

REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

Revista
del
Instituto N. de Agronomía
de
MONTEVIDEO

SEGUNDA SERIE — N.º 3. — DICIEMBRE DE 1918



SUMARIO

Dr. K. Walther

Líneas fundamentales de la estructura geológica
de la República O. del Uruguay

MONTEVIDEO

Tipografía Moderna. — Calle Cerrito, 691-693

1919

DR. KARL WALTHER

**Profesor de Mineralogía, Geología y Agrología del Instituto
N. de Agronomía**

LINEAS FUNDAMENTALES DE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA

DE LA

REPUBLICA O. DEL URUGUAY

(Con 3 planos geológicos, 13 láminas con 34 fotografías y 8 figuras en el texto)

PREFACIO

Parece una tarea arriesgada redactar una obra con el epígrafe indicado, obra que, siendo el primer ensayo de una geología nacional, tendría que reposar sobre una base extensa y sólida de observaciones en el campo y de estudios en el laboratorio. Nunca me ha faltado, durante los diez años de mi estadía en este país, la voluntad de construir un fundamento capaz de ser el andamiaje sólido sobre el que puedan construirse trabajos geológicos posteriores, como lo demuestran las publicaciones que he hecho en ese lapso de tiempo: pero en cambio los medios con que conté para la realización de tal obra fueron exigüos, especialmente el rubro de viáticos, arma elemental e indispensable sin la que no se puede abordar la exploración científica de un país, sobre lo que descansa el análisis del laboratorio. Ciertamente es que me hubiera resultado más fácil restringir mis actividades a la sola explicación de un texto o a la compilación de un nuevo, conciso y cómodo para el estudio; pero siempre he mantenido la idea fundamental, bajo los auspicios de la cual se ha fundado el Instituto de Agronomía en Montevideo, de que la función del profesorado no debe ser únicamente la de «dictar cursos», sino de realizar estudios originales en bien del país y de la misma enseñanza. Fue por eso que se puso a contribución de tal finalidad, hace diez a doce años, una cantidad de extranjeros, espe-

cialistas, que si bien, como se ha dicho ⁽¹⁾, «incorporaron a la enseñanza americana los viejos planos de sus viejas escuelas y aún, lo que es mucho peor, dictaron los cursos con textos europeos y con programas europeos», tenían en cambio la preparación necesaria para realizar la finalidad primordial de toda institución de enseñanza superior: es decir, para la investigación, sin la cual queda desnaturalizado el carácter de enseñanza superior.

Más, aún la preparación más sólida y la voluntad más firme de hacer lo suyo en dicha tarea, se vuelven estériles sin la ayuda financiera. Con esto vuelvo al tema. Mientras que en la primera parte de mi estadía el fondo de la Sección Geología, si bien modesto (\$ 25 a 30 mensuales), se mantenía a una altura que permitía no sólo hacer algunas adquisiciones para el laboratorio y la biblioteca, sino efectuar durante las vacaciones una que otra corta excursión al interior del país, resultó que después de la reducción a menos de la mitad de la cuota mencionada, se inició aquel estado de cosas que el lector puede figurarse sin necesidad de hacer mucha fantasía. Esta opresión de mi actividad fué al cabo aliviada en parte con las concesiones otorgadas (\$ 1300 en total) a fines de los años de 1915 y 1917 por los Srs. Ministros AMÉZAGA y HELGUERA ⁽²⁾, las cuales me permitieron efectuar algunas excursiones de estudio, aunque con ellas no podían adelantar en nada la biblioteca ni la instalación del laboratorio.

o puedo olvidar de mencionar los grandes servicios que me prestó, en el sentido de la preparación para dichas excursiones, la colección de piedras recogidas por el Sr. A. FLOSDORF en Buenos Aires, colección que fué regalada por el Dr. A. GALLINAL, a la Sección Geología del I. de Agronomía. Fué esa la única contribución particular con que pude regocijarme durante toda mi estadía en el país. E delamentar que el alto patriotismo en estos países sudamericanos no se haya incorporado en esta forma práctica que ocurre en muchas partes de Europa y Norte América, donde institutos de enseñanza, de investigación y también museos etc., se mantienen esencialmente y a veces exclusivamente a base de medios particulares.

Se comprende que los resultados de los viajes realizados con tan poca frecuencia son inferiores a los que hubiera obtenido, si los medios hubieran sido distribuidos con regularidad durante todos

(1) Revista del I. de Agronomía, II.ª Serie, N.º 1, pág. 9.

(2) La última concesión se hizo efectiva durante el Ministerio del Sr. Dr. JIMÉNEZ DE AMÉZAGA.

estos años: pero al fin me han permitido acercarme a mis modestos propósitos que consisten en crear un fundamento para trabajos tanto científicos como prácticos, posteriores.

Al mismo tiempo — y quiero llamar la atención sobre este punto — tengo el propósito de redactar la presente obra a base de ideas y métodos modernos, de tal que ésta sirva, sea sólo en la mano del profesor o también en la de los estudiantes, como texto de la enseñanza sobre la estructura geológica nacional. Es en esta parte de mi publicación, en que me dirijo especialmente a los estudiantes del I. de Agronomía, que, habiendo dedicado durante el primer año a adquirir los conocimientos generales de Mineralogía, Petrografía y Geología, completan sus estudios en el segundo año con la Geología nacional y la Agrología.

Es por el fin prevalentemente didáctico de estas líneas que sólo las publico en castellano y dejo del lado en general citas y críticas de autores ⁽¹⁾.

Los trabajos geológicos en el Uruguay tienen que luchar con un gran inconveniente que es indispensable vencer antes de que pasen su actual estado preliminar. Se trata de la falta de una base topográfica auténtica. Quedan como suspendidas en el aire las observaciones del geólogo, del mineralogo y del minero, si no puede marcarlas con toda exactitud en un mapa, pues justamente el registro en un mapa, presta nuevos resultados reproduciendo las investigaciones que se efectúen. La escala del mapa que sirva como base topográfica, no debe descender a más de 1:200.000 y el mapa debe ser realizado en curvas hipsométricas. Para el levantamiento geológico de parajes de estructura geológica complicada y para cuestiones de minería se necesitará la escala de 1:25.000 ⁽²⁾, o una proporción mayor aún.

Levantar mapas geológicos sin base topográfica auténtica, resultaría más absurdo todavía que levantar agrologicamente sin base geológica.

El mapa más completo del país es el del Dr. R. JANNACH, (segunda edición, Leipzig, 1912) en 1: 1.000.000 ⁽³⁾, que se vendió durante algún tiempo en Montevideo. Además hay que mencionar el Mapa de la Rep. O. del U. por O. ARAÚJO en 1:700.000 (segunda

(1) Esto lo haré en una publicación futura.

(2) Véase por ejemplo el mapa geológico de una parte de la Sierra de la Ventana en #4.

(3) Spezialkarte von Santa Catharina, Rio Grande und Uruguay.

edición, COURTY CIA. (1)) y La Red de lo camino principales de la Rep. O. del . (Dep. de Ingenieros, Div. de Catastro) en 1:75.000, plano levantado en alguno departamento . D de poco tiempo hallan a la venta reproduccion en escala reducida (MONTEVERDE CIA., editores).

Yo voy a terminar e.ta líneas preliminar: sin reiterar aquí mi agradecimiento a los numeroso señores tancieros, chacarero , comerciant , etc., que, con la hospitalidad proverbial del campo uruguayo, me dieron hospedaje y a vario señor Jefes Políticos y Comisarios de Policía que me di pen aron u ayuda valiosa y eficaz. Si me fué posible llegar con mi estudios ha ta cierto fin modesto, lo debo en gran parte a dicha persona . Pero, para estudios geológico. algo má especial, es indispensable llevar peonaje con carpa y viver s. Economiza, con esto, mucho tiempo y largos camino upérfluos.

Me grato además agradecer en este lugar los servicios importantes que me prestó el Sr. M. FONTANA, Ayudante de la Sección Ingeniería Rural y Agrimensura del I. de Agronomía en la elaboración de los planos y croquis que acompañan ta línea. También quedo agradecido a los Sres. P. MENENDES LEES y J. BARRIOLA por haberme hecho el último retoque de estilo. Dicho señor, tenía el gusto de ver, en los años de 1916 a 191 , entre mis discípulo .

I INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista geológico, el Uruguay no es nada más que un apéndice al Brasil, donde la línea geológicas e estructurales se vuelven má complicadas. Mientras que se in ertan allá sedimentos fosilífero. marinos (Silúrico, Devónico y Carbonífero superior) entr el Fundamento cristalino que forma el zócalo del continente y los vastos depósitos continentales de la así llamada Formación de Gondwana, no se ha demostrado en el Uruguay, hasta ahora, la presencia de semejante horizontes, definibles según su edad (2). Por lo que respecta a los estratos antiguo semicristalino de origen idimentario y la comparación entre ellos en los aflora-

(1) El precio es más del triple del mapa de JANNA

(2) Lo que dice B. G. FORDA, en su "Album de la Rep. O. del Uruguay", Montevideo 192, sobre las formaciones del país (por ej. el Jurásico con *Ichthyosaurus communis*, en el Salto y Paysandú!!) es palabra por palabra mera fantasía.

miento de di tintas parte del paí , en un lado y yacimiento. de otro paí es en otro lado, hay que indicar que emejante comparación e puede realizar, aquí como generalmente en el mundo, ólo egún caractere petrográfico . Parece que falta todo indicio de fó. ile. , de manera que hay que uponer que una gran parte de lo depó ito de tiempo ya tan remoto , ean continental . R ultaría de esto, que semejante facie: , empezó temprano, y duró con una interrupción reducida, hasta la actualidad.

El resultado directo de la facie: indicada, la gran emejanza litológica de productos muy di: tantea, gún u edad, y separado , entre sí, por grand di: cordancias. ólo de pués de haber revelado las línea: estructural: geológica: más elementales, es po: ible, separar por ejemplo conglomerado muy vieja:, de lo. corr ponient de la Formación de Gondwana y e: to del Terciario upe: rior fluviogéneo. e acentúa más e a dificultad, cuando se trata de cuarcita y areni ca . En nue: tro ca o ólo me ha ido po: ible di: poner de un número muy reducido de perfil de perforacione , que tanto valor han tenido para el establecimiento de la edad de las capa Gondwánicas bra ileña .

Otras con ecuencias del reino continuo de la facie: indicada, on la denudación fuerte y la de: compo: ición profunda. No ólo lo componente roco o del Fundamento cristalino, sino también la roca. má: moderna sedimentaria:, se despojaban ya temprano de u conexión y e transformaron en una cantidad de afloramien: to aislado , muchos de ello muy di: tante entre i, cuya compa: ración, ya por la au: encia de re: to. orgánico e hace tarea muy difícil. A í la: altura: m etiforme de lo departamento septen: trionale , altura que e van a describir má: adelante, son lo te: ti: go de una capa edimentaria antiguamente mucho má: exten: a. Respecto de la: rocas eruptiva: , el micro: copio enseña, cuanto ha avanzado en ellas la transformación, aún cuando macro cópica: mente aparecen frescas. E: to tiene lugar pecialmente con lo componente importante para la cla: ificación, por ej. lo felde: pato y lo a i llamados mineral bá: ico . ólo despué de haber definido la relacione geológica e: tructurales del paí, e hizo po: ible, separar miembro del grupo eruptivo más moderno, generalmente mal con: ervados, cloritizado y oxidado:, de formaciones mucho má: antiguas con las quale tienen de común, a veces, la misma estructura. Además era nece: ario primeramente la inve: tigación en el territorio y luego la micro cópica, para di: tinguir

cierta rocas eruptivas, aparentemente independientes y de edad menor, de diferenciaciones lamprofídica, perteneciente a granitos antiguos. Es claro que, respecto de la edad de las rocas eruptiva, muchos problema no se van a resolver nunca con seguridad y esa dificultad será mayor, cuando no se puede descubrir con exactitud la relación de la roca eruptiva con sedimentos bien definibles según su edad.

Quedando, entre los resultados de los estudios petrográficos y estratigráficos muchos puntos poco aclarado, se ve que hay todavía mucho que hacer con esta materia. Se comprenderá además que las investigaciones respecto del yacimiento geológico de los productos aplicable en la minería (*Lagerstättenkunde*), todavía se están por realizar. Relativamente de menor interés es la paleontología, si bien hallazgos ocasionales de restos de vertebrados permios o de mamíferos en el limo pampeano, pueden dar lugar a estudio interesantes. Sólo el Terciario superior incluye en pocos puntos una fauna, si bien rica en individuos, e pobre en géneros.

El tema lo trataremos distribuido en los capítulos que se indican al final de este trabajo.

A. CONFIGURACIÓN DE LA SUPERFICIE

El carácter más prominente del paisaje uruguayo es el de una gran uniformidad y monotonía. Por leguas y leguas de distancia se presenta el mismo aspecto: una estepa de superficie débilmente ondulada, cubierta con gramíneas o con mata de compositáceas (*Baccharis*, vulg. Chirca), carácter que se acentúa más hacia el norte, cuanto menos poblada es la región, cuya monotonía sólo se mitiga por afloramientos del fundamento rocoso o por algunos grupos de árboles o por los espesos monte naturales formados por arbustos de hoja perenne, espinosos, montes que bordean los innumerables corrientes de agua. En la región Este del país, las alturas son un poco mayores, especialmente en la parte Oeste del Dep. de Maldonado (Pan de Azúcar) y entre este departamento y el de Minas, como también en los alrededores de la ciudad del mismo nombre, y finalmente en el límite entre los Dep. de Florida y Treinta y Tres. Otros paisajes con elevaciones de relativa importancia con respecto a la totalidad de la región, se encuentran en el norte: en los Dep. de Paysandú, Tacuarembó, Rivera y Cerro Largo hacia

la frontera brasileña. Fuera de estos terrenos relativamente extensos, hay pocas partes, por ej. cerca del Río Uruguay y del Río de la Plata, como también en la costa atlántica, que son completamente planas. En general, domina la superficie ondulada, como consecuencia de la historia geológica del país, que ya hemos indicado. La denudación producida de tiempos remotos se acentúa por la fuerte nivelación, resultante de la capa limosa neozoica, e decir de aquellos productos, que se extienden hacia el Norte y el Este desde la vasta regiones pampeanas de la Argentina, pasando el Río de la Plata y el Río Uruguay y llegando a nuestro país. Más mientras que allá se ha alcanzado casi completamente el estado de equilibrio, el Uruguay se encuentra todavía en marcha hacia el peneplain.

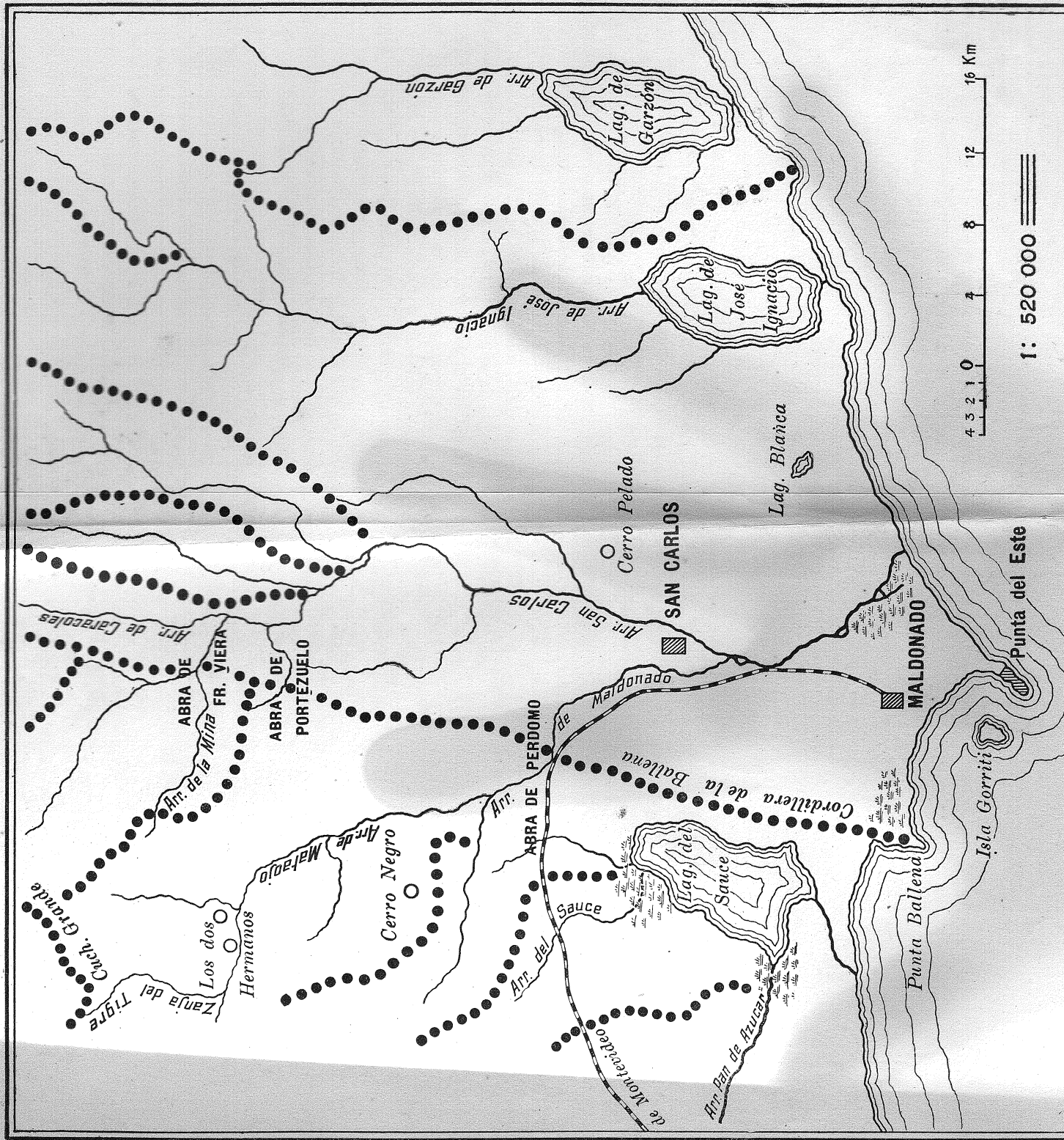
El carácter sénil de la superficie del país se manifiesta en la gran escasez de direcciones bien marcada, longitudinales, producidas por la historia del origen del material rocoso que componen las alturas. Así las cadenas montañosas reproducidas como largas orugas en los mapas extranjeros y nacionales ⁽¹⁾ bajo el nombre de «cuchillas», no representan más nada que la separación de las aguas (divortium aquarum) no nivelada todavía entre corrientes de agua. No les corresponde de ninguna manera el término indicado. Una dirección longitudinal pronunciada, sin embargo, existe, por ejemplo, en la parte meridional del Dep. de Maldonado, donde una cantidad de arroyos se dirige, poco distanciados, el uno del otro, en corriente paralela, hacia el mismo término, en este caso a la costa del Río de la Plata (véase la figura 1, donde las «cuchillas» se han reproducido por líneas punteadas). En algunos pocos casos el mencionado término parece justificado, como en las alturas llamadas

(1) Por ej. en el mapa de Osmar Araujo, en el Atlas escolar del mismo autor y en el Mapa escolar de S. CONTRAS (aceptado por la Dirección General de Instrucción Pública en la licitación de fecha de Mayo de 1907). Este mapa tiene en recompensa a la falta de una escala, particularidad ortográfica, como Cerro Berdón, C. Malvajar y Banco Medusa, e indica la posición del pueblito Latorre (2 o 3 casas), no menos de 35 km al NW de su situación verdadera! También en el Atlas escolar mencionado, los mapas de los distintos departamentos carecen de toda escala, apesar de que se han reproducido en proporción distinta (véase por ej. Soriano y Flores). El plano del Dep. de Cerro Largo está lleno de errores. Según el mismo, el Río Tacuarí nace en pendientes septentrionales del O. Guazunambí y se dirige de allá en dirección E N E hacia la desembocadura con el A. Conventos. Los cursos de los arroyos Fraile Muerto, Quebracho, Tupambaé y Tarariras, son completamente falso. En vista de este estado de cosas parece extraño que la extensión de los departamentos se indique con dos decimales de exactitud. En el mapa de pared de Luis MOXONELL, Cónsul General del Uruguay en Francia, es verdad que las «cuchillas» no se presentan tanto en forma de orugas que en otros mapas. En cambio la red ferroviaria nacional revela rasgos originales, como con una línea de Neco Pérez a Treinta y Tres (sin pasar a Corrales) y de allí a Melo, y otra línea directa de Montevideo sobre Mercedes a Fray-Bentos, llamado todavía «Independencia».

en el mapa de O. ARAUJO « tierra Cabral » y « tierra de Pereyra », en el Dep. de Maldonado. La reproducción no es correcta, porque la primera de las Sierras mencionada, no cambia su dirección, empezada en su parte más meridional al dirigirse hacia el N W ⁽¹⁾, sino se prolonga en dirección al NE hacia el A. Caracoles. Esta dirección no es nada más que el rumbo de una cuarcita muy dura, astillada, fuertemente levantada, perteneciente al Fundamento cristallino, que se levanta como el lomo de un cuchillo, o como un muro. Se prolonga de esta manera a gran distancia. Con propiedad, pero con algo de extravagancia, en el plano de Catastro se le llama Cordillera a esta cadena. Se pronuncia en su comienzo meridional por una pequeña prolongación que penetra en el Río de la Plata, la Punta Ballena. El A. Maldonado se ha cortado su camino a través de la Cordillera, en la Estación Abra de Perdomo formando un pequeño valle transversal. El término de « Abra » que se encuentra algunas veces más al N, indica el carácter de la rotura, y a penas el camino y la línea férrea encuentran sitio al lado del arroyo. La dirección de la corriente del arroyo se explica por su edad geológica reducida. Resulta, pues, que secundariamente el arroyo adquirió la dirección general hacia el E, mientras que el curso original era de N hacia el W. Una ojeada sobre nuestro croquis fig. 1. demuestra ya por el cambio de la dirección característica de las dos « cuchillas » entre el A. Maldonado y el A. Matajo, que en tiempos anteriores el A. Matajo desembocó en la Laguna del Mancebo. El agua del A. Maldonado fué « trasegada » (angezapft) probablemente por una corriente rica en agua y bastante inclinada, proveniente de la Abra de Perdomo, que se encauzó hacia atrás y se puso bajo el dominio de aquél. En analogía se vé en las dos Abras más al N, como el arroyo al E de la « Cordillera » se esfuerza en anexarse el territorio del W.

Una cuchilla de origen análogo, si bien no tan marcada, cuyo material rocoso es de interés en sentido estratigráfico, se presenta en la « Cuchilla Cabo de Horno » en el Dep. de Canelones. Bajo esta denominación el mapa de ARAUJO, indica esquemáticamente la separación de las aguas entre el A. Mosquitos (ramal del A. Mancebo Chico) y el A. Mancebo Grande. En realidad se trata de un cordón montañoso que comienza, afectando la forma de una altura aislada,

(1) Es verdad que se encuentra una separación de aguas dirigida hacia el N W entre el A. Matajo y el A. de la Mina, pero es muy insignificante.



4 3 2 1 0 4 8 12 16 Km

1: 520 000

al W de la Estación Piedra de Afilas, y se prolonga al de la línea férrea en dirección N V (véase la fig. 2), de modo que sólo después, en realidad, representa el *divortium aquarum*. La roca en este caso es una cuarcita más moderna, con rumbo al W, roca que sorprende por el levantamiento tectónico que ha sufrido. Gracias a éste, se destaca como una cresta que merece el nombre de Cuchilla (véase lám. 1, fig. 1).

Si ahora queremos hacer el ensayo de agrupar esquemáticamente las formas positivas del relieve uruguayo que todas tienden a la pampa ondulada, resultaría lo siguiente:

A. Forma con cúspide bombeada

I. Formas mayores (Gro formen)

- a) Con planta aproximadamente circular
- b) Idem, con planta alargada

II. Formas menores (Kleinformen), como resultado de I. Acumulaciones de bloques más o menos densas

B. Forma con cúspide plana

Ejemplos del grupo I a, se encuentran en gran cantidad y se explican por la preponderancia de roca granítica. El Pan de Azúcar, ya mencionado, muestra especialmente bien esta forma montañosa muy conocida (véase lám. 1, fig. 2), forma que persiste, aún cuando haya avanzado la denudación de la superficie (véase lám. 1, fig. 3). En el N del país, dicho tipo se encuentra a veces representado por pequeños conos melafídicos, que, a veces, son el resultado de la destrucción de efusiones en grietas de gran extensión longitudinal.

Formas con planta alargada y cúspide bombeada, aparecen por ej. en los alrededores de Minas, como también en las regiones septentrionales, ocupadas por las rocas cristalinas. En el paraje indicado en primera línea, el C. Campanero muestra especialmente bien la configuración indicada que se podría llamar «ataudiforme». Aspecto análogo presenta el C. Largo, en el departamento del mismo nombre. Se comprende fácilmente que gneises y también cuarcitas, decir pizarras cristalinas, generalmente muy resistentes, tienden a la producción de semejantes formas, mientras que de la filita impura tan abundante en el E, sólo resultan formas bombeadas, de las cuales se levantan a menudo pequeñas crestas para-

lelas, correspondientes a interposiciones más duras. En los casos muy raros, en que areniscas y cuarcitas más modernas presentan un levantamiento tectónico fuerte, tan común entre los miembros de

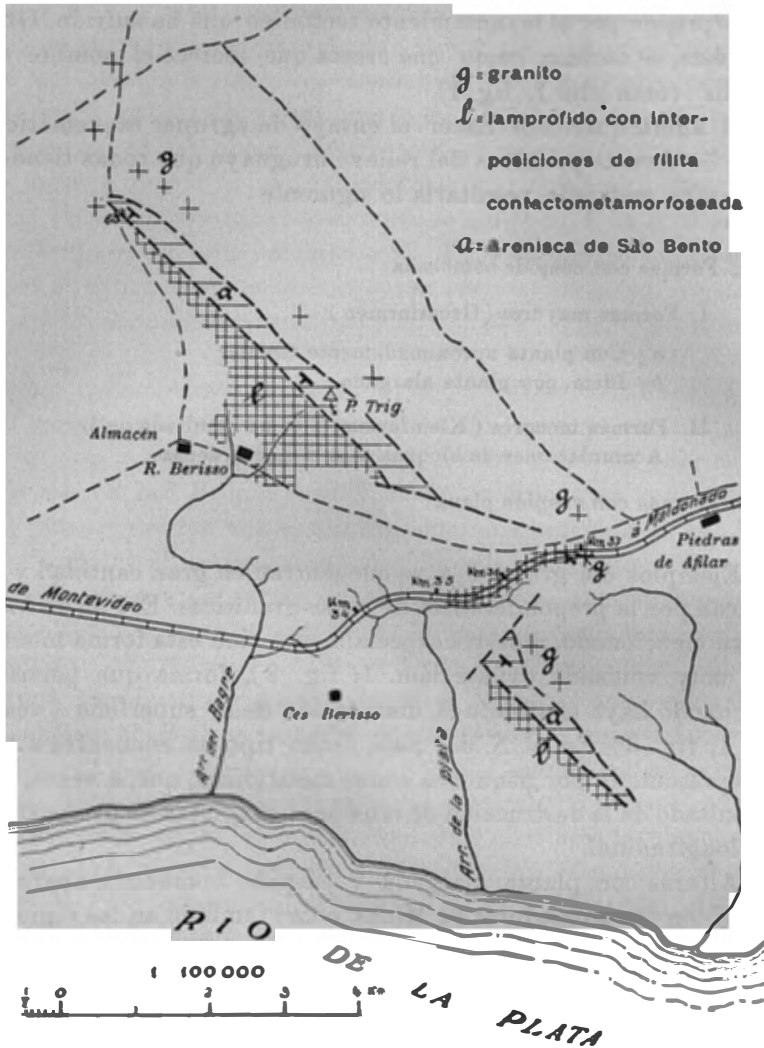


Fig. 2. Zona dislocada de Piedras de Aflar.

las pizarras cristalinas, resultan formas que también pertenecen al grupo en cuestión. Por lo que respecta a las formas menores de la configuración superficial bombeada, es claro que representan nada más que un estado más avanzado de desagregación y descomposición

de rocas esencialmente granítica. Estas rocas, por resquebrajamiento cascariforme y por disipación de la roca, según dos direcciones más o menos verticales entre sí, se transforman en lo así llamado « mares de rocas » (véase lám. 2, fig. 1). De este mar de rocas destacan generalmente numerosos arbustos de hoja perenne y muchos cactus, lo que junto con la abundancia de pájaros que en ellos tienen su nido, da a dicho yacimiento granítico el aspecto de una pequeña isla amena dentro del campo raso y monótono. Pero allá, como en los alrededores de Chico Pérez, donde vastas partes presentan este tipo de paisaje, también fatigan al viajero a causa del cambio constante de peñascos ásperos con interposición de innumerables arbustos. Sólo el granito completamente macizo, preferido por los cactus, se transforma en los ya mencionados mares de roca, mientras que el gneis más fácilmente descomponible, suministra, en general, menos bloques.

Formas menores de descomposición que corresponden completamente a las que se observan en el granito, las ofrece una brecha muy maciza y gruesa, de gran edad geológica, que se encuentra en el Dep. de Maldonado (véase lám. 2, fig. 2). La analogía con la descomposición del granito es por eso tan grande, porque se encuentra también aquí, como se conoce en la fotografía, un resquebrajamiento cascariforme de las partes marginales. Los peñascos de una altura a veces de varios metros, se encuentran amontonados los unos sobre los otros, separados entre sí por una vegetación espesa de arbustos siempre verdes, ocupando un terreno extenso, bastante pintoresco, especialmente en la falda oriental de la Sierra de las Animas.

Las formas montañosas con cúspide plana representan, como es conocido, el resultado de la denudación de capas sedimentarias con posición horizontal, o de masas efusivas napiformes, que han aceptado, por eso, el aspecto de rocas sedimentarias.

Las areniscas de São Bento bien estratificadas proporcionan ejemplos muy buenos del tipo de alturas en cuestión, que corresponde completamente, como se entiende, al que caracteriza la región meridional del Brasil. Como allá, también en nuestro territorio, las alturas mesetiformes, más reducidas gradualmente, se transformaron en elevaciones cóniformes, cuya desaparición completa sólo se impide por un banco más resistente, que protege la cima como un paraguas (véase lám. 3, fig. 6). El importe del desgaste de estas capas de arenisca originalmente mucho más

extensas, se lo puede calcular observando la fotografía de los Tres Cerros, Dep. de Rivera, o de los Cerros de Clara, llamados también Once Cerros en la parte W del Dep. de Tacuarembó (véase lám. 3, fig. 7). Un banco de arenisca de má o meno 10 metros de altura forma la «tapa» de la altura mencionada primeramente, altura que repre entan uno de lo paisajes más característico del Uruguay.

Es posible que haya que atribuir la fuerte denudación y modelación de las alturas me etiforme , a un clima anteriormente árido, como se ha comprobado por . PASSARGE, respecto de ciertas partes de Sud Africa.

Se comprende, pues, que el tipo me etiforme, donde se trata de sedimentos con e tratificación menos vi ible, e presenta meno característico. 'emejantes productos se encuentran amenudo en la parte inferior de la Formación de . anta Catharina. El C. Ombú (Dep. de Tacuarembó) y el C. de las Cuenta (Dep. de Cerro Largo) figuran como ejemplos de dicho carácter.

Como imágen muy imperfecta del tipo de paisaje mesetiforme, que apenas merece el título de « Cerro », hay que clasificar restos aislados de depósitos fluvioigéneos, que por parte consisten de una arena junta por un cemento de color rojo vivo (Arenisca de Palacio).

Mucho má pronunciado que en los casos últimamente mencionado , se pre ntan las altura mesetiformes, cuando se componen de rocas efusiva de edad di tinta, es decir, de cuarzófidos y ortó-

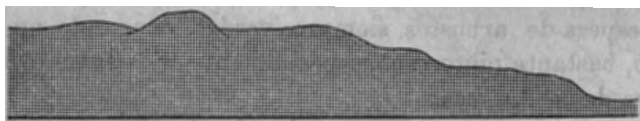


Fig. 3. Perfil de las alturas al N E de San Antonio (visto desde el camino de Aiguá al P. de las talas del A. Alféres)

fidos, más o menos vitrofídicos y además de meláfidos. Las vistas lám. 4, fig. 9 y 10 muestran el C. Arequita cerca de Minas. El perfil reproducido en la fig. 3, corre pondiente a las altura al N E de an Antonio (Aiguá) en la parte más septentrional del Dep. de Maldonado — perfil que fué levantado según una fotografía y su altura triplicada — ilustrará lo dicho. En mayor abundancia que en e tas rocas correspondientes al Fundamento cri talino, el tipo de alturas en cuestión se presenta entre las rocas eruptivas de rra Geral, porque en este ca o las napas efusivas, debido a su

menor edad geológica, se han conservado en mayor extensión. Los departamentos del N W ofrecen numerosos ejemplos de semejantes « mesas » elaboradas por cincelamiento de las napas y todavía no niveladas. En una publicación anterior (91, lám. I, fig. 1 - 3), se ha reproducido semejante formación, que está desapareciendo; la vista lám. 5, fig. 11, muestra una de esas alturas melafídicas que se levantan en el paraje al W de Tacuarembó.

Resumiendo lo dicho, vemos que la gran mayoría de las formas positivas se ha producido por denudación, es decir, por fuerza exogéneas. Más se debe tener en cuenta que, tratándose del Fundamento cristalino, fuertemente denudado, se hace apenas posible constatar, si existen partes positivas, esenciales, del relieve que deben su origen a fuerzas prevalentemente endogéneas (plegamientos, dislocaciones a base de fallas).

Una monotonía análoga a la de la superficie del país, se manifiesta por la configuración de la costa uruguaya. Se le puede caracterizar bien con el término « arquiforme ». Mientras que los puntos de sostén de los arcos están compuestos por rocas del Fundamento cristalino resistentes, (véase por ej. los filones aplítico - pegmatíticos en la Punta Brava o Carretas de Montevideo), las bóvedas generalmente consisten de arenales, que son el residuo de la destrucción de rocas cuarcíferas. Así se han formado las Puntas características de la costa, conocidas bajo el nombre de Martín Chico, Colonia, Jesús María, Tigre, Espinillo, Brava, Inglés, Ballena, del Este, José Ignacio, Santa María y de Polonio y utilizadas, en varios casos, para la colocación de faros. La simplicidad de la costa uruguaya presenta fuerte contraste con la de las así llamadas « costas de Rías » comunes por ej. en el otro lado del continente sudamericano.

B. LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS

La distribución de las formaciones geológicas en el país sólo se puede registrar hasta ahora en líneas aproximadas en un mapa con una escala tan reducida, que el escaso número de observaciones no se pone tan de manifiesto. Se eligió por eso la escala de aproximadamente 1:2.800.000 obtenida de la reducción del mapa de O. ARAUJO, y sólo se registraron los puntos topográficos mencionados en el texto. Las formaciones neozoicas no se separaron y fué necesario proceder a ellas — apesar de la importancia que tienen como

suelo casi únicamente cultivado en el país — por la escasez de observaciones respecto a su extensión. Hay que entender, pues, que las formaciones reproducidas en el mapa, están en el mayor o menor grado cubiertas por el Neozóico.

Este hecho dificulta mucho el trazado del límite de la extensión entre las rocas del Fundamento cristalino y las de la Formación de Gondwana en el N, y esta dificultad es especialmente mayor para la zona comprendida entre el R. Uruguay y la Estación de Villasboa y de ésta al C. Malbajar. Solamente se han tenido en cuenta más detalles en la ubicación de los yacimientos de caliza cristalina y también al estudiar la Formación de Gondwana, donde hemos ensayado separar los estratos de Tubarão y Paqueta de los de São Bento. Los límites geológicos, correspondientes al territorio brasileño, son sólo aproximados.

I. EL FUNDAMENTO CRISTALINO

Como ya se ha indicado, más arriba, la falta de fósiles en las pizarras semicristalinas infrapuestas en discordancia a los sedimentos más modernos, impide separar formaciones geológicas bien definidas según su edad, y nos obliga a emplear el término general que sirve como epígrafe de este capítulo.

El Fundamento cristalino, cuyos afloramientos más importantes se encuentran en los alrededores de Montevideo y en los departamentos del Este, se compone de pizarras cristalinas y de rocas eruptivas. En cuanto a la relación de la edad de los dos tipos, diremos que las primeras son las más antiguas. Ya en los alrededores de Montevideo se confirma esto, al observar frecuentemente filones pertenecientes al granito que penetran y perforan las pizarras, observación que se puede hacer también en muchísimos otros puntos.

El efecto del metamorfismo de contacto ejercido por rocas eruptivas sobre pizarras cristalinas, comprueba la exactitud de lo dicho. Tal vez más gráfico todavía es lo que enseña un afloramiento en las canteras de la Teja, cerca de Montevideo. En este paraje, el granito biotítico es atravesado por un filón aplítico de más o menos 10 metros de espesor, filón que incluye grandes cantidades de trozos irregulares de anfíbolita (véase lám. 6, fig. 13). Respecto de la edad de las rocas eruptivas antiguas, hasta ahora no se puede decir nada más, que son postcámbricas y prepérmicas, pues

dichas roca: en ninguna parte penetran los sedimentos de la Formación de Gondwana. Comparando nuestras formaciones geológicas más antiguas con los yacimientos más cercanos de la Argentina, vemos que en la Prov. de Buenos Aires distinguimos, según el geólogo del vecino país, dos categorías: una, yaciente, de edad precámbrica, compuesta de pizarra cristalina, con rocas eruptivas que la perforan, y otra, pendiente, que sigue en discordancia y se compone de sedimento silúrico-devónico.

El valor medio tomado de una gran cantidad de observaciones del rumbo de las pizarras cristalinas en el país, indica que la dirección preferida, que se debe considerar como «general», es la de NW a E y de W a E. Ya hemos mencionado un ejemplo bien característico del rumbo dirigido a NE y una ojeada en el croquis lám. 15, fig. 36, nos demuestra el arreglo de los yacimientos de caliza cristalina interpuesta entre la filita tan comunes en el país, en lo cual el rumbo general es el ya indicado, y bien el rumbo parcial se dirige, a veces, de E a W (Montevideo), o de NW a E, siendo muy raro el caso en que la orientación se manifiesta hacia el W. Fuera de la zona del Este del país, caracterizado por la unión entre filita y caliza, parece que existe otra más al W, y bien es conocida hasta ahora sólo en su parte final: al N y al NE. En la región de Mal Abrigo, entre Nueva Helvecia y Rosario y también no lejos de Conchillas, se observa que la filita y la filita cuarcítica acompañan bancos de mármol. Es probable que la prolongación de estos yacimientos se encuentra mucho más al E, y en efecto, en el Cerro Calera (Dep. de Rivera), y en la naciente del r. Mangüera (Estancia Buena Vista del r. E. CARVALHO), aparecen afloramiento de caliza cristalina muy cubierta por formaciones más modernas. La dirección hacia el E, como lo ha demostrado J. W. EVAN, se encuentra muchas veces representada en el norte del Brasil, en los Estados de Bahía y Minas Geraes. Las lagunas en la observación entre este estado y el territorio del Uruguay, se rellenan por los apuntes de E. DE OLIVEIRA. Este autor divide los sedimentos predevonianos del Estado de Paraná en dos partes: una yaciente, consistente en gneis y en otras pizarras cristalinas, y otra pendiente, llamada serie de Asunguy, cuyo carácter petrográfico consiste en la unión íntima de pizarras filíticas y cuarcíticas con caliza cristalina. El rumbo general se dirige hacia el E.

Ya J. D'ORBIGNY demostró, en qué grado el contorno del continente sudamericano depende de las líneas estructurales. La di-

rección NW- E. que siguen las tierras de la Prov. de Buenos Aires y el mismo Río de la Plata, no encuentran su equivalente — como se ha dicho hace poco, siguiendo a A. D'ORBIGNY — en parte del Fundamento cristalino del Uruguay, sino en formaciones mucho más modernas.

Nuestra dirección de E coincide con el «Système Brésilien» del sabio francés, que según él, se extiende hasta las puntas del Río Negro. Dicho plegamiento pertenece probablemente a la Formación silúrica y es comparable, según su edad, con el conocido, bajo el término de caledónico. La analogía en la composición de grandes partes del Fundamento cristalino uruguayo con el brasileño de cierta región, es evidente. Así, como en el primero ciertas pizarras micriticas, especialmente filitas calcíferas, desempeñan un rol importante y están acompañadas por cuarcita, pizarras hematíticas y yacimientos de minerales de manganeso, así se encuentran desarrollados, en los Estados de Minas Geraes, Bahía y Rio de Janeiro, productos en parte muy análogos a los nuestros. O. A. DERBY lo llama en el Estado de Minas Geraes, «Formación itacolúmica», atribuyéndole una edad cámbrica, lo que también debe considerarse a nuestras rocas. Probablemente se trata más exactamente de formaciones precámbricas, y aquí debemos recordar la analogía entre nuestra cuarcita grunerítico-magnetítica con productos análogos bien conocidos, algonkiana, del Canadá y de los Estados Unidos. Es muy posible que además existan componentes más antiguos, pero sin duda el «tema brasileño» es el más característico a este respecto.

La inclinación de las pizarras micriticas se manifiesta en muchos casos bajo un gran ángulo, pero es notable el hecho de que los miembros probablemente más modernos (filitas con mármol), muestran a menudo una posición poco alterada (véase lám. 5, fig. 12).

1. Pizarras cristalinas

a. Gneis, Gneis cuarcítico, Cuarcita, Cuarcita filítica.

Al tratar el gneis, muy común en todas partes, lo que no interesa estudiar primeramente, es, de qué productos proviene. Para esto no valdremos de la conservación de ciertas estructuras características en las rocas eruptivas, especialmente la porfídica y la aplítica. Además no proporcionan datos, las diferenciaciones leu-

có - y melanócratas, que a veces se observan, y también los efectos producidos por metamorfosis de contacto. Todas estas cosas prueban que la mayoría de los gneises son «Orto-» y no «Para-» rocas. Se puede caer en error cuando—como ya se observa cerca de Montevideo y también cerca de Rico Pérez, en un monte cerca de la Estación y de aquí en la línea férrea a Melo (km 344 entre Tupambaé y Cerro de La Cuentas)—el «gneis biotítico» pasa aparentemente a «micaesquistito biotítico» y también a rocas que contienen sólo de biotita. La clave para averiguar la naturaleza del «gneis» resulta de su separación en productos globiformes con estructura concéntrica, lamelar y su acompañamiento de filones aplíticos y lamprofídicos. El granito sienítico pasa así del tipo gneis oideo a «micaesquistito» y no es nada más que una modificación durba-jítica.

Otros ejemplos de ortogneis típico afloran en la línea férrea de Rico Pérez a Treinta y Trece, entre el pueblo de Rico Pérez y la Estación de Zapicán. En dicho sitio se encuentra una hermosa granitita con estructura porfídica, debido a grandes criсталes de feldespato de color encarnado, roca que, en parte fuertemente cloritizada, pasa a «gneis de ojos» y por disminución de los componentes claros pasa a «cloritoesquistito». Se observa lo mismo en el R. cerca de Cuñapirú, Corrales y Zapucay, donde granitos biotíticos acompañados por lamprófidio y aplitas, pasan a «cloritoesquistito» que constituyen la roca madre de los filones de cuarzo con su pirita aurífera.

