud pasa de 100 metros. Estos terrenos se componen de areniscas amarillentas i arcillas calcáreas, que se apoyan (unas pocas cuabras al sur del pueblo) sobre capas de areniscas muy duras, de un color gris oscuro, i que contienen, como en el Tomé, masas redondas de algunos decímetros de diámetro llenas de fósiles. Estas últimas rocas pertenecen ya a la parte superior de la formación cretácea, mientras que las primeras pertenecen al mismo terreno de Bucalemu, que seguiremos describiendo.

Siguiendo siempre por la costa hacia el sur, encontramos otra capa de arenisca que presentan ménos elevacion, ménos dureza que las precedentes, i que pertenecen al período cuaternario. Mas al sur, siguen los granitos de San Antonio; pero desde la hacienda de Sto. Domingo, encontramos la formación terciaria casi sin interrupcion hasta el estero de Topocalma, i es la parte de la costa en que toma mas desarrollo, tanto por el espesor como por la estension que ocupa. Estos terrenos, compuestos de una serie de capas arenosas de color gris, que es alterado algunas veces por el óxido de hierro haciéndolo amarillento, encierran fósiles, en las capas calcáreas, i entre éstos, indica M. Pissis que existe una gran cantidad de conchas *bivalvas* perfectamente conservadas. "Allí se notan *almejas citereas*; i entre *univalvas*, una especie de *Natica*. Aquellas rocas alcanzan, segun el mismo autor, hasta la altitud de 400 metros; caminando hacia el naciente, desaparecen bajo el terreno de acarreo, o terminan al pié de los cerros graníticos de la costa. Conviene observar, por otra parte, que esta formación manifiesta una transición de las formaciones marinas a las lacustres.

Mas al sur, la formacion terciaria experimenta una larga interrupcion. Se muestra algunas veces en la desembocadura de los rios; i en la provincia de Concepcion, presenta capas de arcillas i de areniscas que contienen algunas capas de lignita de 3 o 4 decímetros de espesor, i que se apoya sobre la parte superior de la formacion cretácea, que encierra capas de combustible, que se explotan en Coronel, Lota i Lebú.

PERÍODO JEOLÓJICO A QUE PERTENECE LA FORMACION.—Para fijar bien las ideas sobre el lugar que ocupan en la serie terciaria los terrenos que acabamos de describir, conviene esponer los trabajos paleontológicos de M. Alcides d'Orbigni; he aquí el resultado de sus investigaciones.

D'Orbigni, para juzgar de la antigüedad de aquellos depósitos, compara esos fósiles con las especies que viven en el mar, i no halla ninguna relacion, aun en las formas jenéricas, desde el momento que no se encuentra en esa parte de la costa (j) *Natica*, *Fusus*, *Pyrula*, *Trigonia*, *Cardium*, ni *Arca* (k). (Lo que parece que mas bien debe aplicarse a depósitos mas antiguos que los que acabamos de describir, como son los de la isla de Quiriquina, i que M. d'Orbigni mira como pertenecientes a la misma época que los de Coquimbo).

De ahí concluye d'Orbigni que el terreno a que pertenecen los fósiles examinados por él, debe referirse a un período jeolójico mui distante de la época actual. En seguida, para asignarles el lugar que les corresponde en la escala jeolójica, compara aquellos fósiles con los del terreno terciario de la hoya de Paris, i encuentra mucha semejanza.

El resultado de esa comparacion lo estiende M. d'Orbigni, no solo a los terrenos terciarios de Chile, sino tambien a los de la Patagonia, lo que conviene observar, i consiste en admitir que los principios siguientes se aplican igualmente a los terrenos terciarios de Paris i a los terciarios de las dos vertientes de la cordillera.

1.º Ninguna de las especies fósiles se encuentra viva en las mares vecinas.

2.º Ninguna de las especies tiene sus idénticas en los mares lejanos (l). (M. d'Orbigni aplica esto mismo al terreno de Paris, rehusando admitir lo que otros paleontológicos reconocen, identidad en algunas especies con las que viven actualmente).

(j) Se refiere a Coquimbo i a la isla de Quiriquina (bahía de Talcahuano).

(k) Los fósiles que han servido a M. d'Orbigni para esa clasificacion le han sido entregados en Francia.

(l) E. de Beaumont.

3.º Los jéneros, cuando se encuentran en los mares vecinos, estan en rejiones mas próximas al ecuador i mas calientes.

4.º Un gran número de los jéneros encontrados al estado fósil faltan hoy en los mares vecinos, i algunos aun han cesado de existir.

En vista de esas razones, M. d'Orbigny asigna a aquellos terrenos la edad de los de la hoya parisiense.

Nosotros reforzaremos esa opinion con las palabras de M. Pissis respecto a la formacion, que hemos descrito, de Bucalemu. "Las areniscas que componen ese terreno contienen conchas que son características del período terciario; entre éstas, hai algunas que son absolutamente idénticas con las que se encuentran en el terreno terciario de la hoya de Paris; tales son la *natica crassatina* i la *cytherea elegans*, inui abundantes en las areniscas de Bucalemu i que se hallan en las capas que cobijan la caliza tosca en la hoya de Paris."

Consideraremos, por consiguiente, para la formacion de Bucalemu, Valparaiso etc., el período *eceno medio*, que, segun las últimas investigaciones, representa el de la hoya parisiense. Pero hallándose tambien las baculitas en la parte inferior del terreno de Bucalemu, referimos esta última a la formacion que pasamos a describir en seguida.

FORMACION CRETACEA.

CRETÁCEA SUPERIOR.

La parte superior de la formacion cretácea se muestra de trecho en trecho en la costa de Chile, ocupando, por consiguiente, la misma colocacion que la subformacion mas antigua del período terciario.

No obstante, como en las publicaciones sobre la jeolojía de Chile se ha considerado la formacion que nos ocupa como perteneciente tambien a la formacion terciaria, tendremos que entrar en algunos detalles para esponer los motivos que nos inducen a separar estas dos formaciones.

Observaremos desde luego que anteriormente, tratando de la formacion terciaria de Bucalemu, se ha dicho que las capas de terreno que la componen se muestran en el Algarrobo, donde descansa en estratificacion discordante sobre otras capas tambien de areniscas, pero mui duras i de un aspecto completamente distinto de las que pertenecen a la formacion terciaria. Esas areniscas se apoyan en aquella localidad sobre los granitos representantes de la formacion siluriana; i son idénticas por sus caracteres a las rocas que se muestran

en el puerto del Tomé, donde se apoyan también sobre la formación siluriana.

A esta formación (cretácea), se refieren los depósitos de combustible que se explotan en Coronel i Lota, así como también los de Lebu, Párgas, i probablemente los de Magallanes. La presencia de estas capas de combustible i el aspecto especial de las rocas a que se encuentran asociadas, permiten reconocer la formación que nos ocupa en los depósitos que se encuentran a grandes distancias, aunque sean interrumpidos por otros de distinta naturaleza.

Espondremos, pues, las principales circunstancias que caracterizan esta formación, escojiendo un lugar favorable que nos permita clasificar las rocas a que hemos aludido, i relacionarlas con las capas de combustible. Nos concretaremos entónces a un lugar determinado que sirva de base a esa clasificacion, para lo cual, preferiremos la formación de arenisca que nos presenta el puerto del Tomé, en la provincia de Concepcion.

Principiaremos por considerar las escarpaduras del cerro que se estiende en el puerto del Tomé a lo largo de la playa comprendida desde la estremidad sur del pueblo hasta Bella-vista. Este terreno forma una faja como de dos kilómetros de largo, su ancho no excede de 40 metros i su altura de 30 metros sobre el nivel del mar.

Para mayor claridad, daré el cróquis siguiente que he sacado desde la playa.

(Fig. 3^a)



a — Arenisca de color amarillo verdoso, con partículas brillantes de mica; no hace efervescencia con los ácidos ni presenta fósiles.

c — Roca que tiene el aspecto de un conglomerado (de granos pequeños) que los mineros de Coronel i de Lota, llaman *tosca*. En esta roca se encuentran esparcidas capas de masas redondas o elipsoidales de varios decímetros de diámetro, i cuyo aspecto presenta dos sustancias principales. La mas abundante tiene estructura granuda, gruesa, color gris oscuro i se encuentra como impregnada, en algunas partes, de la otra sustancia cuyo color es blanco ceniciento, que da entónces a la roca un color mas claro, dominando en el conjunto el

gris; es muy dura, da chispas con el acero i hace efervescencia con los ácidos.

2.ª—En la parte superior, una capa de arenisca idéntica con (a).

De la enumeracion que acaba de hacerse, se deduce desde luego que las areniscas designadas por (a) son mas antiguas que las rocas conglomeradas designadas por (c), desde el momento que esta última descansa en estratificación discordante sobre la primera, la que a su vez se apoya sobre las esquistas pertenecientes a la formacion sedimentárea mas antigua de Chile.

Los fósiles contenidos en aquellas masas redondas son numerosos. Citaré solamente los mas abundantes:

Baculita anepps.

Baculita faujasü.

Id. (especie que no ha sido descrita).

2. *Mytilus araucanus.*

3. *Patella auca.*

4. *Cardium auticostatum* (24 costas).

5. *Arca araucana* d'Orb. (23 costas gruesas).

6. *Natica ataucana* d'Orb.

La especie 2 es idéntica a la que aparece en la formacion de Coquimbo; pero todas ellas han desaparecido de la época actual.

Lo que es notable sobre todo en el terreno que describimos, es la inmensa cantidad de baculitas: hai grandes peñascos compuestos de millares de estos fósiles, que se encuentran trabados en todas direcciones en una roca durísima de conglomerado; solo se pueden sacar fragmentos de esas especies; i su presencia nos indica, como las demas especies mencionadas, el período jeolójico a que pertenece el terreno en que se encuentran—En efecto, puede notarse que en las formaciones referidas a la parte superior de la formacion cretácea, tanto en Europa como en los Estados- Unidos, figuran con frecuencia las baculitas como una especie comun a esos terrenos; i en ese pais, “de sesenta especies que se refieren a la formacion de que tratamos, quince son miradas por Mr. Forbes como excelentes representantes jeográficos de fósiles cretáceos bien conocidos de la Europa,” entre las cuales hallamos varias especies de baculitas. Esta semejanza entre el terreno cretáceo de Chile i el de otros países la encontramos, no solo en los fósiles, sino tambien en la naturaleza de los depósitos: los núcleos o masas redondas del Tomé

aparecen tambien en la formacion cretácea de Inglaterra; i llamamos la atencion a esta última circunstancia, porque puede servirle al jeólogo para reconocer en Chile la formacion que nos ocupa.

Despues de lo que acaba de esponerse con respecto a la formacion del Tomé, i recordando ademas lo que hemos dicho en las formaciones terciarias, cuando se trató de fijar la edad de los terrenos que corresponden a la parte ménos antigua de este período, resulta que ha habido una interrupcion entre el depósito de las areniscas verdosas micáceas designadas por (a), i el de los conglomerados designados por (c). Hubo un solevantamiento que trastornó las capas de areniscas en una época perteneciente a la parte superior de la formacion cretácea; en seguida, se depositaron sobre esas areniscas los conglomerados que fueron solevantados en una época correspondiente a la parte superior de la formacion cretácea.

Pasamos ahora a examinar esta misma formacion en la Quiriquina, cuyos fósiles han sido estudiados por algunos paleontologistas distinguidos (tratando del terreno terciario de Chile). De esta manera, estableceremos mejor las relaciones que existen entre la formacion que describimos, i el terreno carbonífero de Lota o Coronel, que aparece en parte en la Quiriquina.

Los fósiles descritos por d'Orbigni pertenecientes a esa isla, se refieren a dos capas de diferentes terrenos. Una de ellas, formada de arenisca dura, verdosa, micácea, en masa de calcárea, contiene con numerosos fragmentos de madera las especies siguientes:

<i>Natica araucana,</i>	d'Orbigni
<i>Fusus difficilis,</i>	—
<i>Pyrulla longirrostra,</i>	—
<i>Trigonia hanejiana,</i>	—
<i>Cardium anticostatum,</i>	—
<i>Mactra cecilleana,</i>	—
<i>Chenoconcha largillierti,</i>	—

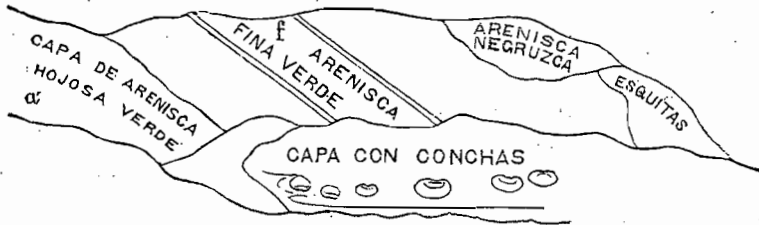
La otra capa se compone de arenisca amarillenta, ménos dura, mas calcárea, en la cual se encuentran las especies siguientes:

Venus auca, d'Orb. *Arca araucana,* d'Orb.

Debe advertirse que la especie de *Trigonia* remitida a d'Orbigni, i que él mira como un caso raro en este terreno, no pertenece a los fósiles de la Quiriquina, sino a un cerro de calcárea del período jurásico, situado en los Andes, en la Araucanía.

Los fósiles mencionados anteriormente deben referirse, como en el Tomé, a la parte superior de la formación cretácea. Para hacer ver ahora la manera como se corresponden las capas de terreno de la Quiriquina i del Tomé, damos a continuación el croquis siguiente, que ha sido indicado por M. Crosnier en una memoria sobre los terrenos terciarios de Concepcion (II).

(Fig. 4.^a)



Segun este croquis, parece que las capas (f) descansan en estratificación discordante sobre la (e') o sobre la (a'). La capa (c') se encuentra interrumpida por las arenas blancas que deben pertenecer a la formación cuaternaria; pero debe sobreponerse a la capa (a'). Observaremos además que M. Crosnier dice que las areniscas son unas veces de grano fino que no hacen efervescencia con los ácidos, i otras veces de grano grueso que contienen núcleos elipsoidales; por consiguiente la capa (c') debe ser análoga a la que hemos designado por (c) en el Tomé, que se sobrepone en estratificación discordante a otra (a). Los fósiles de la Quiriquina remitidos a d'Orbigni deben pertenecer a la capa (c'), la cual corresponde a la parte superior de la formación cretácea; mientras que las capas de arenisca negruzca o verdosa, de grano fino, que forman la parte superior del terreno lignífero de Talcahuano i de Lota, pertenecen ya al período terciario.

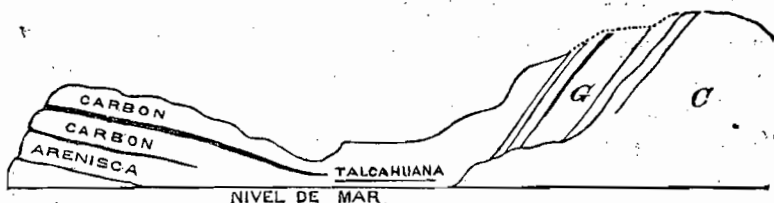
Si del Tomé pasamos a considerar la llanura en que se encuentran las ciudades de Concepcion i Talcahuano, que presenta una superficie como de 13,000 cuadradas, observaremos la misma formación cretácea en varios cerritos que se elevan en medio de esa llanura, tales como el de los Conejos, en la hacienda de Hualpen, donde aparecen los jéneros *cardium*, *susus* etc., i en Concepcion i Talcahuano, donde se muestran las baculitas que se presentan en el Tomé i Quiriquina. Las estratas que componen ese terreno desaparecen bajo el aluvión que cubre la llanura. Pero en Talcahuano aparecen sobre

(II) Descripción de un terreno terciario lignífero de los alrededores de Concepcion. *Anales de Minas*, Paris 1851. tomo 11, por M. Crosnier.

las estratas que presenta esta formacion, otras que encierran capas de lignita, que se refieren a la formacion terciaria caracterizada por turrítelas, como en varias partes de la costa de Chile, i que deben separarse del resto del terreno que pertenece a la parte superior de la formacion cretácea, segun hemos visto.

En efecto, se observan en Talcahuano, en la colina pordonde pasa el camino que se dirige a Concepcion, dos capas de carbon que no alcanzan a tener un metro de espesor i que se apoyan sobre las estratas que, bajando desde la parte mas elevada, se inclinan hácia el naciente. La parte superior de la colina se compone de arenisca de color amarillo rojizo con granos de cuarzo esparcidos en la superficie i que contienen fósiles pertenecientes a la parte superior de la formacion cretácea (cardium). Aquellas capas se encuentran representadas en el cróquis siguiente en la colina (c):

(Fig. 5.ª)



Examinando el terreno, se reconoce que las capas C se sobrepone a la (c); pero no aparecen en la cima de la colina por los efectos de la denudacion.—Las capas de carbon que se han indicado son las mismas, en cuanto a su calidad, que las que aparecen en la parte superior del terreno lignífero de Lota i Coronel; pero no se les da explotacion.