Igualmente como en los casos citados, el paso de gneis a «pseudomica-» y cloritoesquistitos, puede inducir a conclusiones erróneas, también en otros casos la posición alternante entre banco de gneis y de mármol, parece señalar el origen sedimentario del gneis. Este tipo de yacimiento afloran en varios puntos por ej. en el norte del Dep. de Maldonado, en la Zanja del Tigre (véase fig. 1). El acompañamiento del gneis—que se caracteriza bajo el microscopio por linda unión. (Verwachsungen) microméfica—por diferenciaciones lamprofídicas, también en este caso demuestra su origen eruptivo.

Pertencen además a este grupo gneises encarnados de grano igual, rocas bastante comunes en los Dep. de Maldonado, Treinta y Trece y Cerro Largo. Dicho tipo representa probablemente nada más que granito aplíticos «semejante» a los de los alrededores de Montevideo, que han emanado bajo presión lateral. Así, por ejem-

plo, en el campo del Sr. DOROTEO NAVARRETE, 15 km al de Melo, comprendido en el rumbo de las pizarras cristalinas del C. Largo y del C. Pelado al E de Melo (véase adelante), el origen eruptivo del gneis se demuestra por la presencia de un producto de contacto, parecido a piedra córnea.

Las cuarcitas pueden estar formadas por miembros muy hete-reogéneos, y son rocas que por su contenido ocasional en minerales de Fe y Mn, las trataremos con más detalle en el capítulo relativo a los yacimientos metalífero del país. En algunos casos, por ej. en los alrededores de Corrale , Dep. de Rivera, se trata de pseudo-cuarcitas, quiere decir de miembros de la familia de la pizarras cristalinas, sustituidas hasta la totalidad, por infiltraciones de cuar-zo, observación, que es de interés para la determinación del origen de los minerales metalíferos. En otro caso., por ej. en la cuarcita férrica del Cerro Valentín (Estación Valenti-ne) y en us alrededores, deberían pre entarme, por la apari-ción simultánea de pizarras filíticas, rocas sedimentogénea , tal vez metamórficas de contacto. Otras cuarcitas magnetíticas en los Dep. de Minas y Maldonado, se caracterizan por una hornblenda grune-rítica y son también de origen probablemente sedimentario. Para-cuarcitas magnetíticas, por parte con interposiciones de caliza cris-talina, a veces e encuentran, incluídas en gneises, por ej. en los Ce-rrros de Areicuá y Chato (Dep. de Rivera). Además pertenecen a este grupo cuarcita: y pizarras cuarcíticas parcialmente grafíticas o parcialmente niaganesíferas de los alrededores de Montevideo. Ya-cimientos de esta índole se encuentran en el pié Este del Cerro ⁽¹⁾ y en una pequeña isla en la desembocadura del A. Pantano o. El color oscuro del primer yacimiento ha dado lugar a e: pecula-ciones respecto al hallazgo de carbón y grafito, y se han regi trado denuncias bajo el nombre de « minas » en el Registro de Hacienda.

Menos dudoso es el origen de miembros del grupo rocoso en cues-tión que están en íntima relación con filitas cuarcíticas. También ellos llevan a veces un contenido de componentes férricos. El con-tenido en hierro de estas rocas se manifiesta, cuando e de compo-nen, al formar un suelo de color rojo vivo (puntas del A. Fraile

(1) Por ej. en las calles IV y Perú (véase el croquis, lám. 14, fig. 36), donde la cuar-cita rica en substancia grafítica y muy descompuesta, se encuentra incluída en una aplita. Otros yacimientos de este tipo se encuentran entre las calle: de Inglaterra y Norte Amé-rica y cerca de un corral en el pié Sud. Por su reducida extensión no ha sido posible fijarlos en el plano, con excepción del yacimiento llamado en primera línea.

Muerto, parajes entre el A. Barriga Negra y la línea férrea a Treinta y Tres). De igual manera como ya se ha mencionado, una parte del cuarzo es de procedencia secundaria y este fenómeno se acentúa hasta la remoción de los otros minerales. Se comprende fácilmente que semejantes rocas amenudo hayan perdido toda división pizarrosa, y los terrenos que forman, son estériles. En las proximidades occidentales de Minas, aparece una zona rica en estos productos, dirigida al N E y que comprende, también, el Cerro Verdún, zona que ya desde lejos se destaca por la aspereza de sus formas.

En otros casos, la arenisca original metamorfeada en cuarcita, aparece sin infiltraciones. La roca más compacta, y al mismo tiempo más pura entre estos productos, es la cuarcita astillosa, con fractura cortante como un cuchillo, ya mencionada de la Abra de Perdomo y de su prolongación hacia el N E y W. El espesor de la roca inclinada verticalmente es más o menos de 100 metro. Hacia el W siguen, destacándose bien del campo, diversas zonas paralelas compuestas de una cuarcita más impura y algo filítica, bien estratificada. A dichos tipos intermediarios entre cuarcita y filita, pertenecen pizarras de una divisibilidad plana extraordinaria. Se encuentran al sud de Minas en el valle del A. San Francisco superior y su explotación ha originado numerosas canteras, una de las cuales lleva el nombre muy gráfico de «El Libro Gigante». Las placas obtenidas tienen una superficie que a veces excede a un metro cuadrado, y se han empleado para vereda, entre otros puntos, en Minas (véase la placa delante de la Confitería, en la Plaza Artigas). Hoy en día se prefieren en general las veredas de piedras artificiales acanaletadas, que no presentan el inconveniente de la primera, de volverse lisas y resbaladizas por el uso.

Pizarras análogas se encuentran en gran cantidad en las «cuchillas» al N de Treinta y Tres—si bien menos plaquiformes—conjuntamente con filita, y en los alrededores de Conchillas, Dep. de Colonia, con talcoo quisto. El contenido de algunas de dichas pizarras en substancia carbonosa, ha motivado especulaciones y hasta perforaciones en busca de hulla (!).

b. Anfibolita, Hornblendesquist, Cloritoesquist.

Como una gran parte de las rocas descriptas en el capítulo precedente, pertenece a la zona superior (epi-), y en parte, también, a la mediana (me o-) del metamorfismo de profundidad, también se trata, entre las formaciones que mencionamos ahora, de yacimientos que se «reacuñaron» en profundidades costrales relativamente reducidas, convirtiéndose el material original en pizarras cristalinas. E o se revela por su acompañamiento ocasional de filitas y, además, por la observación, no muy rara, de estructuras mecánicas (véase lam. 7, fig. 15.)

La descripción de las filitas se haría con provecho anexándola a la de las cuarcitas; pero conviene describir desde ya un grupo de rocas, que, como el primero, empieza con productos que se derivan esencialmente de roca eruptivas.

Yacimientos de pizarras anfibólicas de muy poca importancia se encuentran en los alrededores de Minas (Almacén Luis CHAMIL, camino de Minas a Pan de Azúcar), donde se intersertan entre filitas y representan nada más que productos de la metamórfosis de filones lamprofídicos, tan comunes en aquel paraje.

Los yacimientos más extenso de pizarras hornbléndicas se encuentran en las costas del Río de La Plata, cerca de Montevideo y de Colonia, y ya CHA. S. WEISS, en 1827, las caracterizó bien, poniendo de relieve la analogía de la formación rocosa del Cerro y del Cerrito, e indicando, también, su aparición en el Paso de las Duranas (A. Miguelete). El problema de la relación de la anfibolita con el hornblendesquist y su origen, se concentra para nosotros en la formación del material rocoso de las alturas recién mencionadas.

Tres razones inducen a reconocer como material original de las pizarras en cuestión, una roca plutónica diorítico-gábbrica, hecho tantas veces observado en el mundo, y estas razones son: el alto contenido en hornblenda verde, uralítica de todas las pizarras, la observación de un gabbro dialagífero en conexo con rocas casi puramente hornbléndicas (hornblendita con contenido de biotita) y la manera de unión entre la roca de la cima del Cerro y las formaciones de sus partes más bajas. La hornblenda verde, a veces también azulada, no es nada más que la llamada hornblenda «junco-sa» (schilfig), hecho que explica la tenacidad del hornblendesquist

(llamado «ba alto») y su empleo para pedregullo, por ej. en las canteras del Cerrito. El mineral se encuentra también en porfidoblastos, que muchas veces se conocen ya macroscópicamente. La roca se vuelve así manchosa, hasta nodulosa (p. ej. en el Camino Reyes cerca del Barrio de Juanicó), textura que se vuelve más visible por descomposición del tejido fundamental. La interposición de zonas con hornblenda de semejanza a pectolita, se hace generalmente de modo completamente irregular; a veces, sigue al rumbo de los filonitos, lo que se observa especialmente en la parte superior de la zanja marcada por los afloramientos del fundamento rocoso, zanja que se dirige desde la parte alta del Cerro hasta la calle Grecia (véase lám. 14, fig. 35). La definición óptica de la naturaleza de la plagioclasa, se hace casi siempre imposible, debido a su avanzada descomposición. En ciertos casos a los lados, se pudo, no obstante, definir miembros situados entre oligoclasa-andesina y labradorita. El cuarzo en gran parte es de origen secundario y su inyección se debe a fenómenos hidrotermales, pegmatíticos, que eran, como creo, los más importantes factores de metamorfismo. Una fotografía de semejantes rocas hornbléndicas infiltradas con cuarzo, se encuentra en 92, lám. II. Por salida del mineral, la roca se vuelve a veces característicamente agujereada (l. c. lám. III). Otros minerales que figuran como accesorio, son: magnetita, ilmenita (frecuente en su transformación leucoxénica, llamada «huevos de insectos»), rutilo, apatita y otros. Respecto a este último mineral, véase lo que se dice más adelante.

Cerca del pasaje del camino a la Tablada, llamado camino Vieja, sobre el A. Pantano, surge de la capa limosa una pequeña fumarola eruptiva. La roca completamente descompuesta en su periferia, se caracteriza como gabbro por el mineral de dialaga, transformado parcialmente en hornblenda. Fuera de este punto no he encontrado ningún otro donde se haya conservado el piróxeno original. Existen, también, varios lugares, en donde la pizarra cristalina se nos aparece tan compacta como una roca eruptiva. Esto se observa en el hornblendesquistito de la cumbre del Cerrito (92, lám. III) y en dos lugares indicados en el croquis lám. 14, fig. 35).

Lo que induce especialmente a considerar el origen eruptivo de las rocas que forman el Cerro, son las zonas y estrías obscuras, es decir, pobres en feldespato, que se observan en muchísimos puntos en las partes más bajas del Cerro.

Estas zonas corresponden al hornblendesquisto que forma la cima de la altura alrededor del fortín y que allá se destaca en forma de pizarras sumamente áperas (92, lám I). Relaciones análogas, como las del Cerro, las encontramos en el Cerrito, y no solamente se limitan a estos dos puntos, sino que se observan en muchas partes, donde se encuentran las pizarras anfibólicas. Así, por ej., en la playa, desde el cementerio viejo en dirección al Este; en el Paso de las Duranas; en el camino Reyes, casi a la altura, predomina esta — como lo definimos — diferenciación original magmática en zona oscura, específicamente péndula, y resistentes contra la descomposición y en partes más clara, por su contenido feldespático y por eso más liviano y más fácilmente decomponibles. Gracias al material de la primera composición, la cumbre del Cerro ha resistido a la denudación y amenudo se observa una roca bastante fresca, mientras que en las falda tapadas con mucho limo, hay pocos afloramientos y sólo rocas de compuesta. La fotografía en 92, lám. IV, fig. 1, que intento se haya reproducido tan deficientemente, indica una de semejante: zonas oscura (entre el martillo y 27 mm a la izquierda). Circundado de rocas más claras, el punto respectivo está situado en la esquina de las calles Uiza y Viscaya.

El croquis lám. 14, fig. 35, levantado en los años de 1908-09, época en que las «calles» de la Villa del Cerro, generalmente, no estaban bordada todavía con alambre, reproduce todas estas relaciones. El rumbo E-W, general en los alrededores de Montevideo (véase lo dicho anteriormente) se conoce por la interposición de emanaciones aplíticas en parte gneisoideas. Su inyección en el material original de las pizarras cristalinas se ha efectuado junto con la «acuñación» de su textura metamórfica característica.

En muchos puntos la hornblenda se ha transformado en clorita, habiéndose observado un caso en donde las fibras del mineral se arreglan, vistas bajo el microscopio, bajo el mismo ángulo de más o menos 124° , que representa un corte básico de un cristal de hornblenda. La unión de la hornblenda, afectando el aspecto de junco entrecruzado (*schilfiges Gewebe*), se substituye, de esta manera, por la abanicoidea, semejante a las flores de hielo (*eisblumenartig*) de la clorita. En otros casos la roca es atravesada por cintas cloríticas más o menos paralelas, que consisten en manojo fibrosos retorcidos (*gedrehte Faerbüschel*). En los lugares en que tiene lugar este enriquecimiento, la roca toma un aspecto algo ce-

roideo y en los sitios aislados en que la clorita prevale en la textura fundamental, resulta un lustre sedoso. La fotografía lám. 8, fig. 18, muestra una parte de un preparado microscópico correspondiente a una de estas zonas cloríticas de 2-3 cm de anchura y de contorno muy irregular, zona que atraviesa el hornblendesquistito del Cerrito. Se ven en la textura fundamental clorítica numerosos granos de apatita ⁽¹⁾ y porfidoblastos de hornblenda, que sorprenden por su contorno idiométrico. Es notable que estos minerales y el tejido fundamental, estén atravesados helicíticamente por zonas paralelas de sustancias metalíferas (véase lám. 8, fig. 18). Sólo el análisis químico puede decir si dicha textura es indicio de una eventual procedencia sedimentaria y si existe analogía química entre la pizarra en cuestión y un hermoso Garbenschiefer (esquistito de gavilla) hornbléndico de aspecto bastante macizo que se encontró cerca del pueblo San Lorenzo en el Camino Burgues, antes de ser macadamizado. La especie de sedimentación reproducida en 92, lám. IV, fig. 2, no indica sedimentación: no es nada más — como me he convencido — que una consecuencia de la alteración de la roca.

Un esquistito hornbléndico que posiblemente se deriva de tufas se encuentra junto con bancos de mármol cerca de Polanco, Dep. de Minas. Visto bajo el microscopio, la roca de grano fino, se compone de un cambio alternativo en camadas de hornblenda verde secundaria y de cuarzo.

Es notable que la transformación de la anfíbolita y del hornblendesquistito en cloritoesquistito (esquistito verde) se demuestra de preferencia en los alrededores más cercanos a aquellos filones gneissoideos de estructura aplítica y granitoporfidica que se indicaron

(1) Es este el mineral según las experiencias de dos profesionales, uno químico y el otro geólogo (véase « El Día » del 14 de Abril de 1918), bajo cuya forma « posiblemente » se presenta aquel fósforo que provocó una especie de pánico en el Cerro, temiéndose una actividad volcánica. Según el descubrimiento de las dos personas citadas « la concentración de fósforo, que origina el fenómeno de las llamas y desprendimiento de humo, es máxima en los materiales de alteración que cubren la roca, que es donde se ha evidenciado la presencia de fósforo libre ». Otra opinión expresada por un profesional, geógrafo, nos enseña (« La Razón » del 15 de Abril de 1918), que « los habitantes de ciertas regiones de España, Noruega y Canadá, donde abundan las cristalizaciones de apatita, ven continuamente fenómenos como el del Cerro » (¡ qué felices !). Finalmente merece ser tenido en cuenta la opinión del cuarto técnico nacional, meteorólogo, de que « se trata de piedras saturadas de fósforo, simplemente » (« El Plata », del 15 de Marzo de 1918). Recomendamos abstenerse de todo comentario y esperar con impaciencia el futuro ! Resulta, pues, que los dos técnicos primeramente citados « proseguirán sus estudios, a fin de hacer no sólo el análisis cualitativo de la roca, sino el cuantitativo y ver de ese modo la forma de explotación del citado mineral ».

en el croquis lám. 14, fig. 35 ⁽¹⁾. El llamado esquisto cristalino generalmente descompuesto, a menudo se une íntimamente con la roca filoniforme también frecuentemente mal conservada. Es posible que la transformación indicada de la roca hornbléndica sea simplemente el efecto de la descomposición en un lugar especialmente accesible a sus factores. Pero parece más probable que por la intrusión de la roca filoniforme se preparó al menos la cloritización.

Yacimientos de importancia secundaria sin valor práctico son los de una anfibolita epidótica y de rellenamientos de fisuras en la anfibolita de asbesto hornbléndico en el lado izquierdo del A. Pantanoso cerca de su desembocadura. Hay también, procedentes del Dep. de Minas, muestras de un asbesto de fibras largas, pero broncas; mas no conozco el yacimiento de autopsía.

Por lo que respecta a la extensión del cloritoesquisto, material aquí, como en todas partes tan heterogéneo, hay que decir que carece de importancia, lo que hace suponer su derivación general de rocas eruptivas filoniformes. Una extensión superficial relativamente más grande, tienen los productos ya mencionados como facies marginal durbaítica de granitos gneisoideos, biotíticos y hornbléndicos. Se encuentran en la región de Corrales y Zapucay, como también en la línea férrea de Nico Pérez a Treinta y Tres. Comparados con estos productos, los cloritoesquistos, que se derivan probablemente de lamprófidos, casi no merecen más la denominación de roca. Por su extensión reducida se encuentran en todas partes en un estado avanzado de descomposición, de manera que ni la investigación microscópica puede revelar nada esencialmente nuevo. Así por ej. en secciones delgadas pertenecientes a rocas de Maldonado (cantera General Burgueño, Mina Uruguay, al E de la misma, y y en el camino a Pan de Azúcar) se distinguen fenocristales de plagioclasa cloritizada en una masa fundamental rica en clorita, clinozoisita y calcita.

(1) Cerca de la playa se encuentran afloramientos característicos entre las calles IV y Perú, como también en las dos pequeñas islas. En el punto indicado primeramente, la roca filoniforme incluye una gleba (Scholle) chica de cuarcita carbonosa (véase el croquis) y se reduce, al acabar en punta, a simples infiltraciones de cuarzo. En la pequeña isla que se encuentra en la desembocadura del A. Pantanoso, reina un conjunto interesante múltiple, de anfibolitas y de filones gneisoideos granitoporfídicos, que han penetrado según y a través del rumbo de aquellas y se diferencian marginalmente una parte en aplitas, y otra se presenta atravesada por éstas. Dichas infiltraciones no se han indicado en el croquis.

c. Micaesquisto, Filita, Filita gráfita, Esquisto hematítico, Filita calcárea, Mármol.

Con excepción de las rocas indicadas más arriba como facies marginal básica de granitos gneísicos y biotíticos, se trata aquí siempre de productos sedimentogéneos. El yacimiento más característico de un micaesquisto se halla cerca de Montevideo, en las inmediaciones del Dique Cibils. La pizarra se inclina hacia el N, inmediatamente a un fuerte filon pegmatítico que tiene el mismo rumbo de W-E y pasa hacia el E (la playa), a filitas acompañadas por anfibolitas. El micaesquisto muy pizarroso se caracteriza por su riqueza en granate. Las hojas moscovíticas y biotíticas presentan una bella estructura de ojos alrededor de los granos del granate, cuyo tamaño decrece desde la pegmatita hacia la playa. Generalmente están envueltos por un fino manto azulado - gris de cianita (retizita) muy carbonosa.

Una pizarra parecida a la mencionada se encuentra con el rumbo característico de NNE en el Cerro Pelado, 5 km al E de Melo, en el camino al puente del Chuy. El yacimiento forma una pequeña isla cristalina de pocos metros cuadrados, incluido en las formaciones sedimentarias. Botánicamente el punto en cuestión se manifiesta enseguida por su riqueza en cactus, plantas que faltan en los alrededores. Por su tamaño reducido no ha sido posible indicar el yacimiento cristalino en el croquis lám. 15, fig. 36, sólo se ha indicado el rumbo mencionado.

La influencia pneumato - contactometamórfica de la pegmatita turmalinífera sobre el micaesquisto del Dique Cibils es sin duda manifiesta. Se observa, pues, fuera de la pegmatita de un espesor de 5 - 10 metros, otro filón paralelo en una distancia de 20 - 30 metros, de carácter más aplítico hasta transformarse en exudaciones de cuarzo, muy variable en su espesor y entrando en las pizarras por medio de una gran cantidad de apófisis muy ramificados y serpeados. Un yacimiento análogo se observó cerca del A. Ombú en las nacientes del A. Corrales, Dep. de Minas. Aquí una filita oscura, bastante cristalina, que ya se mencionó anteriormente, incluye bancos de mármol y pasa al lado de interposiciones de cuarzo débiles en micaesquisto. El hecho de que estas inclusiones de cuarzo son de origen secundario, se conoce no lejos del punto indicado, en el camino que va desde el pueblo de

Zapicán, pasando por la Capilla de Olascoaga, al límite del departamento. En este lugar el esquisto, cuya posición ha sido poco alterada, y fuertemente impregnado con filones de cuarzo, está transformado en micaesquisto bien cristalino. El carácter de metamorfosis se presenta todavía más pronunciado en los esquistos hematíticos que se describirán en el capítulo sobre los yacimientos metalíferos. Otras filitas más cristalinas a consecuencia de la silificación padecida, se observaron en el Dep. de Canelones, en las alturas ásperas y pedregosas al NW del pueblo de Mosquitos. Ciertas rocas que sólo por su aspecto macroscópico podrían tomarse como « gneis », no representan otra cosa, que una filita que a consecuencia del fenómeno de cuarcificación resulta tanto más maciza, cuanto más cristalino.

Si, pues, como parece, los yacimientos de micaesquisto del país no son nada más que formaciones locales metamórficas de contacto o de inyección, entonces se comprende que en su distribución quedan muy detrás de la filita más o menos cuarcítica o calcífera. La unión entre filita y caliza cristalina (mármol) es tan constante, que en cada yacimiento de filita se puede esperar también la caliza correspondiente. Así ya en los yacimientos cerca de Montevideo muy reducidos consistentes en una filita gris oscura ⁽¹⁾ bien apizarrada, se une la filita (véase el afloramiento mencionado en la nota al pie en primera línea), con pequeñas cantidades de caliza. La zona filítico - calcárea principal dirigida al NNE, comienza en las inmediaciones de la costa del Río de la Plata, cerca del pueblo de Piedras de Afilas (Dep. de Canelones), donde, en interposiciones de filita contactometamorfoseadas, el contenido original en carbonato de calcio de aquella, se manifiesta por grandes cantidades de epidoto (véase más adelante). Poco más al Norte, en el Dep. de Maldonado, es decir en la cantera de mármol llamada « General Burgueño » y en sus alrededores, la unión entre filita y mármol se observa con toda claridad, lo mismo que en muchos puntos de la Sierra de Carapé. Los alrededores de Minas son muy ricos en filita y también la región de Polanco. Cruza la zona en cuestión la línea férrea de Nico Pérez a Treinta y Tres entre las

(1) La pizarra se encuentra cerca del fin N.W del camino Propios en el lecho del A. Miguelete y especialmente en el rincón formado por el Camino Burgues y el A. Casavalle. El color mencionado del esquisto cristalino ha provocado especulaciones sobre presencia de carbón (y además de petróleo), productos de una fantasía desenfrenada, que dieron motivo a la creación de la « Mina La Montevideana » (!). « El Día » se refiere a estas supuestas riquezas de nuestro subsuelo en su número fecha 16 de Enero de 1912.

Estaciones de Zapicán y Corrales, siendo la filita en dichos lugares, como se constata tantas veces, de composición algo cuarcítica. Los yacimientos de filita de gran extensión más septentrionales, los observé cerca de las puntas del A. Fraile Muerto, del Río Tacuarí y del A. Parado como también hacia el lado W del C. Largo, 30-40 km al S de Melo.

El grado de cristalinidad de la filita es bien distinta; se observan tipos que sorprenden por su semejanza con sedimentos (camino de San Carlos - Dep. de Maldonado - a Minas), como también representantes de brillo cristalino. Esta cristalinidad aumentada se manifiesta a veces por pequeños granates (A. Miguelete), y está en conexo con inyecciones de cuarzo, o es consecuencia de presiones mecánicas (arrugamiento de la roca). La coloración de la filita, casi siempre oscura, provoca esperanzas sobre hallazgo de fósiles y tanto más en los lugares de mayor concentración de substancia carbonosa. Desgraciadamente no se ha encontrado hasta ahora ningún resto orgánico. Un contenido algo más grande de grafita se encuentra en un pequeño afloramiento cerca de Mosquitos, y otro en el camino de Minas a Mataojo (Campo P. SILVEIRA en las puntas del A. Mataojo de Solís), yacimiento que ya ha dado origen a múltiples especulaciones.

Filitas calcáreas del tipo de las que se encuentran p. ej. en el camino de Minas a S. Antonio, en las inmediaciones del paso sobre el A. Campanero Grande. forman los miembros intermedios entre filita y caliza cristalina, roca, que como ya se dijo, es altamente significativa en la zona filítica del Este del país. En lo que respecta a las relaciones de edad entre las calizas cristalinas uruguayas y los yacimientos de la Provincia de Buenos Aires (Sierra Baya) hay que decir, que estos últimos se distinguen de los primeros por su aspecto más sedimentario. Es seguro que son de edad geológica menor, probablemente silúrica.

La variabilidad del aspecto de las rocas en cuestión es muy grande, más todos pertenecen al mismo yacimiento geológico, es decir interposición de lentes y fajas más o menos aplastados entre esquitos filíticos y anfibolíticos. En la superficie, la caliza se caracteriza por sus colores a veces casi negros, provenientes de una tapa delgada de algas y muy pequeños líquenes.

La variedad de mármol más común es una roca de un color gris-claro hasta oscuro, colores sucios, también de tintes brunos y rojizos, de aspecto debilmente cristalino y que se usa en la

fabricación de cal viva y en la del cemento portland (canteras al pié del C. Verdun). El producto se halla muy a menudo atravesado por zonas faneroecristalinas y de filones de contorno muy irregular de cuarzo o de cuarzo con feldespato, ambos de naturaleza pegmatítica. Dichas infiltraciones pueden producir, siguiendo su contorno una especie de veteamiento en la roca (canteras en las puntas del A. Molles de Aiguá). Los alrededores de Minas; las alturas entre esta ciudad y el Dep. de Maldonado; la región de Polanco (Dep. de Minas); una zona comprendida entre este pueblo y el de Nico Pérez; en la línea férrea entre Nico Pérez y el pueblo de Zapicán; finalmente parajes entre Treinta y Tres y las nacientes del A. Fraile Muerto, del Río Tacuarí y del A. Parado, todos estos lugares son ricos en caliza cristalina. Su explotación en muchos casos se hace imposible porque, si bien los bancos se intersertan en gran cantidad entre las filitas, en cambio tienen un espesor demasiado reducido.

Análisis de rocas pertenecientes al grupo en cuestión se han ejecutado por el Dr. J. SCHRÖDER (72, pág. 45). Se trata de rocas de color en parte gris-azulado, en parte rojizo, de aspecto poco cristalino, tipos que fueron recogidos al pié del C. Verdun y cerca del A. Molles de Aiguá (véase los análisis bajo 1 a 3).

	1	2	3	4
Si O ₂	3,10	3,70	7,55	2,90
Al ₂ O ₃	0,25	—	0,45	} 0,93
Fe ₂ O ₃	0,80	1,12	1,35	
CaO	49,45	50,05	46,40	51,44
MgO	3,80	3,03	2,25	2,05
CO ₂	42,50	42,10	41,80	42,51
S.	n.d.	n.d.	n.d.	0,10
	99,90	100,00	99,80	99,93

Una roca análoga a las mencionadas, igualmente obscura y de grano muy fino, roca proveniente del A. de La Plata, 10 km al SW de Minas, la describe R. MARSTRANDER. La composición química es la indicada bajo el número 4.

A consecuencia de la finura del grano generalmente los bordes de los cristales se tapan, en el preparado microscópico, de manera que es difícil indicar, si los granos tienen contorno rectilíneo, es decir si son cristalográficamente definido o dente-

llado. Parece que prevale este último contorno. El tamaño del grano varía entre 0,04 y 0,1 mm.

En las nacientes del A. Pan de Azúcar (almacén FRANCISCO DE LEONE en el límite de los Dep. de Minas y Maldonado, y además cerca de Polanco (Capilla Doña Rosa de Fuentes) como también en muchos otros puntos, se interponen como un refinamiento de la caliza gris - azulada, bancos a veces débiles, a veces más gruesos, de un mármol blanco como la nieve, muy atravesado por vetas pegmatíticas (segundo grupo). Su grano es tan fino que resulta un brillo debilmente ceroideo y no se nota, ni aún con el auxilio del lente, estructura granulosa y si solamente algunas exfoliaciones del carbonato. Vistos bajo el microscopio estos productos revelan una granulación en algunas zonas más pareja, que los tipos del primer grupo. Los contornos de los granos parecen ser en su mayoría rectilíneos y su tamaño aumenta en las zonas de infiltración pegmatítica.

Análogo a estas calizas cristalinas, si bien de un grano no tan fino es el mármol de la cantera ya varias veces mencionada de General Burgueño en el Dep. de Maldonado. La roca explotada en bloques en partes muy grandes, se emplea para quemar, en la refinería de azúcar, en la fabricación de jabón, y desde hace ya algunos años, también para la decoración esencialmente interna de edificios. El material que en algunas partes es de color blanco nieve, se distingue en otras partes por un veteamiento rojizo - amarillento, gris o verdoso, colores que, una vez pulida la roca, le dan tonos bien cálidos. Más no se sabe hasta ahora si estos resisten a los atmosferilios. La coloración se produce por interposición de componentes de óxidos de hierro o grafiticos y cloríticos. La composición química de una muestra completamente blanca recogida y analizada por mí es la de una caliza muy pura (97, 97 % CaCO_3). Bajo el microscopio se manifiesta con grano casi igual, el tamaño del cual varía entre 0,01 y 0,06 mm; resulta difícil indicar con seguridad el aspecto del contorno de los cristales. Parece que prevale la unión dentellada (Verzahnung).

El tercer grupo de rocas que, como se entiende, está ligado íntimamente con el anterior, consta de mármoles en parte blancos, en parte rojizos y azulados, unicolores o manchados, que ya macroscópicamente, ya ciertamente bajo la lupa, muestran una estructura sacaroidea e incluyen muy a menudo minerales

del grupo anfibólico. Su distribución en la roca indica la estratificación de las filitas o esquistos hornbléndicos acompañantes. El yacimiento más típico de esta naturaleza lo encontré al E de Minas, en las puntas del A. Molles de Aiguá. Aquí las agujas del así llamado « amianto », de color blanco de nieve, arreglados en buquets densos, llegan a tener una longitud de 10 cm o más aún, y se unen íntimamente con el mármol. El aspecto bajo el microscopio de secciones básicas del mineral, permite definirlo con seguridad como miembro del grupo indicado de silicatos. El análisis (J. SCHRÖDER 72, pág. 45) dió

SiO ₂	.	.	.	.	.	.	.	63,82
Al ₂ O ₃	.	.	.	.	.	.	.	1,66
Fe ₂ O ₃	.	.	.	.	.	.	.	—
CaO	.	.	.	.	.	.	.	12,75
MgO	.	.	.	.	.	.	.	19,81
K ₂ O	.	.	.	.	.	.	.	0,81
H ₂ O	.	.	.	.	.	.	.	0,22
								98,57

Sorprende aquí el alto contenido en SiO₂ y el porcentaje relativamente bajo de MgO junto con una cantidad muy reducida de sesquióxidos. Los análisis de tremolita indicados por C. DOELTER (23, II, 1, pág. 592) son todos, aún estando presentes el Al y el Fe, más ricos en MgO, que nuestro mineral. Las variedades estructurales de la tremolita, actinolita y miembros intermedios, llamados « Zillerita » son, si bien en parte muy pobres en MgO, notablemente más ricos en FeO. Además, la roca se caracteriza por su alto contenido en agua químicamente retenida. Tal vez en nuestro caso se trata de una transformación parcial en talco, bajo salida de MgCO₃. También parece que el material del análisis no era puro o se encontró algo descompuesto, pues se menciona fuera de los componentes indicados arriba, un contenido de CO₂ — 1,38 %. Entre los análisis de hornblenda citados por C. HINTZE, (40, II, pág. 1233) se encuentran varios en parte correspondientes a tremolitas, con un contenido de sílice, superior a 59 %, sin que, siendo el porcentaje de Fe y Al bajo, la cantidad de MgO sea más o menos análoga a la nuestra.

Mineral fibroso actinolítico parecido al mencionado, pero de color verdusco se encuentra incluído en un marmol de grano grueso proveniente de la Cuchilla Grande, cerca del pueblo

Saca Chispa. También el mármol de los alrededores más lejanos de Polanco, Dep. de Minas, en parte se muestra rico en interposiciones asbestoideas.

El tamaño del grano de las rocas en cuestión permite la definición exacta de su contorno. Sólo ví una roca, proveniente del pié S W del C. Arequita cerca de Minas, cuyo preparado microscópico demuestra una estructura típica de mosaico con granos articulados entre sí por líneas dentelladas (véase la fig. 2 en 93). El análisis realizado por el Dr. J. SCHRÖDER (72, pág. 45) antes de los estudios microscópicos contenidos en 93, revela un contenido de MgO de sólo 2,20 %, lo que está conforme con el hecho conocido, de que mármoles calcéticos tienden a la formación de la estructura en cuestión, mientras que los mármoles dolomíticos, generalmente se caracterizan por la estructura llamada por ROSENBUSCH « panidiomorfa ». Si los pocos preparados practicados permiten abrir un juicio, también las rocas del extenso paraje marmólico en las puntas del A. Matajojo (Dep. de Maldonado), debén demostrar la estructura recién indicada. Estos mármoles a veces están fuertemente mezclados con minerales accesorios, en primera línea con cuarzo. El paraje fué investigado, especialmente desde un punto de vista práctico, por R. MÄRSTRANDER. Los análisis de 31 rocas distintas indican que se trata sin exclusión de mármoles dolomíticos; el contenido de MgO no es inferior al 16 % y oscila generalmente hasta un 20 %. La cantidad de SiO₂ se eleva a casi 24 %. El autor indicado resume que las rocas, si no se pueden extraer en estado completamente fresco, resultan practicamente casi sin valor alguno. De las observaciones geológicas respecto de la posición y del origen de los mármoles se hablará más adelante.

Otros yacimientos de grano mediano, en parte unicolores en parte manchados, son los del A. Barriga Negra que ya mencionó WEISS. Pertenecen finalmente al grupo en cuestión los yacimientos más septentrionales mal aflorados en el C. Calera (Dep. de Rivera) y al N de este punto. Merece especial mención la roca que forma el miembro más septentrional de la serie de mármoles en el Este del Uruguay. El yacimiento queda del lado izquierdo del A. Chuy superior, cerca del pueblito de Ñandú, y forma como él del C. Pelado en el camino de Melo a Artigas, una pequeña isla en la que aparece el Fundamento cristalino a flor de tierra, circundado por todos lados por sedimentos de la Formación de Gondwana. La roca gris maciza que carece de estratificación visible, se empleó en

Melo en otras épocas; se distingue por numerosos cristales de calcita más grandes, que tienen el aspecto de granos de cuarzo y producen el brillo cristalino del mármol.

El cuarto grupo de mármoles nacionales lo constituyen rocas de estructura sacaroidea. El grano mide aquí 1 mm y aún más de diámetro. Pertenecen a esta categoría el mármol dolomítico blanco cereano al pueblo de Polanco, producto que se caracteriza por sus manchas verdosas y que se inserta entre esquistos hornbléndicos. El contenido de MgO alcanza aquí a un 20,50 %. La piedra en algunos puntos se muestra rica en interposiciones de un mineral incoloro de fuerte refracción, que según sus cortes básicos, su doble refracción fuerte, como también el ángulo de extinción, resulta ser un diópsido. Se ha transformado en gran parte en serpentina amarillento-verdosa, presentando una buena estructura de rejas. Mientras en las anfibolitas que acompañan al mármol, la augita original se ha transformado en hornblenda, el mismo mineral en el yacimiento geológico de la roca oficalcítica, aparece como piróxeno diopsídico. Merece mención además una roca descrita por MARSTRANDER, proveniente de un gajo del A. Pan de Azúcar superior (campo de ANDRÉS ACOSTA). El diámetro de los granos es de 1 a 2 mm y se trata, según la composición química, de un mármol calcítico puro que es transparente hasta el espesor de 2 cm.

Al quinto y último grupo pertenecen productos con grano de 5mm en diámetro. Siempre se trata de yacimientos limitados en su extensión, que son por una parte nada más que rellenos de fisuras (cantera al pie del C. Verdún) por otra parte, inclusiones de poco espesor en pizarras cristalinas. Así MARSTRANDER menciona un mármol calcítico proveniente de los alrededores de la « Fuente del Ruma » (campo E. ARIZA), cerca de Minas que representa un yacimiento de 60 a 80 m de espesor. La colección FLOSSDORF contiene una muestra proveniente del C. Areicúa, muestra que sorprende por el tamaño de su grano y corresponde a una roca que, según la etiqueta, constituye una inclusión de más o menos 4 m de espesor dentro de una cuarcita magnetítica.

Como término de este capítulo, voy a hacer algunas indicaciones respecto de la especie de metamorfosis, a la cual deben su origen las rocas mencionadas. Desde el punto de vista del metamorfismo regional (de profundidad), la mayoría de nuestras rocas interpuestas en yacimientos de poco espesor especialmente entre pizarras filíticas, corresponde a la zona Superior (epi-rocas) de

la teoría de VAN HISE y U. GRUBENMANN. Ya la coloración gris-obscura tan común, como además la presencia de productos escato-loideos (1), dan indicios en dicho sentido. Además, según dicha teoría, los mármoles calcíticos y dolomíticos bien sacaroideos, de aspecto más macizo, tendrían que corresponder a la zona Mediana y los yacimientos raros, de grano grueso, tal vez a la zona Profunda (kata-) de los autores mencionados. Dicha explicación del origen de la cristalinidad de los mármoles seduce por su sencillez, pero no se le puede aplicar en nuestro caso.

En cuanto se refiere en primer lugar a las rocas de estructura cristalina más gruesa, se trata aquí de productos metamorfoseados por contacto y por inyección. Bien se conoce en el yacimiento cerca de Minas, como los bancos de mármol se orientan alrededor de un pequeño macizo de granito, roca, que penetra en ellos por medio de prolongaciones pegmatíticas y lamprófidas. El mármol se manifiesta, cuanto más cerca al granito, tanto más de grano cristalino grueso.

El yacimiento situado en el Dep. de Rivera no lo he visitado en mis giras; más hay que tomar en cuenta que la cuarcita mencionada incluye otro yacimiento de mármol de un grano de 1 a 2 mm de diámetro. Esta roca se distingue por sus componentes de óxido de hierro, los que le dan un aspecto salpicado blanco-oscuro. El estudio microscópico demuestra que se trata de un yacimiento de oficalcita, si así se le puede llamar, puesto que las manchas no son verdes, sino brunas. Resulta, pues, que una olivina muy rica en hierro, se ha transformado en serpentina, al mismo tiempo que se han formado grandes cantidades de óxidos de hierro.

En el grupo de los mármoles macroscópicamente más o menos sacaroideas, componentes accesorios que aparecen como productos de contacto, desempeñan un papel bastante secundario; ya se han mencionado hallazgos aislados de diópsido, actinolita y tremolita. Apesar de esto, al menos en tres casos, no existen dudas respecto del origen contactometamórfico de la roca. La caliza cristalina actinolítica ya mencionada se encuentra, según GUILLEMAIN, atravesada por el granito, que le ha transformado en un mármol amarillento, granudo. Por lo que respecta a la roca de grano grueso sacaroideo de Polanco, las relaciones entre éste y el granito son ínti-

(1) R. MARSTRANDER llama la atención sobre el olor feo, que el material de la cantera Las Bochas en la Zanja del Tigre (Dep. de Maldonado) produce al romperlo.

mas. El primero está colocado en parte directamente al lado del granito y se halla perforado por filones aplíticos y de cuarzo, y por otra parte, se encuentra en estratificación alternante con bancos de granito gneisoideo. Relaciones análogas se observaron en el C. Largo, entre el ortogneis y la filita visiblemente endurecida por contacto, y además la caliza cristalina.

MARSTRANDER ha hecho una constatación análoga respecto de la rareza de minerales de contacto. Le causó sorpresa encontrar en las rocas que estudió, entre los productos mencionados, sólo wolastonita, y aisladamente diópsido, aún cuando están en íntimo conexo con numerosas intrusiones de granito. Compárese en este sentido el perfil levantado por dicho autor, cuya parte oriental se halla reproducida en la fig. 4. La ausencia de tales minerales

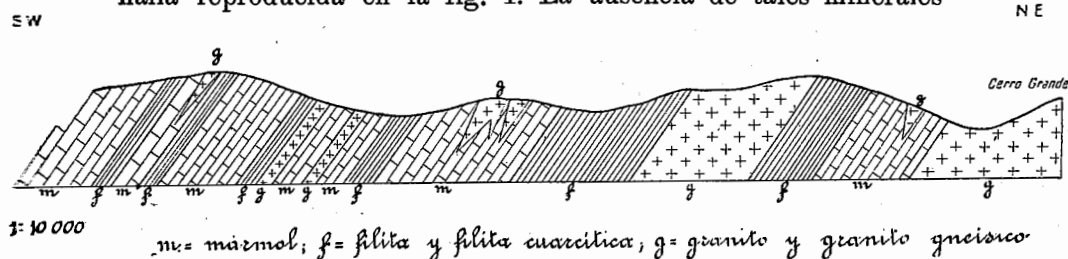


Fig. 4. Perfil de las pizarras cristalinas calcíferas en la Sierra de Carapé (según MARSTRANDER).

sorprende tanto más, cuanto que la presencia del cuarzo en algunas rocas, permite la formación de nuevos minerales. El hecho de que hubo una tendencia en dicho sentido, se revela en el mármol cuarzoso de la cantera Las Bochas (véase anteriormente). Aquí todo grano de cuarzo aparece envuelto en un manto de mineral fibroso, es decir de diópsido. Esta observación es análoga a una constatación de MARSTRANDER. El observó que en el mármol dolomítico gris azulado del A. Matajojo (el yacimiento más oriental en el perfil fig. 4), a un alto contenido de SiO_2 (14, 71 %), corresponde un porcentaje demasiado bajo de CO_2 (34, 10 %), cantidad insuficiente para saturar el CaO (29, 32 %) y MgO (19, 70 %). El estudio microscópico de la roca reveló, en efecto, una cantidad de diópsido, mientras que el cuarzo falta.

Si pues MARSTRANDER indica como resultado de sus estudios que los esquistos acompañantes tienen un aspecto poco cristalino, y que los mismos mármoles tienen, a veces, un grano fino, entonces resulta de esto y de lo que ya he afirmado, que las rocas en

uestión, con sus caracteres metamórficos, en general debilmente expresados, aunque bien visibles, forman los miembros intermedios con los productos que ya se describiéron en el primero y segundo grupo. El carácter poco cristalino de estos mármoles — apesar de la sensibilidad de las calizas contra influencias metaformoseantes — es análogo al de las pizarras, que los incluyen. Su transformación (Umprägung) en filitas, se ha producido mediante presión unilateral ⁽¹⁾, infiltración de productos de diferenciación aplítico-pegmatíticos, reducidos frecuentemente a simples exsudaciones de cuarzo, y finalmente por el tiempo. La importancia de los fenómenos citados en segundo término y su influencia, aún en el caso de estar muy distante la roca intrusiva correspondiente, no es una mera suposición, sino que es un hecho comprobado por muchas obsevaciones.

d. Inclusiones en las pizarras cristalinas: Serpentina, Epidosita, Talcoesquisto.