SEPARACION EN EL TERRENO CARBONÍFERO DE CORONEL ETC., DE LA FORMACION TERCIARIA INFERIOR I CRETÁCEA SUPERIOR.—Ahora, si consideramos la colocacion que tienen esas capas de carbon en Talcahuano i la que ocupan éstas, respecto de la arenisca de grano fino de la Quiriquina, tanto en el terreno de Lota como en el de Talcahuano; si nos fijamos en las turrítelas que han sido halladas cerca de Talcahuano, en capas que se relacionan con los mantos de carbon mencionados (que es la especie que caracteriza principalmente los terrenos terciarios de Chile); si se considera tambien que hai muchas partes de la bahia de Arauco en las cuales esas capas no se muestran sobre aquellas areniscas, sino que aparece únicamente la formacion cretácea que hemos descrito i que hai discordancia en la

estratificación; i por fin, si se compara la clase de carbon que presentan los mantos mencionados, parece que deben considerarse todas esas capas de terreno i mantos de carbon como independientes de la parte inferior del terreno carbonífero que se explota en Coronel, Lota i Lebbú. Los mantos que hemos indicado en Talcahuano, así como la parte superior del terreno de Lota i Coronel, pertenecen al periodo mas antiguo de la formacion terciaria; mientras que los mantos inferiores de donde se extrae el carbon en las tres localidades espresadas, pertenecen, como se verá mas adelante, a la formacion cretácea del Tomé.

Mas al sur de la llanura de Concepcion, la formacion cretácea es interrumpida en la costa por esquitas silurianas, granitos i formacion terciaria; pero vuelve a mostrarse en el terreno carbonífero de Coronel, distante como 30 kilómetros al sur de aquella ciudad. En los cerros que rodean el terreno plano en que se encuentra situado el pueblo de Coronel, se observa en las escarpaduras que presentan; una serie de capas de areniscas de distinta naturaleza que alternan con capas arcillosas de menor espesor que las anteriores. Hacia la estremidad sur de aquel pueblo, se ven en la parte inferior del cerro capas de arenisca verdosa impregnadas de partículas de mica idénticas a las que se encuentran en el puerto del Tomé (designadas por (a), que sostienen las capas con masas elipsoidales fosilíferas. Caminando un poco mas al sur, se observan capas de color gris ceniciento, muy duras, que se sobreponen a las azulejas, de una estructura muy fina, con partículas de mica, las cuales se apoyan sobre otra capa de guijarros que sirve de base al terreno de que tratamos. De manera que las capas de carbon que vienen encima de las areniscas verdosas (a) ocupan respecto de éstas, la misma situacion que tienen los conglomerados i masas fosilíferas del Tomé con respecto a las mismas areniscas verdosas i micáceas. Las mismas rocas fosilíferas del Tomé, ocupan en Lebbú un nivel superior al de los mantos de combustible que se explotan en esta localidad; lo que nos da, por consiguiente, una nueva prueba de que esos mantos de carbon pertenecen, como en Coronel, a la parte superior de la formacion cretácea.

En la parte occidental de la bahia de Arauco, se observan en la caleta Trauco areniscas de color rojizo con granos de cuarzo esparcidos en el suelo, las cuales se apoyan sobre las areniscas micáceas verdosas que aparecen en Coronel, en el morro que se encuentra atravesado por un túnel en el establecimiento de Puchoco, i que pertenecen a la parte superior de la formacion cretácea. Sobre estas are-

niscas, descansan en Trauco, en la parte norte del cerro i hácia la base, en estratificación discordante, otras capas de areniscas terrosas, de color amarillo o gris, que desaparecen bajo del mar. Estas mismas capas se extienden en la parte superior de los cerros que rodean la bahía de Arauco, i se dirijen para el sur. De manera que la parte superior del terreno de Coronel, Lota, Arauco i su prolongación para Lebú, se refiere a la parte inferior de la formación terciaria; las capas del morro de Puchoco, las areniscas verdosas o azulejas que rodean el pueblo de Coronel, i la faja de cerros que se extiende desde Lavapié siguiendo la costa hasta Locobé, pertenecen a la parte superior de la formación cretácea.

La isla de Santa María, que forma parte de la bahía de Arauco i que está separada por un canal de Trauco i Lavapié, presenta tres formaciones distintas. En primer lugar, la parte mas baja pertenece a un sollevamiento muy reciente de esa parte de la costa de Chile que tuvo lugar, segun se dice, el año del terremoto que arruinó a Concepcion. En segundo lugar, la parte superior de la isla, hácia el poniente, se compone de areniscas de color gris bastante toscas en su estructura, que se convierten en algunos puntos en rocas conglomeradas con núcleos elipsoidales de menor dureza que los del Tomé: esta formación descansa en estratificación discordante sobre capas arcillosas bastante duras, de color blanco amarillento, divididas en estratas de algunos metros de espesor, como las capas de areniscas. La línea de separación de las dos formaciones se encuentra marcada en algunos puntos por trozos de lignita de buena calidad e impresiones de plantas, en la separación de las capas arcillosas con las de areniscas. Cada una de estas formaciones presenta en el conjunto de las estratas que la componen como cuarenta metros aproximativamente.

La formación superior, es decir, la de las areniscas pertenece a la formación terciaria, que debe corresponder a la que, un poco mas al sur de Párgas, descansa sobre el terreno carbonífero, mientras que las capas arcillosas pertenecen a la línea de separación de la formación terciaria con la formación cretácea. Estas últimas capas no se muestran en Lota; pero parece que en Lebú ocupan la parte superior del terreno carbónífero, razon por la cual este terreno presenta mayor espesor que en Lota: ademas esas capas se inclinan al sur un poco al oeste; mientras que las del terreno carbonífero de Trauco (frente a la isla) se inclinan al norte i han formado el canal situado entre Lavapié i Santa María, de la misma manera que las capas de la Quiri-

quina i del continente con distintas inclinaciones han dejado uno de los canales que separa esta isla.

Es evidente que ha habido un solevantamiento que puso fuera de las aguas las capas arcillosas; en seguida, un hundimiento de estas mismas capas bajo las aguas para dar lugar a la formacion de las areniscas; i por fin, un sólevantamiento correspondiente a una época, la parte inferior del período terciario, que puso fuera del mar las areniscas mencionadas i dió a la isla la situacion que tiene actualmente.

La parte superior de la formacion cretácea se manifiesta en Castro, perteneciente a la isla grande de Chiloé. En Ancud, las capas arcillosas que descansan sobre el granito son semejantes por su aspecto a las arcillas que componen el cerrito amarillo de Concepcion; pero presentan mayor elevacion que en esta última localidad, de la cual ya hemos hablado. Segun M. Gay, los fósiles encontrados en Ancud en unas capas de arenisca calcárea pertenecen a la parte inferior de la formacion terciaria.

Se ve, pues, segun lo espuesó, que tanto la formacion terciaria como la cretácea se presentan a menudo en la costa de Chile: en algunas partes, estas dos formaciones se muestran separadamente, o bien la mas moderna descansa sobre la mas antigua. En este último caso, se encuentran las localidades de donde se estrae el carbon que se explota en Chile. Pasamos ahora a estudiar mas detalladamente esta importante formacion, refiriéndonos sobre todo a los puntos en que la estraccion del combustible se ha verificado en mas abundancia.

DETALLES SOBRE LAS CAPAS DE CARBON.—Hasta el año de 1866, las únicas minas que se han explotado con utilidad pertenecen a Coronel i Lota; pero ya desde el año 67, han comenzado a escasear algunas minas del primero de esos minerales i a tomar importancia el de Lebú, situado 20 leguas al sur de Lota, donde las capas de combustible se encuentran mas desarrolladas que en los demas puntos explotados hasta hoy dia.

Mas al sur, se muestra el carbon, tambien en grande abundancia, en la caleta Párgas, situada 13 leguas al norte de Ancud, donde se cuentan once capas, de las cuales raras son las que bajan de un metro de espesor; pero es probable que algunas de éstas provengan de la ruptura de un solo manto.

En Magallanes, cerca de la colonia que lleva este nombre, la capa de carbon descubierta presenta doce piés de espesor. Aun cuando no

conocemos esta localidad, sin embargo, haremos presente que en Puerto Famine (en el Estrecho de Magallanes) existe la formacion cretácea del Tomé; i los ensayos que se han hecho de algunas muestras (m) dan aproximadamente los resultados obtenidos para el que aparece en la bahía de Arauco: de manera que por analogía nos vemos inducidos a mirar la formacion de carbon de Magallanes como análoga a la de Párgas, la cual pertenece en una parte a la formacion terciaria inferior, i en otra parte a la formacion cretácea superior.

Actualmente solo se estrae el carbon de Coronel, Lota i Lebú. Esta última localidad tomará en poco tiempo mas una grande importancia por la abundancia del carbon. Los reconocimientos hechos en varias partes de la costa de Chile dan lugar a creer que el carbon fósil de que tratamos se presenta en mayor cantidad a medida que avanzamos para el sur.

Aun cuando se muestran capas de combustibles en muchos puntos de la costa de Chile, sin embargo, advertiremos que no todas pertenecen a la formacion que describimos, lo que debe observarse sobre todo desde que comienza a mostrarse en la costa la formacion de arenisca arcillosa de Valdivia, i no es extraño entónces que el carbon sea de pésima calidad. Es lo que sucede, por ejemplo, en la formacion que hemos descrito en el Amortajado, cerro situado en la desembocadura del rio Maullin, distante cinco leguas al sur de Párgas que, segun se ha dicho ántes, pertenece a la parte mas moderna del período terciario. Lo mismo debe notarse con el carbon que, segun se dice, arroja el mar en el puerto del Corral, adonde se estiende la misma formacion del Amortajado. Al contrario, el carbon que se encuentra en la parte norte de la provincia de Colchagua es mui superior al del Amortajado; i para formarse una idea de su calidad, basta considerar la época a que pertenece el terreno descrito tratando de la formacion de Bucalemu i de Topocalma.

La cantidad de carbon que se estrae anualmente en Coronel i Lota puede estimarse en 200,000 toneladas, “de las cuales un sesenta por ciento corresponde a Coronel, i un cuarenta a Lota” (n). Todo el carbon de Lota ha sido estimado por un ingeniero ingles en cinco millones de toneladas; i la estension de las capas de carbon, averiguada tanto por las labores como por los barrenos dados en diversos puntos

(m) Informe de los señores Pissis i Domeyko.—*Anales de la Universidad de Chile*, tomo VII.

(n) Apuntes sobre la *Jeografía física i política de Chile*, por don Pedro L. Cuadra, 1869.

del terreno, se puede estimar hasta el año 61 entres i medio-millones de varas cuadradas, segun don Leonidas García, lo que hace ver que solamente hasta esa fecha se habia recojido por lo ménos la existencia de cuatro millones de toneladas en el establecimiento de Lota; i como, segun los trabajos de Puchoco en Coronel, se ve que las capas de combustible se prolongan debajo del mar, todos ésos cálculos, léjos de ser exajerados, deben elevarse a una cifra mucho mayor todavía.

Las capas de carbon en que se han emprendido trabajos, se reducen solo a dos, tanto en Lota como en Coronel; pero hai piques en que se han descubierto hasta siete capas, muchas de las cuales solo tienen algunos decímetros de espesor. De esas dos capas esplotadas, la que corre a mayor profundidad, designada por los mineros con el nombre de *segunda veta*, tiene por lo jeneral 1 metro 30 centímetros de espesor en Lota; i en Coronel, jeneralmente 1 metro 50 centímetros, pero baja a 1 metro 30 centímetros raras veces. La otra *veta* tiene 0^m 90 o 92 centímetros en Coronel. La direccion de todas las capas es norte 18° i la inclinacion baja a 9° al oeste.

En Lota, con el fin de buscar una segunda capa de carbon debajo de aquella que tiene 1^m 30 centímetros, se dió un barreno que pasó 50^m mas abajo de esta capa, i se encontró, segun el señor García, una capa de pndingas compuesta de piedras de cuarzo redondeadas i mezclada con arcilla roja ferrujinosa (que aparece en el cerro que separa el valle de Lota del de Colcura). Si se toma en cuenta el nivel que ocupa aquella capa de combustible, se ha reconocido con ese barreno una profundidad de 125^m: es precisamente la hondura que tiene el pique en el establecimiento de Puchoco, hasta llegar a la segunda capa. En playa Blanca, con un pique se reconocieron 45^m debajo de la segunda capa, lo que da un espesor de 170^m para el terreno carbonífero reconocido por ese pique, poniéndolo en relacion con el de Puchoco, donde la capa esplotada tiene 125^m de profundidad.

Las capas de carbon i las estratas en que se encuentran corren siempre con mucha regularidad, haciendo abstraccion de las fallas que hacen cambiar el nivel de las capas. Así en Lota, en el pique de Chambique, un dique de 34^m de ancho con una direccion norte 40° este se prolonga en las labores de Lotilla, i ha alterado en 25^m el nivel de las capas de combustible. Es de notar que esos diques, que atraviesan con frecuencia el terreno de que se trata, nunca pertenecen a rocas de oríjen ígneo, sino por el contrario a sustancias arcillosas, que

parecen haber llenado los vacíos producidos por los movimientos del terreno.

También se observan otros accidentes, de los cuales mencionaremos las quebraduras i la disposición en ondas de las capas de combustible, esplicados en la nota (o).

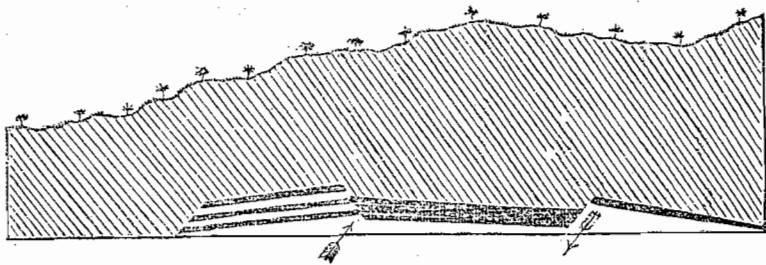
Además, sucede algunas veces que las capas de carbon son interrumpidas por farellones que se interponen en esa capa, i va ha encontrarse el combustible que se busca del otro lado del farellon, en la prolongacion que traia: es evidente, pues, que esos cerrillos o farellones existian ántes del depósito de los vejetales que han formado el carbon.

FORMA BAJO LA CUAL SE PRESENTA EL TERRENO CARBONIFERO.—
El terreno carbonífero de que tratamos se presenta bajo la forma de

(o) En esta nota damos con mas detalle los accidentes que experimenta en algunas partes el terreno carbonífero, accidentes que han sido descritos por don Paulino del Barrio en un *Informe sobre las minas de Coronel i Lota*.

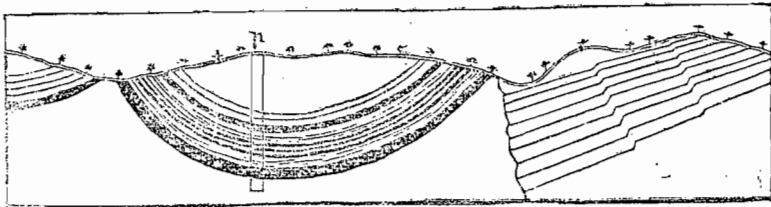
1.º *Quebraduras*.—Las quebraduras propiamente tales suelen alterar la naturaleza de la capa, segun lo indica el señor Barrios en la memoria citada. Así, observa en la mina Sebastopolito (en Merquina) dos quebraduras próximamente paralelas, pero de opuestas inclinaciones, que presentan en el medio una de las vetas mas potentes del mineral, pues su altura llega a 2 metros 40 centímetros, encontrándose interpuestas en el carbon dos capas de 10 a 15 centímetros de arcilla carbonifera i piritosa; pero su potencia disminuye despues de la quebradura hasta el punto de ser infractuosa la explotacion. La figura que sigue, que es un corte del cerro por un plano vertical que pasa por una perpendicular a ambas quebraduras, manifiesta muy bien este fenómeno.

(Fig. 6.ª)



2.º *Ondas*.—Solo se ha observado un ejemplo de esta clase de accidentes en el terreno carbonífero de Chile, que ha sido representado en la figura siguiente por don Paulino del Barrio. Esta figura se refiere a la parte de los cerros a cuyo pié se encuentra el pueblo de Coronel.

(Fig. 7.ª)



colinas que avanzan hasta el mar, o bien de llanos de poca estension que se unen insensiblemente con la playa desde el pié de esas colinas. Presenta jeneralmente un suelo arcilloso de color amarillo rojizo. Las colinas estan separadas al naciente por cerros que se distinguen de las precedentes, no solo por la elevacion, sino tambien por las pendientes mas rápidas i escabrosas de las montañas que componen la cordillera de la costa.

En las escarpaduras que presentan esas colinas, lo que tiene lugar casi siempre al rededor de la playa, se manifiesta jeneralmente un conjunto muy ordenado de capas de areniscas, principalmente amarillentas; otras veces grises algo blanquecinas, verdosas, impregnadas de partículas de mica; las estratas inferiores son areniscas azulejas de estructura muy fina, a las cuales suceden otras de un gris ceniciento, o capas margosas de este mismo color, que se apoyan sobre capas de pudingas, en que reposa siempre el terreno carbonífero; estas últimas descansan sobre las esquistas silurianas, o sobre el granito que ha solevado este sistema esquistoso. — Esas capas de areniscas verdosas o azulejas son muy características en la formacion de que nos ocupamos: hemos podido observarlas en todos los puntos en que la parte superior de la formacion cretácea se muestra a la superficie.

Bajo esos caracteres se presenta la formacion carbonífera rodeando la estensa bahía de Arauco, i se prolonga sin interrupcion hasta Lebú, en el camino de los ríos i Curanilahue. En esa considerable estension, se muestran los mantos de carbon en muchos puntos de la superficie, además de Coronel i Lota, tales como Lavapié, Locobe, Lebú etc. i solo la falta de puertos, con escepcion de este último punto, impediria la explotacion del combustible. En esta parte la formacion se encuentra mas desarrollada, los cerros presentan mayor elevacion, i los accidentes que ofrecen son mas marcados que el terreno de Coronel i Lota.