Delos productos que aparecen más bien como minerales incluidos entre las rocas metamórficas, se mencionó ya un yacimiento de asbesto, situado cerca de Montevideo. Pertenece también a este grupo una serpentina, hallada en el campo del Sr. Luis Melonó cerca de Minas que se compone en partes del mismo mineral y en parte de actinolita. Además la roca contiene ortita y bastante cantidad de cromita. Dicha formación se deriva probablemente de un lamprófidio por ser esta roca en algunos puntos rica en olivina. Además hay que mencionar una epidosita proveniente del camino de la Cuchilla Grande entre los Dep. de Minas y Maldonado (cerca de las dos cruces en el campo del Sr. N. Villemur.) Como sucede en otras partes del mundo, también en este caso, la roca no es nada más que una especie de anexo a las calizas cristalinas, pues el paraje indicado se caracteriza por un cambio continuo entre filita y bancos de mármol.

Con más detalles describiremos el talcoesquisto de Conchillas (campo M. Narancio, Dep. de Colonia), yacimiento cuyo estudio motivó ya una publicación anterior (95).

(1) Por casualidad, debido solo a la descomposición de la caliza cristalina homogénea, se nota la presión que ha sufrido la roca (véase fig. 16, lám. 7). Estas estructuras tectónicas se revelan con gran nitidez en la superficie pulida.

El Fundamento cristalino de los alrededores del yacimiento se compone de pizarras cristalinas en parte ya mencionadas (anfibolitas, filitas, cloritoesquistos y cuarcitas, tanto filíticas como grafíticas y calcíticas) y de rocas eruptivas (granitos, granitófidos, filones melanó - y leucócratos). La importancia práctica del yacimiento se explica por la pureza extraordinaria del material, de color blanco como nieve, pureza que se confirma por el análisis químico que va a seguir más adelante. Se emplea este material en Buenos Aires, en parte para fines cosméticos (polvo de Mennen) en parte en la fabricación del papel y del jabón. El interés científico se despierta por el hecho que es posible demostrar el origen del yacimiento. La averiguación del origen no « tendrá que ser fundado en teorías muy hipotéticas » como opina el Sr. MONTROSE L. LEE, ex-Ingeniero de Minas del Instituto de Geología y Perforaciones (véase « El Día » del 27 de Octubre de 1914), pues en contra de las suposiciones de este autor respecto del origen del talcoesquisto, mi explicación con sus deducciones prácticas se confirmó integralmente por una perforación practicada por el instituto mencionado. Es éste al mismo tiempo un modesto ejemplo para ilustrar la verdad reconocida como innegable en otras partes, de que trabajos geológicos deben apoyarse en estudios científicos, y tanto más, cuando se efectúan en un país « eminentemente práctico. »

En el año 1913 en el yacimiento del talcoesquisto, ya existía una excavación de 15 a 20 metros de ancho, de 30 a 40 metros de largo y de 16 a 20 m de profundidad. Se acompaña el esquisto en el lado oriental por pizarras claras cuarcíticas, que están a flor de tierra en la esquina Sudeste de la excavación, mientras que en el lado occidental las rocas acompañantes no están a flor de tierra. La aparición de una especie de roca de transición indica también aquí que termina el material explotable.

Mientras, pues, la parte central de la excavación de valor técnico, muestra una roca puramente blanca en parte poco estratificada, de estructura fibrosa sumamente fina, de tacto muy grasosa, la estratificación hacia el W se manifiesta más clara, apareciendo ya macroscópicamente visible, junto con la coloración sucia, gris-verde, un aumento de las fibras.

Una prolongación del esquisto talcoso, blanco, hacia el N en dirección a un valle chico, dirigido más o menos vertical al rumbo, queda de suponer, pero la capa de limo sobrepuesta, ofrecerá dificultades a la explotación. Ya en la parte más baja del vallecito y

especialmente al lado septentrional del mismo aparece una roca eruptiva, un granitófido, separado en bancos gruesos. Más perspectiva a éxito tiene tal vez la persecución de los trabajos hacia el lado opuesto, meridional, desapareciendo, sin embargo, aquellas formaciones que acompañan el yacimiento que voy a describir junto con otro afloramiento. Se observaron éstas, como he oído, de la misma manera durante la excavación.

Se trata pues de una interposición lentiforme de talcoesquisto de poco espesor, entre pizarras cristalinas y no de un miembro normal del último grupo de rocas.

Respecto a la composición petrográfica de la roca hay que mencionar que no todas las partes dentro del material de valor técnico tengan el mismo color blanco puro y la misma blandura y grasosidad. Se destacan, pues, interposiciones de una sustancia dura, marmoloidea de grano muy fino, a menudo de color débilmente verdoso, además blanco, que apesar de su dureza se muelen y se emplean prácticamente. Mientras que estas partes no muestran un arreglo fijo, sinó alternan irregularmente con el talcoesquisto, se destacan trozos de tamaño a veces más grande que una cabeza, arregladas en zonas verticales, paralelo con la división pizarrosa ocasionalmente visible. En la figura adjunta a 95, se conocen algunos de estos trozos, por ej. en una zona indicada por una flecha que se dirige desde el margen de la excavación derecho hacia abajo.

Consisten estos pedazos en parte de sustancia silícea y son por otra parte lindas géodas, cuyas paredes interiores se tapan con cristales de calcita, mientras que pasan a la roca vecina, hacia afuera, por aumento de la sustancia talcosa.

Formando la parte periférica de la drusa, y a veces tiñendo la parte inferior de los cristales, viene primero una zona irregular interrumpida, de espesor de 1 a 2 mm y después una mezcla cristalina de caliza blanca marmoloidea con un mineral débilmente rosado. El hecho de que se trata aquí de rodocrosita se demuestra en aquella zona oscura por numerosas manchas e interposiciones negras, que, tratadas con HCl concentrado, producen cloro, y corresponden, pues, a un mineral de manganeso sequi-o peroxídico, que se formó desde el espato de manganeso.

Pero la sustancia silícea mencionada no solamente se encuentra en pedazos y trozos irregulares, sino se observa también que impregna la roca en fajas y en vetas salientes de éstas, finas ramificadas en forma de árbol.

Separado de la cantera por una distancia de 800 a 1000 metros, casi libres de afloramientos, se observan algunos peñascos aislados que a primera vista se demuestran como productos transformados por fenómenos secundarios. Su carácter, que se va a describir más abajo, hace suponer, que también en este lugar, bajo la superficie se encuentran yacimientos de talcoesquisto.

En primera línea sorprenden bloques irregulares de una roca abotagada, no estratificada, con superficie característica de aspecto corroído, agujereada. Mientras que en parte consisten sólo de substancia silícea que atribuye a la roca recién cortada un lustre resinoso y lo impregna en nidos, fajas y vetas irregulares, aparecen en otras partes acumulaciones de un mineral escamoso, verdoso, y una distribución igual a la de hojas finas de mica. Es probable que se haya formado la mencionada superficie agujereada por la destrucción de los nidos del mineral llamado hace poco.

Los bloques, por su dureza, salen del suelo en peñascos chicos y están separados uno del otro por partes libres en afloramientos. En éstas se destacan a veces crestas débiles de una roca densa bastante dura, que siendo en la superficie cubierta de una corteza de substancia limonítica, tiene en el interior una coloración casi blanca hasta débilmente verdosa. Macroscópicamente uno podría determinarla como piedra córnea de calcio (Kalksilikathornfels). Se ve además, que la roca allá, donde fué tocada con el martillo, se descompone en una harina fina de tacto sedoso. La determinación exacta del material sólo se puede efectuar por medio de la investigación microscópica.

Al fin de esta parte voy a dirigir la atención a un yacimiento reducido de una roca eruptiva oscura, basaltoidea muy descompuesta, que se encuentra en la vecindad. Es, como vamos a ver más abajo, de importancia para averiguar el origen de la silificación de las rocas cristalinas.

Como resulta del estudio microscópico, los minerales comunes al talcoesquisto como a las interposiciones duras de color débilmente verdoso y a los esquistos marginales de color gris verdoso (1) son talco y otro mineral que bajo el microscopio se muestra casi isótropo y resulta de ser penina. La participación de los dos minerales es ésta, que prevalece el talco en la roca llamada en primera línea, mientras que en los otros dos, especialmente en C, retrocede

(1) Los tres materiales se van a abreviar en las líneas siguientes con A, B y C.

a los gastos del mineral casi isótropo, que, en B, está acompañado con bastante cantidad de cuarzo, lo que explica la dureza de la roca respectiva.

El análisis químico, efectuado por mí, declara la roca A, como es de esperar según su coloración blanca y según el exterior petrográfico, como el material técnicamente más importante, como una substancia de pureza extraordinaria (1). Resultaron los valores siguientes :

SiO ₂	62,44
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , Mn ₂ O ₄	1,24
Ca O	trazos
Mg O	31,99
Pérdida al rojo	5,07
	<u>100,74</u>

Resultado completamente distinto se produce, como se había de esperar según el aspecto microscópico, por el análisis de la roca C.

SiO ₂	41,56
Al ₂ O ₃	14,87
Fe ₂ O ₃	2,69
FeO	0,56
MnO	0,34
CaO	0,91
MgO	20,68
K ₂ O)	3,54
Na ₂ O)	
H ₂ O bajo 110°	0,51
Pérdida al rojo	14,82
	<u>100,43</u>

Un mineral muy parecido a la penina, común en las rocas A y B, es la delesita. La definición con seguridad no se pudo efectuar, antes, que habiéndolo observado en aquel yacimiento que es característico para él: como primer revestimiento de espacios huecos, que se llenaron después con substancia sílicea. Vemos pues, que la coloración débilmente verdosa de las rocas B y C depende de su contenido de mineral clorítico, que, en C, se encuen-

(1) La composición casi coincide con la ideal del talco, correspondiente a 63, 5 % Si O₂, 31,8 % Mg O y 4,7 % H₂O.

tra en abundancia, mientras que en la roca dura no estratificada B, se une con preferencia con cuarzo.

Hay que recordar además a la roca oscura muy descompuesta, brevemente citada arriba que según el aspecto macroscópico se podría definir como basalto. La investigación microscópica demuestra que se trata, como en las rocas de las canteras de Conchillas, de un producto de diferenciación lamprofídica de un granito, es decir, de una spessartita.

Resumiendo los estudios microscópicos descritos en 95, se ve, que los minerales que albergan al talco, son en primera línea miembros de la familia de la clorita, de la mica y de la actinolita. Esto lo hemos observado en el septentrional de los dos yacimientos, donde se pudo constatar la presencia de sericita y clorita y donde la presencia anterior de un anfíbol fibroso se pudo derivar de una pseudomorfosis de delesita según un mineral fibroso del grupo de la actinolita. Más claro todavía se manifiestan los acompañantes en el yacimiento meridional, donde, es verdad, la presencia del talco sólo era de suponer, pero donde los minerales hojosos ya se pudieron constatar macroscópicamente, mientras que la actinota, se encuentra formando una roca (gesteinsbildend).

Sobre la naturaleza del material rocoso original todavía no estamos en plena seguridad, porque la clorita tan importante se deriva puede de un componente de una roca o tufa eruptivas, sabiéndose que los cloritoesquistos provienen tanto de rocas eruptivas, como de sedimentos. Habla en favor de la derivación de los últimos el alto contenido de Al_2O_3 del análisis mencionado arriba en segunda línea, pero es más importante todavía la presencia copiosa de cuarzo original, que hace gran papel en la roca B. Por el cuarzo se aproxima nuestro talcoesquisto a la serie de los carbonatos de magnesia y en esta serie a la listvenita.

Más abajo se va a discutir más sobre la proveniencia del cuarzo para confirmar la mencionada analogía.

Si pues, según lo dicho, podemos suponer que nuestro lente de talcoesquisto representa una impregnación local de esquistos cristalinos sedimentogéneos por soluciones de silicato de magnesia, entonces surge el problema, cómo se creó el sitio necesario para el nuevo material y cuál producto fué sustituido.

La contestación a dar a este problema se apoya, como se va a explicar enseguida, de un lado en observaciones geológicas ya descritas y del otro lado en la naturaleza de las impregnaciones

posteriores carbonático - silíceas y dice: El yacimiento de talcoesquisto de Conchillas representa una pseudomorfosis de sustitución según un mármol dolomítico cuarzífero y pertenece al tipo « Häuselberg » (cerca de Leoben, Stiria), en una modificación que dice: transformación directa de dolomita en talco.

Si, pues, decimos, que nuestro yacimiento se originó por sustitución de un yacimiento lentiforme de un mármol dolomítico impuro, intercalado entre filitas, entonces encontramos la confirmación de esta opinión en la impregnación secundaria del talcoesquisto por medio de soluciones carbonatadas, de manera, que las drusas de calcita son nada más que partes de este mármol supuesto, que, todavía escondido en la profundidad, por medio de emanaciones hidrotermales, se disolvió y subió hacia la superficie.

Dicha opinión se confirmó plenamente por el resultado de la perforación que el propietario de la cantera hizo efectuar mucho después de mi visita en aquel lugar, desconfiando, como persona práctica, de semejantes deducciones hipotético - fantásticas, publicadas en 95. En la perforación se encontró a la profundidad de 20 a 21 metros un mármol grueso dolomítico, resultado que el Sr. MARSTRANDER tuvo la amabilidad de comunicarme particularmente.

No quiero dejar sin mencionar otra explicación del origen. Es posible que el descrito yacimiento lentiforme de talcoesquisto, se derive de la transformación de cantidades copiosas de un mineral que pertenece a los grupos anfibólico - piroxénicos interpuestos en el mármol dolomítico. En la descripción de los mármoles ya se indicaron varios casos de esta índole. La observación mencionada anteriormente, de delestita pseudomorfa según actinolita, como además la constatación de piedra anfibólico - asbéslica (Amphibolasbestfels⁽¹⁾), inducen a dicha explicación. Y se corrobora la justeza de esta explicación con la observación (en las muestras de la perforación mencionada, que consisten como se ha dicho, de mármol dolomítico), de pequeñas interposiciones de un mineral blanco, fibroso, parcialmente serpentinizado (?).

La transformación hidrotermal - postvolcánica del mármol dolomítico original en talco, se acompaña por la silificación par-

(1) De esta manera hay que determinar la roca ya mencionada, de aspecto macroscópico parecido al « Kalksilikathornfels ».

cial del último, fenómeno que pertenece, pues, según su edad, al Fundamento cristalino y no, como se dijo en 95, a la Formación de Gondwana.

Si desde ya es permitido dar un juicio definitivo respecto de la naturaleza de las pizarras cristalinas del Uruguay, se puede establecer de la manera siguiente: Dejando del lado como derivada de rocas eruptivas antiguas, la mayoría de los productos gneísicos y anfibolíticos, nos quedan las formaciones sedimentogéneas cuyo troquel cristalino les fué imprimido esencialmente en profundidades reducidas de la corteza terrestre, al mismo tiempo o poco después de la intrusión de las rocas eruptivas. Hay que deducir eso del hecho, que la edad de una gran parte de las pizarras cristalinas es reducida—precámbrico - cámbrica—y que en consecuencia ellas tenían relativamente poca ocasión de ser alteradas en sentido tectónico.

Anexo a las pizarras cristalinas.

Hay que recordar aquí una formación que ya se mencionó brevemente al principio de esta publicación, formación sobre cuyo origen y relación con las pizarras cristalinas sólo se pueden emitir suposiciones. Ya CH. DARWIN y G. AVÉ LALLEMENT se han interesado respecto a esta cuestión.

En la vecindad de la cantera de mármol «General Burgueño», se observa que las filitas que incluyen el mármol, abrigan, en algunos puntos, partículas extrañas bastante grandes, especialmente granos de cuarzo. Parece pues posible que la pizarra cristalina se transforme poco a poco en una brecha gruesa que se encuentra con extensión en los alrededores, roca a la que nos referimos en seguida. Dicha opinión se corrobora por la observación de que la misma brecha se vuelve en algunos lugares de aspecto filítico y porque el rumbo de este producto tiene el mismo sentido, NNE, como filitas cercanas (Paso Orqueta).

Respecto al carácter petrográfico de la roca, diremos que se trata de una brecha o de un conglomerado muy macizo, de aspecto muy antiguo bien distinto de aquel de materiales psefíticos provenientes de los estratos de la Formación de Gondwana. Los trozos extraños en parte son angulosos, en parte redondeados, y se componen de granitos grises y rojizos, pórfidos y pedazos de

cuarzo, rocas que afloran en la vecindad. Muy común es el hallazgo, entre dichos trozos, de una piedra densa de color rojo - vino, que, vista bajo el microscopio, se manifiesta idéntica con un ortórido muy descompuesto (Tonsteinsporphyr) original de la región comprendida entre Minas y Aiguá. Supongo que dicho producto tome parte también en la composición de la Sierra de las Animas.

El tamaño de los trozos es a veces mayor que el de una cabeza; el cemento consiste de los mismos componentes en estado triturado y cloritizado.

Respecto de la extensión de la roca en cuestión hay que decir que aflora en un trecho de varios kilómetros en la pendiente Oriental de la Sierra de las Animas. Otro yacimiento se encontró en la falda meridional, en el camino a Pan de Azúcar. De acuerdo con apuntes de R. MARSTRANDER, parece que la roca se halla otra vez unos 20 km al N de la mencionada cantera de mármol, en el camino desde el llamado pueblo, en dirección al límite de los Dep. de Maldonado y Minas (campo del Sr. ANDRÉS ACOSTA). Según dicho autor se hallan en este lugar conglomerados con posición vertical junto con mármol y pórfido cuarzoso. Las mismas circunstancias que se presentan en los yacimientos más meridionales, es decir sobreposición de una capa limosa bastante fuerte y vegetación densa, complican también aquí la constatación de las relaciones geológicas. Aparentemente la roca muestra estratificación visible, pues MARSTRANDER indica el rumbo como N 70 - 80°E. Parece, pues, que se trata también en el caso presente de un miembro de la serie de las pizarras cristalinas. Idea que me pareció bastante verosímil. Más la convicción ya expresada respecto de la relación de la edad entre pizarras cristalinas y rocas eruptivas, corroborada en todos mis viajes, me obliga a afirmar que la brecha debe ser más moderna que el Fundamento cristalino. Representa, como me parece probable, los productos de la denudación de vastas partes, en primer lugar de la Sierra ya mencionada, productos soldados por presiones tectónicas posteriores de naturaleza todavía desconocida, y amasados con las rocas fundamentales. Tal vez una observación de MARSTRANDER da un indicio respecto de la explicación del producto en cuestión. Según él, en el paraje mencionado se manifiesta bien una falla importante dirigida de N a S.

2. *Rocas Eruptivas*

De igual manera que en el capítulo sobre las pizarras cristalinas, aquí también sólo podemos hacer el ensayo de indicar algunas ideas fundamentales respecto a la naturaleza de las rocas eruptivas que pertenecen al Fundamento cristalino. Queda reservada a un porvenir, probablemente muy lejano, la descripción sistemática a base de análisis suficientemente numerosos y de mayor cantidad de secciones delgadas.

El resultado más importante de la investigación moderna respecto de las rocas eruptivas antiguas, lo constituye la descripción hecha por mí en 1911 (92) de un representante filoniforme de la serie alcalina (atlántica, si se quiere aplicar este término), proveniente de los alrededores de Montevideo. Pocos años después aparecieron las investigaciones más detalladas de K. WILLMANN (101) sobre una cantidad de rocas eruptivas recogidas en el Sud y Este del país. La publicación respectiva confirma la aparición de ambas grandes familias rocosas.

Parece que se intersertan entre los representantes de carácter decididamente atlántico y los de carácter pacífico, miembros intermediarios (las así llamadas rocas subalcalinas), que por la predominancia de pertita y albita se aproximan a los granitos alcalinos, sin ser necesaria la presencia de hornblenda sódica etc. Posiblemente esto quiere decir que las dos familias rocosas no son muy distintas según su edad geológica, cuestión que, por otra parte, no se puede resolver. Y el problema se complica aún más, desde que no se puede decir con bastante seguridad respecto de la edad de las rocas eruptivas antiguas nada más, que pertenecen a las formaciones postcambricas y prepérmicas. A las rocas sódicas del Cabo Frio y de otras partes de la costa brasileña se les atribuye una edad carbonífera. Trataré de separar en lo que sigue la fila cálcica-sódica de la sódica. Hay que recordar aquí que los límites a consecuencia de la presencia de miembros intermediarios, que vamos a tratar conjuntamente con los de carácter atlántico, naturalmente no son bien exactos y todavía no se pueden definir con certeza.

a. Rocas Alcalino - Calcáreas.

Los yacimientos más importantes de este grupo se encuentran, más o menos cubiertos por el limo pampeano, en innumerables puntos de los departamentos del Sud. Se indicarán algunos lugares, donde el granito abunda como representante principal del grupo en cuestión: Los alrededores de Montevideo y de Minas (canteras en el camino a Pan de Azúcar, donde la roca gris y rojiza, en parte de estructura porfídica, se distingue por indicios de influencia mecánica (extinción ondulosa del cuarzo, encorvadura de los cristales de plagioclasa y formación de microclina); además, la costa del Río de la Plata hacia el W, sobre Colonia a Carmelo, y hacia el E en las inmediaciones del límite de los Dep. de Canelones y Maldonado; además, en los alrededores de Mal Abrigo y de aquí siguiendo la «Cuchilla» entre el Río de la Plata y el Río Yí, especialmente en la vecindad de las Estaciones de Arroyo Grande y Juan Jackson; además, vastos parajes en los Dep. de Florida (parte meridional y oriental), Durazno (alrededores de la capital y parte S E del Dep.), Treinta y Tres, especialmente en la Cuchilla Grande, por ej. cerca de Nico Pérez; finalmente, en el E del Dep. de Cerro Largo y en el Dep. de Rocha (por ej. el granito biotítico empleado en la construcción de la antigua fortaleza de Santa Teresa).

También en las dos islas ⁽¹⁾ compuestas por el Fundamento cristalino, situados en el N del país, la de Cuñapirú - C. Vichadero y la situada al lado izquierdo del Río Negro, isla que incluye el C. Aceguá, dominan o al menos prevalecen, los representantes de la familia pacífica. Pertenecen a este grupo, entre otros también, los granitos gneísicos ya mencionados, cuya biotita muy cloritizada da origen, por enriquecimiento del mineral, a la aparición de «cloritoesquistos».

Sólo se pudo constatar con seguridad la presencia de los miembros más ricos en SiO_2 , los granitos con representantes efusivos y diferenciaciones melanó- y leucócratas. Según todas las observaciones el granito biotítico predomina casi en absoluto, y sólo como excepción se encuentran granitos hornbléndicos, pero respecto a estos últimos hay que tener en cuenta que la mayoría pertenece a la serie de los tipos alcalinos y subalcalinos.

(1) Están en relación entre ellas por medio de pequeñas salientes graníticas al lado izquierdo del Río Negro. En el croquis tectónico lám. 16, fig. 37 se dibujaron juntas.

Sobre las rocas biotíticas es poco lo que hay que decir. El tamaño del grano es mediano, raras veces grueso. La tendencia a la estructura porfídica es muy general (p. ej., en la Sierra de Ríos; en las canteras extensas cerca de Puerto del Sauce y Carmelo; en los productos amenudo gneísicos entre Nico Pérez y Treinta y Tres). El contenido de biotita oscila notablemente. Aumentado el porcentaje de biotita, resultan rocas bastante oscuras, que se emplean en Montevideo como pedregullo. Bastante frecuentemente dicho silicato se acumula en nidos de mayor o menor tamaño ⁽¹⁾. O aparece distribuido en camadas, lo que representa talvez, una estructura fluidal o se ha producido por efecto de piezocrystalización. Toma el granito de esta manera un aspecto gneísico y se presta para elaborar cordones de veredas (p. ej., en las canteras de la Playa Ramírez). En un desmonte próximo a la Estación de Nico Pérez, observé una segregación de la roca en capas concéntrico-esferoidales (kugelig-schalig). Los productos, irregularmente configurados, de tamaño en parte mayor que el de una cabeza, consisten principalmente en mica oscura, análoga al ya mencionado « micaesquisto », que proviene del mismo lugar y no es nada más que un granito muy durabajítico, fuertemente apizarrado.

Una granitita, cuyo mineral oscuro se sustituye en gran parte por hornblenda, al mismo tiempo que aumenta la cantidad de plagioclase ácida, resulta ser la roca madre de los filones de cuarzo auríferos y cupríferos, del Arroyo Soldado en el Dep. de Minas. Aspecto parecido muestra el granito del desmonte mencionado. Indica, visto bajo el microscopio, de estar fuertemente influido por presión mecánica, hecho que explica también la formación de macas en la titanita algo pleocroítica. La analogía de este mineral con un preparado microscópico perteneciente a un gneis hornbléndico, proveniente de Stengerts (Spessart, Alemania), se puede decir que es completa.

Como pórfidos graníticos muy apizarrados, en parte de poco espesor, en parte ampliados, como pequeños macizos, ya se mencionaron (92, pág. 43, lám. II, fig. 1) yacimientos numerosos de los alrededores de Montevideo, que se intersertan generalmente entre

(1) Dichas concentraciones del mineral oscuro producen manchas irregulares en la superficie de los bloques elaborados. Si bien no es fácil de elegir un material completamente libre de dichas manchas, éstas no se deben encontrar en tanta cantidad como aparecen en los bloques del Palacio Legislativo. En este caso hay que recordar que semejante concentración de biotita facilita, en ciertos puntos de la roca, su atacabilidad por la acción de los atmosferillas.

pizarras hornbléndicas. En el croquis geológico lám. 14, fig. 35, se ha reproducido una cantidad de filones reducidos; es muy posible que varias de estas rocas se tengan que definir como aplitófidos. El cuarzo y el feldespato se presentan en estado de fenocristales. Entre los feldespatos se encuentra con preferencia una micropertita de aspecto turbio, rica en inclusiones. Fenocristales de microclina, arreglo lenticular (glanduloso), de la mica y zonas de trituración mecánica (Mörtelzonen) indican las condiciones bajo las cuales se realizó la intrusión de la roca. Resulta de interés un tipo en el que la masa fundamental microgranítica incluye grandes cantidades de plagioclasa, lo que hace suponer un magma original más básico que el del granito.

Aplitas y granitos filoniformes apliticos, frecuentemente gneisoideos, se encuentran en muchos puntos como facies local de granitos y se pueden estudiar en los alrededores de Montevideo. Así en las canteras de la Unión un granito en parte macizo, en parte gneisoideo y por eso muy descompuesto, incluye varios filones apliticos con el mismo rumbo W - E que el "gneis" ⁽¹⁾. Entre las aplitas, sólo según su aspecto macroscópico, se pueden distinguir dos tipos: uno, de color blanco, gris, raras veces debilmente rojizo, y el otro, de fuerte color encarnado. Hay que suponer de antemano que este tinte de la roca, debido a su descomposición, proviene de un feldespato, raras veces presente en los miembros de la primera categoría, como además en los granitos biotíticos. En verdad, el examen microscópico demuestra que las rocas rojizas se caracterizan por un alto contenido de micropertita, generalmente turbia, mientras que los otros feldespatos, ortosa, microclina muy amenudo secundariamente formada, a partir de la ortosa y casi siempre sorprendentemente fresca — y plagioclasa, en parte albita, están representados en ambos grupos. El hecho de que el contenido en feldespato pertítico representa en parte una facies local, lo demuestra la siguiente observación: que en donde el granito biotítico se atraviesa por filones y vetas con carácter pegmatítico o alcalilamprofidice, muy amenudo se observan, en la zona de contacto, las mencionadas coloraciones encarnadas, provenientes de un estado de oxidación especial correspondiente al hierro de la biotita, hierro, que se mezcló con el feldespato. Así los apófisis de sólo

(1) La roca en una parte de las canteras es muy quebrada, siendo las dos direcciones prevalentes de W - E y de S S W - N N E.

pocos milímetros de espesor de la camptonita (véase más adelante) con sus colores de descomposición flavo - azulles, se manifiestan por tonos rojizos del granito perforado. Aparecen éstos en algunos lugares en zonas angostas irregulares paralelas y verticales a la salbanda del lamprófidio, zonas que se pueden perseguir hasta una distancia de 10 cm.

Algunas de las rocas tienen un contenido débil de fluorita que se manifiesta macroscópicamente por colores azules y en sección delgada por partículas isotropas unidas con interposiciones de óxidos de hierro paralelas a las zonas de mica. También se encuentra a veces turmalina.

Es posible que una parte de los tipos mencionados pertenezca a rocas intrusivas alcalinas. La ausencia, o el hallazgo todavía no observado, de miembros característicos de las familias piroxénico-anfibólicas, no permite un juicio seguro. Lo mismo resulta con las aplitas graníticas coloradas que ha descrito K. WILLMANN, procedentes del Dep. de Minas y partes adyacentes del Dep. de Florida

Las pegmatitas están en conexo íntimo con las aplitas. Se les encuentra en abundancia en el Sud del país, a tal punto que es rara la cantera de granito y poco frecuente un afloramiento de cualesquieras pizarras cristalinas, en donde no se observen vestigios de los filones; frecuentemente resulta una casi impregnación por las zonas cuarzo-feldespáticas, tan características, y vetas de cuarzo derivadas de aquellas. La importancia de estos productos como factores de metamorfosis ya se ha indicado y el estudio geológico de los alrededores de Montevideo proporciona ejemplos instructivos. Las figuras 2 en lám. I y 2 en lám. II de la publicación 92 ilustran el asunto más ampliamente. La uralitización del piróxeno en el material original de las pizarras hornbléndicas de dicho paraje es debida, sin duda, en gran parte a la metamorfosis de contacto hidro-termal.

El gran filón pegmatítico en el Dique Cibils ya mencionado, con sus grandes cristales de chorlo negro es el yacimiento más típico que conozco en el país. El feldespato siempre blanco es de naturaleza micropertítica; la mica clara se arregla, a veces de manera plumiforme, otras — y eso es lo que sucede en la mayoría de los casos — falta, y se limita a acumulaciones nidiformes. Aisladamente, así en las canteras de la Playa Ramirez y en una excavación en la ciudad (Calle Paysandú), se encontró una mica

en hojas bastante grandes, mineral que tiene un contenido de Li_2O 0,45 %. También las aplitas encarnadas pasan, p. ej. las de la Punta Carretas, a pegmatitas. Su feldespato también tiene el carácter de micropertita.

De las rocas filoniformes lamprofídicas ya se mencionó un yacimiento de spessartita. Se observan estos productos especialmente en las canteras de granito de Conchillas, donde tienen un aspecto muy parecido a basalto y se descomponen fuertemente. La estructura panidiomorfo-granular se sustituye a veces por la porfídica, debido a fenocristales de plagioclasa. Los individuos del anfíbol aparecen en dos generaciones, de las cuales la efusiva se reduce a agujitas finas. Pequeñas cantidades de cuarzo forman el último relleno. En un pequeño afloramiento cerca de la cantera de talco del punto mencionado, el anfíbol se substituye por piróxeno.

Otros representantes de la serie vogesítico-odinítica de ROSENBUSCH, aparecen en los alrededores de Zapucay en filones fuertes, desgraciadamente, como sucede muchas veces con las rocas de dicho paraje, en estado muy descompuesto. Semejante roca muy dislocada, de color verde sucio que, según el aspecto macroscópico, se podría tomar como un clorófido (Chlorophyr), se encuentra bien aflorada en el lecho de un arroyo entre el A. Laureles y Zapucay. Se acompaña de una especie de gneis. La hornblenda del lamprófido aparece en dos generaciones y es de tipo uralítico. El estado de descomposición de la roca impide emitir juicio acerca de la naturaleza del feldespato, en la masa fundamental. En otros productos filoniformes, provenientes también de los alrededores de Zapucay, el componente oscuro, que aparece junto con feldespato como fenocristal, está representado por una biotita muy cloritizada. En numerosos cristales más chicos, participa en la composición de la masa fundamental. Todo el aspecto de kersantita revela, ya macroscópicamente, una roca de peso específico alto, roca que se encuentra filoniforme en los pórfidos de la Sierra de Animas, cerca de la Estancia BONOMI. Al descomponerse, da origen a productos esferoidales con corteza agujereada, con color de ferrumbe. Bajo el microscopio se ve, que la roca que macroscópicamente aparece fresca ha sufrido los efectos de la descomposición. Se observan plagioclasa listoniforme, a veces porfídica (teniendo, según la extinción $\perp$ a y ϵ , la composición Ab_1An_1 hasta Ab_2An_3), restos de biotita oscura, casi monoóxica, que se

ha cloritizado parcialmente con copiosa separación de óxidos de Fe y un mineral prismático perteneciente a los grupos piroxénico-anfibólicos, transformado en talco a tal punto que no se le reconoce más. Además se encuentra serpentina, en productos de contorno irregular, mineral, que, como supongo, proviene de olivina.

A un grupo más básico que pasa a porfirita picrítica, pertenecen dos lamprófidos grünteinoideos. El uno, del campo del Sr. MANUEL ZUASNABAR, 5 km SW de Minas, incluido como filón en esquisto sericítico, se compone esencialmente de epidoto y clinozoisita, productos de alteración, junto con calcita, clorita, zoisita y hornblenda uralítica. El otro, se caracteriza por su estructura amigdaloides y proviene del borde SW de la ciudad de Minas, cerca del Paso del Campamento. En ese paraje se le encuentra formando un filón de más o menos 2 metros de espesor y de rumbo W-E, dentro de aplita gneílica, que incluye, también, bancos de caliza cristalina. Otro ejemplo de la misma categoría, pero de un espesor más grande, se observa en el pie del C. Redondo, afloramiento interesante por su yacimiento de piedra de corindón (véase más adelante). Todo indica que este paraje es muy rico en estos productos de diferenciación melanócrata, pertenecientes a magmas graníticos.

Una roca que ya se definió (94) como diabasa, proveniente de los alrededores de Piedras de Afilar (Dep. de Canelones) es de naturaleza más básica todavía y por eso se le debe considerar, como porfirita picrítica (Pikritporphyrit). El estudio de las relaciones geológicas interesantes del paraje indicado ofrece muchas dificultades. Para conocer con seguridad que se trata realmente sólo de un producto de diferenciación melanócrata que se deriva del granito que aflora en la vecindad (véase la fig. 2), fueron necesarias cuatro excursiones, como además por una parte un estudio microscópico comparativo entre la roca en cuestión y los productos ya mencionados y, por otra, una cantidad de muestras de rocas eruptivas más modernas. La consecuencia directa de este resultado de estudios en el campo y en el laboratorio, fué, que la pizarra oscura (1) de dicho paraje, que ha sufrido en el contacto con el lamprófido una metamorfosis sorprendentemente intensa, pertenece, — apesar de su aspecto poco cristalino y de su

(1) Dicho color ha provocado también en este paraje especulaciones y «minas» en busca de carbón, grafito u otras riquezas de ese estilo.

posición encima de la arenisca de edad mucho más moderna — sin embargo al Fundamento cristalino (véase página 29).

De la metamorfosis de contacto y de la posición de la roca esquizolítica se hablará más adelante; aquí sólo llamaremos la atención respecto a su espesor, parecido al de una roca efusiva. El plano de Catastro, sumamente deficiente, sólo permite, medir aproximadamente semejante altura, y teniendo en cuenta una inclinación de 20° (observada en el desmonte entre km 35 y 36), resulta de 400 a 500 metros, siendo bastante posible que reina una estructura monoclinas. Se puede observar dicha roca con interrupciones, en un trecho de varios kilómetros. Grandes cantidades del material de descomposición, bruno - oscuro, separado, como es característico, en productos irregularmente esferoidales, se observan en desmontes entre los km 35 y 37, como además al Norte, arriba de la estancia del Sr. R. BERISSO, donde la roca aflora en zanjas.

Según su aspecto microscópico, resultan ser lamprófidos olivínicos ciertas rocas filoniformes de separación irregularmente prismática, rocas bien expuestas en desmontes del Ferro-Carril cerca de la Estación de Nico Pérez (véase lám. 6, fig. 14). La estructura intersertal típica coincide enteramente con la de rocas melafídicas mucho más modernas del Norte del País, de manera que la sólo investigación microscópica en este caso podría inducir a errores respecto del carácter de la roca (1). Su unión con granitos y su tendencia a diferenciarse tanto hacia el lado melanócrato, (facies marginal durbaítica, véase anteriormente) como leucócrato (filones aplíticos acompañantes) y finalmente la ausencia, en dicho lugar, de testigos de la Formación de Gondwana, obligan a clasificar la roca, como lo hemos hecho. Otro yacimiento de lamprófido plagioclásico-piroxénico está constituido por una roca de estructura amigdalóidea que se encuentra incluida en un granito situado entre Illescas y Nico Pérez. También el aspecto en este caso es semejante al de un meláfido de las rocas eruptivas de Serra Geral.

Representantes del grupo en cuestión, muy oxidados, que aparecen también en la forma de rocas amigdalóideas, los encontré

(1) Lo mismo hay que decir respecto de los «meláfidos» que he descrito de los alrededores de Montevideo (22, pág. 48). Ya de antemano la probabilidad de encontrar en dicho paraje, compuesto, (además del Neozóico) únicamente por los representantes del Fundamento cristalino, a miembros eruptivos de la Formación de Gondwana, es incomparablemente menor que la de encontrar un producto de diferenciación básica de aquellos (véase lám. 14, fig. 35).

entre Minas y San Antonio a ambos lados del A. Penitente, y de allí, en dirección E en el camino que va a Lascano, cerca del C. Potros, antes de pasar el A. Alférez. Las rocas en dicha parte parecen tener gran extensión.

De las rocas efusivas ricas en SiO_2 , hay que mencionar pórfidos cuarzosos de aspecto por parte como liparita, por parte como pórfido descompuesto (Tonsteinsporphyr), provenientes del C. Arquita, al NW de Minas. La masa fundamental de las rocas siempre contiene partes amorfas, contenido que se aumenta notablemente en los pórfidos negros retiniticos. La extensión horizontal de las rocas en cuestión no es grande; ya se mencionó que yacimientos más extensos se hallan no lejos del pueblo de San Antonio (Dep. de Minas). Aún más al W, en dirección a las puntas del A. Barriga Negra, se observan las rocas efusivas y las he encontrado cerca del A. Tapes. Ya CH. DARWIN menciona este arroyo y habla de sus rocas amigdaloides y productos intermediarios entre "Tonsteinsporphyr" y traquita. Me sirve como ejemplo de los tipos de dicho paraje un felsófido de carácter débilmente córneo, pobre en fenocristales, roca, cuyo componente oscuro, se ha oxidado completamente. Dicho tipo resulta salpicado por numerosas almendras rellenas con cuarzo y calcedonia y además por partículas rojo-brunas de aspecto del "Tonsteinsporphyr". Semejantes productos de fractura concoidea también se intersertan en filones de un espesor de 2 a 3 metros entre la caliza cristalina, orientada al N E cerca de la estancia del Sr. CARLOS CASTRO en el camino de Minas a San Antonio de Aiguá. La estructura es típicamente microfelsítica. Yacimientos más extensos afloran en el campo del Sr. J. ZUASNABAR, cerca del A. Los Chanchos y por el aspecto exterior, de peñascos con perfil en forma de escalera ("Treppe" en alemán; compárese "trapp") se puede afirmar que se trata de napas efusivas. Sus colores son más claros que los de las rocas ya mencionadas. Bajo el microscopio se observa una separación magmática más avanzada entre productos xenomórfos cuarzo - feldespáticos y se distinguen numerosos fenocristales de orto- y plagioclasa, como también de cuarzo, que no representan más nada que individuos de mayor tamaño de la masa fundamental.

De los extensos yacimientos de pórfidos, en parte intrusivos y en parte efusivos que componen la Sierra de Animas en el Dep. de Maldonado, ya habla CH. DARWIN. Hay aquí una serie de alturas relativamente grandes que forman el divorcio de las aguas del A.

Solís Grande y del A. Pan de Azúcar. Las alturas cercanas a la costa, entre las cuales se encuentra el C. Pan de Azúcar y sus vecinos, se pueden considerar como los centinelas más avanzados hacia el S; como cordón de elevaciones, la Sierra de Animas sólo comienza al N de la línea férrea a Maldonado, desde donde sigue en dirección septentrional hacia el límite de los departamentos de Maldonado y Minas. En este último, tiene lugar una disolución en alturas bastante distantes entre sí (C. Caperuza, C. Blanco, y ultimamente el C. Verdún, que consiste, como ya se indicó, de filitas cuarcíticas silificadas. Afloramientos instructivos para revelar la composición petrográfica de la Sierra, se presentan en el Abra de Castellanos, en el camino de Mosquitos a la Cuchilla de Carapé, como también al lado de la línea industrial abandonada, de trocha angosta, entre la Estación La Sierra y la cantera de mármol « General Burgueño ».

Más adelante se explicará que en la composición de la Sierra de Animas, especialmente en sus partes meridionales, participan miembros de la familia de rocas alcalinas y subalcalinas. Como se sabe, los equivalentes efusivos de los granitos y sienitas, se distinguen por su escasez relativa en componentes básicos, y revelan, en nuestro caso, una descomposición bastante avanzada. Se comprende, pues, que no es posible, desde ya, proceder a la separación de tipos atlánticos y pacíficos, sin la investigación microscópica de una gran cantidad de muestras de rocas. Una nevadita (pórfido rico en fenocristales), común en los alrededores del Abra mencionado, presenta una roca de estructura típicamente granofídica, en algunos lugares de arreglo esferolítico, roca, cuyo mineral oscuro, probablemente hornblenda, se ha epidotizado completamente. K. WILLMANN describe un producto análogo encontrado en el C. Arequita.

Rocas que también pertenecen a las nevaditas se recogieron en el llamado ramal industrial (Pozo del Abra) como además en el borde Sud de la propia Sierra de Animas al N de la línea férrea a Maldonado (C. de las Animas y Chico). Tienen muy pocos fenocristales de cuarzo o están exentos de ellos; el feldespato es una pertita rojiza. La formación de herrumbre y la cloritización ocultan la naturaleza del componente oscuro. La masa fundamental gris, de grano igual, fino y holocristalino, tiene estructura microgranítica. En general carece de plagioclasa, aún cuando ésta pueda hallarse raramente.

También en la región de las rocas cristalinas antiguas, situada en el Norte del País, los pórfidos más o menos cuarcíferos desempeñan un papel importante. Se encuentran cerca de Zapucay y contribuyen a la composición de los C. Chato y C. Blanco en las nacientes del A. Caraguatá. De esta manera una roca poco fresca recogida en el lado W de la altura mencionada primeramente, muestra en el interior de una masa fundamental microgranítica, rica en girones de biotita (?) completamente descompuesta, numerosos fenocristales de feldespato perfitico, raras veces también plagioclástico y cuarzo. Productos de este carácter, de grano fino, a veces hasta muy grueso, se hallan también en la Sierra de Rios al N de Melo, donde se les pueden observar en el camino entre dicha ciudad y el pueblito de Latorre (Centurión) en la frontera brasileña.

Como apéndice a las rocas efusivas, voy a mencionar una brecha gruesa rojiza, que se halla en la parte superior del A. Marmarajá. Se observa dicho producto ya cerca de una pulpería en el campo del Sr. MANUEL ZUASNABAR, en el camino de Minas a Aiguá, donde aparece embutida entre pizarras cristalinas. La altura situada al W, en el ángulo de los caminos de Minas a Aiguá y a Santa María, se compone de la misma formación. Se trata de un pórfido herrumbrado, cuyos trozos han sido cementados nuevamente por masas efusivas posteriores.

b. Rocas subalcalinas y alcalinas.