Mas al sur, se muestra el combustible en Párgas, distante 13 leguas al norte de Ancud, donde se presenta la última capa de carbon sobre la arenisca de color gris blanquecino que se muestra debajo de la segunda capa que se explota en Lota; i a la parte superior del combustible, aparece la misma arcilla de Coronel con las mismas impresiones de plantas con que se muestran cerca de la laguna de Manco.

De tal manera que, si se examinan los lugares en que se muestra el carbon, se reconoce que, aun cuando se encuentren éstos separados por grandes distancias, las capas de carbon, las estratas del terreno, los

fósiles, en una palabra, todos los caracteres con que se presentan se corresponden de una manera admirable.

MODO COMO SE HA FORMADO EL CARBÓN FÓSIL DE CORONEL, LOTA, LEBÚ ETC.—Esa relacion que se observa en los hechos que caracterizan la formacion de que nos ocupamos en las diferentes localidades en que se muestra, nos hace ver tambien la analogía que debe existir en el modo como se han formado las capas del terreno carbonífero de Coronel, Lota, Lebú, etc. La disposicion de las capas de arcillas i de areniscas puede notarse en la nota (p), donde se observan los aluviones repetidos en la formacion de que se ha hablado. En algunas partes se encuentran hasta siete capas de carbon (en Coronel), contando tambien con las que tienen un pequeño espesor, i siempre se nota que una capa de arcillas precede a la de carbon. Las impresiones que han dejado en

(p) En esta nota se ve la sucesion que siguen las capas de terreno atravesadas por el pique de Merquin (indicado en la figura precedente), i que comprende todas las capas, desde la superficie, hasta alcanzar dos estratas que hai bajo la segunda capa de carbon. Este corte ha sido comunicado por el ingeniero don Federico Buhse a don Paulino del Barrio, i publicado en la memoria citada en la forma siguiente, principiando desde la superficie.

Núm. 1—0^m 30 Tierra vegetal.

- 2—4^m Arenisca muy desmoronadiza, compuesta de granos de cuarzo i hojillas de mica unidos por una parte arcillosa de color amarillo ocráceo muy subido.
- 3—5^m 75 Arenisca de grano fino muy cuarzosa, blanda, color blanco verdoso. Como la anterior, tiene hojas muy finas de mica.
- 4—0^m 25 Mezcla de dos arcillas, una de color pardo oscuro, i la otra blanco amarillento. Ambas untuosas al tacto i algo plásticas.
- 5, 6 i 7—5^m 00 Rocas arcillosas impregnadas de mica, duras, de un color variable entre el pardo i el pardo negrusco (núm. 7), i que en algunos puntos manifiestan impresiones muy imperfectas de restos vegetales.
- 8—0^m 25 Carbon fósil en todo idéntico al que se explota mas abajo.
- 9—0^m 56 Igual a la núm. 7.
- 10—0^m 40 Homojéneo Color pardo oscuro; estructura granuda de grano fino, que en algunas partes tira a hojosa imperfecta; fractura concoidea imperfecta. Hace efervescencia con los ácidos, i se funde fácilmente al soplete, dando una escoria negra muy brillante.
- 11—0^m 70 Esquitosa; color negro parduzco. Manifiesta en toda su masa impresiones de cortezas de grades árboles, i algunas otras no muy bien determinadas.
- 12—0^m 15 Muy esquitosa; el mismo color de la anterior, solo que es mas oscuro en ésta. Algunas impresiones de cortezas de árbol alternan con venas muy delgadas de un carbon brillante i compacto.
- 13 i 14—0^m 60 Ambas presentan a la vista venitas de carbonato de cal i hacen, por lo tanto, mucha efervescencia con los ácidos. La núm. 13 presenta muchas impresiones de hojas de vegetales de agua dulce, cuyo color negro parduzco las hace distinguir fácilmente del resto, que es mucho mas claro; fractura plana. Al soplete se funde fácilmente dando una escoria lustre de nácar de color mas claro que el de la roca. La núm. 4 es enteramente idéntica a la núm. 10.
- 15—0^m 46 Homojénea. Color negro parduzco; esquitosa i de grano muy fino.
- 16—1^m 60 Semejante a la núm. 7, pero sin hojas de mica. Hace una efervescencia muy débil con los ácidos.
- 17 i 18—1^m 18 Arcillas algo plásticas, untuosas al tacto. Fractura desigual en la primera, i plana imperfecta en la segunda, siendo el color de aquella blanco plomizo, i el de la segunda el mismo, pero mas oscuro.

estas rocas los vegetales que han dado origen al carbon, pertenecen a plantas herbáceas de tallo largo semejantes a las que hai actualmente en los lugares bajos. Hemos dicho tambien que una parte del terreno carbonifero de que se trata pertenece a la formacion terciaria inferior, i la otra a la parte superior de la formacion cretácea: la primera caracterizada por una especie fósil, la *tarritela affinis*, i la segunda por *cardium auticastatum*, que aparecen respectivamente en todas las latitudes donde se encuentran esos terrenos. De manera que las capas inferiores ocupan, en cuanto a su antigüedad, un lugar intermedio entre las lignitas terciarias que se explotan en algunos paises de Europa, i las hullas que pertenecen a una época mucho mas antigua.

Puede notarse hácia el extremo norte de la provincia de Colchagua, la estructura fibrosa, en los depósitos de carbon de Topocalma. Esta misma estructura de la madera puede observarse aun en las capas superiores que se presentan en Párgas, que pertenecen a la misma

- 19—1^m 60 Como la núm. 16, con algunas impresiones de árboles.
- 20—0^m 93 *Primera veta*. Carbon fósil.
- 21—0^m 40 Igual a la núm. 7.
- 21—0^m 30 Color negro parduzco; estructura hojosa imperfecta; fractura desigual. Observada con el microscopio, se divisan unas particulas al parecer de feldspato rosado; pero es infusible al soplete. Hace efervescencia con los ácidos.
- 22—0^m 50 Igual a la núm. 7.
- 23—1^m 08 Especie de arenisca impregnada de carbonato de cal, que tiene a veces la apariencia de chapas adheridas a la superficie, con venitas apénas visibles de carbon; hace mucha efervescencia con los ácidos.
- 24—0^m 42 Igual a la núm. 7, con impresiones de hojas grandes de árboles.
- 25—0^m 07 Dividida en dos partes, una de las cuales es carbon i la otra una esquita negra impregnada de él.
- 26—0^m 50 Caracteres mineralójicos idénticos a los de la arcillosa refractaria de Lota, siendo solamente su color un poco mas claro.
- 27—0^m 38 Como la anterior; pero atravesada en todos sentidos por restos de tallos vegetales; mineralizados; mas consistente i de una fractura muy irregular.
- 28—0^m 20 Carbon con hojas de carbonato de cal en los planos de division.
- 29—2^m 50 Esquitosas; con impresiones casi negras de hojas. Se funde al soplete produciendo una escoria negra brillante. Hace mucha efervescencia con los ácidos.
- 30—0^m 10 Dividida en dos partes: la superior de 0^m 06 es de un carbon bastante consistente i con carbonato de cal como la núm. 28, i la inferior de 0^m 04 igual a la núm. 7.
- 31 i 32—1^m 15 Ambas esquitosas; una igual a la núm. 7 i la otra de estructura terrosa privada de la mica que reluce abundante en la primera.
- 33—0^m 74 Exactamente igual a la núm. 7.
- 34, 35 i 36—1^m 61 *Segunda veta*.—Capa de carbon en que se ha establecido la explotacion. A 0^m20 del cielo, se interpone la arcilla carbonifera i pirritosa que los mineros llaman *bronce*, como queda dicho, i que tiene aqui un grueso de 0^m08. Hace efervescencia.
- 37—1^m 50 Arcilla parecida a la refractaria de Lota, pero mucho mas dura i quebradiza.
- 38— Esta, que no ha pasado aun con un pique que alcanza a la hondura de 36^m 96, es una arenisca cuarzosa de grano fino, color blanco agrisado que cambia en algunos lugares por la interposicion de venitas muy angostas de hierro pardo ocráceo.

formacion de Lota; mientras que los mantos situados a un nivel inferior en Coronel, Lota i Lebú, presentan una estructura en la cual no se distingue a la simple vista el aspecto fibroso de los vegetales que lo han formado, asemejándose mucho mas por su estructura a la que presentan las hullas. Así es que pueden seguirse observando en el carbon de Chile todas las transiciones de la estructura fibrosa a la compacta de fractura concoidea. Ademas recordaremos que Mr. Goepfert ha demostrado últimamente que se podian extraer de las hullas mas antiguas imperceptibles fragmentos que, habiendo conservado restos de la estructura primitiva, indican la naturaleza i la proporcion de las esencias a las cuales es debida la formacion de la hulla.

En los dos casos; debiendo su orijen los mantos de combustible a la misma causa, no puede deducirse, por consiguiente, de la diferencia de estructura que presentan las lignitas i las hullas un orijen distinto para estas dos clases de combustible; al contrario, nos hace ver la analogía que presentan en su modo de formarse, desde el momento que su menor o mayor antigüedad puede alterar, no solo los caracteres exteriores, sino la composicion o riqueza del mineral.

Por otra parte, si se compara la disposicion de las capas de arcillas con respecto al carbon, se verá que la colocacion de ciertas capas de guijarros, que se encuentran en los terrenos carboníferos; la naturaleza de los vegetales que han formado el carbon; la pureza, uniformidad i vasta estension de los mantos de combustible, son otras tantas analogías que resaltan a primera vista entre el carbon fósil que se explota en Chile i el que corresponde a la formacion hullera de otros países.

Esta semejanza en los caracteres bajo los cuales se presenta la formacion del carbon en Chile i la correspondiente al terreno hullero, nos hacen ver que debe existir relacion tambien en la manera como se han formado los depósitos de combustible, tanto mas si se atiende a la naturaleza de los vegetales que han formado el carbon.

Valiéndonos de esa relacion, trataremos de explicar los fenómenos que debén haber tenido lugar para la formacion del terreno carbonífero de Lota, tomando en cuenta las teorías que han sujerido a los jeólogos las formaciones análogas de otros países, i adaptándolas a los hechos que hemos observado en la descripcion del terreno de que se trata.

El punto de partida para estas teorías no debe ser otro que la consideracion sobre el material que ha dado orijen a las capas de carbon.

Ultimamente el descubrimiento que se ha hecho de selvas que crecen en el interior del mar, en el golfo de Méjico, ha podido dar lugar a creer que la formacion del carbon fósil es debida a la acumulacion de las plantas marinas que, cubiertas despues con sedimentos, han sido sujetas a la descomposicion hasta producir la hulla. Las capas i fósiles de origen marino que contiene la formacion carbonifera han contribuido para que algunos jéologos que sostienen esta hipótesis le hayan dado una estension tal, que han llegado hasta suponer que todas las hullas deben su origen a las selvas submarinas.

Pero la lei de la analogía nos autoriza a juzgar del pasado por los hechos que se desarrollan en nuestra época. La turba, vemos que se forma actualmente por la acumulacion de las plantas que crecen en los lugares bajos, i sobre todo en los deltas de los grandes rios.

A medida que la descomposicion de los vegetales avanza con el transcurso del tiempo, se cambia tambien la estructura del combustible, asemejándose al aspecto que presentan las lignitas ménos antiguas; i ya hemos dicho que en Chile pueden notarse todos los cambios que se observan desde la estructura leñosa a la compacta de fractura concoides. Se concibe que, si por un movimiento del suelo las capas de turba se sumergen en el mar, las capas marinas vienen a depositarse sobre el combustible i a formar el terreno carbonífero.

Estas consideraciones jenerales, a las cuales daremos mas desarrollo en adelante, nos hacen ver que, aun cuando las plantas que han crecido en el mar pueden haber formado capas de hulla, no hai inconveniente para admitir que los vegetales que en esa época se encontraban en las circunstancias de los que actualmente forman la turba, pueden tambien haber dado origen a capas de combustibles, transformadas en hulla.

La cuestion no debe proponerse, pues, de una manera absoluta: tratándose de una formacion determinada, el jéologo debe examinar las circunstancias que la acompañan, a fin de decidir el origen de las capas de combustible.

Entre los elementos que se nos presentan para hacer esta distincion, tenemos las impresiones de las plantas, que ha contribuido mejor que cualquiera otra cosa, a dar a conocer la forma de la antigua vejetacion. Las capas de arcilla que se encuentran en contacto con los mantos de lignita en Chile, suelen contener impresiones muy bien conservadas, entre las cuales parecen dominar las plantas herbáceas distinguiéndose algunas hojas muy parecidas a las de las *Cyperáceas* i de los *Typpha*. Segun Bongniart, las especies reconocidas entre las

plantas que han formado la hulla llegan a 500 presentando 250 helechos, mientras que las algas solo llegan a 4 especies.

Guiándonos, pues, por la naturaleza de los vegetales que han formado el carbon fósil, puede decirse en jeneral que hai mayores motivos para suponer que las capas que los constituyen han sido formadas por vegetales que han crecido a inmediaciones del mar o de los lagos, como lo han supuesto muchas jéologos, que para admitir la otra suposicion referente a las selvas que deben haber existido en el fondo del mar.

Pero las impresiones dejadas por las hojas de plantas no solo sirven para darnos a conocer los especies a que pertenecen éstas: nos ponen en camino para explicar la formacion del carbon por las condiciones que han sido precisas para que esas impresiones hayan tenido lugar. Las impresiones mas frecuentes se observan en los lechos perfectamente regulares cuyo origen es debido a depósitos limosos (q). Para darse cuenta, dice Gaston de Saporta, de lo que ha tenido lugar a este respecto en las épocas antiguas, no se tiene mas que tender la vista en otoño sobre una balsa o sobre un estanque. En esta época del año, las hojas que se desprenden naturalmente i las que llevan las ráfagas de viento a la superficie del agua, flotan desde luego; pero bien pronto se ponen mas pesadas impregnándose de agua, i van sucesivamente a depositarse al fondo con mucha regularidad. En el seno de las capas consolidadas que las encierran, las hojas fósiles estan dispuestas en el mismo orden, es decir, segun un plano horizontal i no arrolladas en desórden, como se encontrarían si una corriente rápida las hubiese arrastrado. Los órganos de los vegetales se descomponen prontamente en el fondo de nuestras balsas i fuentes, donde se confunden con el limo; pero no sería lo mismo si una capa, por delgada que se la suponga, de un limo arcilloso viniera a cubrir las i sustraerlas a las causas de alteracion que las alcanzan de ordinario. Bajo el abrigo protector de un lecho de sedimento impermeable, esos órganos cambiarían lentamente de color i de consistencia para pasar, en fin, al estado de residuo carbonoso, i dejarían una impresion que guardaría el indicio de los menores lineamientos.

“La naturaleza no ha seguido otra marcha para producir la mayor parte de las impresiones fósiles; i esto nos enseña, no solamente que la mayor calma ha debido preceder a los fenómenos a los cuales se las debe, sino que esos fenómenos son esencialmente limitados. Es claro,

(q) *Revista de ambos Mundos, año 1868.*

en efecto, que ni el medio de los lagos, ni las riberas demasiado desnudas o alejadas de los montes, ni los ríos rápidos han podido dar lugar a impresiones vegetales. Para que las plantas fósiles hayan sido conservadas, ha sido preciso que existieran turbas, playas favorablemente dispuestas, i en fin aguas dotadas de propiedades incrustantes o cargadas de sustancias minerales en disolución.”

Bajo estas condiciones, las aguas marinas presentan circunstancias convenientes para los que sostienen un orijen esclusivamente marino en la formacion de la hulla, por la cantidad de sales que esas aguas contienen en disolucion; pero esto no escluye que las plantas que han crecido en playas bañadas por el océano, se encuentren tambien en circunstancias favorables para la produccion del carbon fósil. Es inesacto ademas sostener que las capas de carbon solo se encuentran asociadas con conchas de orijen marino; cerca de Edimburgo, una capa de *dolomia* contiene una gran cantidad de *sauriens* con conchas de agua dulce i vegetales de la formacion hullera. En el mediodia de la Francia, las capas de lignita, que presentan depósitos de bastante consideracion, se encuentran acompañadas muchas veces con conchas de agua dulce.

En cuanto a Chile, se observa que los vegetales que han formado las lignitas solo podian crecer en la inmediacion del agua dulce; i por lo tanto, es mas natural admitir los hechos que vemos en la produccion de la turba, que atribuir a esos depósitos un orijen esclusivamente marino.

Ahora se nos presenta, por consiguiente, esta cuestion importante, derivada de la manera como se forma la turba: los vegetales que han formado las capas de carbon ¿han sido arrastrados por corrientes de agua que existian en la superficie de la tierra, o bien han crecido en el terreno en que hoy día yacen trasformados? Nosotros no pretendemos hacer de una cuestion local un principio jeneral para todas las formaciones carboníferas, cuyo orijen es siempre el mismo: la trasformacion de los vegetales en mantos de combustible. Nos parece, como anteriormente se ha espuesto, que ambas teorías pueden adoptarse en los diferentes casos que se presentan, pero no indistintamente.