K. WILLMANN menciona algunos granitos procedentes de la región comprendida entre Minas y Nico Pérez, que por su predominio en pertita y albita, pasan a los granitos alcalinos. Se les ha llamado por eso, rocas subalcalinas.

Un granito del Paso Carpintería (A. Carpintería, en el límite de los Dep. de Tacuarembó y Rivera), presenta analogía con las rocas mencionadas. El Pan de Azúcar y sus alrededores constituyen la región más importante para el estudio de las rocas alcalinas. Productos intrusivos análogos se hallan en el Dep. de Minas y se encontrarán también en el territorio del Norte ocupado por las formaciones cristalinas, como resulta probable por la constatación de una paisanita.

Entre las rocas intrusivas, el tipo más rico en SiO_2 parece ser un granito rojizo-amarillento, arfvedsonítico-biotítico bien porfídico por cristales de cuarzo y feldespato, proveniente del lado N

del C. de los Toros. Bajo el microscopio se conoce, que los fenocristales de feldespato consisten de albita con borde peritítico o de pertitita sola. Presenta analogía con el tipo mencionado el granito rojizo del C. Penitente, cerca de Minas que se caracteriza por su grano grueso y sus manchas negras producidas por los componentes básicos. Ya el aspecto de la piedra indica que en general consiste de una mezcla de biotita con hornblenda arfvedsonítica. Bajo el microscopio la roca revela los efectos de fuertes presiones (unión dentellada y extinción ondulosa de los granos de cuarzo, dislocación y rotura de los listones de plagioclase etc.). Siguen inmediatamente granitos nordmarquíticos. Primero, un tipo bastante rico en cuarzo, proveniente del lado E del Pan de Azúcar con una hornblenda sódica en parte arfvedsonítica gris-azul, en parte con color azul de prusia; segundo, la conocida hermosa roca encarnada de grano bastante grueso, más pobre en cuarzo, proveniente de La Paz. Bajo el microscopio se ve estructura granítica poco desarrollada. Entre los feldespatos predomina una pertitita muy turbia constituida por granos muy irregulares, sobre la albita con contornos cristalográficamente definidos, mineral que se ha conservado mucho más fresco. Además de la biotita como componente oscuro, hay que mencionar una hornblenda de tipo en parte arfvedsonítico, en parte barqueviquítito - hastingsítico y de un mineral acmítico.

La nordmarquita fuertemente colorada proviene de las canteras poco distantes al W de la línea férrea, mientras que la roca con los tipos hornbléndicos, mencionados en segundo y tercer lugar, se explota inmediatamente a los dos lados de la línea férrea cerca de la estación. En ambos yacimientos se encuentran con frecuencia concentraciones de mayor o menor tamaño de los componentes oscuros. Sorprende bajo el microscopio la riqueza en titanita.

La sienita arfvedsonítica del Pan de Azúcar es, por una parte, una roca bien colorada, del lado meridional de la altura, y por otra, un tipo de color muy claro, del lado E, que lleva egrina. El análisis químico muestra la relación característica de las rocas alcalinas: $\% \text{ Mol. Al}_2\text{O}_3 (10,00) < \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} (10,67)$ ⁽¹⁾.

Entre las rocas efusivas correspondientes a los tipos intrusivos mencionados se encuentra un keratófido cuarzoso, que muestra en una pasta fundamental áspera, de grano fino y de color gris rojizo,

(1) Valor Mol. = $\frac{\% \text{ (en Peso)}}{\text{P. M.}}$

numerosos fenocristales grandes de feldespato (pertita) encarnado. La roca penetra en filones de 3 a 6 metros de espesor en la sienita arfvedsonítica del lado Sud del Pan de Azúcar y se halla también en los Cerros Burros y Terros. El keratófido del último punto contiene una parte negra brillante como brea, con fenocristales chicos de feldespato.

Pertenece a los productos filoniformes de diferenciación aplítica una tinguaita del pie del Pan de Azúcar, roca que se compone de una pasta fundamental gris, de grano fino y fenocristales no muy abundantes de feldespato encarnado. La formación de granos irregulares de arfvedsonita y egrina demuestra que se trata de un producto de la serie alcalina de las rocas eruptivas. Un representante de la misma categoría lo encontré en el territorio cristalino del Norte. Se trata de una roca filoniforme (?) que aparece en cantidades al lado Sud del C. Blanco no lejos de la estancia del extinto Sr. HONORIO LEITE (Dep. de Rivera). Al descomponerse, presenta tonos brunos-sucios. Por la riqueza de sus fenocristales oscuros muy chicos, de contorno irregular, alojados en una pasta fundamental clara, demuestra macroscópicamente una semejanza notable con la roca de grano algo más grueso, conocida en la literatura y proveniente de la Isla de Ailsa Craig (Escocia). La masa fundamental, observada al microscopio, está constituida por muy pequeños individuos de feldespato listoniformes hasta rectangulares, muchas veces con estrias de maclas polisintéticas embutidos en substancia cuarzosa, que extingue uniformemente. Dicha mezcla se une en estructura poiquilítica con esqueletos de cristales de hornblenda. Tienen pleocroismo entre un profundo azul-verdoso (casi negro) y verde de hierba, hasta verde-brunoso. Los fenocristales muy raros consisten de cuarzo y feldespato.

Como «diabasas analcímicas» (teschenitas) clasifica K. WILLMANN a rocas filoniformes lamprofidicas, de color casi negro y de grano igual, fino que se encuentran en el camino de Minas a San Antonio (pulpería JOSÉ PALACIOS, actualmente Escuela pública y en el lado Sud del A. Campanero Grande). Bajo el microscopio en mayor o menor extensión, estas rocas muestran estructura ofítica, producida por el arreglo de la plagioclasa (labradorita-bytownita), mineral que atraviesa una augita titánica de color rojizo-violeta. La analcima forma una especie de mesóstasis. Muy parecido a este tipo, si bien de grano algo más grueso, es una roca

negra hallada por mí en el camino entre las minas de oro del A. Soldado (Dep. de Minas) y el pueblo de Polanco, como además una muestra de la colección FLOSSDORF, proveniente del A. de las Pavas (Dep. de Treinta y Tres). El contenido de magnetita en dichas rocas es a veces alto, lo que produce un peso específico elevado. Dicha propiedad, junto con el color negro y la densidad del material, que le hace sonar al ser golpeado con el martillo, ha hecho creer a uno de los estancieros más conocidos del Dep. de Minas, de que poseía la riqueza de las riquezas de nuestro subsuelo, quiere decir una mina de hierro puro.

El análisis de la roca proveniente de la llamada Escuela pública muestra el retroceso fuerte de K_2O contra Na_2O (1,24 y 4,43 ⁽¹⁾). Este corresponde esencialmente a la analcima por la falta de ortoclasa y el carácter básico indicado de la plagioclasa.

Hay que suponer que se trata en los casos mencionados de un grupo de rocas de estructura diabásica, que se deriva de los lámprofidos camptoníticos y demuestra analogía completa con las rocas alcalino - calcáreas. La denominación de diabasa analcímica (Analzimdiabas) caracteriza la estructura y la composición de las rocas, pero no su aparición geológica, lamprofídica. Empleando el término de teschenita, se piensa en rocas intrusivas teralíticas de las que todavía en el Uruguay no se conoce nada.

Por tratarse aquí de rocas en parte no mencionadas en los libros de texto usados en la enseñanza de Mineralogía y Geología, en el país, voy a dar aquí una pequeña sinopsis de los tipos más comunes sin indicar la composición química - mineralógica (véase el anexo 2).

Como ya se dijo, la primera descripción de representantes filoniformes lamprofídicos pertenecientes a la familia alcalina de las rocas eruptivas, se hizo junto con el estudio del Fundamento cristalino de los alrededores de Montevideo (92). Se observan dichos filones, por ej., en la Tablada, cerca de la cantera de granito aplítico - rojizo, punto donde atraviesan, en vetas muy delgadas de un color característico pálido - azul, a un granito biotítico muy descompuesto (véase pág. 50); además, mejor expuestos, en el granito de las canteras de la Teja, como también en el lado izquierdo del A. Pantanoso, cerca de su desembocadura (véase lám. 14, fig. 35). Especialmente favorable para el estudio de dichos filones es un

(1) Indicado en porcentaje molecular.

CUADRO DE LAS ROCAS

SERIE ALCALINO-CALCAREA

ROCAS EFUSIVAS

ROCAS INTRUSIVAS Y FILON

Magma solidificado en la superficie de la tierra

Magma solidificado en el interior

« Paleovolcánico »	« Neovolcánico »	Rocas de diferenciación (esquizolíticas)		Estructura porfídica	Estructura granular (hipidiomorfa)				
		Lamprófidos (melanócrato)	Aplitas (leucócrato)		Granitos	Sieuitas	Dioritas	Gabbros	Peridotitas
Cuarzódido microgranítico granofídico felsofídico Vitródido	Liparita (Riolita) Nevadita Perlita Obsidiana Piedra pómez Retinita	Minette Kersantita Vogesita Spessartita	Aplita Alsbajita	Granitódido	Granitita Granito anfibólico piroxénico				
Ortódido	Traquita Hialotraquita		A. sienítica	Sienitódido		S. anfibólica S. biotítica S. piroxénica			
Porfirita { anfibólica P. cuarzosa } biotítica P. labradorítica } piroxénica Propilita Hialoporfirita	Andesita y Dacita anfibólica biotítica piroxénica Hialoandesita		A. diorítica	Dioritódido D. cuarzoso			D. anfibólica » » biotítica » biot. cuarzosa Granodiorita Tonalita D. augítica D. hipersténica		
Meláfido, p.p. olivínico Navita Toleyita Diabasa, p.p. olivínica D. porfirítica Variolita Rocas amigdaloides	Basalto plagioclásico B. plagioclásico olivínico Hialobasalto		A. gábbrica	Gabbrodido				Gabbro G. olivínico Norita N. olivínica G. anfibólico	
Picrita								(Anortosita, Tita- nomagnetita etc.)	Peridotita Dunita Serpentina Piroxenita Hornblendita etc.

Monzonita cu
Monzonita
M. nefelínica
M. olivínica

Essexita

ROCAS ERUPTIVAS

SERIE ALCALINA

FILONIFORMES (ROSENBUSCH)
do intrateloricamente

ROCAS EFUSIVAS
Magma solidificado en la superficie de la tierra

omomorfa - granular), E. granitoídea					Estructura porfídica	Rocas de diferenciación (esquizolíticas)		« Neovolcánico »	« Paleovolcánico »	
Iyolita		Teralita, Shonquinita		Sienitas	Granitos	Aplitas (leucócrato)	Lamprófidos (melanócrato)			
nita cuarzosa nita felínica vínica					Granitita Granito G. piroxénico (egirínico) G. anfibólico (ribeq. y arvfeds.)	Granitófido alcalino	A. Nordmarquítica Bostonita A. nefelinica Tingualta T. nefelinica » leucítica Paisanita	Camptonita Monchiquita Alnoeíta	Liparita sódica (Comendita)	Keratófido cuarzoso
				Nordmarquita					Traquita sódica	Keratófido Porf. Larviquítico
				S. egirín. y sodal. Laurdalita, Larviquita		Sienitófido alcalino Eleolitófido Pórfido leucítico				
				S. eleolítica, S. leucit. » » biotítica » » anfibólica » » piroxénica				Fonolita Leucitófido Fonolita leucítica		
Essexita		Teralita Shonquinita				Pórfido Shonquinitico			Traquidolerlita Tefrita nefelinica » leucítica Basanita nefelinica » leucítica	Meláfido y Diabasa essexítico y teralítico
	Iyolita Missurita Jacupirangita					Pórfido Iyolítico			Nefelinita Leucilita Basalto nefelinico » leucítico » melilitico Limburgita Augitita	

paraje cerca de las canteras de la Playa Ramírez. Los filones casi verticales que llegan en las dos localidades últimamente citadas a tener un espesor de casi un metro, se destacan allá, con rumbo de casi E - W de los alrededores, como pequeños restos de muros, por no haber sido explotados cuando se sacó el granito vecino. Se presentan enseguida como lamprófidos por su color obscuro y su riqueza en biotita. A pesar de la vecindad del granito biotítico en todos los puntos mencionados, hay que afirmar que no pertenecen al séquito de esta roca alcalino - calcárea. Esto sorprende, pues se observa como lo atraviesan (Teja) y aparecen irradiar de él (A. Pantanoso). Numerosas inclusiones extrañas en el interior de la roca filoniforme, muy resorbidas, suministran pruebas para la verdad de las relaciones de edad mencionada. En primer lugar, hay grandes individuos de feldespato, probablemente de proveniencia pegmatítica, y además, pedacitos de una roca aplítica, y finalmente trozos irregulares de una pizarra filítica.

Bajo el microscopio, el silicato indicado revela lindos bordes de reacción (reaction rims). Así se ve como la zona marginal de una pertita, zona bien destacada de más o menos un milímetro de ancho, se compone de substancia feldespática triturada en la cual se prolongan las agujas de hornblenda de la masa fundamental del lamprófido. Dicha zona de trituración con las agujas mencionadas, se ha introducido, siguiendo fisuras, en el feldespato; se destaca ya macroscópicamente por su color rojizo y su aspecto que resulta ser más mate comparándole con el del feldespato restante.

Alla, donde los filones llegan a su altura máxima, en el A. Pantanoso y en la Playa Ramírez, se muestra una diferenciación característica de la roca, pues el interior del filón consiste en el lugar últimamente citado, de una roca frágil, abrigantada de biotita. La superficie está agujereada y tiene manchas de color pardo mohoso, mientras que ambas salbandas que tienen un espesor de 1 a 2 dedos, se distinguen en algunas partes por su riqueza en columnitas de un mineral amarillento - verdoso y por su color característicamente azul flavo, que se presenta especialmente cuando cesa la estructura porfídica. Si disminuye el espesor de los filones— como por ejemplo en las canteras de La Teja y especialmente en la Tablada —entonces desaparece la diferenciación entre el centro del filón y la salbadda y se encuentra, sea solamente la roca del primero (Teja) o la del margen (Tablada), impregnando en el

último caso — lo que vale también para los apófisis finos de los filones de la Playa Ramírez, y del Pantanoso — íntimamente la roca vecina, jaspeándola con puntos y vetas azulejos.

La composición de la salbanda distinta de la del centro del filón, es por eso de interés, porque aquí, tratándose de una estructura típicamente porfídica, la hornblenda aparece sólo en una generación, es decir en la pasta fundamental que consiste, entre otros minerales, de un tejido denso del mineral arfvedsonítico, mientras que, contrariamente a lo supuesto, los fenocristales son de augita. La formación de este mineral seguramente ha empezado muy temprano, como augita titánica, producto distinto a los posteriores. De esta manera se pueden caracterizar numerosos cristales fuertemente corroídos y cloritizados, que contienen todavía aquí y allá núcleos de un mineral azul-violeta y de estructura zonal. Es fácilmente posible, que entre estos fenocristales muy transformados se hallen también productos semejantes olivínicos. Hay que dudar respecto de si el tejido fundamental contiene sustancia vítrea, más se reconocen numerosos granos muy chicos, que, como supongo, hay que definir como nefelina y en parte también como feldespato.

La roca central se caracteriza por el hecho de que la estructura porfídica se vuelva menos neta, de manera que casi no se puede hablar más de dos generaciones de hornblenda. Un tejido fundamental se forma por grandes cantidades de sustancias nefelínicas y en éstas se encuentran numerosas hojitas de biotita, fibras más o menos grandes de hornblenda y algunos prismas de augita. La hornblenda sódica marginalmente verde, en su interior bruna, extingue, comparada con el eje vertical, con ángulo bastante grande y tiene los colores || b azul-verde oscuro, respectivamente bruno-oscuro casi negro, || c azul-verde hasta verde azulado o de oliva, hasta verde-brunoso, y || a amarillo-verdoso o amarillo claro-bruno. En el tipo indicado primeramente aparecen a veces los tonos || a rojizo-gris y || c azul-gris hasta azul claro verde, coloración que ya se nota macroscópicamente en las impregnaciones de la roca perforada, salientes de la salbanda, tonos que se explican como derivados de la descomposición del mineral.

Resumiendo lo dicho, se conoce que se trata en el caso presente de rocas « vacilantes entre el carácter basaltoideo y lamprofídico » (H. ROSENBUSCH, Mikr. Phys. II, 1, pág. 697; 1907). Igual-

mente como se hallan nefelinitas como diferenciación entre basaltos nefelínicos, así se observa en nuestro afloramiento de la Playa Ramírez, que la roca de la salbanda aparece, a veces, también como producto de diferenciación de la camptonita.

Pertenecen probablemente a los lamprófidos sódicos en cuestión, dos tipos del C. de los Burros transformados en «Grünstein». Característica es la aparición de augita titánica. El análisis da % Mol. $K_2O = 0,74$, mientras que el valor correspondiente de Na_2O llega a 4,95. En la proyección gráfica de OSANN se muestra claramente la gran analogía con la diabasa analcímica de la Escuela pública.

Los estudios litológicos hechos en las rocas eruptivas antiguas del Uruguay establecen puntos intermediarios entre las conocidas rocas nefelínicas tanto ácidas como básicas del Brasil (Cabo Frio cerca de Río de Janeiro, Serra de Mendoha, Estado de São Paulo) y tipos descritos por O. STIEGLITZ de la Precordillera desde el Río Mendoza en el Sud, hasta el confin septentrional del Paramillo de Uspallata. La edad de las rocas argentinas es carbonífera. Se componen, como en nuestro caso, de granitos y sienitas sódicos, con acompañamiento de filones. Se extienden dichas formaciones más al Sud, pues se describieron por P. QUENSEL (67), provenientes de la Cordillera patagónica desde el grado 40 de latitud meridional, rocas sódicas, entre las cuales, en contraste con las más septentrionales y las nuestras, prevalecen miembros más básicos, por ej. del grupo de las essexitas.

Influencias de metamorfosis de contacto, motivadas por el granito que es el miembro más importante de las rocas intrusivas, sobre pizarras cristalinas, se observaron bastante raras veces, excepto donde se trata de calizas. Se recogieron algunas rocas córneas, por ej. en el camino de Corrales a Zapucay, de la Cuchilla Grande (Dep. de Treinta y Tres) y del campo del Sr. DOROTEO NAVARRETE más o menos a 15 km al Sud de Melo. Las rocas metamorfoseadas tienen una estructura densa, típicamente cornoidea, en algunos puntos, otras, por ej. en el punto últimamente citado son de grano más grueso, y aparecen, vistas bajo el microscopio como una brecha fina con numerosos trozos por ej. de plagioclasa y de ilmenita. La roca eruptiva correspondiente es un granito gneísico aplítico rojizo. A la misma roca hay que atribuir también en el C. Largo al Sud del campo mencionado, la influencia metamórfica sobre las pizarras cristalinas del mismo lugar.

Como hallazgos aislados hay que mencionar un micaesquisto noduloso (Glimmerknotenschiefer) del campo del Sr. PEDRO CARABAJAL cerca de Minas y una filita andalucítica bastante compacta y cristalina que se encuentra al lado de un granito en el campo del Sr. LUIS MELONO en el camino de Minas a Pan de Azúcar. Abundan los casos, donde al lado de filones de roca eruptiva y en exsudaciones de cuarzo, se ha producido una alteración, tomando la roca un aspecto frito, que se manifiesta a veces también, por un aumento del aspecto cristalino en la roca perforada.

Un caso de metamorfosis de contacto especialmente interesante por su yacimiento geológico y por la intensidad de la transformación, se presenta no lejos de la Estación Piedras de Afilar y fué observado primeramente al pié de una altura, situada al Sud del Ferro - Carril a Maldonado, altura que se caracteriza por una cantera de arenisca de São Bento, hoy abandonada (véase más adelante). La piedra córnea epidótica (Epidothornfels) — pues se trata de este producto de metamorfosis — se encuentra incluida en pizarras más o menos oscuras, cuyo contenido original en calcita se ha transformado en grandes cantidades de minerales del grupo del epidoto y de clinozoisita. Los individuos de esta familia se acumulan en masas compactas granudas, en parte poco transparentes y dificultan grandemente su estudio, a causa de su pequeñez extraordinaria. Se necesita siempre un aumento de 400 hasta 500 veces para la observación microscópica.

Los dos silicatos de calcio mencionados se unen de esta manera: el mineral casi siempre granudo (epidoto) forma el centro, mientras que la variedad siempre cristalográficamente contornada (clinozoisita) da el manto, de espesor muy desigual, faltando a veces, en algunos puntos (véase fig. 5 b ⁽¹⁾).

El epidoto muestra aún en las partes más delgadas del preparado microscópico, color amarillo y alta birefringencia.

El carácter de los cristales de clinozoisita muy pequeños, pero bien tallados, es prismático. Raramente se encuentran cortes según el plano de simetría, alargados en la dirección del eje vertical que recuerdan vivamente a los cortes correspondientes de ortita (véase fig. 5 a ⁽²⁾). El mineral generalmente incoloro presenta a veces tonos débilmente azullejo - verdosos. Raras veces se

(1) Dibujado con el aparato de ABBE con aumento de 500 veces y agrandado luego 5 veces.

(2) Dibujado con aumento de 500 veces y agrandado al quintuple.

encuentran individuos más grandes de colores más intensos, cristales que presentan pleocroísmo. La doble refracción es muy baja. En secciones clinopinacoidales, empleando la « teinte sensible », se observa un ángulo de extinción muy chico hacia adelante.

La piedra córnea epidótica (Epidothornfels) se encuentra en una zona de contacto muy angosta al lado de una roca eruptiva que se describió anteriormente como lamprófidio picritoporfirítico. Los afloramientos al pie de la altura caracterizada por la cantera,

no son buenos, por eso vamos a dejar la descripción de la estructura tectónica para más adelante y nos ocuparemos del producto mencionado de la metamorfosis de contacto más intensa. La filita original se ha transformado en una piedra córnea sumamente dura de fractura concoidea con crestas cortantes. La división pizarrosa se borró completamente en esta transformación, y sólo se le observa, cuando la roca empieza a descomponerse. El color de la piedra córnea típica es un tono verdoso-amarillento, lo que hace suponer, ya por el aspecto macroscópico, que se trata de una roca rica en epidoto. Bajo el microscopio se constata que se compone de un agregado de granos de cuarzo y epidoto con manchas algo redondas, incoloras. Consisten, como se comprueba empleando fuerte aumento, de cuarzo y epidoto con manchas algo redondas, incoloras. Se componen estas de cuarzo y grandes cantidades de fibras finísimas pertenecientes, tal vez, a la tremolita. Es posible que las manchas se deriven de restos de radiolarios.

Ampliando estas observaciones por los estudios en el campo, resulta que el yacimiento del « Epidothornfels » forma sólo un miembro de una zona de metamorfosis de contacto que ya se muestra más al N W cerca de la Estancia del Sr. R. BERISSO y que cruza la línea férrea entre los km. 35 y 36 (véase la fig. 2). Aquí, en

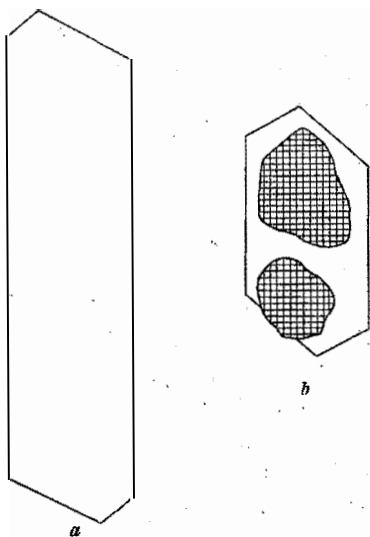


Fig. 5. Cristal de clinozoisita (a); unión de epidoto con clinozoisita (b).

un desmante, se ve que se trata de dos fajas de rocas metamorfoseadas con un rumbo de NW a SE, fajas que se han reducido, probablemente por presiones tectónicas, a yacimientos lentiformes incluidos en la roca efusiva lamprofídica. El yacimiento lentiforme occidental aflora cerca del paso del camino sobre el ramal del A. del Bagre, también a unos 100 a 200 metros al W de la estancia mencionada, a pocos pasos al N del camino, mientras que la faja oriental (tal vez el mismo horizonte geológico unido con la roca eruptiva por plegamiento monoclinial) que aflora en el desmante, unos 20 metros al E de la occidental, encuentra su prolongación en yacimientos situados entre la estancia y la señal trigonométrica en la altura compuesta de la ya mencionada arenisca de São Bento. La metamorfosis representa un estado intermediario entre «fritamiento» (véase pág. 65) y metamorfosis de contacto verdadera. La primera se caracteriza por un endurecimiento extraordinario de la roca (análogo a aquel, del ladrillo calcinado respecto del material arcilloso original) y la estrechura de la zona transformada; la segunda, por la creación de silicatos como epidoto, tremolita, albita y granate. El espesor de la zona de contacto no excede en ningún lugar de dos metros y se encuentra, a veces, directamente al lado de roca normal. Entre la Estancia BERISSO y la señal trigonométrica, se hallan tipos intermediarios entre una piedra córnea muy típica, de color amarillento claro y una pizarra filítica oscura. La clasificación, en el lugar indicado, de la roca metamórfica como tal no presenta ninguna dificultad. Distinto es el caso en aquellos puntos, donde la piedra córnea, probablemente como consecuencia de un grano más grande de la substancia original, aparece en la forma de una roca maciza parecida a cuarcita, de color amarillento claro o gris. La sedimentación original de semejante «cuarcita» que aflora en el desmante del Ferro-Carril, y al SE como también al NE de la estancia, se puede reconocer en la superficie de la roca algo descompuesta.

Al final de este capítulo voy a mencionar los rasgos más característicos de un yacimiento de piedra de corindón (Korundfels) formada por metamorfosis de contacto pneumatolítico, yacimiento que me proporcionó tema para una publicación al respecto y al origen del esmeril. Ya R. MARSTRANDER brevemente se ha ocupado de aquel muy interesante producto nacional (57, pág. 38), que él y anteriormente el entonces Director del I. de

Geología, Dr. M. LAMME, habían estudiado en la naturaleza anunciando al mismo tiempo que pronto se publicaría un informe acompañado de un mapa geológico de la región; sin embargo, exceptuando las dos publicaciones de R. MARSTRANDER y los Informes y Relaciones del actual Director del I. de Geología, Arquitecto Sr. A. LLAMBIAS DE OLIVAR (54), nada de interés geológico ha publicado hasta la fecha, desde su fundación en 1912, el Instituto de Geología y Perforaciones.

El resumen final de la publicación citada, ilustrada con vistas, planos y microfotografías, es el siguiente. La formación del esmeril y la de la bauxita-laterita siguen distintos caminos. Es posible que por excepción proceda la formación de la bauxita por vía hidrotermal, más su sola composición no justifica la suposición de que sea la materia prima del esmeril. La formación de grandes cantidades de corindón dentro de pizarras cristalinas sedimentogéneas se manifiesta, ya en forma de yacimientos reducidos en la proximidad de rocas intrusivas (« Korundfels »), ya estratiforme como esmeril. En los dos casos se trata de fenómenos del metamorfismo contacto-pneumatolítico, que tienden a producir una amputación (Abspaltung) de alúmina de los minerales y rocas, ricas en dicho producto. Pero, mientras en el « Korundfels » tiene lugar una afluencia de nuevos componentes sólo en escala reducida, en el esmeril la formación es simultánea de grandes cantidades de substancia férrica, que deriva de la emanación del fluoruro o cloruro correspondiente. El hecho de que el corindón represente, donde se ha diferenciado del magma, un producto esencialmente pneumatolítico, queda demostrado por el acompañamiento ocasional de casiterita y zinnwaldita, y también por su relación con filones pegmatíticos, granitos turmalínicos y formaciones análogas. La formación del corindón pasa por el estado de fluoruro de aluminio; la misma combinación química $AlF_3 + aq.$, se halla en la naturaleza como fluelita. Se sabe que este mineral, junto con otras sales de fluoruro de Al complejas, entre ellas la criolita, como más conocida, es de origen típicamente pneumatolítico.

II. LA FORMACIÓN DE GONDWANA O DE STA. CATARINA.

1. Edad, extensión y posición.

Como en la descripción del Fundamento cristalino, así también en el caso presente, nos resulta imposible todavía, caracterizar exactamente, según su edad, aquellas formaciones geológicas que se ponen en discordancia sobre el sócalo cristalino y quedan separadas del pendiente por una interrupción de la sedimentación. La primera discordancia se muestra con claridad sólo en el caso, que se trate de pizarras cristalinas a un lado y de sedimentos en el otro. Mientras, si bien se observa el descanso de los últimos sobre rocas intrusivas, especialmente sobre el granito (p. ej. en el Cerro Serrezuelo y el Cerro Malbajar, Dep. de Durazno), se observaron sólo dos afloramientos instructivos que revelan la relación tectónica entre los esquistos cristalinos y representantes de los sedimentos en cuestión. El primer punto se encuentra en el camino de Melo a Centurión, poco antes de llegar a la Casa de comercio del Sr. EPIDIO SOUZA, y el otro más o menos dos kilómetros ESE del Cerro Guazunambí en el camino a la población de Arbolito (Dep. de Cerro Largo). La dificultad para determinar la edad resulta de las indicadas relaciones tectónicas.

Respecto del límite inferior de la edad de nuestra formación, parece seguro, según las investigaciones hechas en los sedimentos correspondientes de Sud Africa, de la India y de Australia, que no es mayor que la del Eopérmico ⁽¹⁾. Si bien algunos hablan de una « Formación permo-carbonífera », se lo hacen en parte para hacer más apetitosas las especulaciones en yacimientos de carbón, apesar de que aún aquel que empieza a estudiar los primeros elementos de geología, sabe que la presencia de la así llamada Formación carbonífera, no es de ninguna manera idéntica con la aparición de sedimentos carbonosos.

La dificultad en la averiguación exacta de la edad geológica de los estratos en cuestión, se deriva del carácter continental

(1) También A. D. WHITE, que ha descrito la flora de los sedimentos Gondwánicos « parece provavel.... que as formações carboníferas dos Estados de Santa Catharina e Rio Grande de Sul, são de edad permiana » (100, pág. 400).

de los depósitos sedimentarios y en consecuencia su gran pobreza en fósiles como finalmente de la casi ausencia de interposiciones marinas. Se han descrito hace tiempo y también recientemente, bancos de sedimentos pérmicos con fósiles marinos en el Estado de Paraná, pero parece que no se ha llegado todavía a un resultado definitivo respecto de la posición estratigráfica de los horizontes relativos (véase adelante).

Se agravan las dificultades en cuestión, por diferencias faciales entre sedimentos de la misma edad geológica, diferencias que pueden conducir a la supresión de un horizonte en una parte, bien desarrollado en otros lugares. Se va a comprender pues lo arriesgado de la tarea, para dar una descripción precisa. Hay que recordar aquí otra vez la fuerte denudación del país y su recubrimiento, si bien de poco espesor, pero muy extenso, por capas limosas y finalmente la falta de mapas auténticos con indicaciones hipsométricas.

En lo que toca a la definición de la edad de nuestros sedimentos hay que mantener que un horizonte se puede seguir con seguridad, por su contenido en fósiles y su carácter petrográfico, a través del territorio brasileño-uruguayo, es decir los esquistos de Iraty pérmicos, bituminosos, con *Mesosaurus brasiliensis* MAC GREGOR. Pero, mientras que en el Brasil, en el yacimiento de estos sedimentos, se puede constatar otro horizonte característico y de extensión grande en sentido horizontal, es decir los yacimientos carbonosos de Rio Bonito con la flora de *Glossopteris*, en el Uruguay no aflora dicha formación. A los productos de origen glacial en parte problemáticos, situados en el yacimiento de la Formación de Gondwana, se recomienda no atribuir un valor muy alto en sentido estratigráfico.

La edad geológica de las capas en el pendiente de los esquistos de Iraty, no está definida hasta ahora con seguridad absoluta. Mientras que se puede atribuir una edad neopérmica a los estratos de Estrada Nova, bien caracterizados por sus numerosas concreciones de sílice (estratos que siguen en concordancia a los esquistos mencionados), falta la precisión necesaria para la determinación cronológica de los estratos de São Bento siguientes. Es verdad que ya I. WHITE, y siguiendo a él WOODWORTH, lo definieron como triásico, en vista del hallazgo ⁽¹⁾, adentro

(1) En Sta. Maria da Boca do Monte.

de los estratos de Rio do Rasto, de restos del saurio *Scaphonyx Fischeri* « probably allied to *Euscelosaurus* » proveniente de los Molteno beds réticos de Sudáfrica, pero hay que dudar del valor comprobativo de dicha comparación. Según mi opinión que ya he hecho pública en 1911, los motivos indicados por WHITE no pueden hacer probable la analogía de edad entre los estratos de São Bento y la Formación de Karroo superior, sino es necesario compararlos con la parte de los estratos de Beaufort de edad esencialmente eo- y mesotriásica. Esta opinión se afirma por un apunte del mismo I. WHITE, anexado a su obra, según la cual, en el afloramiento mencionado se han encontrado restos del género *Erythrosuchus* « most closely allied » con *E. Africanus*, proveniente de los estratos de Beaufort superiores. Hallazgos más recientes, hechos cerca del límite de los Estados de Paraná y Sta. Catharina, demuestran la presencia, en los mismos estratos de Río do Rasto, de *Glossopteris Browniana* y *angustifolia* BRON y de otros helechos en analogía a los hallazgos hechos en los estratos de Damuda neopérmicos hasta eotriásicos. Al mismo tiempo se encontraron, en el lugar indicado, restos de lamelibranquios que pertenecen a los géneros de *Solenomorpha* y *Sanguinolites*. Es de gran interés el hecho de que en Australia (Nueva Gales del Sur) una fauna marina con elementos característicos, entre los cuales el género *Sanguinolites* (= *Pholadomya*?), se encuentra junta con sedimentos (estratos carbonosos del Newcastle) que contienen la flora de *Glossopteris*-*Gangamopteris* y pertenecen todavía al pérmico.

Según estas deliberaciones es probable que los estratos de São Bento pertenezcan a la Formación pérmica más superior y al Eo- y Mesotriásico. No hay que atribuir, pues, como yo mismo lo hice, una importancia tan grande a la transgresión del grupo de São Bento hacia el Sud hasta la costa del Río de la Plata, pensando que dicha posición indica una interrupción fuerte de la sedimentación. Si en verdad existiera este hiatus, entre los estratos de Passa Dois y los de São Bento, no ha sido posible aún su constatación. Para contestar a esta cuestión, hay que estudiar los perfiles en las faldas de los Tres Cerros y parajes vecinos (Dep. de Rivera), como además las muestras obtenidas en una perforación cerca de Tacuarembó (véase más adelante). Es de lamentar que dicha obra fué ejecutada sólo a percusión, pues es imposible, generalmente, de esta manera reconocer cier-

tos horizontes. Sin embargo es seguro que las capas entre 148,30 y 271,30 m pertenecen al esquisto de Iraty, mientras que la arenisca número 2, muy triturable, posiblemente ya es de la edad de los estratos de Rio do Rasto. Resulta de esto que las capas de 3 a 9 = 127,50 m habría que atribuir las al horizonte de Estrada Nova. Es extraño que en las muestras de la perforación que pude estudiar, gracias a la amabilidad del Dr. M. LAMME, entonces Director del Instituto de Geología y Perforaciones, no se encuentra nada de las concreciones silíceas, ni lo que sería de interés especial de constatar, de los bancos débiles de caliza o dolomita, productos que caracterizan los estratos de Estrada Nova.

Más al Sud, en el C. Porton y en los Cerros de Clara, es verdad que no faltan las areniscas de la parte superior de los estratos de Estrada Nova, pero aún no se ha observado nada hasta ahora del horizonte de Rio do Rasto ni de la arenisca de São Bento. Por otra parte el hecho es remarcable que poco más al N W, en el camino de Curtina a Tacuarembó, la parte más pendiente de toda la Formación de Gondwana, es decir las rocas eruptivas de Serra Geral, descansan, en forma de napas escoriáceas, directamente encima de los estratos de Estrada Nova. Observaciones análogas se hacen en todo el paraje comprendido entre San Gregorio de Polanco, Curtina y Tacuarembó, donde uno se sorprende de llegar, quedando en más o menos la misma elevación, rápidamente desde los estratos de Estrada Nova y Rio do Rasto a los horizontes más modernos de la Formación. Hay que suponer, pues, que antes de la efusión de las rocas eruptivas de Serra Geral, se hayan efectuado denudaciones bastante importantes.

En lo que respecta al Este, el único punto, donde se encuentra bien a flor de tierra la pendiente inmediata de los estratos de Estrada Nova, es en el C. Guazunambí al S de Melo. Aquí no existe ninguna discordancia entre aquellos y las capas subsiguientes que pertenecen al horizonte de Rio do Rasto.

Parece muy probable la analogía entre las llamadas rocas eruptivas y los Volcanic beds de Sud Africa, atribuidos, por los geólogos ingleses, al Lias, más falta aún la seguridad a dicha comparación.

Los límites de la Formación de Gondwana con el Fundamento cristalino, los muestra el cróquis lám. 15, fig. 36. El margen meridional corre, tapado fuertemente por sedimentos terciarios, desde el Río Uruguay hacia el S E, a la Estación Villaboas y de

allá, bajo las mismas condiciones, al C. Malbajar, cuyo zócalo es granítico. El límite entre el último punto y la frontera brasileña, se puede fijar bien y se registró con la exactitud posible, excepto la del pedazo comprendido entre el citado cerro y el A. Tarariras.

Adentro de la Formación de Gondwana en el N se destacan dos salientes, por las cuales aparece el Fundamento cristalino. Mientras que una de tales emergencias, dirigida de E a W e indicada por los dos puntos más distantes entre sí, Cuñapirú y el C. Vichedero, está contenida en el territorio uruguayo, es posible que la saliente más reducida que incluye el C. Aceguá, esté en conexo con las rocas cristalinas de Bagé. Salientes más pequeñas que las mencionadas emergen entre los sedimentos permio-mesozóicos del Norte, encontrándose en varios lugares, pero no se han registrado, con excepción de dos situados al N y E de Melo (caliza cristalina del pueblo de Ñandú y yacimiento en el camino a Artigas — véase lo dicho anteriormente).

Hacia el N, nuestros sedimentos, en conexo con los del vasto territorio brasileño, llegan hasta el otro lado del Río Amazonas, se extienden pues a una distancia de más de 3000 km. Se comprende fácilmente que los sedimentos, al menos en sus representantes más modernos, alcanzaron originalmente más al Sud. La prueba para la verdad de lo dicho, son los relictos en forma de isla del A. Barriga Negra (parte septentrional del Dep. de Minas) y de Piedras de Afilar (Dep. de Canelones), cerca del Río de la Plata. Otros testigos de la extensión original más grande de la napa permio-mesozóica, son los hallazgos frecuentes, en el Sud del país, de restos a veces muy grandes y pesados de maderas silificadas. Habiendo sido llevados en parte por el agua, es cierto que por otra parte quedaron en su lugar, cuando se destruyeron los sedimentos vecinos. Queda así excluído, si no se quiere suponer la presencia de aguas salvajes de gran inclinación, que un tronco de varios quintales de peso, como se encuentra, gracias al regalo magnánimo del entonces Sr. Ministro Dr. J. JIMÉNEZ DE ARÉCHAGA en la colección geológica del I. de Agronomía, se haya transportado en el sistema fluvial del Río Negro. De otra parte se puede argumentar que la silificación sea de edad menor que el transporte y represente un fenómeno, que ha durado hasta tiempos geológicos modernos, tal vez hasta el presente (véase adelante).

Más al Sud, en las cadenas montañosas de la Provincia de Buenos Aires, no se conoce nada de productos pérmicos con excepción

de los hallazgos hechos en la Sierra de la Ventana que consisten en rodados pulidos y estriados, incluidos en una roca en parte de aspecto de pizarra arcillosa, en parte de brecha del carácter de una grauvaca. H. KEIDEL supone que este producto sea equivalente al conglomerado glacial de Dwyka (Sud Africa), que forma la base de los estratos de Karroo. De esta manera se trazaría un puente entre el lejano Este del continente de Gondwana y las alturas argentinas en cuestión en un lado y el territorio brasileño en otro lado. Hay que demostrar más adelante, de qué manera fuera posible que resultara un acercamiento al menos en sentido tectónico.

Si queremos hacer el ensayo — pues la escasez de observaciones nos obliga a emplear esta expresión — de averiguar, si la estructura tectónica de los sedimentos uruguayos sigue el plan que parece reinar en el edificio geológico brasileño, podemos proceder de la siguiente manera. J. B. WOODWORTH ha dirigido la atención al plegamiento dirigido hacia NW y W e inclinado hacia el W, sistema tectónico que se manifiesta en los Estados de São Paulo, Paraná, Sta. Catharina y Rio Grande por el afloramiento de la Formación de Gondwana. Esta constatación concuerda en cierto grado con las observaciones de VON SIEMIRADZKI. Según el autor americano, reina en los dos estados citados en última línea, una sinclinal muy plana, en consecuencia de la cual los estratos de Tubarão y Passa Dois llegan hasta el Océano, mientras que el Fundamento cristalino retrocede fuertemente. A esta sinclinal se anexan hacia el N y el S, anticlinales, de las cuales la septentrional se caracteriza por la interposición de sedimentos devónicos entre el Fundamento cristalino que aflora en gran extensión y la Formación de Gondwana. Hacia el Sud, donde la emergencia del Fundamento cristalino dificulta el desciframiento de la tectónica, la posición de los estratos se hace más complicada. Resulta que las capas están sólo en pequeña parte bajo la influencia del plegamiento occidental. Pero siempre, el retroceso fuerte del Pérmico hacia el W, se puede seguir bien en los yacimientos carbonosos, probablemente discontinuos, de San Jeronymo, Suspiro y Candiota-Boa Vista. Otra expresión de lo dicho es la gran extensión del Fundamento cristalino en estas partes más meridionales del Brasil.

Más allá aún de Boa Vista no es posible continuar en la superficie la observación de los yacimientos carbonosos.

Respecto a las dudas sobre el alcance general de la tectónica de WOODWORTH, hay que observar los siguientes detalles. En el

Sud de Río Grande, se asocia al plegamiento un fenómeno que, según WHITE, se observa en casos aislados ya más al Norte. Resulta, pues, en el Estado de São Paulo cerca de Rifaina y lo mismo cerca de Torres, en el Norte de Río Grande, que capas pendientes del Pérmico se hallan también en el lado atlántico de la zona pérmica, situado hacia el Fundamento cristalino. Así, cerca de Rifaina, estratos de São Bento, descansan directamente sobre las rocas fundamentales, y en Torres, los estratos colorados de Rio do Rasto, cubiertos de una napa efusiva, están a flor de tierra en la playa. No era posible hasta ahora decidir, si se trata aquí de que el Pérmico haya sufrido una superposición por capas más modernas, o si se trata de una transgresión de las últimas que llegan hasta el Fundamento cristalino.

La posición indicada, que se halla en el Norte, como parece, sólo en casos aislados, se manifiesta en el Sud con más claridad, pero tampoco aquí no se puede decidir, si se trata puramente de relictos de una capa de estratos de São Bento originalmente mucho más grande, sobrepuesta a los sedimentos pérmicos casi horizontales (véase la gran extensión de los mismos), o de una transgresión de los primeros hacia el E y S, o finalmente, si no hay que suponer (tal vez en conexo con la posición indicada), una elevación en anticlinal, débil, dirigida en general de N a S. Como consecuencia de esta suposición, se explicaría que, en el vértice, se hallen los sedimentos más antiguos y emerja también el Fundamento cristalino, mientras que en los dos lados (al E sólo conservado en pequeños relictos), aparecen productos más modernos. El estudio del perfil geológico en la línea férrea de Bagé a Cacequy, puede contribuir mucho a la resolución del problema, pero, en consecuencia de la falta de medios y de la situación política no me fué posible ocuparme con tales estudios (1918).