Desde luego, fijémonos en la uniformidad de caracteres en la formacion que se nos presenta desde Coronel hasta Lota, i en la que sigue 15 kilómetros mas al sur, que principia en Arauco i continúa por la costa sin interrupcion en una estension de 90 kilómetros de largo. Aun cuando los reconocimientos hechos hasta ahora no sean su-

ficientes para decidir si el carbon se estiende o no en toda esa estension, sin embargo; nuestras observaciones, basadas en los hechos espuestos anteriormente, inducen a creer que el combustible ocupa una superficie considerable en la parte de la costa a que nos referimos. Se hace difícil admitir que las corrientes de un rio pudieran esparcir los árboles arrastrados por ella en una estension tan vasta, con tanta regularidad, dejando las capas de carbon esentas de materias terrosas; tanto mas si se considera que un rio, en la localidad de que se trata, no podia sino ocupar un espacio reducido de aquella estension, por la situacion de los cerros pertenecientes a la formacion siluriana.

Para que las corrientes terrestres o marinas hubieran depositado con tanta uniformidad, no solo los depósitos de maderas, sino tambien las estratas que encierran el carbon, tendríamos que admitir tantos hundimientos instantáneos del terreno como capas de carbon existen; o bien, si se admite un hundimiento gradual del suelo, tendríamos que hacer cesar la accion de esas corrientes tanta veces como capas de combustible existen. Parece, pues, que una causa mui jeneral ha formado las capas de combustible en las diversas localidades en que se las encuentra, i que esta causa depende del movimiento mismo del terreno.

La investigación puede presentarse con mas claridad siguiendo ese método tan racional en las indagaciones jeológicas, que consiste en comparar los hechos a los de la misma naturaleza que vemos desarrollarse en nuestros dias: la costa de Chile nos manifiesta ejemplos mui notables en que podian observarse esos fenómenos; pero preferimos citar las elocuentes palabras de un observador tan sagaz como S. Charles Lyell, cuyos trabajos han contribuido poderosamente, como dice Hugard, al progreso de la ciencia inorgánica (r).

“La pureza misma de la hulla, dice este eminente jeólogo, i la ausencia en vastas estensiones de partes terrosas o arenosas, se esplican difícilmente, si se considera cada lecho de combustible como el resultado de una vejetacion esparcida en un pantano. Uno se pregunta cómo inundaciones capaces de arrastrar las hojas de helechos, así como los troncos i raices de *Sigillaria* o de otros árboles, no han podido trasportar partículas de limo en las aguas estancadas. Seria preciso, pues, admitir que los grandes árboles hubieran crecido de jeneracion en je-

(r) Charles Lyell.—*Tratado de jeología elemental*, sexta edicion, tomo II. páj. 101.

neracion con sus raíces prendidas en el limo, i que sus hojas i sus troncos cubriendo el suelo hubieran formado en seguida lechos de materia vegetal, cubiertos mas tarde con el limo, que constituye las esquistas actualmente; durante este tiempo la hulla o la materia vegetal alterada habria quedado enteramente pura, esenta de particulas terrosas. Esta cuestion, por embarazosa que parezca, a primera vista, puede resolverse con cierta facilidad, si observamos lo que sucede en los deltas en nuestros días. Los cañaverales i plantas herbáceas que cubren los bordes de las aguas estancadas en el valle i delta del Mississippi, forman una vejetacion tan abundante que las aguas de este rio, pasando al traves de los macizos, filtran en cierto modo i quedan completamente limpias ántes de llegar a los puntos donde las materias vejetales se acumulan durante siglos i forman la hulla. Toda mezcla de materias terrosas es imposible. Así es que en una vasta estension sumerjida que llaman Sunk Country (comarca sumerjidas) cerca de New-Madrid en la parte occidental del valle del Mississippi, han quedado árboles en posicion vertical desde el año 1811—12, época en la cual se han secado a consecuencia de grandes temblores de tierras; sobre esta superficie han vejetado, en los lugares pocos profundos, plantas lacustres i palustres; muchos rios han inundado todos los años completamente ese espacio; i sin embargo, ningun sedimento ha traspasado los límites del pantano, tan denso es el marjen de cañaverales i de malezas que lo componen.

“En los pantanos de cipreses (marecage a Cyprés) del Mississippi, ningun sedimento viene a mezclarse con la materia vegetal perteneciente a los elementos descompuesto de los árboles i plantas semi-acuáticas que allí se acumulan. Cuando fuertes calores dejan en seco una parte del pantano en la Louisiana, i así que el fuego se apodera de los bosques, se ve el suelo arder tan completamente que la incandescencia llega hasta tocar el agua, i rara vez se nota el menor residuo de materias terrosas.”

Con esos hechos referidos por Lyell, se encuentra suficientemente esplicada la causa de que proviene el estado de pureza en que se encuentran las capas de combustible, i la gran estension i uniformidad que presentan. En cuanto al hundimiento que ha debido experimentar el suelo, hace mencion de ciertos casos que se notan en la formacion hullera, que no pueden esplicarse de otra manera sino admitiendo ese movimiento gradual de depresion. Así, cerca de Pottsville, que es donde el espesor del terreno hullero, es mas considerable, se

cuentan mas de trece capas de hullas, i algunas de ellas miden mas de 1^m 80 centímetros de espesor. Sucede que siete de estas capas se reúnen en un punto formando una sola capa de 12 a 15^m de espesor, mientras que las estratas de pudingas i de areniscas que separan aquellas capas, van disminuyendo sucesivamente hasta que concluyen por desaparecer, cuando los mantos de combustible se reúnen en uno solo.

La acumulacion de la materia vegetal que constituye hoy dia este vasto banco de antracita, tenia quizá de 60 a 90^m de espesor ántes que hubiesé sido condensado, por la presion i por la pérdida de su hidrógeno, oxígeno, i otros elementos volátiles. El origen de aquella masa de despojos vegetales tan escenta de ingredientes terrosos, no puede esplicarse segun Lyell, sino por el desarrollo con tinuo durante millares de años de árboles i de helechos. Respecto a la disposicion que guardan las capas de combustible, Feu Bowman ha dado una esplicacion tan clara que no deja la menor duda sobre este punto, i consiste en admitir un hundimiento gradual.

Dejaremos ahora estas consideraciones jenerales, que hemos creid^o conveniente tener en vista, atendiendo a la manera como se corresponden los hechos jeolójicos que han tenido lugar, aun en países lejanos, i que deben tomarse en cuenta cuando se trata de la esplicacion de esos hechos que se refieren a una localidad determinada. Concretándonos a la costa de Chile, conviene observar que el terreno carbonífero de Lota, Coronel, Talcahuano etc. reposa sobre capas de guijarros, lo que indica la existencia de aguas ajitadas ántes del depósito de las capas de carbon: esas aguas han podido redondear las piedras estendiéndolas en capas paralelas, de la misma manera que las olas del mar lo hacen actualmente en varias partes de nuestra costa. Ademas, las capas de carbon en Coronel se encuentran a 120 metros de profundidad respecto de la superficie del mar, i continuan por debajo de las aguas con sus caracteres ordinarios. Esas capas de guijarros, no habiendo podido formarse a esa profundidad sino en las aguas ajitadas, nos manifiestan que el suelo del terreno carbonífero esperimentó un hundimiento; i al mismo tiempo, nos corrobora la idea de que los vegetales que han dado origen al carbon han sido sepultados por el mar.

Ahora, ese hundimiento ¿ha sido brusco, instantáneo, o ha prove-nido de un movimiento gradual del suelo? La primera suposicion no coincide con los hechos observados, desde el momento que tendria-

mos que admitir por lo ménos tantos de esos movimientos cuantas son las capas de carbon que existen, movimientos que habrian causado muchas mas rupturas que las que notamos en las capas; i sobre todo, el paralelismo de éstas no existiria tal como lo observamos hoy día.

Es mas natural, pues, admitir un hundimiento gradual del suelo en esa época, tal como el que se observa en el Ganjes i el Mississipi, que hasta cierto punto puede darnos una idea aproximativa del largo trascurso de tiempo que ha debido pasar desde el orijen de aquellos depósitos, hasta el sollevamiento jeneral que los puso fuera de las aguas, en la posicion que las observamos actualmentè. Este movimiento debió tener lugar tambien durante el depósito de los terrenos carboníferos pertenecientes a la parte ménos antigua del período terciario, que se compone en el Amortajado (desembocadura del Maullin) de arenisca arcillosa con mantos de lignita. A este mismo nivel corresponde la formacion del terreno en que está situado Puerto Montt en cuanto a su antigüedad: aun cuando no presenta mantos de combustibles, su estructura nos da a conocer el movimiento lento que el suelo ha experimentado en esa última época: se compone de una serie de capas de arenisca arcillosa, de cascajo, i de guijarros, en un espesor de mas de 100 metros, que manifiestan los aluviones repetidos que han tenido lugar en la superficie i el hundimiento del suelo bajo las aguas del mar.

Despues de lo que acaba de esponerse sobre el orijen del carbon fósil, podremos formarnos una idea de los hechos que han tenido lugar durante el depósito de los terrenos carboníferos del sur de Chile. En efecto, no pudiendo los mantos de combustible haber sido formados en el interior de los mares ni arrastrados por corrientes de agua, han debido su orijen a las plantas que han crecido i secándose acumulándose sucesivamente con el trascurso del tiempo en el mismo lugar en que hoy los encontramos trasformados en mantos de carbon. Las capas de guijarros en que reposa el terreno de que se trata, prueban la existencia de aguas agitadas en la superficie de la tierra, i nos hacen pensar en un hundimiento del terreno bajo la superficie del mar: hemos dicho que este hundimiento debió ser gradual, como el que se observa actualmente en la costa de varios países.

De manera que el espacio ocupado por el terreno carbonífero de la bahía de Arauco, debia presentar hácia el fin del período cretáceo, no el aspecto de una costa escarpada bañada por las aguas del mar, sino, al contrario, debia formar llanos que se estendian con una pen-

diente insensible desde el pié de los cerros hasta el mar, los cuales eran inundados por agua salada, o por las filtraciones i corrientes de agua dulce que bajaban desde los cerros pertenecientes a la cadena de la costa. En algunas partes de estos llanos, han podido crecer plantas análogas a las que se observa i actualmente en los pantanos a través de los cuales las aguas filtraban impidiendo la acumulacion de sedimentos. Las plantas semi-acuáticas que se elevan en este suelo inconsistente, caian a impulsos de su propio peso, o bien se sumerjian en las aguas a consecuencia del hundimiento del suelo en que crecían. Esas plantas han sido cubiertas despues por capas impermeables de arcilla, que han favorecido la trasformacion de las capas de vegetales en mantos de carbon i nos manifiestan, por otra parte, los aluviones repetidos que han tenido lugar durante la formacion del carbon.

Estos terrenos carboníferos experimentan algunos trastornos al fin de la formacion cretácea, i continuan formándose en el período terciario, al mismo tiempo que en la costa de las provincias de Colchagua i de Santiago se depositan, los terrenos terciarios de Bucafemú que llegan hasta 400 métrios de potencia, experimentando transiciones de las formaciones marinas, a las lacustres: sollevamientos correspondientes a las épocas *eoceno* o *mioceno* las ponen fuera de las aguas, i agregan en Topocalma, en Talcahuano, en la bahia de Arauco i en Párgas nuevos apéndices a la cordillera de la costa. La línea de separacion entre el fin del período cretáceo i el período terciario se encuentra representada en el puerto del Tomé, en Coronel, en Amortajado etc., por capas de conglomerados, algunas veces con rocas redondas o elipsoidales que contienen baculitas; mientras que en la isla de Santa María, ocupan este mismo nivel las estratas arcillosas que forman la base de esta isla.

Aun cuando los terrenos que salieron de las aguas por estos sollevamientos no se refieren puramente a esas localidades, sin embargo, el terreno lignífero solo aparece al sur de Topocalma desde los 34° hasta los 53° de latitud; pero la explotacion del carbon solo se ha emprendido con buen éxito a una latitud mayor que la de Coronel (37°). Parece que el combustible se presenta en mas abundancia a medida que avanza al sur. Así en Lebú la formacion está mas desarrollada que en Coronel i Lota; en Párgas (latitud 41°-23'), se encuentran hasta once mantos de carbon; en Magallanes (latitud 53°-10'), el manto descubierto tiene 12 piés de espesor.

Estas circunstancias demuestran la influencia de la temperatura en la formación del carbon, i nos manifiestan la semejanza a este respecto con el modo de formarse de la turba: solo se presenta desde las zonas templadas, i nunca entre los trópicos o sus alrededores. Fijándonos en esta influencia de la temperatura, será conveniente considerar las observaciones de M. Heer, que en un trabajo reciente ha tratado de investigar las plantas i los climas del período terciario. Mediante la analogía que presentan las plantas del período mioceno con las de nuestra época, deduce la temperatura que han necesitado aquéllas para desarrollarse, resultando de una serie de deducciones que desde aquel período, "la temperatura iba disminuyendo del ecuador a los polos, según la misma lei proporcional de nuestros días, pero que esa temperatura excedía en 8 ó 9 grados a la que presentan actualmente los mismos lugares."

Probablemente por esta razon (de la temperatura), el combustible de que tratamos solo se presenta en abundancia a una latitud mayor de 37 grados, i los mantos de carbon que se encuentran en Popoalima deben haberse formado por los vegetales que algun estero o rio acumuló en esa localidad; mientras que en Coronel, Lota, Lebu etc; las plantas que han dado origen al carbon deben haber crecido según lo hemos espuesto anteriormente, en el mismo lugar en que hoy día las encontramos transformadas en capas de lignita; i es a esta circunstancia, como sucede con la turba, a la que deben la pureza, uniformidad i vasta estension que presentan.

DIRECCIONES DE LOS SOLEVANTAMIENTOS (TERCIARIO INFERIOR I CRETÁCEO SUPERIOR). — Hemos dicho ya que el terreno carbonífero de la costa de Chile presenta dos formaciones: la superior pertenece a la formación terciaria, i la inferior a la cretácea. Como estas dos formaciones aparecen en algunos puntos separadamente, según lo hemos indicado, hai dos solevantamientos principales que observar en el terreno carbonífero de Coronel.

Anteriormente se ha notado que en Lota los mantos de carbon siguen la direccion norte 18° este; prolongada esta direccion al sur de Lota pasa constantemente por la formación terciaria, siguiendo en parte el curso del rio Carampangue hasta salir del continente. No pasa por la isla de la Mocha; pero calculando el azimut del arco de círculo, que une esta isla (donde aparecen las grandes ostras de la formación de Coquimbo) con la isla de Santa María, se encuentra 18.° 02' al noreste. Las posiciones jeográficas de estas islas son: lati-

tud $35^{\circ} 22'$, longitud $3^{\circ} 22'$ al oeste de Santiago, para la Mocha; i $37^{\circ} 02'$ latitud, $2^{\circ} 57'$ longitud para la isla de Santa María.

Uniendo el puerto del Tomé (latitud $35^{\circ} 37'$ i $40''$, longitud $2^{\circ} 20' 46''$) con Lota (latitud $37^{\circ} 02'$, longitud $2^{\circ} 33'$), se obtiene $17^{\circ} 40'$. La direccion 18° pasa 330 metros mas al naciente, siendo 60,070 metros la distancia que separa a esos dos puntos; pero algunas cuerdas mas al sur de ese puerto, aquella direccion en Lota norte 18° este, pasa por la formacion terciaria.

La misma direccion en Lota norte 18° este, prolongada mas al norte, pasa paralelamente a la costa donde aparece la formacion terciaria de Bucalenu i Topocalma, como a 4 kilómetros al poniente, siendo la distancia media que separa las dos formaciones como de 350 kilómetros: mas al norte todavía, esa direccion va a cortar el continente en la formacion terciaria de Puchuncaví, en la provincia de Valparaiso.

Como el meridiano de Lota solo difiere en 3 o 4 minutos del meridiano central del pentágono de Chile determinado por Beaumont, aquella direccion casi no varia trasportada a este último punto.

La direccion del eje correspondiente al solevantamiento de la formacion cretácea en las partes en que está se muestra independientemente de la formacion terciaria, parece se encuentra representado por el azimut del arco de círculo que une a Lebú (latitud $37^{\circ} 35'$, longitud $3^{\circ} 00'$ al oeste de Santiago) con la punta de Lavapié (latitud $37^{\circ} 10'$, longitud $2^{\circ} 58'$): este azimut es norte $3^{\circ} 31'$ este, en el horizonte de Niebla.

La misma formacion cretácea aparece en el castillo de Niebla, en el puerto del Corral (latitud $39^{\circ} 52' 10''$, longitud $75^{\circ} 44' 34''$ al oeste de Paris); i el azimut del arco de círculo que se dirige desde este punto a la formacion cretácea que hemos observado en el Tomé, es norte $3^{\circ} 31'$ este contado en el horizonte de Niebla.

Trasportado el azimut de Lebú $3^{\circ} 31'$ a Niebla, es $3^{\circ} 21' 23''$. Esta direccion, prolongada al sur de Niebla, pasa al naciente del Amortajado i de Caremapu, sin tocar las formaciones cretáceas de estos puntos, que pueden considerarse como en un arco paralelo al anterior.

La parte superior de la formacion cretácea se muestra tambien en la isla de Huafo situada al sur de la isla grande de Chiloé, i el arco de círculo que une a esta isla con la Mocha forma un ángulo de $3^{\circ} 39'$ en el horizonte de la Mocha; i trasportada esta direccion al centro del pentágono, da el mismo ángulo que hemos encontrado ántes.