El yacimiento más septentrional, descrito anteriormente por mí, de los estratos de São Bento, situados al lado E de la zona de sedimentos pérmicos, se encuentra al S de Caçapava, donde areniscas gruesas y conglomerados, tapados de una napa efusiva escoriácea, descansan directamente sobre el Fundamento cristalino, remarcable por su impregnación con minerales de cobre. Más al E de dicho punto, parece que hay otros relictos de la misma edad, como resulta del perfil fig. 143, en 13.

Otro yacimiento más meridional aún, situado en el Uruguay al E de Melo, consiste en areniscas rojizas bien estratificadas y en

areniscas cuarcíticas conglomeráticas. Las capas están bien expuestas en una cantera (« Cantera Fiscal ») situada en el camino de Melo a Artigas y sorprenden por su inclinación bajo un ángulo bastante grande. Parece que dichas areniscas de la edad de las de São Bento, descansan inmediatamente sobre los estratos de Estrada Nova, asunto difícil de contestar, porque las faldas de la altura, en cuya cumbre se halla ubicada la cantera, están tapadas por limo.

En el C. Guazunambí, al SSW de Melo, se encuentra en la pendiente de los sedimentos de Estrada Nova un pequeño relicto de estratos de São Bento que consiste en areniscas muy trituras y en una cuarcita brechosa, muy maciza. Dicho producto se ha salvado de la denudación en la forma de unos peñascos inmensos que forman la cumbre de la altura gémela de aspecto de cono volcánico.

En el relicto de arenisca del A. Barriga Negra, el yaciente consiste en una brecha muy gruesa, compuesta esencialmente de trozos angulosos de mármol y filita, de tamaño a veces mucho más grande que una cabeza, material que se deriva del Fundamento cristalino muy cercano. Los sedimentos más antiguos se representan por pizarras calcáreo-arenosas de color verde, tono que pasa al bruno-oscuro al descomponerse la piedra. Dichas rocas se asemejan mucho a ciertas rocas de la vecindad de Melo. Encima siguen areniscas rojas de São Bento, típicas, con « ripple marks » (ondulaciones formadas análogamente a las de las playas arenosas o las de los médanos actuales) extraordinariamente bellas. Placas de más de un metro cuadrado de este material se han empleado para el piso de galpones de la estancia del Sr. FRANCISCO VIDAL.

Finalmente hay que decir que el centinela más meridional de la Formación de Gondwana, centinela promovido hasta el Río de la Plata, se compone de arenisca de São Bento que descansa directamente sobre el Fundamento cristalino ⁽¹⁾. Todos los yacimientos mencionados de estratos de São Bento, situados al lado atlántico de la zona pérmica, zona que se extiende desde el Estado de Paraná hasta el Uruguay — es decir los yacimientos de Caçapava, del camino de Artigas a Melo, del C. Guazunambí, del A. Barriga Negra y de Piedras de Afilar — formen posiblemente el ala oriental opuesta a los yacimientos de São Bento que caracterizan los tres depar-

(1) Mejor dicho «descansaba», pues, por movimientos tectónicos posteriores (véase más adelante), las rocas cristalinas han sido empujadas sobre la arenisca.

sólo se salvó por eso de la denudación y del nivelamiento con el limo pampeano circundante, porque su material rocoso — la arenisca de São Bento — ha sufrido un fuerte levantamiento y un apelmazamiento (*Verknetung*) con el Fundamento cristalino. Hay que describir ahora la tectónica comparando el croquis fig. 2. No era posible reproducir las relaciones tectónicas de este punto tan interesante, con más exactitud a raíz de la deficiencia del plano de Catastro y del recubrimiento del paraje con limo pampeano.

La cresta de la cuchilla consiste en una arenisca de grano bastante fino, rojiza, o blanca, que hacia el yaciente se vuelve cuarcítica, material parecido al de un punto que se va a describir más adelante, punto situado al E de Melo en el camino a Artigas. Se inclina el sedimento bajo un ángulo bastante grande hacia el S W, (véase lám. 1, fig. 1), y está infrapuesto a la roca de diferenciación lamprofidica, con las glebas incluídas en ella y metamorfoseadas, productos que se describieron anteriormente. Tales glebas revelan un rumbo y una inclinación idénticos.

El contacto entre la arenisca y las rocas antiguas sedimentogéneas y eruptivas no se ve en ninguna parte y está ocultado por limo y escombros. Lo mismo hay que decir, y en mayor grado todavía, respecto al límite entre la faja de arenisca y el granito que está a flor de tierra especialmente hacia el borde del N W y S y se levanta allá en bloques aislados. Las esperanzas de poder aclarar las relaciones tectónicas, por medio de observaciones en los desmontes entre los kilómetros de 35 y 36, se fomenta al principio por la constatación de las glebas ya mencionadas, incluídas en la roca eruptiva, glebas que al primer golpe de vista parecen consistir en arenisca. La esperanza se frustra por la definición de que se trata en verdad de rocas contactometamorfoseadas, pertenecientes al Fundamento cristalino. Otra opinión resulta equivocada y es, que rocas cuarcíticas de color claro, que se hallan en el desmonte cerca del km 37, sean miembros intermediarios en las zonas de arenisca situadas en el Norte y el Sud respectivamente de la línea férrea. Pero resulta que estas cuarcitas ⁽¹⁾ igualmente orientadas al N W, están en unión íntima y en estratificación alternante no sólo con filitas en parte muy cristalinas, sino también con la roca de diferenciación transformada por descomposición en productos esféricos. Hay que figurarse, pues, que las fallas cuneiformes,

(1) Tal vez se trata en verdad de aplitas apizarradas.

indicadas esquemáticamente en el croquis fig. 2 han provocado una supresión por despachurramiento (*Ausquetschung*) de la zona de arenisca y una restitución — en el territorio entre las fallas — del conjunto normal de las formaciones pertenecientes al yaciente de la arenisca. No se sabe todavía, si la conservación de esta roca se debe a un hundimiento en el Fundamento cristalino en consecuencia de plegamiento isoclinal (*isoklinale Einmuldung*) o un sobreescurreimiento del último sobre la arenisca.

En escala mucho más reducida que en el caso mencionado, se observa en varios lugares de los Dep. de Salto y Artigas, como pequeños yacimientos de arenisca, alternantes con napas de meláfido muy descompuesto, se han conservado en forma de alturas débiles y se destacan del limo pampeano, porque sus capas han sufrido un levantamiento reducido. La figura 8, lám. 3 debe dar una idea de semejantes «islas de arenisca» que por grandes distancias de terreno prestan la única variación modesta en el campo sumamente monótono (1).

En lo que respecta — para llegar al fin de este capítulo — al espesor máximo de la Formación de Gondwana en el Uruguay, supongo que no pasa de 1000 metros. Indicios para la determinación de la potencia de algunos miembros de la formación, prestan las perforaciones hechas cerca de Tacuarembó y en el Dep. de Cerro Largo. En una de las últimas, efectuadas por la empresa de los Sres. MÉNDEZ ALCAÍN y A. LLAMBÍAS DE OLIVAR, se llegó a la profundidad de 450 metros (Plaza Artigas en Melo (2)), sin haber encontrado el Fundamento cristalino. Esta potencia de las capas sorprende, tomando en cuenta la corta distancia del punto en cuestión desde el margen oriental de la Formación de Gondwana (10-15 km), cuya vecindad se demuestra además por una pequeña emergencia del Fundamento cristalino, situada a 5 km al E de Melo. La potencia se explica por un hundimiento tectónico de las capas en Melo, de manera que el esquisto bituminoso

(1) Los Cuatro Cerros, más o menos 70 km al E de Salto. El hombre a caballo del lado derecho da una medida del importe de la altura.

(2) Dicho valor parece confirmarse por la reanudación del trabajo por el Instituto de Geología intentada al principio del año 1918. La perforación se hizo a percusión. De las pocas muestras de las capas, muestras conservadas en frascos expuestos a la intemperie dentro de un galpón en el lugar indicado, logré decifrar uno que contiene una prueba del esquisto de Iraty, encontrado en la profundidad de 147,50 m, como lo indica el registro de foración.

mencionado, que aflora, con inclinación débil hacia el N E ⁽¹⁾, a 2-3 km al E de Melo cerca del camino meridional a Artigas, se hundió, en la Plaza de Artigas, hasta la profundidad señalada. Sobre la situación de las dislocaciones tectónicas no se sabe nada hasta ahora, asunto difícil de resolver por falta de mapas auténticos. La anchura del hundimiento tectónico no puede ser grande, porque ya al borde occidental de la ciudad, en el lecho del A. Sauce y además entre dicho punto y la Estación Bañado Medina, encontramos el esquisto casi en la superficie.

La altura total de la Formación de Gondwana en el Uruguay es menor, como se comprende, a la encontrada en el Brasil (1300 a 1400 m).

2. Estratigrafía de la Formación de Gondwana. ⁽²⁾

La comparación de las capas geológicas nacionales con las correspondientes brasileñas la podemos establecer sólo en parte, porque faltaron los medios para realizar estudios algo sistemáticos en el Estado de Río Grande. Dichos estudios son necesarios, porque, en las obras de WHITE y WOODWORTH, las formaciones sedimentarias del llamado estado se trataron mucho menos en detalle que las de Paraná y Sta. Catharina. Aquí, como también en Río Grande, la exploración geológica se facilitó mucho por la presencia de perfiles naturales en las faldas de la Serra Geral. Del otro lado estaban a disposición numerosos afloramientos artificiales obtenidos por perforaciones. Es de lamentar que las obras de esta índole, efectuadas por la empresa ya citada, bajo subvención del gobierno, se realizaron sólo a percusión y que las muestras de las capas penetradas—documentos de incalculable valor para el estudio de la geología nacional—se han desparramado casi totalmente ⁽³⁾. Esta

(1) La misma inclinación se observa en el paraje entre Melo y el Puente del Chuy—en la cantera de arenisca fiscal bajo ángulo bastante grande—como además en el camino a Latorre, cerca del Paso Pecegueiro.

(2) Una sinopsis de los horizontes estratigráficos de la Formación de Gondwana se encuentra al fin. Los cuadros adjuntos (Anexos III y IV) están destinados para la enseñanza elemental de la Petrografía.

(3) A mi pedido la Dirección del I. de Agronomía solicitó, bajo el 7 de Febrero de 1917, las pruebas de las perforaciones realizadas en la Cañada de los Burros y en Melo, pedido que contestó, el 17 de Marzo del mismo año, la Inspección Técnica Municipal de Cerro Largo con las palabras siguientes: «Esta Inspección remitió oportunamente a la Dirección de Vialidad, cuidadosamente dispuestos en tubos de ensayo, muestras de las distintas capas atravesadas en la perforación efectuada en la Plaza 27 de Junio de esta ciudad, única en

I. CLASIFICACION PETROGRÁFICA (según G. LINCK)

Componentes no disueltos (Rocas clásicas o detríticas

Producto inmediato de la destrucción de material rocoso.

Producto que ha sufrido un transporte más o menos largo por el agua, el viento o el hielo.

Escombros, Ripio

(de grano grueso hasta fino)

**Acarreo, Guijarro, Roda
Cascajo, Casquiño**

Brecha

Transformado
por diágnosis

Conglomerado

Grauvaca

Cuarcita

Arenisca, Arcosa

Arcilla pizarrosa,
Marga

**Pizarra arcillosa,
Grauquesquisto**

Componentes disueltos

Sedimentos químico - físicos

**Sulfatos
cloruros**

**Anhidrita, Algez (Yeso), Epsomita,
Mirabilita, Sal piedra,
Escalegras**

Carbonatos

**Pisolita, Oolita, Travertina,
Caliza, Dolomita, Siderita**

Glauconita

Borax

Oxidos e Hidróxidos

Nieve, Hielo, Limonita, Geiserita

Sedimentos organogéneos

Carbonatos

Zoo-
géneo

Caliza, depositada por Foraminíferos, Esponjas calcáreas, Madreporas, Equinodermos, Braquiópodos, Moluscos etc. **Dolomita**, Creta

Lidita, en parte (Radiolarios)

Bitúmen, Petróleo, Asfalto

Turba, Lignito terroso,

Hulla, Antracita

Trípól, Kieselguro (Diatomeas)

Caliza (Algas)

Azúfre en parte (Bacterias)

II. CLASIFICACIÓN GEOLÓGICA

A. SEDIMENTOS CONTINENTALES (Facies continental).

I. FACIES EÓLICA — Médanos, Depósitos de polvo.

Arena, Loes eólico, Limo eólico; Arenisca, Marga.

II. FACIES GLACIAL.

1. Nieve, Nieve del año pasado, (Nevisco, Helerita, Firn), Hielo de las aguas, H. de los ventisqueros, H. continental.

2. Morenas y Depósitos fluvio-glaciales

Rodados, Acarreo glacial, Till, Grava, Arena, Arcilla; Conglomerado, Tillita, Arenisca, Pelodita.

3. Depósitos limnoglaciales.

Arcilla cinteada (Bänderton); Desmopelodita, Sedimentos calcáreos, limoníticos, etc.

III. FACIES FLUVIAL. — Terrazas, Barras, Bancos, Deltas, Aluviones etc.

Rodados, Casquijo, Grava, Arena, Arcilla, Loes fluvial, Laterita aluvial, Limo; Conglomerado, Arenisca, Arcosa, Arcilla pizarrosa etc.

IV. FACIES LÍMNICA O LACUSTRE. — Barras, Depósitos anorganogéneos y organogéneos.

Arena, Arcilla; Arenisca, Marga. Caliza zoogénea y fitogénea, Travertina, Limonita, Trípol, Kieselguero, Productos de podrición (Sapropelitas—con sus derivados: Petróleo, Asfalto, Ozocerita, etc.), Productos de Turbificación (Turba, Lignito terroso, Hullas, Antracita).

V. FACIES ELUVIAL. — Conos de deyección, Productos de la desagregación y descomposición no transportados.

Escombros, Ripio, Laterita eluvial, Terra rossa; Brecha.

B. SEDIMENTOS DE LOS SALADARES ó SALINAS (Regiones sin derrames bajo clima árido).

VI. FACIES LAGUNAR.

1. Depósitos mecánicos.

Arena, Marga y Dolomita abigarradas.

2. Depósitos químicos, en parte organogéneos.

Sal piedra, Anhidrita, Algez (Yeso), Caliza, Epsomita, Mirabilita, Borax, Salitre de Chile, Azufre.

C. SEDIMENTOS MARINOS (Facies marina).

VII. FACIES LITORAL Y NERÍTICA. — Depósitos en parte en forma de bancos, barras etc., Depósitos de la zona del flujo y reflujo (Schorre) y del Shelf (plataforma submarina continental).

Rodados, Casquijo, Grava, Arena, Fango limoso (Mud, Schlick (*), Détriticos de conchillas, equinodermos etc.; Conglomerado, Brecha, Arenisca, Arcosa, Marga, Bonebed; Caliza oolítica, Caliza de arrecifes (de madréporas, briozoos, algas), Caliza de lamelibranquios y gastrópodos con concha gruesa.

VIII. FACIES PELÁGICA O BATIAL. — Fango (Schlick) costanero, abigarrado.

Fango obscuro y colorado, Fango y Arena verdosos, Fango y Arena calcáreos, Arcilla; Caliza, Creta, Marga, Esquistos bituminosos piríticos, marcasíticos y calcosínicos.

IX. FACIES ABISAL. — Depósitos eupelágicos recientes (**) de crecimiento sumamente lento.

Cieno calcáreo (de globigerinas y pterópodos), Cieno silíceo (de radiolarios y diatomeas), Cieno pelágico rojo con concreciones de manganeso.

(*) Depositado en los lugares de agua tranquila, p. ej. en bahías.

(**) Sedimentos fósiles equivalentes no son conocidos con seguridad.

suerte no han corrido las muestras de una perforación efectuada, más recientemente, bajo la dirección del I. de Geología, cerca de Tacuarembó. Hay que lamentar mucho, debido al carácter litológicamente monótono de las capas perforadas —se trata esencialmente de areniscas y de pizarras arcillosas, libres de fósiles— y a la ejecución técnica por medio de percusión, que no se pueden derivar de las muestras trituradas, apuntes más detallados de valor estratigráfico. Será indispensable emplear en obras futuras el sistema rotativo de perforación (Kernbohrung) que permite el estudio exacto de las capas perforadas, estudio del cual se derivará una cantidad de apuntes importantísimos, tanto en sentido científico como práctico.

Con respecto a la distribución de los miembros de la Formación de Gondwana en el territorio del país, la observación más importante es, que el Oeste está ocupado por las capas más modernas, mientras que en el Este se hallan los horizontes yacientes. Dicha colocación resulta ya de la tectónica de la formación en el Brasil (véanse lám. 15, fig. 36 y 16, fig. 37). Sabemos, pues, que, saliendo de los departamentos del Este, es decir de Cerro Largo y parte oriental de Durazno, Tacuarembó y Rivera, tenemos que llegar no sólo hacia el W, sino también hacia el S (en los dos relictos mencionados anteriormente) al pendiente de la formación. Más hay que recalcar que en el mismo Dep. de Cerro Largo existen puntos, donde se han conservado, sobre una base de sedimentos antiguos, restos de capas más modernas.

Los productos rocosos más antiguos se encuentran en la parte superior del A. Fraile Muerto, de donde, cortando la línea férrea a Melo entre el citado arroyo y el A. Quebracho, se prolongan hacia las parte superiores de los A. de Cordobés y Cañas. En el terreno situado al N y W de dichas partes resulta difícil, a consecuencia de la capa extensa de limo, determinar los límites entre los estratos de Tubarão y Passa Dois por un lado, y el pendiente (estratos de São Bento) por el otro. En el *divortium aquarum* del Río Negro y del A. Tomás Cuadra, en dirección al pueblo de

la cual esta Oficina tuvo intervención, pues las otras perforaciones realizadas en el departamento fueron tentativas particulares de la ex - empresa LAMBIAH DE OLIVAR y MENDEZ ALCAIN. También remitió perfiles de aquellas perforaciones a distintas profundidades. De este último acto se conservan antecedentes en esta Oficina; pero no así de las muestras referidas... ». — Dejo pues, constancia que por falta de las muestras de las capas perforadas en el Dep. de Cerro Largo, es imposible de controlar los datos indicados en el registro respectivo que me prestó el Instituto de Geología.

Carmen, se encuentran rocas amigdaloides, probablemente en forma de napas y por eso pertenecientes a las rocas eruptivas de Serra Geral. Supongo que el paraje muy desolado y pobre en afloramientos, situado entre el C. Malbajar y el borde izquierdo del Río Negro, cerca del pueblo de San Gregorio, se halla enteramente al alcance de la Formación pérmica. El meláfido se encuentra en dicho paraje no en la forma de napas, sino en pequeños tifones (Stöcke) y filones. Pero a la ribera derecha, cerca del pueblo mencionado, ya nos encontramos con seguridad en terrenos compuestos de estratos de São Bento, lo que sorprende. Es posible que el Río Negro, cerca de San Gregorio, coincida con una flexura o falla, indicada por los estratos probablemente de la edad de los de Estrada Nova, muy levantados que afloran en el Paso superior de los dos que allá existen.

Voy a indicar algunos otros puntos para la fijación del límite entre las Formaciones pérmica y « triásica ». En el Paso Hondo del A. Malo aparece arenisca colorada de São Bento, que, entre el punto mencionado y San Gregorio, está sobrepujada por una napa de meláfido amigdaloides. Al otro lado, el Cerro Portón ⁽¹⁾ y las alturas siguientes en dirección al NW, se componen todavía de areniscas pérmicas, mientras que a 5 km abajo de Curtina, en el borde del A. Malo, se encuentran areniscas pertenecientes al horizonte de Río do Rasto y, poco distante del punto indicado — en el camino de Curtina, en dirección a Tacuarembó antes de llegar al A. Batoví — ya afloran napas melafídicas, ricas en almendras. Esquistos de Iraty típicos se observan en el Paso de los Novillos y al pie de los Tres Cerros, mientras que el paraje entre estos puntos y la ciudad de Tacuarembó, está cubierto de areniscas de Río do Rasto. El paraje entre la Estación Valle Edén y la ciudad indicada ya se compone de napas potentes de meláfido.

Todavía no pude definir el límite en cuestión, entre Cuñapirú y Rivera. La ciudad que acabo de citar, se encuentra al alcance de los estratos de São Bento (estratificación alternante de arenisca colorada y meláfido, véase más adelante). En la ciudad brasileña de Dom Pedrito se encontraron en excavaciones esquistos bituminosos, cuya presencia — como me parece — se

(1) Se dice que al pie de esta altura se descubrieron pizarras bituminosas de Iraty, que han provocado esperanzas en yacimientos de carbón.

manifiesta por los bañados extensos del Oeste. Estos se prolongan hacia el N, en dirección hacia la ciudad de Rosario, donde, según indicaciones que me hizo el Dr. H. Lotz, aflora el horizonte mencionado con inclusión de fósiles (*Mesosaurus*). Parece que el horizonte en cuestión tiene gran extensión en estas partes, como lo demuestran también los yacimientos respectivos de S. Gabriel, ya indicados por CR. S. WEISS.

El punto más septentrional que voy a mencionar aquí es la Estación de Cacequy. Según WHITE, afloran poco más al Este de este lugar — en desmontes del ferrocarril — los estratos de Río do Rasto. Dicho horizonte se encuentra después más al E, cerca de Sta. Maria da Boca do Monte (véase anteriormente), mientras que en frente, al borde derecho del Río Jacacahy cerca de Cachoeira, se hallan estratos pérmicos (esquistos de Iraty, según WEISS y WHITE), estratos que se prolongan con pocas interrupciones hasta San Jeronymo, al W de Porto Alegre. Esta última ciudad se levanta sobre el Fundamento cristalino.

a) Estratos de Tubarão (WHITE)

(Formación de Karroo inferior, Eokarroo, Ekka, Eopérmico)

Nuestro estudio de estos estratos se dificulta por un lado, porque dicho grupo aflora sólo en una parte reducida, y por el otro lado, porque los dos miembros litológicamente más característicos — es decir productos de origen glacial y límnic — faltan o se encuentran solamente en vestigios. La extensión de los estratos en cuestión en la superficie, se limita a la región de los arroyos de Fraile Muerto (arriba del corte con la línea férrea), Quebracho, Sarandí, Tubambaé, Tarariras, Pablo Paez, Cordobés y Cañas. La facies de los sedimentos es decididamente litoral. Antes de ocuparnos con este asunto, tenemos que estudiar los dos horizontes mencionados y juzgar sobre su presencia o ausencia en el Uruguay.

α. Los conglomerados cerca del Paso de Tía Lucía y las capas subyacentes.

Se necesita primero una ojeada sobre los depósitos correspondientes en el Brasil. Según un perfil levantado por WHITE en el Estado de Sta. Catharina, las capas yacientes con una potencia de 27 metros, consisten en arenisca y pizarras oscuras. No se ha demostrado todavía la presencia de este horizonte en Río Grande. Perforaciones que se efectuaron en Xarqueadas al E, cerca de San Jeronymo, han demostrado que el conglomerado de Jaguaricatú (= de Orléans) sigue inmediatamente sobre el granito fundamental. Es, pues, probable que la posición estratigráfica del conglomerado varía en algo.

Mientras que a WHITE pareció sólo « muy probable » que el conglomerado sea de origen glacial — siendo él obligado a afirmar que pruebas seguras en forma de rodados estriados faltaban todavía — salió bien a WOODWORTH remediar esta falta, confirmar observaciones anteriores y aclarar al mismo tiempo la naturaleza de los depósitos del Brasil meridional. Según él falta la tillita ⁽¹⁾ verdadera en el Estado de São Paulo, con excepción de su margen Sud. Los indicios de actividad glacial se limitan a la aparición de areniscas arcillosas con inclusiones ocasionales de bloques. Tillita típica se halla en el Norte de Paraná y se extiende a gran distancia hasta Sta. Catharina. En la parte meridional de este estado — en el perfil mencionado arriba y descrito por WHITE — es verdad que se trata puramente de un conglomerado de la misma edad, depositado por el agua. Del Estado de Rio Grande, con excepción de los datos obtenidos por dos perforaciones, faltan indicios sobre el producto geológico tan interesante.

En lo que respecta a los sedimentos uruguayos, GUILLEMAIN ha indicado tres puntos situados en el territorio del A. Fraile Muerto y del A. Quebracho: el vallecito de la Laguna La Tuna, la casa del Sr. SABINO GONZALEZ en el Paso de Tía Lucía y una zanja no lejos de la Casa de comercio del Sr. J. Yáñez, en el pueblo de Cerro de las Cuentas.

En el punto nombrado en primera línea, donde el Fundamento cristalino consiste en filitas calcáreas y granitos, los depó-

(1) Limo de bloques o rodados (Blocklehm, Geschiebelehm, Boulder clay, Till) después de haber sufrido los efectos diagenéticos (véase el anexo 4).

sitos en cuestión se componen de pizarras bien estratificadas, de naturaleza en parte bastante arcillosa, en parte cuarcítica, pizarras que a veces se separan con superficie no plana, mostrando « ripple marks » y vestigios de animales que se mueven arras-trándose (Kriechspuren). El perfil de las capas, descrito por el autor mencionado, se refiere a pozos que se han excavado, hace tiempo, en busca de carbón (I y II del croquis figura 6⁽¹⁾), pozos

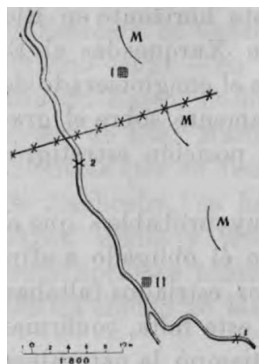


Fig. 6. Situación de los pozos abandonados en la Laguna La Tuna.

que hoy en día están llenos de agua. Del pozo número I, el Sr. A. FLOSSDORF, compañero de los viajes de C. GUILLEMAIN, ha recogido varias muestras. Son de tres tipos: el primer tipo corresponde a camadas cinteadas brechosas, arenoso - calcáreas, que se van a describir más adelante; el segundo se compone exclusivamente de material pizarroso contemporáneo cementado con substancia calcáreo-caolínica, mientras que el tercero, probablemente de igual procedencia que el último, representa una brecha de fricción, endurecida por metamorfosis de contacto, producida por uno de los meláfidos vecinos (M, en el croquis adjunto).

No se pudo observar nada de pulimento y estriamiento glacial. El material de la brecha se deriva, pues, tanto de los sedimentos pérmicos más antiguos, como de las rocas cristalinas. Entre éstas se distingue un granito porfídico, biotítico (hornbléndico? ⁽²⁾) que es idéntico con el material de grandes peñascos autóctonos que se destacan en las proximidades del punto 2 del croquis.

En lo que respecta a las camadas cinteadas (« Bandschiefer » de C. GUILLEMAIN) mencionadas anteriormente, es necesario de estudiarlas (lo que había escapado al autor mencionado) en dos puntos. El uno — número 1 de nuestro croquis — se encuentra en un ramal de la arroyada y muestra un paquete de estratos más potentes de un metro, interpuesto entre las pizarras normales. Consiste dicho paquete, por un lado, de un cambio cuádruple de

(1) El resultado de estos trabajos y de otros efectuados cerca del Paso de la Cruz (véase más adelante) fué negativo, pues el sondaje llegó, como era de preveer, en poca profundidad tanto al Fundamento cristalino como al meláfido vecino. (M, en el croquis).

(2) Este mineral, generalmente cloritizado y oxidado, se ha conservado en parte como hojitas negras brillantes, de aspecto algo parecido del mismo mineral en un granito Ra akiwi de Wiborg (compárese 38, pág. 242).

camadas triturables no estratificadas, compuestas de arenisca gruesa de color amarillento-bruno-sucio, y por otro lado de camadas arcillosas de color gris-azulado, partes que sorprenden por su divisibilidad en estratos finos (véase lám. 9, fig. 25). En el perfil, dichas cintas, en parte más gruesas, en parte más finas, aparecen como trazadas con la pluma y se separan fácilmente una de la otra; quedan intersertadas por camadas arenosas de un espesor de un milímetro y menos hasta el de varios centímetros y se vuelven combadas por dichas interposiciones arenosas. Mientras que, en la superficie de las cintas arcillosas, se distinguen numerosas «Kriechspuren», se rellenan los banquitos arenosos — que, mojados con HCl, producen efervescencia — en algunos puntos con grandes cantidades de trozos generalmente angulosos y del tamaño hasta el de un huevo de paloma, compuestos de material alóctono, en su mayor parte restos de pizarras. Mucho más fresca es la roca en el punto 2, poco distante del pozo I. Aquí, en la zanja, reaparece un banco calcáreo-arenoso, de un metro de espesor más o menos, con inclusiones copiosas de trozos angulosos de pizarra, cuarzo y granito. Este producto debe corresponder al banco de acarreo glacial («Glazialschotterbank» de C. GUILLEMAIN), pero no está situado en el pendiente, sino en el yacente de las pizarras cinteadas.

Antes de proceder a la explicación de los afloramientos citados, hay que describir lo observado en los Pasos de Tía Lucía y de la Cruz. Este último está situado a unos pocos kilómetros abajo del primero. Al lado de la Casa de comercio del Sr. SABINO GONZALEZ, (GONZALEZ hermanos), inmediatamente en el Paso sobre el A. Fraile Muerto, el Fundamento cristalino, que aflora en la vecindad, está tapado por un conglomerado de grano muy grueso (se observan bloques de casi un metro de diámetro) y de componentes poco cementados entre sí, conglomerado de un espesor de 1 a 2 metros. La cantidad de los trozos (cuarzo, granito, filita, caliza) sobrepasa el cemento arenoso triturable. Sigue después un paquete de 60 a 80 cm de potencia, compuesto de pizarras amarillentas, margoso-arenosas, que, en su yacente, contiene todavía algunos rodados y, finalmente, casi un metro de estratos compuestos de pizarras hojosas bituminosas. El pendiente se forma de areniscas margosas blandas que afloran al lado E del Paso. Es de esperar por la inclinación débil de las capas hacia el lado N, encontrar la prolongación de ellas abajo del paso en cuestión.

En verdad se observa en un ramal izquierdo del A. Fraile Muerto, ramal dirigido de SW a NE, que desemboca cerca del Paso de la Cruz, que las capas inclinadas hacia el NE, es decir en el mismo sentido de la zanja, se componen en su yaciente de pizarras de arenisca y pizarras bituminosas, cubiertas en parte con «Kriechspuren». El pendiente, expuesto en parte en una cantera, se compone de pizarras de arenisca y de areniscas margosas amarillentas. Es remarcable que las primeras incluyen trozos y bloques aislados de granito. En el año 1915 afloró en el lecho de la zanja un ejemplar de unos 80 cm de diámetro — bloque sólidamente unido con los sedimentos albergantes — y más tarde se observó una inclusión análoga del tamaño más o menos de una cabeza, consistente también de granito y acompañado de varios trozos más chicos (véase lám. 10, fig. 27). Como se comprende, no es posible de observar ni pulimento ni estriamiento glacial en la superficie del granito muy descompuesto.

En lo que respecta al fin el segundo yacimiento de horizontes antiguos, situado en una zanja no lejos de la Casa de comercio del Sr. YÁÑEZ, no se observa nada esencialmente nuevo en dicho punto. También aquí se destacan pizarras bien estratificadas, compuestas en parte de arenisca, en parte arcillosas, y cubiertas con «ripple marks» y «Kriechspuren» con interposiciones poco potentes de una arenisca margosa correspondiente a la del Paso de la Cruz. No se encontró nada de indicios glaciales, apesar de dos visitas en este lugar. Digno de mencionar es sólo el hallazgo de unos bloques de granito dentro del eluvio de las capas, observación análoga a la hecha en el Paso de la Cruz.

¡Siguen ahora primero unos apuntes respecto de la edad geológica de los sedimentos descritos. Lamento de veras, que en consecuencia de la falta de mapas auténticos y de la extrema escasez de medios disponibles para mis estudios en el lapso de diez años, dichos apuntes tienen que ser poco definidos.

Supuesto que los sedimentos situados en el margen del Fundamento cristalino, es decir en la parte superior del A. Fraile Muerto y cerca de la Estación C. de las Cuentas — sedimentos en parte sin estratificación alguna (Paso de Tía Lucía), en parte dotados de una estratificación muy perfecta — corresponden verdaderamente a los estratos de Itararé (parte yaciente del grupo de Tubarão de WHITE), entonces sorprende que tocamos, 15 a 20 km

abajo del llamado paso, en el pueblo y en la Estación de Fraile Muerto, a horizontes esencialmente más modernos, correspondientes a los estratos de Iraty y de Estrada Nova. Corta a los últimos el camino que va, quedando al lado derecho del A. Fraile Muerto, del citado pueblo sobre las alturas en dirección al Paso de la Cruz. Bajando a él, desde la Estancia REBOLLOS, habiendo pasado la llamada « El Quebrachal », hubiera que cortar los esquistos de Iraty, más no sucede eso ⁽¹⁾. Llegamos en vez de esto inmediatamente a areniscas en parte de grano flojo, en parte con cemento margoso, de las cuales las últimas, como ya se mencionó, se sobreponen directamente a los esquistos de arenisca con sus bloques de granito. También en la Laguna La Tuna se muestra una diferencia sorprendentemente reducida entre la altura topográfica del así llamado « conglomerado glacial » y los depósitos de los estratos de Passa Dois. Se observa, pues, que el camino que va desde el Paso de Tía Lucía hacia las alturas al Este — camino que da un perfil instructivo de las capas de arenisca — pasa en su prolongación, sólo 40-50 metros encima de dicho producto pseudo-glacial, por estratos abigarrados hojosos, de carácter arenoso - arcilloso con banquitos de caliza impura y sílice fibrosa, productos que caracterizan, en todas partes, el pendiente de los esquistos de Iraty. Estos mismos se encuentran en la vecindad, formando un pequeño afloramiento perforado por un tifón melafídico.

Voy a mencionar otra observación que demuestra que o la posición estratigráfica de los sedimentos de la Laguna La Tuna no corresponde a la del conglomerado de Jaguaricatú, sino ocupa un nivel más moderno, o que las capas gondwánicas más antiguas, situadas en el borde meridional de la Formación, han sido levantadas y bajadas tectónicamente, sufriendo una fuerte disminución de su espesor que se acrecenta hasta la supresión de ciertos horizontes. La posibilidad de uno o de varios de los casos citados desde ya se va a comprender. Tomando en cuenta el acabamiento en punta de los estratos de Río Bonito — asunto que voy a describir más adelante — estoy dispuesto de conceder gran probabilidad al último caso.

(1) La perforación en busca de carbón que el Ingeniero y Geólogo brasileño Dr. MIGUEL ARROJADO R. LISBOA recomienda de efectuar en « las proximidades de la azotea del Padre Alonso » (Estancia REBOLLOS 54, pág. 413), tendría que atravesar las capas arenosas que desde ya se observan en la pendiente hacia el Paso de la Cruz, para entrar más abajo en las pizarras oscuras ya descritas, con sus bancos de carbón, supuestos, pero no encontrados.

La observación es la siguiente: En analogía con lo dicho arriba respecto de la relación estratigráfica entre los estratos cerca del pueblo de Fraile Muerto y los del Paso de Tía Lucía, resulta sorprendente la relación de la edad geológica entre las formaciones del punto citado en primera línea y las situadas cerca del margen de la Formación de Gondwana en la vecindad del Cerro de las Cuentas. Sin duda alguna esta altura y los alrededores de la estación del mismo nombre, se encuentran en un nivel topográfico más alto que el Paso de la Arena (Est. Fraile M.). Y, sin embargo las capas del primer punto corresponden a horizontes geológicos mucho más yacientes. No se ha observado hasta ahora nada de dislocaciones tectónicas en dicho paraje, que, si bien es verdad, no presenta muchos afloramientos.

Entrando en la explicación del carácter geológico de las formaciones en el A. Fraile Muerto superior, hay que recordar que la falta o presencia de rodados glacialmente pulidos y estriados, en el único punto mencionado por GUILLEMAIN, no se puede revisar y que por eso hay de suponer un error o cambio equivocado con acarreo tectónicamente alterado. Supuesto que productos glaciales se encuentren en el Uruguay, es seguro, que son muy raros, lo que vale en parte también respecto del Brasil, donde cantos rodados estriados, como también adelgazados en un lado por despachurramiento (Abquetschung) — hallazgo en cuya importancia WOODWORTH llama la atención — no se encuentran en cantidad copiosa. Indicios de superficies pulidas y estriadas, ni se conocen tampoco en el Brasil.

Además falta en el Uruguay la tillita verdadera, pues el banco conglomerático en el Paso de Tía Lucía no es nada más que una introducción acuática de material rocoso vecino, como lo fué observado también en el Paso de la Cruz. Parece que semejante importación se encuentra también en otros puntos y en horizontes geológicos aún más modernos que en los en cuestión, pues WHITE describe en una perforación efectuada cerca de San Jeronymo pedazos de granito en una arenisca situada a más de 100 metros sobre el conglomerado de Jaguaricatú. Es probable que se trata en el hallazgo uruguayo de un equivalente del «water laid conglomerate» de Orléans (Sta. Catharina), del cual WOODWORTH da una fotografía, mencionando que «the subrounded shape of the pebbles indicates no distant journey and their lithological character betokens a derivation from the granitic terrane,

which immediately underlies the local Permian section » (103, pág. 73). Si bien, pues, en el Uruguay, tanto faltan limos blocosos (Blocklehme), como rodados estriados (testigos principales de la actividad glacial), en contrapeso indica otra facies de la misma — facies que se observó varias veces también en el Brasil — la presencia, si bien en gran distancia, de cantidades de hielo. Dichos productos se componen de sedimentos limnoglaciales, en parte de grano igualmente muy fino (arcilla), en parte grueso (arena) y pedazoso, sedimentos que se depositaron en medio de productos límnicos bien estratificados. La cementación de los primeros se hizo por soluciones calcáreas, tal vez organogéneas. Ya pronto después de haberse introducido material psefítico, el depósito de material se volvió tranquilo y — sin que se hubiera alterado el estado de equilibrio del fondo ondulado — concordantemente se sedimentó nuevo fango arcilloso (lám. 9, fig. 25). Empleando alguna fantasía, uno se siente dispuesto de distinguir entre estaciones de año con depósito de material más grueso y semejantes con material más fino, estación, donde la laguna respectiva se desecó por parte y seres vivientes se movieron sobre el ciénago. Me parece que se trata aquí de un sedimento limnoglacial, un « Bänderton » (arcilla cinteada), transformado por diagénesis, producto que, en ampliación de la nomenclatura empleada por WOOWORTH, propongo de llamar « Desmopelodita » (δεσμός, desmós, en griego = cinta). En nuestro caso había seguramente tranquilidad del agua durante el depósito del material, ambiente que es indispensable para la formación de desmopeloditas. E. KOKEN niega dichas condiciones geológicas a la facies del Vaal (Sudáfrica) análoga, en otros puntos, a la de nuestros sedimentos.

Con estas deliberaciones hemos llegado al gran problema respecto de las causas de la glaciación pérmica. Tomando en cuenta la escasez de testigos en Sudamérica, parece poco probable que desde allá se van a formar contribuciones importantes para la solución del problema. Sólo se puede decir que la gran extensión longitudinal de los productos glaciales, desde São Paulo hasta las Islas Malvinas, no admite la idea de una dislocación (Verschiebung) del eje terrestre. WOOWORTH supone, según observaciones hechas cerca de Lapa (Sta. Catharina), la existencia de un englazamiento doble y explica los fenómenos por la presencia de ventisqueros locales. Su nutrimiento, en clima tro-

pical y subtropical, lo deriva WOODWORTH por inmensos temporales de granizo. Concediendo la posibilidad de semejante formación de hielo glacial limitado, hay que dudar mucho, si estaba capaz, de producir la despedida de hielo flotante, cargado con material rocoso, que se dirigió hacia la costa cercana (inclusión de fósiles marinos en el Estado de Paraná). La suposición de una montaña litoral englazada parece lo más aceptable. La constatación de la gran potencia de los sedimentos gondwánicos limno-y fluviogéneos, induce a suponer un continente dotado con fuertes elevaciones.

β. Estratos de Río Bonito y de Palermo.

Como dentro de los estratos de Ekka de Sudáfrica, sedimentos carbonosos con la flora de *Glossopteris* forman el pendiente del conglomerado glacial de Dwyka, así en el Brasil, los bancos carbonosos de los estratos llamados en primera línea en el epígrafe, siguen a los productos glaciales. Y justamente la interposición de bancos de carbón entre sedimentos uniformemente arenos y esquistosos, da la posibilidad de separar entre sí los dos horizontes llamados.

El yacimiento más meridional de carbón se encuentra a poca distancia de la frontera brasileña - uruguaya, no lejos de la Estancia Boa Vista. En una pequeña Zanja al lado derecho del Río Jaguarão, se notan dos interposiciones de esquisto carbonoso entre arenisca rojiza bastante gruesa. La camada inferior—de una potencia de 60 a 80 cm — se separa de la superior por una interposición de arenisca de 2 a 3 m de altura. La camada superior, si bien mucho más potente que la inferior (1,50 a 2 metros), parece de calidad inferior. Es rica en fragmentos de plantas fósilizadas, probablemente de helechos. El rumbo de las capas es de N W con inclinación hacia el N E, observación idéntica con la de GUILLEMAIN. A este autor sorprendió (36, pág. 257), de que los llamados bancos de carbón se encuentran en una posición topográfica más alta que los yacimientos de esquistos de Iraty, p. ej. en el Paso de María Isabel. GUILLEMAIN supuso por eso la existencia de una gran dislocación tectónica, en consecuencia de la cual los primeros fueron levantados sobre los últimos.

El error en el concepto del citado autor consiste en que los esquistos arenosos (« sandige Schieferschichten » l. c. pág. 258)

en el camino del Paso de María Isabel a Candiota, en verdad no forman el yaciete de las areniscas de Candiota, sino el pendiente, como resulta demostrado por el perfil esquemático, fig. 7. Se confirman de esta manera las observaciones de E. DÄHNE (24, pag. 616,) que el carbón esquistoso aflora al lado del valle profundo del Río Jaguarão. En aquellas partes dicho río tiene la misma dirección que nuestro perfil.

Sorprende, que en perforaciones hechas en poca distancia, 10 a 15 km de Boa Vista, en territorio Uruguayo (Cañada de los Burros), se encontró, siguiendo el registro de la Compañía de

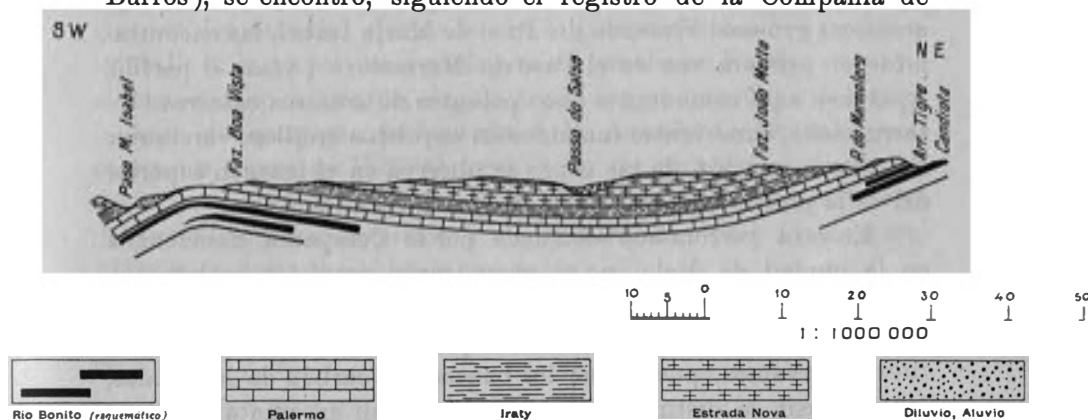


Fig. 7. Perfil de las capas pérmicas entre la frontera brasileña (SW) y Candiota (1)

Perforaciones MENDEZ ALCAÍN y LLAMBÍAS de OLIVAR, sólo una capa de un metro de «esquisto carbonoso con impresiones de plantas». Como ya se dijo, no era posible obtener muestras de dicha perforación, con la única excepción de una pequeña prueba de una especie de «Bone bed» encontrada, según el registro de perforación, en la profundidad de 17 metros, capa rica en fósiles (*Mesosaurus brasiliensis* Mc. GR.). Agradezco la prueba al extinto Director del Museo Nacional, Sr. J. ARECHAVELETA. Pues bien, por medio de dicha muestra, encontrada dentro del esquisto de Iraty, que aflora en la Cañada de los Burros (véase el perfil de la perforación más adelante) y termina en la profundidad de 54 m, nos es posible de calcular los datos de la perforación. Resulta que la potencia de las capas intermediarias entre el llamado yaciete del esquisto de Iraty y el pendiente de los

(1) En vez de «Metto», léase «Netto».

tratos de Río Bonito (encontrado en la profundidad de 142 m), de 88 m, valor que corresponde a la altura de los estratos de alermo, indicada por I. WHITE (90 m).

Me parece muy probable que dicho banco de esquisto carbonoso corresponda a la camada más potente superior de Boa Vista y que se trata del carbón «Treviso» de WHITE, situado en el pendiente de los estratos de Río Bonito. Es éste el esquisto más moderno, muy impuro (¹) que, en las perforaciones mencionadas por WHITE efectuadas en las nacientes del Río Negro y en el campo del Sr. A. LUCAS DE LIMA, cerca de Candiota, yace inmediatamente bajo areniscas gruesas. Viniendo del Paso de María Isabel, las encontramos por primera vez en el Paso do Marmolero (véase el perfil). Aparecen aquí como lentes poco potentes de arenisca calcárea (²) ferruginosa, como lentes incluidos en esquistos arcilloso - arenosos. La misma relación de las capas se observa en el margen superior del valle profundo del A. Tigre en el camino a Candiota.

En otra perforación efectuada por la Compañía mencionada en la ciudad de Melo, no se encontraron esquistos carbonosos, si bien, en vista de la falta de muestras de las capas atravesadas, no se puede decir nada exacto al respecto.

Observamos, pues, que los bancos de carbón de los cuales, en el Brasil, se distinguen varios, se acaban en punta hacia el territorio uruguayo, fenómeno en nada sorprendente al recordarse lo dicho arriba y teniendo en cuenta que en el mismo Brasil no se trata de bancos carbonosos continuos, desde el Estado de Paraná hasta el de Río Grande, sino de una cantidad de depósitos (bassins) aislados entre sí. Además sabemos que nos encontramos muy cerca del borde Sud de la Formación de Gondwana, donde, pues, forzosamente deben producirse cambios esenciales en la facies de los sedimentos. Semejante cambio facial es bien conocido a todos que se han ocupado con la estratigrafía de las formaciones geológicas en otras partes. Llegamos pues a la confirmación de la opinión de C. GUILLEMAIN que ya hace diez años supuso que los carbones brasileños o acaban en punta antes de llegar al margen Sud de la Formación de

(1) Según el análisis de una muestra del esquisto carbonoso, encontrado en la perforación de la Cañada de los Burros, el producto tiene no menos de 38,40 %, de ceniza (54, pág. 420).

(2) La presencia de esta substancia explica probablemente el aspecto agujereado de la arenisca que aflora en la falda del valle del A. Candiota cerca del pueblo del mismo nombre.

Gondwana o se sustituyen aquí por la facies de sedimentos clásticos (36, pág. 215). Esto no quiere decir que no fuera posible, de encontrar, por medio de una gran cantidad de perforaciones o por casualidad, uno que otro pequeño lente de esquisto carbonoso, pero me parece cierto, que su composición como extensión horizontal y vertical no valdrán los gastos de extraer el producto anhelado y tanto menos de una profundidad que no va a quedar bajo de 100 metros (1).

Después de esta opinión objetiva — como es natural en el presente trabajo de índole científica —, opinión que se apoya tanto en los estudios efectuados en el país durante 10 años como también en la experiencia geológica adquirida en Europa durante el mismo lapso de tiempo, llegamos a la argumentación que forma la base del proyecto presentado a la Asamblea General, para otorgar la suma de 152.000 pesos a fin de proceder «al estudio del terreno considerado de edad permocarbonífera (2) por medio de perforaciones sistemáticas» (Diario Oficial, tomo 52, número 3730, 8 de Julio de 1918.)

Motivando dicho proyecto, se menciona entre otras cosas que los carbones brasileños tienen mucha ceniza (de 20 a 35 % según WHITE) y que los «equivalentes con los carbones de Cardiff son como 1 es a 1,50 y 2,50». Además se observa que «la preparación de estos carbones y principalmente su empleo en estado de polvo impalpable, mejoran sus condiciones en tal forma que algunos de ellos se acercan a la producción de calorías que el Cardiff».

De la parte geológica es digno de mencionar que «de los estudios efectuados en nuestro territorio y especialmente los más recientes, dirigidos por el ilustre geólogo brasileño Dr. MIGUEL ARROJADO LISBOA, conocedor eminente de las modalidades geológicas de casi todo el Brasil, se ha constatado que hay otros parajes en la República, y dentro del mismo Dep. de Cerro Largo, que están en las mismas condiciones geológicas de la Cañada de los Burros, la cual tiene a su vez estrecha semejanza con los sedimentos carboníferos del Sur de Río Grande, y especialmente de Candiota. Estos luga-

(1) En 1910 escribí lo siguiente: (91, pág. 224): «Es posible, y sería de suma importancia probarlo, que hay aquí yacimientos análogos a aquellos, que se explotan al Sur del Estado de Río Grande, respecto a su contenido en carbón de piedra...» Al redactar estas líneas no conocía nada todavía ni de la estructura geológica del Dep. de Cerro Largo, ni de la del citado Estado brasileño. No sabía, pues, que la probabilidad de encontrar en territorio uruguayo yacimientos de carbón dignos de explotación es reducidísima.

(2) Véase pág. 68.

res son la Zanja de Isla Zapata, Fraile Muerto, Azotea del Padre Alonso y Minuano, y cerros Largo y Guazunambí. Las características de estos lugares son los yacimientos de esquistos bituminosos iguales a los que se encuentran en la Cañada de los Burros... «Estos esquistos se extienden desde el Estado de São Paulo en el Brasil hasta Fraile Muerto, en nuestra República....» «Los esquistos de Iraty son una especie de documento que permite interpretar algunas páginas del gran libro de la naturaleza. En el Brasil, I. C. WHITE ha constatado que estos esquistos pertenecen a la edad permocarbonífera... encontrándose los mantos de carbón a un nivel que oscila desde pocos metros (?) hasta 300 metros debajo de esta serie de esquistos bituminosos... Lógicamente debemos suponer que en los otros parajes citados, en los cuales los esquistos bituminosos han sido constatados, se encuentra también en profundidad relativa algún manto de carbón de cuya importancia nada se puede saber de concreto por el momento».

Adaptando esta argumentación a un problema geológico cuya solución tiene gran interés técnico, hay que proceder de la manera siguiente: Los bancos ferruginosos oolíticos del Dogger de Lorena y partes vecinas al Oeste forman el yaciente del Jurásico superior, extendido en parajes cercanos de Alemania y Francia. Conclusión: En las partes ocupadas por este piso estratigráfico, hay que encontrar en la profundidad el hierro oolítico. *Quod erat demonstrandum!*

Además merece ser citado el párrafo siguiente: «hay otros indicios para fundar esta opinión optimista de que las formaciones son permocarboníferas, pues en las últimas exploraciones ya mencionadas se ha encontrado, entre varias, una madera fósil, un ejemplar de *Psaronius*, característica de esta clase de yacimientos y naturalmente (sic!) en relación con la existencia de mantos de carbón ⁽¹⁾. Vale decir que se han constatado en la República no

(1) El fósil citado se denomina en otro lugar (Carpeta N.º 1638 de la Cámara de Representantes, Diciembre de 1918) «Flora característica encontrada en distintas excavaciones». Supuesto que la definición del fósil sea exacta, hay que recordar primero el valor muy reducido de un resto aislado paleobotánico en lo que toca a la definición estratigráfica de un horizonte, y segundo, que «as madeiras fósseis e os restos de vertebrados com que *Psaronius* parece estar associado, parecem pertencer a camadas proximas tal vez do horizonte do schisto preto de Iraty» (100, pág. 482). Según la situación de la localidad llamada Azotea del Padre Alonso, se trata allá de sedimentos muy cercanos en su edad en comparación con la del esquisto de Iraty (véase más adelante). Hay, pues, falta de relaciones entre el hallazgo del fósil en cuestión y «la existencia de mantos de carbón».

menos de 2400 kilómetros cuadrados de terrenos de edad permocarbonífera. Basta admitir la hipótesis no despreciable de que en estos 2400 km² de terrenos permocarboníferos, se pueda tener en conjunto sólo 40 km² de mantos de carbón, aprovechable de sólo un metro de espesor, para admitir igualmente que podríamos en tal caso contar como parte mínima con la existencia de 40 millones de toneladas de carbón, que para la economía de nuestra República representaría una riqueza digna de ser explotada ».

Dicho modo de argumentar me descarga de todo comentario al respecto del proyecto presentado a la Asamblea General y tanto más porque mi opinión, es decir la del único geólogo no diletante del país, no se ha requerido antes de la presentación. Volvamos, pues, a los sedimentos que acompañan los productos más antiguos en el A. Fraile Muerto superior.

Encima del conglomerado pseudoglacial, siguen primero pizarras margosas y arenosas, como también areniscas amarillentas, y después margas arenosas muy abigarradas, de color amarillento-bruno y rojizo-violeta, sedimentos caracterizados — por ej. en el camino desde la Estación Cerro de las Cuentas sobre el Paso de la Cueva Tigre al Paso de Tia Lucía — por acumulaciones concrecionáceas de óxido de hierro arcillosas del tamaño hasta una cabeza. Sobre estos productos difíciles de describir con palabras, productos que en el camino del Paso de Tia Lucía hacia las alturas en el Este, forman la terraza más baja, sigue en el punto citado ultimamente, una falda debilmente inclinada, y después la segunda terraza compuesta por una arenisca rojiza arenosa de 2 a 3 metros de potencia. Otra falda débil con unos bancos de arenisca margosa de color amarillento, separa la parte inferior del perfil — parte decididamente arcilloso-arenosa — del complejo superior que consiste en arenisca maciza de grano poco cementado, arenisca que muestra muchas veces estratificación diagonal. A causa de inclusiones de partículas margosas, en parte limoníticas, ha sufrido una fuerte corrosión por el agua y resulta descompuesto en manera extrema (lám. 10, fig. 28). Dicha roca, que en partes más altas del perfil se vuelve de grano más fino y de estructura más compacta, tiene un espesor bastante grande; la podemos observar en gran extensión en el margen superior del valle, donde se presenta en peñascos en forma de bastiones. El Cerro de las Cuentas, en sus partes más altas, consiste también de este sedimento.

La arenisca yaciente, de color amarillento, demuestra su origen litoral especialmente allá, donde se intersertan en ella cantidades de rodados gruesos redondeados, compuestos de las rocas del Fundamento cristalino. La zona de estos productos comienza en el camino que va desde el Paso de Tia Lucía a la línea férrea cerca del km 359, y se prolonga (pasando a yacimientos aflorantes en un desmonte cercano, como además en el pié del Cerro de las Cuentas), en el Paso Piedras del A. Tupambaé, y desde allá, en dirección S W al A. Tarariras. Afloramientos típicos de la roca en cuestión, se encuentran en el camino de Sta. Clara al Paso Gordo (A. Cordobés). Los bloques extraños alcanzan aquí el tamaño de una cabeza; están embutidos en una arenisca gruesa de grano flojo. Los sedimentos en cuestión ocupan aquí, y especialmente en el camino desde el C. Malbajar sobre Capilla Farruco al Paso Gordo, grandes partes, en consecuencia de su inclinación muy débil, dirigida al NW. La arenisca tiene aspecto muy variable y es tanto de grano flojo como cuarcítico y muy ferruginoso. Como ya se dijo, el contenido limonítico, también en los puntos citados, se encuentra muchas veces en forma de concreciones, que están intersertadas irregularmente en una arenisca de sedimentación poco visible. Rocas de grano muy grueso y no estratificadas, de color rojizo, forman en el C. Serrezuelo al Norte de Capilla Farruco como además cerca de este pueblo y del C. Malbajar — donde como en el punto mencionado en primera línea, descansan directamente sobre el Fundamento cristalino — un cúmulo áspero de bloques irregulares. La transición de interposiciones psamíticas en semejantes de naturaleza pelítica, en parte margosas, la inducen areniscas con superficie (Besteg), arcillosa, como se puede observar cerca del pueblo C. de las Cuentas y en las vecindades del Paso Gordo.

Supongo que los yacimientos de conglomerados locales, correspondan a mezclas ocasionales de material fluviogéneo con los sedimentos litorales. Las interposiciones, en consecuencia de su mayor resistencia, se conservaron cuando se denudaron las rocas circundantes y se mantuvieron en la forma de peñascos de forma de hongos. Por consistir su pié de material flojo y grueso y su techo de material compacto, fino, el agua de lluvia ha hecho su trabajo de destrucción siguiendo a canaletas dirigidas, ya en dirección vertical, ya paralelas a la estratificación.

Todavía no se sabe qué posición estratigráfica dentro de los estratos de Tubarão hay que atribuir a los productos descritos.

Iraty (49,50 m)	1)	hasta 4,50 m	4,50 m	Aluvio y Diluvio
	2)	12,50 "	7,50 "	Esquisto arcilloso gris
	3)	17,00 "	5,00 "	Esquisto oscuro
				En la profundidad de 17 m. se hallaron restos de fósiles (<i>Mesosaurus brasiliensis</i>)
	4)	18,00 "	1,00 "	Caliza fibrosa
	5)	19,00 "	1,00 "	Filón de basalto en arcilla con fósiles
	6)	30,00 "	11,00 "	Arcilla gris
	7)	32,00 "	2,00 "	Esquisto cuarzoso ferruginoso
	8)	36,50 "	4,50 "	Esquisto negro pasando al gris, arde con llama, deja residuo. Olor a petroleo
	9)	40,00 "	3,50 "	Esquisto arcilloso gris
	10)	41,00 "	1,00 "	Arcilla
	11)	42,00 "	1,00 "	Caolín
	12)	50,00 "	8,00 "	Arcilla gris
	13)	52,00 "	2,00 "	Arcilla gris, más oscura
	14)	54,00 "	2,00 "	Esquisto oscuro
Palermo (88,00 m)	15)	60,00 "	6,00 "	Esquisto gris de plata
	16)	77,00 "	17,00 "	Arcilla jabonosa fina de color amarillento claro
	17)	90,00 "	13,00 "	Arcilla gris
	18)	95,00 "	5,00 "	Esquisto arenoso
	19)	99,00 "	4,00 "	Arena floja
	20)	99,50 "	0,50 "	Esquisto negro con olor a petroleo
	21)	103,00 "	3,50 "	Esquisto arenoso
	22)	114,00 "	11,00 "	Arcilla arenosa gris hasta arenisca fina
	23)	127,50 "	13,50 "	Arenisca muy dura fina, de color gris oscuro
	24)	130,00 "	2,50 "	Arena y fango oscuro con olor a petroleo
	25)	132,00 "	2,00 "	Arenisca cuarzosa ferruginosa con granos de esquisto amarillento
	26)	142,00 "	10,00 "	Arenisca fina cuarzosa blanca
	27)	144,00 "	2,00 "	Arenisca gris
	28)	145,00 "	1,00 "	Arenisca oscura carbonosa
Río Bonito (76,70 m)	29)	146,00 "	1,00 "	Carbón esquistoso con impresiones de plantas
	30)	149,00 "	3,00 "	Arenisca clara
	31)	151,00 "	2,00 "	Arenisca gris oscura
	32)	169,50 "	18,50 "	Arenisca blanca
	33)	170,00 "	0,50 "	Arenisca gris
	34)	172,00 "	2,00 "	Arenisca ferruginosa de color amarillo oscuro
	35)	173,00 "	1,00 "	Idem más claro
	36)	184,00 "	11,00 "	Arenisca más blanda ⁽¹⁾ , pasando paulatinamente a más fina
	37)	187,00 "	3,00 "	Arenisca gris
	38)	196,00 "	9,00 "	Arenisca blanca más gruesa
	39)	197,00 "	1,00 "	Idem más blanda
	40)	200,00 "	3,00 "	Arenisca blanca como 38)
	41)	207,00 "	7,00 "	Arenisca muy fina esquistosa gris
	42)	217,00 "	10,00 "	Esquisto duro, gris
	43)	218,70 "	1,70 "	Idem duro, gris ⁽²⁾ .

(1) En el original «más blanca».

(2) En el original «descripción gris» lo que no se entiende.

Sólo perforaciones del sistema rotativo, exigidas bajo la dirección de geólogos, pueden decidir el problema, de si los estratos en verdad substituyen a los bancos carbonosos. Como demuestra una perforación efectuada cerca de Xarqueadas (Río Grande), se hallan, también en el Brasil, bancos conglomeráticos adentro de los estratos de Río Bonito y de Palermo.

b) Estratos de Passa Dois

(Formación de Karroo mediano inferior, Mesokarroo inferior, Beaufort inferior, Neopérmico hasta Eotriásico).

La extensión de este grupo estratigráfico, en el Uruguay y en partes adyacentes del Brasil, es bastante grande y se nota en el cróquis lám. 15, fig. 36. Se hizo el ensayo de indicar los esquistos de Iraty por medio de puntos colorados, en cuanto lo era posible según los conocimientos todavía incompletos y especialmente en vista de la dificultad de separar dicho horizonte de las capas pendientes. La edad de los estratos de Passa Dois corresponde, según D. WHITE, a la de los «Beaufort series», en Africa del Sud, estratos que BROOM coloca en el Pérmico superior y en parte en el Triásico.

γ. Esquistos de Iraty.

El nombre de este sedimento fué dado según una localidad del Estado de Paraná (véase lám. 16), desde donde siguen los sedimentos, como horizonte estratigráficamente importante, hasta la frontera uruguaya (véase fig. 7). Los sedimentos en cuestión se manifiestan en la superficie por un suelo pesado arcilloso, preferido por grandes cantidades de «Chirca». Además se demuestra el esquisto de esta manera, que las aguas que nacen en el o en sus vecindades, llevan a veces un leve olor o sabor de petróleo, como lo he podido observar en una ocasión (véase también 100, pág. 181).

El descanso del sedimento sobre estratos más antiguos, no se podía observar en ningún punto de la superficie. Esto se explica de la manera siguiente: cuando el esquisto en cuestión está tapando las areniscas de Tubarão aflorantes en los pendientes, el ángulo de inclinación decrece notablemente.

De importancia son pues los afloramientos artificiales. El registro de una de las perforaciones efectuadas en la Cañada de los Burros, muestra el perfil siguiente, a través de los esquistos de Iraty pendientes, con su base de estratos de Palermo y de Río Bonito.

El límite de los esquistos de Iraty con los estratos de Palermo fué colocado por mi, donde los tonos de color oscuro del esquisto, desaparecen y aumentan los componentes arenosos. El mismo cambio de la composición rocösa se demuestra en la perforación de Tacuarembó, donde los esquistos en cuestión indican una potencia de 118 m. Sigue ahora el perfil :

R do Rasto	Estrada Nova (127,50 m)	1)	hasta	4,50 m	4,50 m	Diluvio y Eluvio
		2)	"	20,80 "	16,80 "	Arenisca
		3)	"	97,80 "	77,80 "	Arenisca colorada y arcilla
		4)	"	102,80 "	5,00 "	Arenisca
		5)	"	112,80 "	9,50 "	Arenisca y arcilla dura
		6)	"	117,80 "	5,00 "	Arcilla pizarrosa
		7)	"	126,80 "	9,50 "	
		8)	"	132,80 "	6,00 "	Conglomerado
		9)	"	148,80 "	15,50 "	Esquisto arcilloso colorado
Iraty (118,00 m)		10)	"	156,80	8,00 "	" " gris
		11)	"	160,80 "	4,00 "	negro
		12)	"	166,80 "	6,00 "	gris
		13)	"	176,80 "	10,00 "	azül
		14)	"	248,80 "	72,00 "	Esquisto arcilloso
		15)	"	257,80 "	9,00 "	Esquisto arcilloso (arcilla) negra
		16)	"	266,80 "	9,00 "	gris
Palermo (83,60 m)		17)	"	270,80 "	4,00 "	Arenisca gris
		18)	"	271,80 "	1,00 "	Arcilla gris, endurecida
		19)	"	274,80 "	3,00 "	Arenisca gris
		20)	"	277,80 "	3,00 "	Arenisca dura, gris
		21)	"	282,00 "	4,70 "	Arenisca
		22)	"	291,20 "	9,20 "	Esquisto arcilloso
		23)	"	318,70 "	27,50 "	Esquisto y arena
		24)	"	320,70 "	2,00 "	Esquisto duro, gris
		25)	"	323,70 "	3,00 "	Esquisto y arena
		26)	"	325,20 "	1,50 "	Conglomerado (1)
		27)	"	335,90 "	10,70 "	Arenisca
		28)	"	349,90 "	14,00 "	Esquisto y arena
349,90 m		29)	"	353,40 "	3,50 "	Granito colorado.

(1) El registro de la perforación dice «granito»; probablemente se trata de un banco conglomerático compuesto de pedazos de granito importados, formación que se encuentra también en capas más modernas (véase adelante).

Afortunadamente en lo que respecta a la fijación del límite entre los esquistos de Iraty y su pendiente, nos es posible identificar con seguridad un horizonte del perfil de la perforación, con un horizonte en la naturaleza, es decir, la capa 9), que se va a describir más adelante.

Antes de definir más en detalle el perfil de la perforación, hay que citar algunos yacimientos de los esquistos de Iraty. Para el estudio de este sedimento, se presta, fuera del paraje citado al E de Tacuarembó, especialmente la región de los arroyos de los Burros y de Berachi cerca de los Pasos de María Isabel y de S. Diego (1)). La ribera escarpada del Río Yaguarón, en el Paso citado en primera línea, consiste en una arcilla que en tiempo lluvioso se vuelve muy tenaz y pesada, material cuyo afloramiento tanto en el lado uruguayo como especialmente del lado brasileño produce bañados extensos. El color negro del esquisto y la vecindad de los carbones de Río Bonito brasileños, han contribuido a que se hiciera, en el paraje citado, una cantidad de excavaciones y perforaciones, en especulación hacia yacimientos de carbón. El sedimento tiene aquí caracter hojoso, es bien estratificado y se asemeja algo a los carbones esquistosos más antiguos. Pero, en contraste con estos, tiene aspecto mate y se vuelve pálido, habiéndose desecado. Esa diferencia se borra algo porque se intersertan en algunos puntos camadas muy débiles de un mineral parecido a la Albertita o al gagate (azabache), interposiciones que menciona I. WHITE también en el Brasil. Partes más profundas sorprenden por su falta de estratificación. En mayor grado ese caracter se demuestra en las pruebas de la perforación de Tacuarembó, donde pudieran atribuir los sedimentos llamados bajo 15) y 16), según su aspecto macroscópico, a horizontes del Mesozóico superior o al Terciario de la Europa Central con sus sedimentos poco alterados por diagénesis.

Interposiciones de caliza fibrosa silificada, en mayor o menor grado, son muy características en el horizonte en cuestión y se destacan en todos sus afloramientos. Una interposición de un metro de espesor, se encontró en la perforación de la Cañada de los Burros, en la profundidad de 18 m. Generalmente se trata sólo

(1) Ya Weiss describe yacimientos de pizarras arcillosas arenosas grises y coloradas con muchas laminillas de mica en conjunto con estratos de marga, de color rojo-oscuro con inclusiones de plantas, provenientes del Paso Diego. Sin duda se trata de esquistos de Iraty pendientes.

de rellenos de fibras de un espesor de algunos centímetros, que se han formado desde el pendiente por infiltraciones de soluciones calcáreas o silíceas. Estos banquitos penetrantes de caliza fibrosa y de sílice faltan en los esquistos oscuros en la vecindad del así llamado conglomerado glacial de la Laguna La Tuna y del Paso de la Cruz, esquistos que presentan además cierta analogía con los de Iraty. Este horizonte forma, en el pendiente de dichos esquistos antiguos, un afloramiento característico atravesado por un filón de meláfido. Supongo que partes más modernas del esquisto de Iraty y que aún no pertenecen a los sedimentos de Estrada Nova, ya contienen caliza; yacimientos mucho más extensos describe WHITE en los Estados de Paraná y São Paulo. En otra forma se demostró la presencia del carbonato en excavaciones llevadas hasta una profundidad de 20 metros y realizadas por la Compañía Americana de FARQUHAR en la vecindad del Paso Minuano. Se trata aquí de concreciones nodulosas, que tienen estructura fibrosa radial. Al mismo tiempo observáronse interposiciones copiosas de sulfuro de hierro, sustancia que ya se había constatado en otros puntos. Hay que atribuir a dicho sulfuro y al citado carbonato la formación del yeso, que se halla en algunas partes en gran cantidad y en hojitas muy pequeñas y en fibras finas. Es remarcable que no se halla encontrado dicho sulfato en ningún otro punto de la Formación de Gondwana, lo que se explica por el origen de los sedimentos depositados bajo un clima templado, no tanto bajo condiciones verdaderamente continentales, como esencialmente como productos fluviales, límnicos y litorales.

Poco queda por decir con respecto a los demás yacimientos del esquisto de Iraty. Pertenecen a dicho producto y a su parte pendiente, los esquistos del Cerro Pelado, situado a 5 km al E de Melo. El material de este punto se compone de una pizarra arcillosa, empalidecida y atravesada por vetas limonítico-silíceas, pizarra cuyo carácter en parte es un producto original y en parte se deriva de la metamorfosis de contacto que le ha endurecido. El mismo carácter córneo se nota en el camino oriental de Melo al Cerro Guazunambí, en los sedimentos de la misma edad que ya sobrepasan a los estratos de Estrada Nova. En dicho punto la roca se ha separado en productos elipsoideos de un diámetro máximo de un metro y de estructura en forma de capas concéntricas. Desde ya la roca tiene más bien carácter arenoso que arcilloso. El fenómeno recuerda en algo la separación esférica de una tillita,

descrita por WOODWORTH (103, lám. 23). El mismo horizonte se destaca en el campo del Dr. A. NIN FRÍAS, situado en el A. Sauce, pequeño ramal al lado derecho del Río Tacuarembó.

El yacimiento más meridional del esquisto de Iraty, que conozco, se encuentra cerca del pueblo de Fraile Muerto. Aquí, el sedimento (encontrado frecuentemente en excavaciones), en parte tiene carácter arenoso y descansa bajo esquistos arenosos grises, bien estratificados. Con seguridad el horizonte de Iraty se halla en la profundidad también en el Río Negro, arriba del Paso Aguiar hasta la frontera brasileña, como lo demuestran los bañados extensos y la aparición de areniscas calcáreas pertenecientes a los estratos de Estrada Nova, sedimentos que afloran en el Cerro Hospital. Según observaciones recogidas en la estancia del Dr. ANTUNES MACIEL, el agua cerca de la citada altura tiene olor característico de petróleo. No me fué posible, encontrar afloramientos del esquisto bituminoso en ninguno de los Pasos sobre el Río Negro visitados por mí (Paso Mazangano, de la Laguna, de Arriera y de Carpintería), puntos que en este paraje presentan casi los únicos afloramientos de las rocas subyacentes. Lo mismo hay que decir de los alrededores del Paso Laguna del Río Tacuarembó inferior y además de partes situadas abajo de dicho paso como más arriba, en la región del A. Caraguatá. El hallazgo de capas limítrofes entre el horizonte en cuestión y el de Estrada Nova, hallazgo que se hizo en el divortium aquarum entre el A. Yaguari y el A. Caraguatá, al bajar en dirección al Paso Laguna (cerca de la Casa de comercio de Souza hermanos) y además la constatación de estratos de Estrada Nova típicos en partes más elevadas, dan indicaciones, también en este paraje pobre en afloramientos.

El horizonte de Iraty paleontologicamente es de gran interés por el hallazgo no muy raro de restos de reptiles (*Mesosaurus brasiliensis* MAC GREGOR, aff. *Stereosternum tumidum* COPE 100, pág. 303; 35, pág. 214; 36, pág. 256) correspondiente a la aparición del mismo género dentro de la Formación de Karroo inferior de Sud Africa (estratos de Kimberley). Productos algo problemáticos, posiblemente en parte de origen anorgánico y de aspecto talloideo, se encontraron en el Paso Minuano, en la profundidad de 7 m. Aparte de estos productos, recibí del Sr. J. HARTMANN numerosos restos de hojas (?) aplastadas, que, si bien no tienen ninguna nervatura, en cambio tienen algunos de los pequeños nó-

dulos de frutas como se encuentran en los restos incertae sedis descritos por D. WHITE, bajo el nombre de *Hastimia* n. gen. Dichos fósiles, es verdad, que tienen una edad geológica mayor que los nuestros y pertenecen a los estratos de Río Bonito.

Según lo dicho es cierto que los esquistos de Iraty se han formado como un producto sapropelítico. Hay que compararlos petrográficamente como también según su posición estratigráfica con la Hartleyita de Tasmania como también con el «esquisto de kerosene» de los estratos contemporáneos eopérmicos de New Castle en Nueva Gales del Sud. Ya por calentamiento en tubo de ensayo, se puede separar primero un líquido incoloro después otro de color bruno - oscuro y finalmente un producto tenaz, de color bruno - oscuro. Al mismo tiempo se desprenden cantidades remarcables de productos gaseosos. Como se sabe, pertenecen los alquitranes y aceites que se obtienen, por destilación a vía seca, de lignita, carbón de Boghead, turba, esquisto bituminoso, etc., esencialmente a la serie del etileno. Además se sabe que se utilizó en otros tiempos el esquisto de kerosene Australiano para la extracción de petróleo (aceite de esquisto).

En el Uruguay, al principio del año de 1918, se hicieron ensayos para extraer dicho producto, ensayos cuya parte geológica estuvo a cargo del Sr. PASCUAL RUBINO, Profesor de Geología de la Universidad Nacional. «Los trabajos para dar término a las obras iniciadas se prosiguen con gran actividad y no tardarán muchos meses, sin que la explotación de los yacimientos de esquistos en Cerro Largo y en otros departamentos de nuestro país, se encuentre en plena intensidad («El Día», del 7 de Febrero de 1918). «Los resultados obtenidos en las investigaciones, según nos lo manifestó el Profesor RUBINO, no pueden ser más halagüeños para la incorporación de esta nueva riqueza a la economía nacional Los trabajos de investigación proseguirán activamente, y los que se han realizado hasta la fecha, tienen como finalidad el establecimiento de lo que en geología se denomina el corte teórico, de importancia indiscutible para el estudio de otros yacimientos que darán idea exacta de la magnitud de esta riqueza para el país» («El Día», del 9 del mismo mes).

R. MARSTRANDER da un análisis de un esquisto proveniente de la Cañada de los Burros, análisis que se efectuó en el Instituto de Química Industrial. No es posible considerar aquí los demás análisis del mismo Instituto, reproducidos en 18, porque carecen

de la indicación de los puntos de donde proviene el material del análisis. Ni aún se puede averiguar, si el material proviene del Uruguay.

Según el análisis mencionado por R. MARSTRANDER, una tonelada de la pizarra contiene 60.000 litros de gas, 100 kilos de agua amoniacal y 50 kilos de aceite (Peso específico = 0,910 a 28° de temperatura ⁽¹⁾). El contenido de azufre se indica en casi 4 %.

2. Estratos de Estrada Nova y Caliza de Rocinha

(Contribución al conocimiento de las maderas uruguayas silificadas).

Me parece muy poco seguro si es posible establecer en el Uruguay el horizonte de la Caliza de Rocinha como miembro más joven de los estratos de Passa Dois. En el Estado de Sta. Catharina la caliza alcanza una potencia de sólo 3 metros y aún no pudo ser hallado por WHITE en Rio Grande. También OLIVEIRA duda, de si se puede atribuir independencia al horizonte de caliza y esto tanto menos, cuando dicha roca, sin formar horizontes definidos, esté distribuída sin regularidad en todos los sedimentos pérmicos de mayor edad. Semejante extensión grande del carbonato no se puede constatar en nuestro territorio; su enriquecimiento indica el pendiente de los esquistos de Iraty como ya se mencionó anteriormente. Según todas las observaciones no hay nada que hable en el Uruguay en favor de un horizonte de Rocinha independiente.

La composición petrográfica de los sedimentos varía muchísimo y oscila continuamente entre arenisca, arenisca arcillosa, marga y caliza. En cambio es constante el contenido de sustancias silíceas ya observado en el esquisto de Iraty, contenido que se aumenta ahora notablemente y que fué notado también por WHITE. Ya por esta observación se induce a la idea de que las maderas silíceas, observadas hasta ahora sólo en yacimiento secundario, se encuentren aquí en yacimiento autóctono.

Las capas limítrofes entre el horizonte en cuestión y el mencionado en el último capítulo, se pueden estudiar en perfiles en la vecindad de los Tres Cerros. En su pié, el esquisto bituminoso está sobrepuesto por esquistos arenosos, estratificados en capas delga-

(1) Una tonelada de esquisto bituminoso de Escocia da 135 litros de alquitrán (87. Tom. I, pág. 228).

das, con superficie plana, esquistos de color rojo vivo con interposiciones de carbonato cálcico fibroso. Este horizonte se ve desde la cumbre, formando una especie de cinta colorada que borda el pié de las elevaciones de arenisca. Fué encontrado en la perforación de Tacuarembó, como ya lo hemos citado. En otros puntos — en el camino desde el Paso de los Novillos a la Cuchilla del Ombú, cerca de la Casa de comercio del Sr. JOSÉ ISASA — encima de dicho horizonte descansan esquistos arenosos de color blanquecino - amarillento, sumamente blandos, producto que tiene gran analogía con sedimentos encontrados en el mismo horizonte estratigráfico, situados en el camino desde el Paso Laguna (Río Tacuarembó) a las alturas entre los arroyos de Caraguatá y Yaguarí y además con sedimentos que afloran en un desmonte entre km 382 y 383 al N de la Estación Fraile Muerto. La roca en el último punto resulta muy rica en mica y contiene substancia calcárea. Como prolongación del esquisto de Iraty, el material en cuestión es todavía un poco carbonoso e incluye restos de plantas indefinibles.

En la vecindad de la Casa de comercio de ISASA, ya mencionada, se observa el perfil siguiente, perfil que indica el predominio de sedimentos arenosos, que se pronuncia más hacia el pendiente.

- 1) Esquisto arenoso hojoso, de color de carmín con concreciones y banquitos de limonita (Yaciente)
- 2) Alrededor de 100 metros sin afloramiento
- 3) Esquisto arenoso micáceo, débilmente concrecionáceo, con estratificación plana. El esquisto tiene una película (Besteg) arcillosa, de color de carmín
- 4) Arenisca segregada en estratos delgados, con interposiciones hasta de un diámetro de 15 cm, compuestas de una arenisca micácea (1). El producto en estado fresco es tenaz y de color rojo de carmín. Al transformarse la roca, la unión de sus granos se afloja, mientras que el color se vuelve amarillento - bruno
- 5) Esquisto arenoso amarillento - rojizo.

Productos análogos a los sedimentos descritos afloran en zanjás en el campo del Dr. A. NIN FRIAS. Los sedimentos incluyen aquí bancos de caliza y están atravesados en todo sentido por vetas

(1) Un afloramiento instructivo de esta arenisca con capas concéntricas y de color amarillento, en parte rojo de carmín, se destaca en el Paso de Rogelio (Río Tacuarembó). También al pié del Cerro Ombú como cerca de la frontera brasileña, en el camino desde el Paso Tejera (Lapnente) al A. Molles, ramal del A. Hospital, los sedimentos colorados indican la misma estructura concrecionácea, abotagada como lo mencionamos anteriormente, describiendo ciertas capas pertenecientes al pendiente del esquisto de Iraty.

de sílice fibrosa y calcáreas. También se encuentran cantidades de concreciones sueltas de composición silícea ⁽¹⁾.

Antes de dirigirnos desde estos productos pertenecientes esencialmente a los territorios del Río Tacuarembó, a los horizontes más modernos de los estratos de Estrada Nova, hay que mencionar algunas observaciones hechas en la región de Melo. Los miembros más antiguos del horizonte en cuestión se componen aquí muchas veces (por ej. en partes más altas de zanjas en la Cañada de los Burros) de arcillas (Letten) de color claro o más obscuro, productos que incluyen bancos de poco espesor de substancia calcárea o dolomítica, y se encuentran juntos con areniscas deleznables muy arcillosas de colores abigarrados con estrias y manchas rojizas y blancuzcas. Este sedimento se observa muchísimas veces en los caminos de Melo en dirección al N y W como al lado de la línea férrea. Produce en todas partes un suelo muy pesado. Un perfil instructivo de estas capas se muestra en el camino desde la Estación Agronómica de Bañado de Medina a Melo, después de haber pasado el A. de Medina. Los sedimentos recuerdan vivamente a partes del Keuperiano inferior de Alemania Central, de modo que según el aspecto petrográfico uno está inclinado por esperar con seguridad el hallazgo de bancos con *Estheria*. Hasta ahora no se ha encontrado ningún resto de fósiles, pero WHITE menciona sedimentos calcáreos provenientes de los alrededores de S. Sepé en Río Grande y pertenecientes a los estratos de Estrada Nova, que llevan numerosos restos de crustáceas. OLIVEIRA describe restos de lamelibránquios hallados en el Estado de Paraná.

El perfil mencionado se compone de los siguientes horizontes:

(1) Al Sr. R. MARSTRANDER debo dos muestras de una arenisca impura proveniente del campo citado. El propietario del mismo me confirmó esta procedencia indicándome que dichas muestras se encontraron en una de las zanjas dirigidas hacia el Río Tacuarembó. Mucho lo siento no haber podido hallar otros restos como tampoco obtuve resultado alguno por medio de cartas dirigidas a dicho estanciero. Gracias a la amabilidad del Dr. KURTZ en Córdoba he podido averiguar la naturaleza de la planta fosilizada; se trata de un resto de *Cladophlebis* (olim *Pecopteris*) *denticulata* BRON., quiere decir de una forma que figura como fósil característico en el Keuperiano superior germánico. Es bien conocida la gran extensión de la flora rética y en ella también del género citado. Sorprende su hallazgo en capas que, a lo sumo, tienen una edad eotriásica. OLIVEIRA menciona el hallazgo del género junto con *Glossopteris Browniana* y *angustifolia* como además de *Taeniopteris Feddeni*, encontradas en los estratos neopérmicos o eotriásicos de Río do Rasto. El mismo acompañamiento de *Glossopteris Browniana* con un representante del género *Cladophlebis* (*C. mesozoica* KURTZ), encontrado en los Estratos de Paganzo (BODENBENDER) eopérmicos de la Prov. de S. Luis, describe H. GERTH. Según una comunicación del Dr. W. BODENBENDER, dicho fósil se halla no sólo en los estratos de Paganzo de la Prov. de Ríoja, sino también en el Rético de Cacheuta.

- | | | |
|----|---------------|--|
| 1) | 1,20 m | Arenisca arcillosa de grano fino y de colores blanco y rojo (Yaciente) |
| 2) | 2,80 » | Arcillas (Letten) de color de carmín vivo, estriadas en cintas verduzas y violadas |
| 3) | 0,12 » | Arcilla arenosa endurecida sin estratificación, algo micáceo, de fractura concoidea y de color rojo de vino con manchas verduzas |
| 4) | 0,30 » | Igual a 2) |
| 5) | 0,10 a 0,20 m | Arenisca calcárea, verduza |
| 6) | 2,50 m | Casi libre de afloramientos |
| 7) | 1,70 » | Arcilla pizarrosa (Lettenschiefer) con interposiciones carbonosas débiles |
| 8) | 2,80 a 3,00 m | Arcilla pizarrosa (Lettenschiefer) de color encarnado |
- TERRAZA DE RODADOS
- | | | |
|-----|---------------|---|
| 9) | 3,00 a 4,00 m | Arenisca limonítica de grano grueso agujereado por descomposición |
| 10) | 0,10 a 0,15 m | Caliza brechoza poco estratificada (1) |
| 11) | | Arenisca arcillosa en parte con lascas, de grano bastante grueso y deleznable de color manchado, blanquecino y rojizo, con concreciones de limonita |
| 12) | | Esquisto arenisco, colorado. |

La confirmación, de que los productos descritos pertenecen a un horizonte estratigráfico poco más moderno que el de los esquistos de Iraty, la obtenemos observando el carácter sapropelítico de algunos de los bancos calcáreos. Semejantes yacimientos se encontraron tanto en el Dep. de Cerro Largo como también en Tacuarembó. Así, en el camino de Fraile Muerto a la Estancia « El Quebrachal » y al Paso de la Cruz, descansan los bancos calcáreos, de pocos centímetros de espesor, sobre los esquistos areniscos mencionados y aflorantes en el desmonte cerca de la Estación de Fraile Muerto. Además se presentan en el camino oriental de Melo al C. Guazunambí, después de haber pasado la estancia del Sr. DOROTE NAVARRETE. Las dolomitas fétidas lajosas se encuentran aquí encima de partes más antiguas de los estratos de Estrada Nova y están sobrepuestas por areniscas más modernas. En las partes más superiores del valle del R. Tacuarí, la roca amarilla muy impura se ha silificado en parte. De importancia estratigráfica fué

(1) La misma roca se encontró, como un banco de 30 cm de espesor, en el camino de Melo a la Casa de comercio de Buena Vista, como además en el camino a Latorre, pronto después de haber pasado el A. Chuy. La caliza pertenece aquí, como en el perfil indicado, ya a sedimentos algo más modernos.

el hallazgo hecho en la región pobre en afloramientos situada en el ángulo comprendido entre el Río Tacuarembó y el A. Caraguatá, hallazgo que consiste en interposiciones de caliza fétida que aflora cerca de la Casa de comercio del Sr. JACINTO RIBAS, en el A. Turupí. La roca se encuentra en mayor extensión tanto vertical como horizontal en la altura situada al SE de dicha casa, en el camino que va a la Picada de Vicas (Paso Rocas del A. Caraguatá). Sorprende desde ya el aspecto débilmente mesetiforme de la altura en un paraje con superficie ondulosa y ya de antemano se supone la presencia de sedimentos más resistentes contra la denudación. Dichas capas consisten en varios bancos de algunos decímetros de espesor, bancos compuestos de una dolomita sapropelítica de color gris sucio, separada en lajas gruesas, con camadas interpuestas de material de grano cristalino, en parte más fino, en parte más grueso. La roca se ha explotado durante algún tiempo y nos interesa especialmente, porque incluye aquí y acullá grandes cantidades de restos de vertebrados (vértebras y costillas), pertenecientes probablemente a *Mesosaurus brasiliensis*. Es de lamentar que los fósiles se han unido íntimamente con la roca y sólo se desprenden cuando se ha descompuesto la dolomita y junto con ella su contenido en huesos. Sorprendió, en el punto en cuestión como en muchos otros yacimientos pertenecientes con seguridad a los estratos de Estrada Nova, de encontrar madera silificada, como una especie de fósil característico (Leitfossil), yacimiento que si bien no es autóctono, pertenece con toda probabilidad a los sedimentos poco resistentes contra la descomposición y tantas veces silificados.

La silificación de las rocas carbonatadas (dolomitas lajosas amarillas, análogas a las de la Estancia de NAVARRETE), se nota con toda claridad en el camino occidental de Melo al C. Guazu-nambí, después de haber pasado el Río Tacuarí. Se observa aquí una cantidad de fragmentos de madera silificada, fragmentos que se encuentran en yacimiento secundario. En el camino algo inclinado se hallan grandes cantidades de concreciones silíceas, de aspecto racimoso, junto con dolomita silificada y además un trozo de casi un metro de largo de madera silificada, perteneciente al eluvio de la dolomita. Ya WHITE menciona el hallazgo simultáneo de madera silificada y de concreciones silíceas. Un afloramiento especialmente instructivo de estos últimos productos, hallamos en el camino entre S. Sebastião y Lavras (Estado de Río Grande), pronto después de haber salido del punto llamado en primera línea. Se

trata aquí de una roca amarillento-rojiza que consiste en un cúmulo de substancia silíceas, crespas, agujereadas y concrecionáceas, compuesta de capas concéntricas. Destruyéndose la roca tuberosa, quedan productos globosos que cubren la superficie en millares de ejemplares. En el interior muestran muy a menudo drusas chicas de cristal de roca.

Es seguro de que estas cantidades de sílice concrecionácea no tienen nada que ver con fenómenos postvolcánico-hidrotermales, pues nos encontramos en un horizonte estratigráfico muy inferior a el de las rocas eruptivas de Serra Geral con sus géodas de ópalo, amatista u otros minerales conocidos. La confirmación de lo dicho resulta de la altura topográfica de la región en cuestión (compárese el mapa de JANNASCH). Mientras, pues, la altura de S. Sebastião es de 386 m, la de la ciudad de S. Gabriel con sus yacimientos de esquistos de Iraty (véase lo dicho anteriormente), es de 113 m. Nos tenemos que encontrar, pues, en el paraje de S. Sebastião, en el horizonte geológico de Estrada Nova — siempre suponiendo que no se hallen fuertes dislocaciones tectónicas o levantamientos de capas, entre los dos puntos mencionados. Mas no se observa nada lo que hable en este sentido.

Siendo necesario de tratar más en detalle la naturaleza de la madera silificada, vamos a postergar esta descripción para el fin de este capítulo. Hay que apuntar ahora algo más sobre las areniscas de los estratos de Estrada Nova. Dichas rocas pertenecen prevalentemente a horizontes más modernos, pero se desarrollan también en partes más antiguas por disminución paulatina de los componentes arcillosos. Pertenece a esos productos una arenisca calcárea de color verde, encontrada en un pozo en Melo (36, pág. 248), material idéntico con una muestra de la Colección de FLOSSDORF, que incluye restos de plantas. La coloración indicada, se muestra también en los sedimentos que se hallan a flor de tierra en dos canteras abandonadas y situadas en la parte meridional de Melo. Los sedimentos fueron perforados por filones de meláfido. La roca consiste de una alternación de arcosa y cintas arcillosas, en parte del color indicado, en parte rojizas. Cerca del pueblo de Fraile Muerto — a la izquierda del camino al Paso Ancho, más o menos un kilómetro distante del pueblo — la roca atravesada por infiltraciones silíceas, incluye restos de vertebrados y se utilizó, durante cierto tiempo, como material de construcciones. El grano es más grueso en algunas partes, fenómeno que se puede observar bien en alguna distan-

cia, siguiendo en el camino marcado, hasta un punto donde la arenisca brechosa aflora en alturas débilmente mesetiformes. Al fin pertenecen a los estratos en cuestión, areniscas arcillosas y calcáreas abigarradas de la Laguna del Negro, en el camino entre las Estaciones de Fraile Muerto y Bañado de Medina (Col. FLOSSDORF). Las rocas se encuentran aquí juntas con las areniscas muy arcillosas, ya mencionadas que se caracterizan por su estriamiento en tonos colorados y blancos. La arenisca en cuestión, que se distingue de la de São Bento más moderna por su estratificación mucho menos perfecta, ocupa vastas partes en los Dep. de Cerro Largo, Tacuarembó y Rivera. Así se encuentra, para mencionar algunos puntos, cerca de la Estación Agronómica de Bañado de Medina (con madera silificada y con filones de meláfido) y al W de este punto en el Paso del Sauce, Paso Aguiar y Paso Toscas (A. Caraguatá⁽¹⁾). Avanzando de aquí hacia el Oeste, encontramos los mismos productos, tantas veces descompuestos en grandes cantidades de arena, en el Paso Laguna (Río Tacuarembó) y en el A. Clara. Buenos perfiles de las capas, en parte algo arcillosas, en parte puramente arenosas, dan las alturas situadas entre los A. de Malo y Clara, alturas característicamente configuradas (C. Portón⁽²⁾, Once Cerros⁽³⁾). No es posible todavía de indicar cuanto se extiende el perfil en dichos lugares hacia el pendiente (Río do Rasto), y tanto menos por consecuencia de la gran uniformidad de los sedimentos. La dificultad se aumenta al E de Tacuarembó en las pendientes de los Tres Cerros y alturas vecinas. En sus pies afloran las capas de Estrada Nova más antiguas, capas que se encontraron, como ya se dijo, también en la perforación de Tacuarembó. Los sedimentos, en sus partes más modernas, sorprenden por su buena estratificación y por su falta de substancia calcárea. En el C. Miriñaque (91, lám. III, fig. 2), se observa el perfil siguiente:

(1) Con la palabra «Tosca» se llama vulgarmente toda roca deleznable de carácter arenoso - arcilloso.

(2) Así llamado según un portón gigantesco formado por descomposición en la arenisca cuarcítica de la cumbre, roca que tapa la altura como un paraguas y lo protege contra la denudación.

(3) Véase el camino desde la Casa de comercio del Sr. J. H. CUADRADO al camino de Curtina a Tacuarembó.

Fundamento cristalino (Y a c i e n t e)

Esquistos hojosos de color de carmín y violeta. (Estrada Nova)

- 1) 9,00 m Escombros y limo
- 2) 15,50 » Arenisca deleznable amarillento - blanca y rojizo - bruna
- 3) 2,50 Arenisca bastante compacta, blanca con estratificación diagonal (Banco más inferior que salta a la vista en 91, lám III, fig. 2)
- 4) 10,00 » Arenisca amarillento - blanca y rojiza, deleznable
- 5) 0,80 » Arenisca algo más compacta, rojiza
- 6) 3,50 » Arenisca más floja, blancuzca, con estratificación diagonal
- 7) 0,85 » Arenisca algo más compacta, clara
- 8) 18,00 » Arenisca bastante floja, clara
- 9) 2,50 » Arenisca cuarcítica compacta (El banco que se destaca lo mejor en la figura indicada), forma la tapa de las dos alturas septentrionales de los Tres Cerros
- 10) 5,00 » Arenisca deleznable rojiza
- 11) 1,50 » Arenisca algo más compacta, rojiza
- 12) 5,80 » Arenisca floja, rojiza
- 13) 2,50 » Arenisca, en parte ferruginosa y por eso agujereada, descompuesta (La tapa del C. Miriñaque en la figura indicada
Esta capa se presenta mejor en la altura en el N E del C. Miriñaque, donde el perfil sigue en la siguiente manera :
14) 2,50 » Arenisca deleznable limosa cubierta con escombros
15) 6 a 7 » Arenisca bien estratificada, en parte compacta, con estrías ferruginosas, muchas veces agujereada (Pendiente).

Todavía no se hicieron observaciones en la región al N del C. Miriñaque hasta el paraje al N E y E del C. Calera, donde se halla en muchos puntos una arenisca calcárea ⁽¹⁾ compacta de color rojo-oscuro o manchado, y al otro lado productos más claros también poco estratificados. Los afloramientos en dicho paraje, de carácter debilmente ondulado, son muy escasos. Tal vez se presentan afloramientos más apropiados en las alturas numerosas, situadas en el camino de la frontera con el Brasil, pero no era factible de extender mis investigaciones hasta aquellas partes (1918). Rocas análogas, originalmente cuarcíticas, componen el C. Hospital, situado en el R. Negro y se transforman, al descomponerse, en grandes cantidades de arena, como se puede observar por ej. en el Paso Carpintería, cerca de la frontera brasileña.

(1) El contenido del carbonato ya se conoce macroscópicamente en los planos de exfoliación brillantes de la calcita.

El hecho que los sedimentos en cuestión pertenecen en realidad al pendiente de los estratos de Estrada Nova, se conoce con claridad en el camino de Melo a Latorre. Después de haber pasado el A. Chuy (Paso Pecegueiro) y haber cruzado las alturas al otro lado — donde aflora una arenisca margosa colorada con caliza brechosa, análoga al número 10) en el perfil pág. 108, el camino desciende de nuevo y entra en los esquistos de Iraty (esquistos arcillosos en parte arenosos oscuros y grises con restos de vertebrados), a los cuales se sobreponen después, en varios puntos, pequeñas alturas de arenisca mesetiformes. El camino muy resbaladizo en tiempo húmedo, asciende algo y unos bancos de caliza impura, de 1 a 2 decímetros de espesor, se meten dentro de los esquistos de arenisca hojosos y colorados. Es remarcable que justamente aquí se encuentren otra vez restos de madera silificada. Acercándonos a la Sierra de Rios, encontramos la arenisca poco estratificada deleznable que se mencionó anteriormente. Descansa, volviéndose brechosa hacia abajo, sobre un granito gneísico, con rumbo al N E. La Formación de Gondwana pasa en dicha región con borde lobulado sobre el Fundamento cristalino. La arenisca se vuelve aquí, como en muchos otros lugares, rica en concreciones de óxido de hierro.

Cerca de la Casa de comercio de ECHEVARRÍA, situada en el camino de Melo a Artigas no lejos del margen del Fundamento cristalino ⁽¹⁾, el contorno de dichas concreciones sorprende por su aspecto muy regular.

En lo que respecta a las concreciones de color bruno y de un diámetro hasta de 20 cm, se observa que están embutidos, en el camino indicado (si no se encuentran sueltas por la descomposición), en una arenisca arcillosa muy deleznable. La configuración de las primeras es la de cilindros en parte completamente regulares, en parte algo desviados y se encuentran en posición vertical en la roca madre. La estructura de los cilindros es tan regular y concéntrica como la de los granos de la pisolita de Karlsbad,

(1) Mientras que en el puente sobre el A. Chuy afloran esquistos areniscosos poco estratificados con interposiciones algo más macizas, se hallan en partes más elevadas bancos calcáreos y después — sobreponiéndose directamente al Fundamento cristalino que emerge en estas partes — una arenisca muy compacta, blanca. Se explota en varios puntos para material de construcción y surge de los alrededores en forma de bastiones. El límite entre la Formación de Gondwana y el Fundamento cristalino también en esta región tiene contorno muy irregular, habiéndose conservado varios relictos sedimentarios sobre el Fundamento cristalino.

recien entonces se muestra, en el corte transversal, cuando el material se ha descompuesto algo. De la destrucción de los cilindros ⁽¹⁾ resultan ejemplares más chicos que se hallan dispersados en gran cantidad en el camino.

Terminando estas observaciones, volvemos a Melo pasando por la altura que lleva la Cantera fiscal. Para controlar desde allá el perfil de los estratos de Estrada Nova, descrito anteriormente, hacemos una excursión al Cerro Conventos, situado 20 a 25 km al N W de la ciudad. Se trata de un grupo de alturas bastante remarcables que pertenecen a la Cuchilla Grande. También en este camino llegamos desde estratos yacientes arcillosos y arcilloso-arenosos abigarrados, a bancos gruesos de arenisca floja deleznable, que muestra buena estratificación diagonal. Quedamos en estos productos al volver sobre el llamado *divortium aquarum* a nuestro punto de salida, la Estación Agronómica de Bañado de Medina.

En lo que respecta a los yacimientos varias veces mencionados de maderas solidificadas, tenemos que ocuparnos, antes de hablar sobre su posición paleontológica, con el fenómeno geológico de la silificación. Como ya se dijo, no se puede derivarla, lo que hay que hacer en la mayoría de semejantes casos, de soluciones ascendentes postvolcánicas. Se ha efectuado, pues, descendentemente, en el ambiente donde se depositó la roca madre de las maderas. Sería una explicación muy afectada el establecer un conexo entre el fenómeno en cuestión y las actividades volcánicas. Habría que suponer que junto con la efusión de las rocas eruptivas de Serra Geral mucho más modernas y después de la efusión, hayan subido grandes cantidades de soluciones silíceas, depositándose no solamente en las rocas, como cuarzo, ágata, etc., sino eligiendo, en el camino, ciertos horizontes estratigráficos para su actividad. Para apoyar esta teoría, sería necesario además de suponer la existencia original de un recubrimiento general de los estratos de Passa Dois por dichas rocas eruptivas.

La silificación neptunógena de sedimentos, generalmente se atribuye a los desiertos con sus grandes diferencias de temperatura, y a la intensa destrucción de las rocas, tanto mecánica como qui-

(1) No se trata pues de bolsas (Tüten) cónicas metidas las unas dentro de las otras. Un corte longitudinal conforme de contracciones férricas, incluidas en arenisca muy silificada, se encontró en un ejemplar de la vecindad del Paso Aguiar.

mica (alta disociación hidrolítica de las precipitaciones, presencia de soluciones alcalinas?).

Hay que suponer que dicho fenómeno geológico pertenezca no exclusivamente a los fenómenos desiérticos, sino se demuestra también en clima no árido, junto con otros fenómenos que se han mencionado en la literatura. También la formación de la así llamada « crosta de protección » ⁽¹⁾ (Schutzrinde) se halla fuera de la zona árida. Ya CHARLES DARWIN ha descrito en parajes de Sudamérica y Africa tropical el hallazgo del « barniz desiértico » pero, como es remarcable, como producto, formado bajo condiciones que difieren mucho de las del desierto. Según DARWIN, los peñascos en el Río Orinoco, que de vez en cuando están cubiertos por el agua, tienen un aspecto como pulidos con grafito. Fuera de las regiones tropicales, observé el mismo aspecto en la parte más septentrional del Uruguay, cerca de S. Eugenio. En el Río Cuareim se levanta, en el punto indicado (emergiendo también cuando las aguas están crecidas), un bloque melafídico, de muchos metros cúbicos de contenido — llamado por los habitantes « Piedra Mora » — que lleva una película delgada de aspecto lustroso y de color completamente negro, de manera que la roca parece barnizada. Se siente uno dispuesto, al primer golpe de vista, de suponer que se trata de una substancia orgánica, pero la zona de descomposición, de 2 a 3 mm de espesor, zona situada bajo la superficie, indica el origen anorgánico del producto en cuestión.

Mientras que este fenómeno se forma por enriquecimiento de los óxidos oscuros hacia la superficie de la roca, en consecuencia de la atracción capilar continua del agua fluvial, junto con la irradiación solar intensa (superficie negra!), no falta tampoco el « barniz desiértico » típico, subaérico. En un yacimiento situado cerca del P. Toscas (A. Caraguatá) dicho producto tiene una coloración bruna y cubre bloques de una arenisca limonítica perteneciente a los estratos de Estrada Nova.

La formación de la « Schutzrinde » es pues independiente tanto del clima tropical como del clima pobre en precipitaciones. El territorio uruguayo se encuentra, según la cantidad de lluvias (1006,6 mm por año, en el tiempo entre 1911 y 1915 según L. MORANDI, 59), ya en el límite entre « precipitaciones mediocres » y

(1) Superficie de muchas rocas desiérticas de aspecto barnizado, debido a concentraciones de óxidos de Fe y Mn.

« rico en lluvias » (A. SUPAN). Otra observación indica finalmente la fuerza (y duración) de la irradiación solar en el Uruguay. Sucede muchas veces que algunas amatistas fueron quemadas y al mismo tiempo descoloridas por el sol. Según apuntes de SIDERENKO (40, pág. 1271) amatistas débilmente violetas del Uruguay por calentamiento a 300°, no sufrieron ningún cambio.

Todo lo dicho debe contribuir para declarar una parte de la silificación como fenómeno regional, que, como parece, se ha producido con intensidad en tiempos geológicos anteriores y dura hasta hoy en día ⁽¹⁾. Confirmándose estas afirmaciones, resultaría una diferencia de edad entre las maderas silificadas uruguayas. Es seguro que dichos fósiles en su mayoría pertenecen a los estratos de Estrada Nova neopérmicos o eotriásicos. A continuación seguirán unos informes acerca de dichos fósiles; para fallar un juicio contundente sobre su organización y su edad, falta en primera línea el material de estudio bastante amplio y una investigación paleobotánica al respecto.

Contrariamente a la costumbre seguida hasta ahora de evitar criterios de autores, tenemos que ocuparnos aquí con lo que dice GUILLEMAIN al respecto del asunto en cuestión. Dicho autor, informado por W. GOTHAN, dice 36, pág. 235, lo que sigue: « Los...

(1) J. SCHUSTER atribuye una edad terciaria a las maderas silificadas del Dep. de Salto. Es fácilmente posible de que una parte de las maderas, en su mayoría alóctonas, tenga menor edad, como ya se ha indicado anteriormente. En esta ocasión hago recordar lo dicho en 36 pág. 121, con respecto al contenido elevado en SiO₂ del agua del Río Negro. Se me ha comunicado repetidas veces acerca de silificaciones modernas al alcance del citado río, sin que me fuera posible obtener una prueba. El hecho de que no se trata solamente de fantasías, como suelen circular en la población, lo demuestran investigaciones acerca de la composición del agua del Río Uruguay. (16, pág. 91). El agua cerca de las ciudades de Salto y Fray Bentos tiene el contenido extremadamente alto de 46,22 y 44,32 % SiO₂ en el residuo. En los numerosos análisis indicados con respecto del agua de ríos europeos, la cantidad respectiva tiene un valor mucho más reducido; los valores más altos son 31,59 ‰ — Loire cerca de Orléans — y 35,10 ‰ — Saale, cerca de la fuente. De los análisis del agua de seis ríos europeos, análisis indicados por E. RAMANN 68, pág. 98, uno se destaca por su contenido de SiO₂ elevado (0,049 g en SiO₂, en 1000 cbcm de agua). Con dicho valor se puede comparar el resultado de un análisis que debo a la deferencia del Dr. J. SCHRÖDER. El agua proviene del Río Negro y fué recogida por mí en la estación del mismo nombre. El contenido en SiO₂ es de 0,0205 g por litro.

Apesar de que el contenido del agua del Río Uruguay en sustancias orgánicas sea muy elevado, y a pesar de que hay que atribuir a estas una fuerza de descomposición muy intensa, no obstante F. W. CLARK declara el contenido de SiO₂ como independiente de las sustancias orgánicas y le atribuye más bien a la alcalinidad de la solución (contenido en Na₂CO₃, como en un clima árido ?). En lo que respecta la procedencia del SiO₂ en el agua del Río Uruguay, conviene recordar las areniscas de la Formación de Gondwana y del Terciario superior, y especialmente las cantidades inmensas de relleno (silíceas) en rocas amigdaloides. En las regiones de su extensión nace una gran parte de los afluentes de aquel río.

restos de madera silificada mostraron en gran parte ya a simple vista, en tanto que parecían de buena conservación, las zonas anuales como además otros caracteres estructurales con tanta claridad, que no se podía dudar de la confirmación de estas observaciones por medio de la investigación microscópica. Más resultó en efecto... que todos estos caracteres han sido producidos únicamente por condiciones especiales de fosilización... «ГОТЯН no ha podido conocer en ninguna muestra, investigada en sección delgada, muestra que macroscópicamente demostró los anillos típicos, la presencia de estos, y por consiguiente, no se puede suponer que su presencia esté escondida por el estado de conservación desfavorable, sino que dichos caracteres falten efectivamente». Esta falta se indica l. c. como típica en los árboles paleozóicos con crecimiento secundario.

Es aquí el lugar de dirigir la atención del lector hacia uno de los grupos de problemas más interesantes de la Geología Histórica y esto es la reconstrucción de las condiciones generales, bajo las cuales se han depositado, en el lapso de los millones de años transcurridos, los millares de metros de material sedimentario que ha edificado las capas geológicas desde la primera aparición de la vida en nuestra tierra. Entre el estudio de las relaciones geológicas, reinantes en los tiempos remotos, un tema ocupa hoy en día uno de los primeros sitios del interés científico y es este el problema del clima de los tiempos de antaño. La actualidad de este problema — uno de los más interesantes, por cierto, pero también de los más difíciles de resolver — se conoce del hecho que su discusión formó una parte importante en el 10.º Congreso Geológico Internacional, celebrado en México en el año 1906.

Como criterios climáticos se aducen tanto observaciones del lado geológico - petrográfico como del lado paleontológico-biológico. Al primer grupo pertenecen entre muchos otros puntos los hallazgos de productos glaciales (por ej. rodados pulidos y estriados y morenas) o de tierras comparables con la laterita o con la turba de hoy en día, asuntos que en parte hemos tocado ya anteriormente, y en otra parte tenemos que rozarlos más adelante. Al segundo grupo de observaciones — una de las más árduas de las vías para acercarnos a nuestro fin — pertenece entre otros el problema, si fuera factible, a base del contenido paleofitológico de ciertos sedimentos o de la organización de aquel, de averiguar el clima de la época durante la cual se han depositado los sedimentos

que albergan aquella flora. Y así se ha hecho el ensayo de aducir también las zonas de crecimiento anual en maderas fosilizadas. Se sabe que ya durante las formaciones del Jurásico y Cretáceo, hubo gran analogía con las relaciones de hoy, en tal sentido, que bajo latitudes altas, se hallan (y se hallaron) zonas de crecimiento bien contorneadas y numerosas, mientras que las maderas de latitudes medianas y bajas se caracterizan por zonas que o bien faltan o son bastante desapercibidas. La presencia de diferencias climáticas en aquellos tiempos geológicos y la acentuación, hacia el polo, de las estaciones del año, se ha demostrado de esta manera.

Surge ahora el problema, como dice M. SEMPER, de si es permitido dar vuelta a dicha conclusión como lo hace GOTHAN, y de postular desde la falta general de zonas en la flora carbonífera, la ausencia de fuertes contrastes entre las estaciones, típica en los climas tropicales. Hay que denegar dicho permiso, porque por un lado no existen, en la actualidad, formas análogas a los tipos de la flora carbonífera, de las cuales se pudiera deducir, si los últimos eran capaces de producir — en consecuencia del cambio de las estaciones — madera primaveral y otoñal. Por el otro lado, tampoco no se puede dar apoyo a la comparación de aquella flora apagada con el género tropical de *Araucaria*, porque es conocido que éste, bajo ciertas condiciones exteriores, puede formar zonas que, bien es verdad, van a estar lejos de caracterizarse por su regularidad y exactitud.

Más volvamos a nuestro tema y veamos primero, si es verdad que nuestras maderas pérmicas carecen de zonas de crecimiento!

Los dos autores mencionados tenían a su disposición una gran cantidad de restos de muy buena conservación, con los preparados delgados pertenecientes. He tenido para consultar sólo un material muy reducido, es decir, fuera de seis muestras de la Colección FLOSSDORF, sólo siete restos de troncos recogidos por otras personas. De los restos mencionados en primera línea, cuatro están en tan mal estado de conservación o tan fuertemente silificados, que ha desaparecido toda estructura orgánica, por lo menos según el aspecto macroscópico. Al otro lado, dos pruebas provenientes de la Cañada de los Burros y de la vecindad del Paso de la Cruz muestran tanto la conservación de la estructura celular como líneas concéntricas finas regulares y continuas las cuales es imposible de tratar como provocadas por condiciones de fosilización, sino que hay que considerarlas como zonas de crecimiento.

De los siete restos mencionados en segundo lugar, que provienen como la mayoría de ellos, de yacimientos secundarios de varias partes del país, se encuentran cuatro en el estado mencionado, que excluye un criterio macroscópico, mientras que dos, muestran planos de separación muy regulares y dirigidos en distancias iguales, planos que nada tienen de común con zonas de crecimiento. La última muestra revela estas líneas con gran claridad; ya a primer golpe de vista uno se da cuenta de la presencia real de las zonas en cuestión.

Tenemos pues a disposición sólo tres muestras idóneas para la investigación, número que se aumenta por una pieza que fué recogida por mí. Apesar de esta cantidad reducida, se puede fallar un juicio con respecto de la presencia o ausencia de las zonas, que es en justa oposición con la opinión expresada por GUILLEMAIN.

Resulta ser una casualidad muy feliz, que justamente aquel resto de madera silificada, que como ya se dijo, hay que tener como autóctono, revela una estructura especialmente bien conservada. Es verdad que en el interior del tronco, donde la roca es más fresca y tiene color oscuro, la estructura no se conoce macroscópicamente, pero las partes marginales, de color amarillento, claro-bruno y de tonos parecidos a madera reciente, revelan, vistas bajo el lente, la estructura con tanta claridad, que la preparación de secciones delgadas casi parece superflua. La presencia de zonas de crecimiento, se indica por líneas exactas como trazadas por la pluma, distantes entre sí de 6 a 8 mm. Delante de ellos, es decir en la leña primaveral, y también dentro de las mismas zonas de crecimiento, se ven zonas irregulares concéntricas, más o menos de un milímetro de ancho, zonas que, posiblemente por la inmigración de productos extraños (óxidos de hierro), han recibido una coloración más oscura. Para llegar a un resultado eficaz con respecto a la presencia o ausencia de las zonas mencionadas, se hicieron en mi laboratorio algunas secciones delgadas (lám. 8, fig. 20, 21, 22). El Dr. A. RIMBACH, mi colega de entonces de Botánica, tuvo la deferencia de comunicarme lo que a continuación expreso traducido.

« Madera coniferoidea. La mayoría del mismo forman fibras leñosas de contorno cuadrático hasta hexagonal que pasan en ambos extremos en puntas adelgazadas por las membranas radiales; en estas membranas se ven, en algunos puntos, meatos grandes, sepa-

rados entre sí o rozándose. Están colocados en filas longitudinales sencillas o dobles. La madera contiene zonas de crecimiento (anillos anuales ?) anulares y bien formados, más o menos de 7 mm de anchura, en los cuales las células de la madera primaveral son isodiamétricas y anchas, las de la madera otoñal estrechas, achatadas y de paredes gruesas. Vasos y canales de resina faltan. La madera está atravesada por numerosos radios medulares que van en sentido radial y tienen una anchura de una sola célula, y una altura de 2 a 19 células. Las células están alargadas en dirección radial».

Está a la vista además un corte transversal perteneciente al resto de la Cañada de los Burros, mencionado anteriormente (lám. 9, fig. 23). Dicho resto muestra en la superficie algo descompuesta, zonas más oscuras de contorno poco exacto que distan entre sí por 2 a 3 mm y tienen una anchura de 1 a 2 mm.

Sobre el resultado del estudio microscópico, el Dr. A. RIMBACH observa lo siguiente: «El tejido consiste en la mayor parte de células poliédrico-esferoidales, que, como parece, se han alargado notablemente en sentido longitudinal y que se han arreglado en filas radiales. Poseen membranas parduzcas de espesor regular. Esta substancia celular está atravesada por numerosas células radiales, rectangulares y de membranas delgadas que sólo tienen la anchura de una fila celular y están alargadas en sentido radial. Poseen membranas incoloras. Estas series celulares son análogas a radios medulares y corren como éstos aproximadamente paralelo. El tejido indica líneas que pasan en sentido tangencial y tienen una distancia entre sí de 2 a 4 mm. Estas líneas dan la impresión de zonas de crecimiento (anillos anuales). Más estas zonas oscuras se caracterizan solamente por una coloración más oscura de las membranas celulares en el tejido grueso, mientras que el tamaño y la constitución general de las células quedan idénticas en todas partes».

Merece observación que en el caso presente las «zonas anuales» del fósil son mucho más claramente delineadas que las del preparado microscópico correspondiente, pero que no se revelan en líneas claras y bien definidas, sino más bien en forma de estrías borradas.

Distinto del tipo descrito es la madera ya mencionada proveniente del Paso de la Cruz, producto del cual tengo a la vista un corte transversal. El aspecto microscópico es bastante parecido

al tipo descrito en primera línea, la madera tiene también crecimientos anuales bien formados (A. RIMBACH).

Al fin se escogió arbitrariamente un resto de madera que muestra una silificación tan intensa que no se conoce nada de estructura orgánica al verlo bajo el lente. La muestra proviene — lo que casi no merece mencionarse en vista de su aloctonía — de la Estación Agronómica de Bañado de Medina, donde se encontró en una zanja cortada en arenisca de Estrada Nova. El Dr. A. RIMBACH con respecto del fósil observó lo siguiente (véase lám. 9, fig. 24): « La mayoría del tejido consiste en células fibroideas, muy largas y puntiagudas que tienen contorno cuadrático hasta circular y se arreglan generalmente en filas radiales. Dichas células se atraviesan por numerosos radios medulares que se separan entre sí muchas veces solamente por una fila de células fibroideas y que tienen siempre una anchura de una sola zona celular y una altura de 2 a 21 células (siento no haber podido conseguir una reproducción fotográfica satisfactoria). Las células de los radios medulares son más angostas que las células fibroideas y son alargadas en sentido radial. No pudieron definirse vasos algunos como tampoco zonas de crecimiento. El tejido ha sido apretado en algunos sitios según direcciones que cruzan los radios medulares en sentido vertical. »

Según lo dicho más arriba, se puede argumentar con seguridad lo que sigue: Allá, donde líneas exactas continuas concéntricas se constatan macroscópicamente con tanta claridad, que no se puede dudar de una confirmación de la presencia de zonas anuales por medio de la investigación microscópica (GUILLEMAIN), allá existen en realidad.

En lo que concierne a la definición de los restos descritos, los dotados de zonas de crecimiento, muestran gran analogía con *Dadoxylon nummularium* y *meridionale* D. WHITE. La pieza sin la estructura mencionada recuerda vivamente a *Sigillaria* (?) *muralis* D. WH., de manera que hay que suponer tal vez una existencia contemporánea, en el Uruguay como en el Brasil, de Sigillarias — que como se sabe, se encuentran hasta la arenisca abigarrada triásica — y de Araucarias. Y, si es admisible definir las zonas de crecimiento de nuestras maderas como « anillos anuales » y aducirles para la solución de problemas paleoclimáticas, entonces resulta de su presencia, en el resto definible según su edad y encontrado en el camino al C. Guazunambí, que en nues-

tros sedimentos como en el hemisfero del Norte «there was an increase in seasonal variation...indicated by the more frequent signs of anual rings in the later Permo - Carboniferous fossil gymnospermic wood, whereas in those of the middle and lower coal measures unquestionable anual rings are extremly rare» (D. WHITE 100, pág. 391).

c) Estratos de São Bento

(Formación de Karroo mediano superior, Mesokarroo superior, Beaufort superior, Eo - y Mesotriásico).

Las dificultades que se habían levantado, en la parte inferior de la Formación de Gondwana, en consecuencia de la falta de fósiles característicos, se aumentan notablemente, si queremos definir la posición estratigráfica de la parte pendiente. Estamos obligados, hasta ahora, a resumir conclusiones que se pueden obtener sólo por la comparación de los productos geológicos uruguayo - brasileños con los correspondientes del Africa del Sud. Se ha dicho al principio del capítulo sobre la Formación de Gondwana en el Uruguay, que la parte inferior de los estratos de São Bento, es decir el horizonte de Río do Rasto, descansa, en el yacimiento del Cerro Guazunambí, en concordancia sobre los estratos de Passa Dois. Se mencionó como probable que dicho horizonte sea neopérmico o eotriásico. Todavía no sabemos, cuales relaciones tectónicas reinan entre las areniscas de Río do Rasto y las de São Bento. Parece que las últimas, en sentido petrográfico, corresponden completamente a los estratos de Beaufort, esencialmente triásicos. Son pues de edad mayor que los Molteno beds, réticos, con sus numerosos restos de plantas, que se encuentran, junto con sedimentos carbonosos, también en varios puntos de la Argentina. Parece que semejantes productos réticos no se hallan del lado brasileño. Es admisible que el hiatus entre los estratos de Passa Dois y de São Bento, hiatus supuesto anteriormente por mí, se abre en realidad dentro de los últimos y que hay que colocarlo en la base de la rocas eruptivas de Serra Geral (véase anteriormente).

e. Estratos de Rio do Rasto.

Los sedimentos que pertenecen a este horizonte, consisten en el Brasil de conglomerados poco cementados y areniscas delezna-
bles, más o menos arcillosas y de color rojo intenso con interposi-
ciones esferoidales o lentiformes de colores distintos. Esperamos
encontrar, estos productos en el Cerro Guazunambí. Aquí des-
cansa una arenisca maciza, pero por lo demás floja y blanda,
que por medio de infiltraciones silíceas y férricas se ha endurecido
de sitio en sitio, sobre las areniscas arcillosas mencionadas con sus
bancos lomíticos que incluyen restos de madera silificada. Dicha
arenisca compacta se destaca del pié de la altura en la forma de
bastiones de más o menos 10 metros de altura.

Encima de estos sedimentos de la edad del horizonte de
Estrada Nova, siguen areniscas arcillosas en parte margosas de una
altura de más o menos 10 m, roca que forma la parte inferior del
declive suave hacia la verdadera altura gemela. Estos productos
poseen en parte una buena separación sedimentaria, en otra parte
cede este carácter, para ser reemplazado por la estratificación dia-
gonal. Como consecuencia de la inclusión de partes más fácilmente
descomponibles, la superficie del sedimento aparece en algunos
puntos como dotada de verrugas gruesas (lám. 11, fig. 29). Há-
llanse también partes brechosas y cuarcíticas. Estas últimas se
han formado por la entrada de soluciones silíceas y oponen por
eso mayor resistencia, produciendo de esta manera una estructura
de células gruesas.

La aparición de « ripple marks » muy típicos, de « Kriech-
spuren » y de concreciones hematítico-limoníticas, junto con la
coloración roja de vino, es lo que caracteriza el horizonte en cues-
tión. El primer fenómeno que acompaña a la estratificación dia-
gonal, se presenta bien en una capa de una extensión de varios metros
cuadrados, débilmente inclinada hacia el N, que se ha formado por
la denudación de la cuarcita pendiente. Las ondulaciones corren,
de vez en cuando, en dos direcciones cortantes entre sí y llevan en
su superficie cubierta de una película (Besteg) arcillosa, « Kriech-
spuren » de gran extensión longitudinal. Estos vestigios consisten
en parte sólo de un surco sencillo muchas veces doblado y en parte
de productos irregulares en forma de atados.

Incluídas en esta arenisca y saliendo de ella por su dureza, se encuentran concreciones del tamaño hasta de una cabeza y de contorno esferoidal, en forma de panes, o de configuración irregular, productos que a veces contienen todavía un núcleo de hierro hematítico, pero que generalmente se han transformado enteramente en limonita. Incluyen en su interior a veces algo de substancia silícea, que se ramifica hacia la periferia de las concreciones en fisuras radiales, estructura que les da el aspecto de septarias.

Sobre estos sedimentos descansan cuarcitas de una altura de 8 metros, macizas y conglomeráticas, que forman la cumbre. Algunos bloques inmensos de esta roca se han mantenido, mientras que otros se han derrumbado.

Como ya se mencionó, no es posible todavía indicar con certeza lo que pertenece, entre las areniscas, en la línea entre San Gregorio, Curtina y Tacuarembó, a los estratos en cuestión. Relativamente aseguradas en su pertenencia a este horizonte, resultan ser las areniscas sumamente deleznables y bien estratificadas que se extienden entre Tacuarembó y el río del mismo nombre como además entre aquel y el A. Batoví. Son en parte unicoloras amarillentoblancuzcas o, lo que suele ser más raro, rojos o dotados de manchas características. Tal vez pertenecen a estos productos también las areniscas claras, lajosas de la barranca del A. Malo, más o menos 5 km río abajo del pueblo de Curtina. En los alrededores de Tacuarembó, la roca se transforma en todas partes en arena.

Como se ve, la presencia de los estratos de Río do Rasto en el Uruguay todavía no está bien definida; es indispensable estudiar el yacimiento de Cacequy en Río Grande y seguir desde allí el horizonte hacia el S.

ζ. Arenisca de São Bento (White).

(Arenisca de Botucatu)

Los caracteres petrográficos de los estratos a mencionar en este capítulo son, en lo que respecta al Brasil, areniscas macizas de color rojizo y blancuzco y de aspecto de vez en cuando conglomerático. Mientras que las partes yacientes presentan una dureza original relativamente elevada y encuentran aplicación práctica, las areniscas más modernas indican a menudo un endurecimiento secundario por contacto con rocas eruptivas. Parece que hay falta absoluta de fósiles.

Esta descripción, que da WHITE especialmente con respecto a los yacimientos del Estado de Río Grande, está conforme, como hay que esperarlo, con nuestros yacimientos. También las formas de las alturas, correspondientes a los sedimentos de estratificación perfecta, son de la misma índole que las nuestras, observación que ya se indicó en el capítulo sobre la configuración de la superficie.

El límite hacia el yaciente del horizonte es arbitrario, como se comprenderá; lo he colocado allí donde la arenisca de tonos hasta ahora generalmente claros y amarillentos, se vuelve de tintes prevalentemente rosáceos hasta encarnados. Estos sea profundizan muy amenudo aún a una coloración roja oscura de vino, que se encuentra bien expresada en el yacimiento aislado del A. Barriga Negra.

Además pertenecen a los sedimentos en cuestión los relictos de Piedras de Afilar y de la altura entre Melo y el A. Chuy (véase anteriormente). El aspecto de esta última roca es completamente distinto del de los estratos de Estada Nova, comunes en aquel paraje. Lo mismo hay que decir de la cuarcita brechosa maciza en la cumbre del C. Guazunambí.

En el W del país aparecen muy pronto al lado de la arenisca de São Bento, las napas melafídicas de las rocas eruptivas de Serra Geral. En esta ocasión hay que dirigir la atención sobre este punto, cuán difícil puede ser, sin investigación detallada, distinguir entre efusión napiforme (*Deckenerguss*) y filones acumulados y ampliados en forma de cúpula, productos que perforan, en muchos sitios, los estratos de Estrada Nova y su yaciente. Ya anteriormente se ha hecho mención de esto, con respecto a los yacimientos en la región entre S. Gregorio y el Cerro Malbajar. Al lado derecho del Río Negro, los Dos Cerros Hermanos mesetiformes, que se levantan sobre un paraje monótono, plano, consisten de arenisca que se vuelve conglomerática, en algunas camadas y hacia el pendiente, arenisca que se infrapone a una napa melafídica de 30 a 40 cm de espesor. El mismo conjunto se revela en el P. Hondo, mientras que en el *divortium aquarum* entre Curtina y el A. Batoví, la arenisca rojiza ya descansa encima de una napa de roca amigdaloides. Esta arenisca es análoga a los productos del Valle Edén al S de Tacuarembó que se describieron y retrataron en 91, pág. 218. La posición alternante y repetida entre sedimentos y napas efusivas, estaba a la vista anteriormente en una cantera hoy abandonada al W de Tacuarembó (91, lám. IV, fig. 2). Dicha posición

se observa con claridad más al Norte de este paraje en el Cerro Marco situado en Rivera sobre la frontera brasileña.

Avanzando desde Tacuarembó hacia el W en dirección al Paso de las Piedras del A. Arerunguá, se observa hacia la Cuchilla de Haedo (divortium aquarum entre el Río Uruguay y el Río Tacuarembó) un retroceso de la arenisca y avance del meláfido. En los tres departamentós del N W, Paysandú, Salto y Artigas, se levanta un combate por el predominio, resultando ser la arenisca el concurrente más débil. No se pueden esperar más perfiles al Oeste de la cuchilla mencionada, en consecuencia del aplanamiento general del país hacia el Río Uruguay. La arenisca tiene aquí en la mayoría de los casos un carácter decididamente cuarcítico y no es fácil amenudo de distinguirlo en esta forma de rocas análogas fluviogénicas, pertenecientes al Neoterciario. Los yacimientos de arenisca de São Bento más meridionales en dichos departamentos se estudiaron cerca de Guichón y poco más al Este. La arenisca rojiza compone una altura mesetiforme cerca de la Parada de Piñera y toma parte (más al N, entre el R. Queguay y el arroyo del mismo nombre), en forma de una cuarcita rojo-oscura y de fractura concoidea en la composición de las alturas que se destacan ya desde la línea férrea por su configuración mesetiforme. Pero las alturas se componen, en su mayor parte, de rocas eruptivas, que, en un yacimiento estudiado por mí (Campo de la Estancia Rincón de PEREZ, Comp. LIEBIG) perforan en parte la arenisca, y se sobreponen en otra otra parte en forma de napas. Bastante extenso es el yacimiento de cuarcitas análogas cerca del Paso Cadena, al E S E de Salto, como además en el camino desde esta ciudad sobre los Cuatro Cerros (lám. 3, fig. 8) a la Colonia Lavalleja. En un punto se observó que el meláfido, infrapuesto a la cuarcita, incluye pedazos de la última, lo que, como cerca de Tacuarembó, indica una estratificación alternante y la misma edad de los productos sedimentarios y eruptivos. Los yacimientos más septentrionales visitados por mí, del lado uruguayo, se encuentran en el A. Yucutujá entre el A. Cuaró y la línea férrea al Oeste. Dichos sedimentos consisten también en una cuarcita, en estado fresco algo brillante, de color rojo-oscuro que resulta tener aquí un contenido feldespático. Extensión grande tiene la arenisca cuarcítica, de color amarillento claro y con camadas caolínicas, en la Serra de Jarão, compuesta de alturas ásperas y situada 15 a 20 km al Norte de San Eugenio, en territorio brasileño. Siento que, por falta

de tiempo y de fondos, no me fuera posible visitar, más detenidamente, dichos yacimientos remarcables también por su posición tectónica alterada.

7. Rocas eruptivas de Serra Geral

(Volcanic beds? Liásico?).

Rocas eruptivas que pertenecen a la Formación de Gondwana y que perforan las capas, en parte como filones y tifones, efundiéndose, por otra parte, en forma de napas tanto entre las capas como encima de ellas, se encuentran especialmente en el pendiente de la Formación (faldas de la Serra Geral). Desempeñan un rol importante en el Brasil y en las comarcas adyacentes del Uruguay, como además en el Paraguay y en las provincias de Corrientes y Misiones.

WOODWORTH quien, para evitar términos como basalto, porfírita augítica y otros más, denomina las rocas « trapp », calcula su extensión en más o menos 100.000 millas cuadradas y opina que concurren, en su extensión, con las de las masas efusivas conocidas del Dekhan. E. HUSSAK describe productos diabásicos, augitoporfíricos o melafídicos, muchas veces amigdaloides, en el Estado de São Paulo y los compara con las rocas correspondientes de Africa del Sud. Las rocas brasileñas producen un suelo laterítico profundo, que se aprecia para cultivos de café y se llama « Terra Roxa ». La fertilidad de los parajes, formados de este producto de descomposición, está en fuerte contraste con la esterilidad provocada por las masas melafídicas ásperas, poco cubiertas, en ciertas partes del Uruguay, por una capa limosa. En la primera parte de la línea férrea de Río Negro a Paysandú se observan semejantes parajes. La esterilidad aumenta más todavía, cuando la roca se ha silificado.

En lo que respecta los yacimientos paraguayos, M. GOLDSCHLAG menciona que rocas pertenecientes a la familia de las diabasas, se hallan aquí en unión íntima con areniscas y descansan generalmente sobre las mismas. La edad de estos productos es probablemente devónica, lo que puede deducirse por fósiles parecidos a *Productus*. El autor citado supone, sin embargo, que una investigación posterior de estas rocas, apoyada en estudios especialmente estratigráficos, demostrará la pertenencia de algunos tipos a basaltos y meláfidos más recientes. El hallazgo de *Mesosaurus* demuestra, que la Formación de Gondwana se encuentra también en el Paraguay.

De los parajes indicados de la Argentina, ya A. D'ORBIGNY observa que las alturas más importantes de la Provincia de Misiones consisten en rocas amigdaloides. Una colección de rocas, recogidas en la región de Sta. Ana y Loreto (Dep. de S. Martín, Provincia de Misiones — véase el mapa de JANNASCH) y adquirida hace poco por la Sección de Geología del I. de Agronomía, demuestra la gran analogía entre las rocas, tanto sedimentarias como eruptivas, descritas en la presente publicación y las de aquella región argentina. Se encuentran allá, al lado de meláfidos de grano fino y densos, como especialmente amigdaloides, areniscas bien estratificadas, de color rojizo, que recuerdan a los productos correspondientes hallados en el Dep. de Tacuarembó. Dichos sedimentos en parte han sufrido fuerte metamorfosis de contacto y se han transformado en cuarcitas rojas con la misma fractura conchoidea y el mismo lustre, como lo hemos indicado al hablar de los departamentos del Noroeste del Uruguay. Las rocas amigdaloides argentinas son ricas, en parte, en productos de descomposición seladoníticos, que tanto se hallan en la misma piedra como también en los poros de vapor. La colección incluye también una muestra con un producto de metamorfosis parecido al jaspe, como además una hermosa pieza con cobre nativo, depositado junto con cuarzo, en una fisura. Con respecto de productos análogos hallados, en parte, en el Uruguay, véase más adelante.

De lo dicho se puede deducir que la extensión de los horizontes más modernos de la Formación de Gondwana es muy grande.

El puente entre las rocas uruguayas y las argentinas se tiende, entre otros puntos, cerca de la ciudad del Salto, donde el meláfido aflora en el Río Uruguay y produce cataratas que provocan el cese de la navegación a vapor. También la «Mesa de Artigas», altura de aspecto típicamente mesetiforme y situada 20 km al S de la llamada ciudad, cerca de la ribera del Uruguay, consiste en meláfido.

C. GUILLEMAIN describe un filón eruptivo que se extiende al E de Melo en una distancia de 100 km y tiene un espesor muy regular de más o menos 3 metros. Como lo indica la figura 31, lám. 12, la potencia del filón rico en substancia vítrea es mucho mayor; la roca perfora una arenisca perteneciente a los estratos de Estrada Nova y lleva un rumbo casi E - W. También las cúpulas melafídicas de la Laguna La Tuna, arregladas en fila (véase el croquis fig. 6), se reúnen talvez en la profundidad, formando un filón grueso, dirigido al N W. En abundancia se encuentran semejantes cú-

pulas en la región de arenisca entre Melo y el Río Negro, como en el Oeste, donde perforan también los estratos de Estrada Nova (compárense por ej. las alturas situadas en el ángulo que forman los arroyos de Yaguari y Caraguatá como además las alturas bastante altas, llamadas de Pereira y situadas en el divortium aquarum entre el arroyo últimamente mencionado y el Río Negro al E de la desembocadura del R. Tacuarembó).

Mucho más extendido que el yacimiento filoniforme es aquel en forma de napa efusiva. Un caso intermediario se observa bien en el filón descrito, que aflora en los alrededores de Melo. La relación de este filón con los sedimentos no es solamente la penetrante, sino que se ha hasta entremetido entre ellos, como filón estratiforme, por medio de muchos apófisis, en un punto por lo menos diez en 2 a 3 metros de altura.

En lo que se refiere a la cantidad de las napas melafídicas, ya se describió un perfil, en el cual se hallan dos efusiones que alternan con bancos de la arenisca de São Bento. El perfil se ha reproducido esquemáticamente en la figura 8. El paraje de Tacuarembó y más al Norte, cerca de la línea férrea a Rivera, parece ser el único sitio, donde se puede indicar algo sobre la cantidad de las efusiones, y esto porque las alturas tienen aquí una importancia bastante grande, presentando en sus faldas el

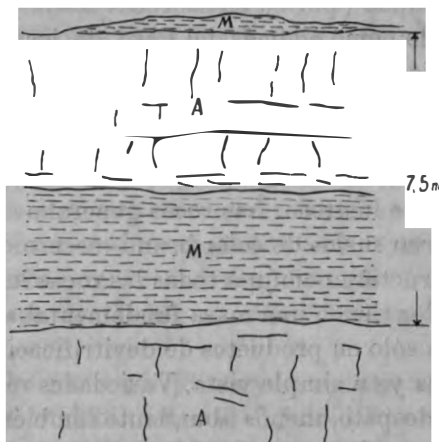


Fig. 8. Arenisca de São Bento (A), alternando con napas melafídicas (M).

perfil de las capas, y al otro lado, porque aquí se produce el combate por el predominio de la arenisca y del meláfido. Mas hacia el Este la denudación ha avanzado tanto, que no se puede indicar algo sobre la potencia de las napas. Supongo que dicho valor no sobrepase en ningún lugar de 150 metros. Su importancia se puede calcular lo mejor, en las paredes abruptas del Valle Edén, 20 a 30 km al S de Tacuarembó ⁽¹⁾.

(1) Mientras que WHITE indica como potencia de las rocas eruptivas de Serra Geral el importe de 600 metros, WOODWORTH calcula dicho valor en más que 475 metros, en lo que respecta al Estado de Paraná y ha observado allá de 3 a 4 efusiones.

Acerca de la estructura microscópica de las rocas poco se sabe hasta ahora, lo que se explica posiblemente, en los productos brasileños, en parte por la dificultad para obtener muestras frescas. Algunas pocas pruebas provenientes del Estado de Sta. Catharina se han investigado por G. P. MERRILL. Dicho autor resume: The rocks are all of the diabas - basalt type, presenting no essential difference in structure. The most interesting mineralogical feature is their poverty in olivine, which is in most instances completely lacking ».

También en nuestro caso, la variabilidad de las rocas — que vamos a llamar meláfidos — no es grande. Está a la vista una cantidad de preparados delgados, elaborados casi todos en mi laboratorio, que pertenecen a muestras provenientes de los Dep. de Artigas, Salto, Paysandú, Tacuarembó, Cerro Largo y Durazno. El grano de las rocas oscila entre denso (Laguna La Tuna) y bien granudo (por ej. en las rocas de la cantera mencionada cerca de Melo como además del Paso de los Novillos del A. Tacuarembó Chico), grano que hace distinguir muchas veces, ya sea por el aspecto macroscópico, algunos listones de feldespato. El color es, en parte, puramente negro, en parte bruno hasta bruno - rojizo y verdoso, generalmente de aspecto mate, en pocos casos también débilmente lustroso. Las rocas generalmente muy descompuestas, producen suelos de color bruno - oscuro de café y de tono verdoso. La estructura común a todas las rocas investigadas, es la intersertal; todos tienen una masa fundamental amorfa, que se demuestra a veces sólo en productos de devitrificación, pero muy amenudo se destaca ya a simple vista. Variedades resultan de esta manera, que el feldespato, menos abundante también la augita, se hallan en dos generaciones y provocan de esta manera formas intermediarias con rocas porfídicas (navíticas) y augitoporfíriticas. A veces se encuentra olivina. Dicho mineral es el primer producto de solidificación y tiene aspecto generalmente muy corroído y reducido hasta cúmulos de granos de óxidos de hierro. La transformación de la olivina produce esencialmente iddingsita, raras veces serpentina.

Voy a describir primero tres rocas que se distinguen por su contenido elevado de vidrio, que ya se conoce a simple vista. En un caso (N.º 1) — del Paso de la Laguna, Río Arapey Grande, Dep. de Salto — las inclusiones de vidrio, metidas en la roca como gotas, alcanzan casi el tamaño de una manzana. La roca se ha empleado en la construcción del puente de piedra sobre el río citado

y fué explotado en la vecindad. El vidrio, negro como alquitrán, se ha desprendido en la mayor parte. En otro yacimiento (N.º 2) — meláfido segregado en lajas y columnas, — proveniente del Paso de los Novillos — las inclusiones de vidrio tienen un color menos intenso y un tamaño sólo de una arveja, y en el último punto (N.º 3) — cantera cerca de Melo — la substancia en cuestión alcanza sólo el tamaño de un botón grueso de alfiler, más se encuentra en gran cantidad (lám. 8, fig. 19). La roca en cuestión incluye algunas pocas almendras.

Bajo el microscopio dichas rocas se caracterizan por la falta de olivina y de augita de solidificación intratélúrica. En las rocas N.º 2 y N.º 3 la estructura porfídica resulta por aumento en tamaño de algunas plagioclasas juntas en cúmulos (se hallan en su composición entre labradorita y bytownita). El vidrio en el N.º 1 tiene color amarillento-bruno, en el N.º 2 es amarillo de cromo, originalmente verdoso, y en el N.º 3 es de color amarillo verde. Se halla en los intersticios entre los listones de feldespato y tiene, pues, configuración angulosa. Con el avance de la devitrificación la inclusión se redondea y el márgen se vuelve arquiforme. Dicha parte tiene color más obscuro, sucio, y consiste en varias cintas paralelas. También en el interior de la inclusión, se muestra a veces un arreglo esferolítico. La coloración clara pasa paulatinamente a un bruno rojizo, turbio, más o menos obscuro, junto al cual aparecen grandes cantidades de productos triquíticos. Juzgada según la cantidad de ellos, la roca N.º 3 era muy rica en masa fundamental amorfa.

Como representante de las rocas porfídicas ya a simple vista, voy a mencionar un producto débilmente amigdaloides proveniente del Dep. de Durazno (campo Sucesión Márquez, más o menos 20 km al NE de Molles, Col. Flossdorf). La estructura aquí difiere en el mayor grado del arreglo general, intersertal y es aproximadamente hialopilitica. Fenocristales son o numerosos feldespatos de mayor tamaño, pertenecientes a la masa fundamental o cristales lamelares (bytownita). Mucho menos abundante se halla la augita en dos generaciones. La olivina se encuentra en pequeña cantidad, transformada y resorbida casi hasta la supresión de los caracteres del mineral. En otra roca análoga, de grano fino, que alterna con arenisca y proviene del ángulo agudo que incluye el Río Queguay con el arroyo del mismo nombre (Dep. de Paysandú), la relación de edad entre la augita (diópsido de magnesio?)

sorprendentemente prismática y el feldespato de primera generación listoniforme, se indica fácilmente por medio de cristales que han crecido a través del piróxeno. La roca contiene poca olivina e iddingsita, en cristales mal definidos, y resulta ser rica en magnetita. Pertenecen además a este grupo el meláfido navítico napiforme, descrito en 91, pág. 226, que se encuentra cerca de la Estación Pampa. También en este caso, la olivina es de carácter iddingsítico.

Mayores cantidades del mismo mineral — siempre en cristales descompuestos y mal definidos — contiene un meláfido amigdaloidal de estructura igual diabásica que se encontró en el camino entre el A. Malo y el pueblo de S. Gregorio, situado en el Río Negro. La roca descansa aquí en forma de napa sobre la arenisca.

De los pocos casos, donde la transformación de la olivina ha provocado la formación de masas serpentínicas, voy a citar una roca que aflora cerca de la Estación Agronómica de Bañado de Medina. El meláfido de grano igual, que perfora las areniscas de la edad de los estratos de Passa Dois, contiene grandes cantidades de masa fundamental vítrea, que en parte, todavía, tiene color verdoso, y en otra parte se ha transformado, como ya fué descrito más arriba, vidrio que se puede confundir con agregados serpentínicos. Otros productos de la misma índole, provenientes de Tacuarembó y del valle Edén, se describieron en 91, pág. 226, bajo el nombre de diabasa. Alternan, en los puntos indicados, con arenisca. Se trata de meláfidos de color gris-verdoso y de aspecto mate que de vez en cuando se han descompuesto enteramente y están segregados en productos esféricos. En estas rocas, las sustancias de descomposición serpentínicas, desempeñan un papel, como lo demuestra una investigación detallada. La roca incluye pocas almendras que llegan hasta el tamaño de un puño.

La tendencia de nuestros meláfidos de formar rocas amigdaloides, se halla altamente extendida y se observan, de un lado, todos los estados intermediarios entre almendras aisladas y chicas hasta muy grandes, y, del otro lado, entre poros finos y el conjunto de una escoria gruesa. Inmensas cantidades de soluciones silíceas han entrado en los poros de vapor — raras veces también en los espacios huecos formados por destrucción de ciertos fenocristales (91, pág. 216) o de la masa fundamental vítrea (cantera de meláfido de Melo) —, y los cauces, ricos de escombros, de muchos arroyos en los departamentos del Noroeste, consisten en acumulaciones densas de las almendras muy conocidas de ópalo, ágata, cuarzo, y

amatista. Algunos de las yacimientos más importantes indica R. MARSTRANDER (57, mapa principal). Las géodas rellenas de cristal de roca, alcanzan un tamaño de 50 cm y más aún en diámetro. El mineral se encuentra no sólo en cristales tanto grandes como chicos, sino que descansa, en numerosísimos individuos chicos, brillantes, sobre un fundamento de aspecto racimoso-noduloso. En casos más aislados, el arreglo de los cristalitos se hace en forma de estalactitas. El color de la amatista ciertas veces se ha vuelto, bajo la influencia de los rayos solares, a tonos violeto-brunos y bruno-amarillentos y finalmente el mineral se descolora completamente.

Mucho menos común es el hallazgo de zeolitas; un yacimiento de agujas muy lindas de mesotipo, arregladas en manojos de hasta 8 cm de largo, lo he podido constatar en el Cerro Lujan, más o menos 25 km al Oeste de Tacuarembó (véase lám. 5, fig. 11). También se puede constatar la calcita, como relleno de almendras de origen acuoso. Gracias a la amabilidad del Estanciero Sr. BAUM, recibí una roca amigdalóidea, encontrada cerca del Arroyo José Fernández, Dep. de Artigas, que incluye un romboedro poco transparente de color amarillento, cristal, que alcanza el tamaño de una nuez. Bien conocidos, y provenientes del Uruguay, en los ejemplares más típicos, son las almendras de calcedonia, conocidas bajo el nombre de enhidritas (hidrólitos), es decir géodas, rellenos con líquido y aire junto con vapor de agua, géodas que se encuentran sólo en un lugar, cerca de la Estación Tres Cruces, de la línea férrea de Isla Cabellos a San Eugenio (Dep. de Artigas). Los productos interesantes están embutidos, todavía, en la roca, un meláfido de grano fino, o se desprenden fácilmente, de manera que se hallan en el campo, tantas veces en estado roto y libres de líquido.

El origen de los hidrólitos se ha discutido de nuevo por R. E. LIESEGANG y J. RENCK, pero ya C. GÜMBEL ha dado una descripción detallada de los productos con su contenido de sustancia líquida. Esta contiene, según análisis descritos por GÜMBEL, casi 0,0032 % SiO_2 , es decir más que el trentenio de la cantidad que, según BISCHOFF, el agua pura es capaz de disolver. Tal vez un contenido en carbonato de álcali favorece esta solubilidad aumentada (véase anteriormente). GÜMBEL compara bien las hinchazones calcedónicas concéntricas de la superficie, verrugi- o flaniformes, más o menos regulares, con las exsudaciones resinoideas o gomoideas de ciertos

árboles y llama la atención hacia la semejanza con los anillos de silificación de muchas conchas de moluscos, que han pasado a substancia silícea.

Me pareció interesante estudiar las secreciones de ágata y amatista en su cama original ⁽¹⁾. Ya C. GÜMBEL ha mencionado los grandes pozos de ágata situados en el A. Catalán, en el Dep. de Artigas, pozos que, en parte, pertenecen al Sr. JULIUS SCHUCH, que ha inmigrado desde Oberstein (Alemania) hace más de 50 años. Los pozos se encuentran en gran cantidad en las nacientes de los arroyos y explotan un meláfido bruno - oscuro completamente descompuesto que incluye, en algunos lugares, almendras de ágata de un tamaño a veces mucho mayor que una cabeza y de aspecto poco vistoso como además secreciones de amatista de menor tamaño.

La lám. 12, fig. 32, muestra uno de los productos mencionados en primera línea, embutidos en la roca, un poco debajo de la superficie.

Según 1, la cantidad de ágatas, amatistas y productos semejantes, exportados del Uruguay, ha variado mucho durante el lapso de los años de 1903 hasta 1912, alcanzando el máximo en 1908, de 116.630 kilos, mientras que en el año siguiente la cantidad sólo tenía el importe de 5113 kilos. Las piedras semi-preciosas, casi en su totalidad se han adquirido hasta la fecha por intermedio de los agentes de las casas importadoras respectivas en Idar y Oberstein (Alemania), donde se encuentra el centro de la industria de talla y pulido de dichos productos.

Entre las inyecciones de sílice en el meláfido, que están en relación íntima con el rellenamiento de sus poros, voy a mencionar vetas con material de fractura concoidea, vetas de poco espesor, en parte con estructura criptocristalino-cuarzosa, en parte parecidas a la piedra córnea, lustrosas, y con color verdacho-oscuro. La intensidad de su coloración es tanto mayor, cuanto más ceroso y parecido a la piedra córnea sea su brillo. El mencionado propietario de los pozos de ágata denomina la roca «jaspe». La definición

(1) « Por el Ministerio de Industrias, Trabajo e Instrucción Pública se ha resuelto comisionar al geólogo Sr. CARLOS WALTHER, para practicar una inspección geológica e informar sobre la extensión de una veta de piedra amatista existente en campos del estado, situados en la primera Sección del Dep. de Artigas, para cuya explotación ha solicitado la autorización correspondiente el Sr. SEVERINO MACHADO » (« El Siglo » del 18 de Junio de 1909). Por carecer, en aquel tiempo, de toda base topográfica, solicité del Ministerio indicado una copia de los planos de aquel paraje. Habiendo renunciado entre tanto el entonces Ministro de Ind., Trabajo e Instr. Pública, Sr. Dr. A. GIRIBALDI, el asunto en cuestión se suspendió enteramente.

« jaspe oriental », quiere decir « heliotropo », en efecto bastante se le asemejaría (véase también lo dicho anteriormente sobre rocas análogas, halladas en la Provincia de Misiones). Los productos descritos se encuentran, tanto en el A. Catalán como en los alrededores de Salto, junto con vetas de descomposición terrosa, de color verde de malaquita ⁽¹⁾, zonas que consisten en substancia rocosa densa de algunos dedos de espesor interpuestas en el meláfido. En estado fresco tienen color decididamente azulado-verdoso e incluyen en su interior pequeñas interposiciones coloradas del tono de ferrumbre, que, mojadas con HCl, producen viva efervescencia. La substancia coloreante aun tiene, vista bajo el microscopio, un color verde vivo y se concentra generalmente en productos irregulares esferoidales que tienen un diámetro hasta de 1 mm. El cemento silíceo consiste en parte de cuarzo, en parte de mineral de fibras finísimas, que indican doble refracción más alta que aquel. El mineral fibroso muestra allá, donde no se encuentra en acumulaciones crespas, un arreglo radial. Pero, mientras que las partes cuarzosas se han impregnado con la substancia coloreante verde, las fibras fueron destruidas, con excepción de pequeños restos, y se substituyeron por la entrada de óxidos de hierro y de calcita. Así se explica que las interposiciones coloradas, aparentemente irregulares, se componen, vistas bajo el microscopio, con aumento más fuerte, de productos esferoidales que se tocan como las uvas de un racimo, arreglo, que caracteriza la calcedonia, como es conocido.

Un aspecto microscópico, análogo al descrito, presenta una prueba de la roca llamada anteriormente « criptocrystalina », con la única excepción que el cuarzo se halla aquí en mucho mayor cantidad. Es salpicado en algunas partes con productos esferoidales muy chiquitos, que contienen un núcleo de substancia bruñezca, mientras que el borde es incoloro y consiste de calcita. El hecho

(1) Hay que suponer, que por lo menos una parte de las « denuncias » sobre yacimientos de minerales de cobre en los departamentos del Noroeste se refiera a los productos de descomposición que hemos mencionado. Se sabe que el cobre nativo se halla a veces en piedras amigdaloides melafídicas. Semejante yacimiento encontrado en el Estado de São Paulo, ha descrito E. Hussak y un caso análogo de la Argentina lo hemos mencionado anteriormente.

Un artículo de « La Razón » del 16 de Noviembre de 1916 sobre « Las Minas del Salto » menciona que « el representante general de « The American Industrial Chemical Comp. », Sr. CAMILO LAY, había tenido informes de grandes existencias de cobre, hierro y manganeso en los Departamentos de Salto y Artigas ». Fuera de dichas riquezas se descubrieron también « una mina de diamante y otra de petróleo ».

de que estos productos se han formado por la sustitución de substancia calcedónica fibrosa, de color verde, se conoce allá donde ésta se ha conservado en forma de acumulaciones de mayor cantidad. Estos sitios — en la modificación, llamada anteriormente « de brillo parecido a la piedra córnea » — se destacan de sus alrededores, ya a simple vista, en consecuencia de su brillo ceroso y de su coloración más intensa.

Un preparado delgado de una roca (que, apesar de su fuerte descomposición, se puede definir como meláfido), roca que está impregnada fuertemente con pequeñas interposiciones verdes, indica que éstas se han formado por la transformación de la augita, bajo secreción simultánea de substancias ferríticas, proceso que sustituye la augita, primeramente en los intersticios entre los listones de feldespato, y que produce después concentraciones mayores.

Resumiendo lo antedicho hay que observar que se trata en nuestro caso de mezclas cuarzo-calcedónicas de substancias parecidas al plasma o heliotropo, siempre que se reconozca la seladonita como substancia coloreante de la calcedonia.

En otros casos la silificación se ha extendido hasta trechos mayores. Semejante observación se hizo especialmente en el Cerro María Piquí (Dep. de Paysandú), altura mesetiforme, compuesta de roca amigdalóidea, de estructura originalmente escoriácea, impregnada secuudariamente por soluciones silíceas. Por destrucción de las paredes de los poros se ha formado aquí un paraje sumamente áspero y estéril ⁽¹⁾.

En lo que respecta a la transformación de sedimentos en contacto con meláfidos, C. GUILLEMAIN ha mencionado ejemplos de rocas fritas encontradas en el Dep. de Cerro Largo. Por la Colección FLOSSDORF, mi atención se dirigió sobre productos de contacto instructivos, provenientes del campo del Sr. D. NAVARRETE al S E de

(1) Muestras muy extrañas y hermosas, que, como me han indicado, provienen del mismo departamento, son muy parecidas a hidrólitos rotos. Se hallan en venta en la Joyería de A. WILB, en Montevideo. Se trata aquí de substancia calcedónica, que se ha depositado en parte, como un plato con bordes sollevantados y en rodetes concéntricos alrededor de un núcleo de roca extraña. Los rodetes consisten en camadas delgadas compuestas de fibras que están arregladas en dirección radial. La orientación de las fibras es la misma en la muestra entera. Pero, mientras que el lado exterior del plato, tiene superficie mate y presenta solamente el aspecto de depósitos silíceos amorfos y mesenterinos, la parte interior tiene un brillo muy sedoso, en consecuencia del arreglo paralelo de las fibras calcedónicas (o mejor dicho, atados de fibras), producidas por transformación del estado coloidal de la substancia silícea. Dichas fibras, hacia el borde tienen un tamaño mucho mayor que en el interior del « plato », más aquí el lustre sedoso alcanza su grado máximo y al mismo tiempo estas partes se distinguen por una coloración característica azul grisácea.

Melo. Se encuentra, en el punto indicado, una arenisca, en parte conglomerática originalmente arcillosa, cuya coloración se ha vuelto rojo - violácea, por el contacto con la roca eruptiva. Su sedimentación original se ha conservado en la forma de pequeñas diferencias de color y por interposición de camadas de grano más fino como de grano más grueso. En otro caso — yacimiento en el camino de Melo a Artigas, a 5 km al E de la llamada ciudad — el fritamiento que han sufrido las pizarras arcilloso-bituminosas, se deriva de la acción de filones estratiformes que han salido de un meláfido y se han efundido entre los sedimentos (véase anteriormente).

Muy abundantes, en los departamentos del Noroeste, resultan ser los casos, donde yacimientos de arenisca han recibido un fritamiento por napas melafídicas sobrepuestas o intercaladas, napas, que en el primer caso fueron denudadas, en muchos lugares. La misma observación describe WHITE en el Brasil. La influencia metamórfica de la roca eruptiva, se demuestra también por el hallazgo de filones de cuarcita de un espesor de unos centímetros, que atraviesan un afloramiento de meláfido al S de Tacuarembó. Es posible que semejantes filones se hayan formado por rellenamiento, con polvo arenoso de las fisuras del meláfido que estaba solidificándose, y hayan sido transformados, de esta manera en cuarcita. La misma observación se hace también en las canteras de arenisca al W de la ciudad mencionada.

III. FORMACIONES NEOZÓICAS.

El descanso inmediato de los sedimentos terciarios sobre los estratos de São Bento, como miembro más moderno de la Formación de Gondwana, no he podido observar en ningún punto, con excepción de los casos poco importantes, constatados en la parte oriental del Dep. de Río Negro, donde el Terciario yace sobre las napas melafídicas de la edad de las rocas eruptivas de Serra Geral. Hay que dudar de la probabilidad de poder encontrar un punto tan favorable, donde la arenisca de São Bento tectónicamente levantada, se halle tapada por capas terciarias de posición horizontal. El hecho que las últimas — donde su grano no sea flojo — se caracterizan por una ausencia típica de estratificación, excluye

casi por completo aquel hallazgo feliz. De esta manera sólo puede hacerse cuestión segura de una discordancia de erosión en el yacimiento del Terciario, fenómeno, que adelantó la denudación de los miembros de la Formación de Gondwana. Grandes cantidades de material de destrucción, pelítico y psefítico, pero especialmente psamítico, se depositaron en lechos anchos de inundación — el estado primordial del sistema fluvial de hoy — y se cementaron por soluciones silíceas, calcáreas y de hierro.

Ya en la introducción de esta publicación, se dirigió la atención sobre el punto, de que no es fácil, en todas partes, de distinguir los depósitos terciarios muy pobres en fósiles ⁽¹⁾ de los sedimentos de Gondwana casi libres en estos restos. Como se lo observa en estos sedimentos, se hallan también en el Terciario tanto depósitos de grano muy flojo como cuarcíticos, muy endurecidos y su aparición se limita no sólo a la vecindad de las grandes arterias de agua del Río Uruguay, Río Negro y Río Yi, si no que se extienden en sus ramales hasta muy adentro del país, hasta los Dep. de Tacuarembó y Cerro Largo.

Así se hallan areniscas flojas, poco estratificadas y arenas de color amarillento en el Paso de los Novillos (A. Tacuarembó Chico), donde la roca incluye numerosas concreciones de limonita, como además en el Paso de la Laguna, Río Tacuarembó, y en el Paso de las Toscas (A. Caraguatá), donde descansan sobre areniscas de Estrada Nova, rojizas y deleznales. Productos de estructura muy compacta, afloran poco al S E de Salto, en el camino al Paso de la Cadena. El sedimento incluye numerosos rodados y es fuertemente silificado. Otra región de sedimentos análogos se halla entre Guichón, el Cerro Itacabó y el Paso Quinteros sobre el Río Negro. Aquí aflora la cuarcita, amenudo muy agujereada por desaparición de sus inclusiones calcáreas y silíceas, en peñascos ásperos, no estratificados. Un paraje apropiado para el estudio de los sedimentos terciarios, de composición muy variable, es aquel entre Durazno, Carmen y 30 km al Norte de este punto, en el camino a S. Gregorio.

Teniendo en cuenta el predominio de la red fluvial del Río Uruguay y Río Negro, se comprende la extensión de los depósitos terciarios, fluviogéneos y se verá que el Dep. de Río Negro, intro-

(1) Parece que el yacimiento de fósiles se reduce a una faja angosta de rocas calcáreo-arenosas en los Dep. de S. José, Colonia y Soriano. Debido a la deferencia de un estudiante, recibí varios gastrópodos parecidos a *Natica*, restos provenientes del Cerro Correntino, algo aguas arriba de Mercedes.

metido entre estas dos arterias fluviales, está cubierto por tres cuarto, de aquellos estratos. No era pues posible, en consecuencia a esta capa terciaria, indicar, en el cróquis, lám. 15, fig. 36, con más exactitud el límite entre el Fundamento cristalino y la Formación de Gondwana.

También en el territorio de las arterias fluviales que se dirigen hacia el Río de la Plata y el Océano, no se excluye una equivocación entre los sedimentos terciarios y aquellos de la Formación de Gondwana, y tanto más, habiéndose demostrado que los centinelas más avanzados de la Formación de Gondwana se han promovido hacia el Sud, hasta el Río de la Plata. Así por ej. se ha observado, entre el pueblo de Tala y la ciudad de S. Ramón, una arenisca rojiza que sorprende por su estructura maciza, roca que se podría atribuir, juzgada a primera vista, a la Formación de Gondwana. Su falta absoluta de estratificación y su recubrimiento por caliza floja, como además la vecindad de un yacimiento de arenisca roja (« arenisca de Palacio », véase adelante), obligan a atribuirla a la Formación terciaria.

Las investigaciones anteriores sobre los sedimentos terciarios (96, pág. 7) habían empezado en la Playa Capurro, cerca de Montevideo ⁽¹⁾.

Se observa aquí un perfil instructivo, donde ya según la colocación se distinguen dos horizontes, uno yaciente de tono claro blancuzco-amarillento, de una altura máxima de 3 1/2 metros y otro pendiente de color bruno sucio, de una altura de 15 a 20 metros (96, lám. 1, fig. 1). Mientras que litológicamente hay que definir el primero como una arena poco cementada, por parte pura, por otra parte muy arcillosa, el último es representado por un limo conteniendo arena finísima. Lo que interesa de la arenisca floja, que descansa sobre el Fundamento cristalino, es su alto contenido en carbonato de calcio, que aparece como masas concrecionáceas banquiformes y se destaca bien por su mayor resistencia (96, fig. 2). Es esta la verdadera « tosca », palabra que indica un exterior irregular y áspero. En los alrededores de Montevideo no se observa más este horizonte, en cambio se encuentra un yacimiento análogo sito en una barranca cerca de Colonia, donde la tosca forma parte esencial en la composición de los sedimentos. No se pudieron constatar hasta ahora

(1) Es seguro que la zona angosta de los sedimentos neozóicos más antiguos de ese lugar, pronto desaparecerá completamente a raíz de su destrucción por el agua.

fósiles en estas arenas arcillosas, arcillas arenosas y areniscas flojas, situadas en la costa del Río de la Plata, pero, si avanzamos solo 2 o 3 kilómetros tierra adentro, encontramos aquí, en el camino que va a Carmelo, y en una altura de 25 a 30 metros sobre el Río de la Plata, bancos conchíferos, que afloran en pequeñas fosas, y se explotan para la fabricación de cal pura ⁽¹⁾. Ya CH. DARWIN ha mencionado esto y ha clasificado las conchillas con el nombre de *Ostrea patagonica* D'ORB. Un banco de una altura hasta 1,70 metros consiste casi exclusivamente de las conchas grandes y gruesas de este fósil característico (Leitfossil) del Piso Paraneano (Paraná-Stufe) y sobrepuesto por limos humificados hacia arriba, de una altura de 1 a 2 metros, como lo hemos observado en la Playa Capurro. El yaciente de los bancos conchíferos no está descubierto, pero DARWIN menciona que se ha encontrado en Colonia, con ocasión de la fundamentación de una casa, una gran cantidad de *Ostrea patagonica*, descansando directamente sobre el gneis.

Semejantes bancos conchíferos se observan más hacia el Oeste, por ejemplo en un desmonte del ferrocarril industrial entre el puerto y el pueblo de Conchillas, 4 o 5 kilómetros tierra adentro. Además lo observamos en puntos situados aguas arriba del pueblo de Carmelo, cerca del Arroyo de las Víboras y también en la Punta Gorda entre Carmelo y Palmira. Son estos los sedimentos relativamente más antiguos y demuestran su edad, ya sea por su elevación (alcanzando más o menos 30 metros), ya sea por su distancia del Río de la Plata. Dichos sedimentos son los testigos del hecho conocido, de que la playa uruguaya del Río de la Plata y, en conexión, la costa hasta muy al norte del Brasil, se ha levantado considerablemente desde el tiempo mencionado. Bancos conchíferos situados sobre el Río de la Plata, bancos cuya edad llega hasta el tiempo presente, atestiguan lo afirmado anteriormente (véase más adelante). Además una sola mirada sobre las lagunas litorales de la costa atlántica del Uruguay, lagunas que empiezan a presentarse en la parte Sur del país y que continúan hasta el Brasil, demuestra que el movimiento epirogenético no ha llegado todavía a su fin.

Como formaciones litorales de un Río de la Plata, antiguamente marino, se documentan nuestros bancos conchíferos más antiguos, tanto por su carácter litológico, como por su contenido paleontológico. Así se encuentran cerca de Colonia, descansando

(1) La tosca es muy impura por su contenido de arena.

sobre los bancos fosilíferos, cantos rodados, y, cerca de Conchillas, los fósiles están incluidos en acumulaciones de caliza interpuesta en arena gruesa conglomerática. Un caso análogo lo observamos aguas arriba de la embocadura del Arroyo de las Víboras. La caliza de aspecto cristalino, bastante compacta, incluye granos gruesos de cuarzo. Fósiles característicos que, como parece, quedan limitados a los bancos más antiguos, son la gran *Ostrea patagonica* D'ORB., la muy pariente *O. Alvarezii* D'ORB. y además pocos ejemplares de grandes especies del género *Macra* y gastrópodos de la afinidad de *Trophon paranensis* BORCHERT.

En las partes superiores de la barranca de Punta Gorda, no he podido observar nada de las dos ostras mencionadas que se hallan en abundancia cerca de Colonia, en cambio, encontré muchos ejemplares de la *Ostrea puelchana* D'ORB., especie que aún vive.

Mientras que aquí siempre se trata de ejemplares con concha, los bancos situados sobre el Arroyo de las Víboras incluyen innumerables «Steinkerne» ⁽¹⁾, que en su mayoría pertenecen a *Venus Muensteri* D'ORB., y además a *Cardium magnum* BORN. Hago especial mención de algunos restos de un colmillo, el cual probablemente pertenece al género *Mastodon*.

Más moderno que esta terraza conchífera, en posición relativamente alta, son los bancos fosilíferos bien expuestos en la barranca, situada entre los Arroyos de San Juan y San Pedro, y que se eleva pocos metros sobre el Río de la Plata. Se trata de acumulaciones locales de caliza, ricas en fósiles, intercaladas en parte en forma de nidos, en parte como bancos de poca altura (atenuados hasta el espesor de un dedo), entre areniscas flojas o arenas poco cimentadas, a veces muy arcillosas de tono claro. Fuera del *Cardium Magnum* y de la *Venus Muensteri*, se encontraron en los bancos de la barra de San Juan (bancos en parte muy ricos en conchas chicas de una Venus), las siguientes especies: *Nucula puelchana* D'ORB., *Macra patagonica* D'ORB. ⁽²⁾, *Venus Burmeisteri* BORCH. ⁽³⁾ y un «Steinkern» bastante descompuesto de un gastrópodo análogo a *Voluta nodulifera* BORCH.

Si seguimos aguas arriba del Río de la Plata, encontramos en gran extensión formaciones puramente fluviales, especialmente

(1) Rellenamiento pétreo del interior de la concha.

(2) Los ejemplares en parte son más altos que los de BORCHERT (12, lám. III, figuras 27 y 28) y muestran un vértice muy prominente. Además son análogos a los ejemplares de BORCHERT y también a la especie reciente que ha descrito A. D'ORBIGNY.

(3) Un ejemplar mal conservado, cuya definición no está completamente segura.

allá, donde el ramal más importante del Uruguay, el Río Negro, desemboca en él, y de aquí más arriba en la red fluvial.

En contraposición con la consistencia floja de los yacimientos de carbonato de caliza, llamados « Tosca », los bancos de caliza son muy amenudo bastante compactos. Están expuestos en canteras cerca de Mercedes. La roca siempre es de naturaleza algo arenosa e incluye a veces bastante cantidad de cantos rodados más o menos grandes. Los horizontes pendientes de esta caliza arenosa fluviogénica, que en otras partes pasa a arena calcárea, son más pobres o libres en el carbonato, y se distinguen por colores débilmente rojizos, un horizonte, que se constata a menudo cerca de Mercedes.

Antes de seguir con las observaciones en dicha región, hay que describir los apuntes hechos en el Este del país.

Al Este de Montevideo, en los Dep. de Canelones, Maldonado y Rocha, no ha sido todavía posible de encontrar los bancos de moluscos descritos anteriormente, solamente se han observado depósitos libres de fósiles, de edad menor, que están situados por eso en un nivel poco elevado sobre el Río de la Plata. Dichos depósitos son de composición areno-arcillosa y tienen camadas casquiosas. Se pueden estudiar dichos depósitos en la playa, a 40 km al E N E de Montevideo, cerca del balneario Atlántida⁽¹⁾; se caracterizan aquí — lo que se puede constatar también en el Dep. de Rocha y en escala mucho menor, en la Playa Capurro — por un horizonte impregnado con limonita, de un espesor hasta más o menos de 50 cm, banco, que en algunos puntos pasa a pequeñas concreciones. Por su color amarillento-bruno, se destaca bien de las arenas claras y se puede distinguir ya desde lejos. Poco al Este del balneario y de la Punta Negra, que consiste de un gneis granítico con filones de pegmatita, el horizonte limonítico es visible en la barranca, a 1-2 m bajo la superficie; aquí se destaca especialmente una crosta de 2 a 3 centímetros de espesor, consistente en arena cementada por limonita.

En contraste a dichos productos más modernos y flojos, que pasan al limo pampeano, una propiedad petrográfica caracteriza en alto grado los sedimentos algo más antiguos y es este su silificación y cementación por soluciones de color rojo vivo.

(1) Corrientes de agua que vienen del interior, han producido aquí un paisaje de erosión fantástica, en las arenas poco cementadas. En ellas se encontraron trozos astillados de pedernal, de los cuales uno parece labrado.

Así vemos, en una cantera cerca de Mercedes, que las partes pendientes de la caliza mencionada forman una zona caracterizada por fajas y nidos gruesos de substancia silicosa de tono claro, sobrepuesta por una capa calcárea debilmente rojiza de un metro de espesor. En la barranca pintoresca del A. Perico Flaco — una localidad mencionada ya por DARWIN — se compone la parte pendiente en una altura de 2 a 3 metros, de un pedernal, color rojo sangre con superficie muy corroída, lo que se explica probablemente por un contenido original de carbonato, secundariamente disuelto. Debajo de este horizonte sigue otro de color débilmente rojizo, cuya situación relativa a las interposiciones de sílice, cambia como parece. También él está, a veces, impregnado con sílice.

Semejantes calizas silíceas, geológicamente modernas, se encuentran a veces en el Sur del país, así por ejemplo, cerca de la Estación Isla Mala, de la línea de Montevideo a Durazno y además, en partes pertenecientes al valle del A. Marincho (Dep. de Flores) y en las del A. Grande superior, en el límite entre el citado departamento y el de Soriano. DARWIN menciona un yacimiento de esta especie en las nacientes del A. San Salvador (entre las Estaciones La Lata y Drabble), « donde el camino pasa sobre un terreno extenso de rocas de jaspe con mucha ágata lechoidea ».

En lo que respecta a los productos contemporáneos que se manifiestan por su color rojo vivo, tenemos que empezar nuestros estudios con un documento de la naturaleza, cuyo carácter parece difícil de averiguar y cuya singularidad ya dió ocasión a explicaciones muy fantásticas. Se trata de la « Gruta del Palacio » en la Cuchilla de Marincho, en el Dep. de Flores (96, lám. 2, fig. 3 ⁽¹⁾). Se llega al paraje, conocido bajo el nombre de « Rincón del Palacio », en un viaje de cuatro horas, desde la ciudad de Trinidad.

Basándose en las ideas de M. ISOLA, la opinión prevaleció hasta ahora, que el yacimiento geológico llamado con algún bombo « Palacio », sea una construcción de los indios, habitantes antiguos del país. En contra de esta opinión, ya antes se ha dicho, que formaciones análogas se encuentran en bastante extensión en el paraje en cuestión. Y en verdad, he observado en el Sur del Uruguay, casos análogos en varias regiones bien distantes entre sí, en primera línea, en los alrededores de Mercedes y aguas

(1) De fuente fidedigna recibí noticia de un yacimiento análogo no lejos de la Estación de Palmitas, 30 a 40 km distante del Río Negro y situado en la línea férrea a Mercedes.

arriba de esta ciudad, en el A. Vera, ramal izquierdo del Río Negro, después cerca de Carmelo, en el Río Santa Lucía, en el Dep. de Canelones y últimamente en Molles, Dep. de Durazno. Se trata, pues, de depósitos de bastante extensión. Volvámonos a la descripción de la Gruta del Palacio !

Está situada en una débil depresión llenada con depósitos limosos y libre de afloramientos. La roca que compone la gruta se puede observar en casi todas las partes del margen superior del valle. Se destaca en forma de una cornisa débil, cornisa que en las partes reproducidas por las fotografías, es bastante marcada, porque fué expuesta al día artificialmente, en una anchura de más o menos 15 metros. Se ve por eso el perfil muy extraño consistente en un « techo » de 70 a 100 centímetros de espesor, descansando sobre « columnas » gruesas, irregularmente distribuidas, de un espesor y de una altura a veces más grandes que los de un hombre (96, lám. 2, fig. 4). Entre estas columnas se observa, en partes interiores de la gruta muy ramificada, una arenisca floja de color débilmente amarillento, poco calcárea, roca que no permite entrar más adentro. Hacia la entrada, la arenisca se encuentra más o menos deslavada, a causa de la destrucción por las aguas goteadas por el techo. Esta actividad efectúa un socavamiento del techo, y un aligeramiento de las columnas; el techo sucumbe y priva a las columnas de su abrigo, originando su desaparición. De tal suerte retrocede esta interesante formación más y más, y, teniendo sólo una profundidad limitada, va a desaparecer completamente en un tiempo relativamente corto, si no se hacen esfuerzos para impedir su destrucción.

Si, pues, el « Palacio de los indios » no es construcción humana, en todo caso es digno de ser conservado por representar un documento geológico muy interesante. Con respecto al material del techo y de las columnas, hay que decir que consiste en una roca que tiene, en estado fresco, color rojo vivo y es de carácter concrecionáceo, apenas sedimentado. En las partes donde se halla algo descompuesta, resulta ser bastante floja y de una estructura en parte conglomerática. Pedazos, en parte, hasta más grande que una nuez, débilmente redondeados, de color rojo vivo, están englobados en una masa más clara y floja, encontrándose por eso a veces destruida. La relación entre trozos y cemento es tal, que el último muchas veces desaparece. Común a ambas partes es la riqueza en granos de cuarzo, que se ven bien bajo la lente. En el futuro la roca descrita será llamada Arenisca de Palacio.

Antes de dar una explicación del «palacio», voy a comunicar lo más importante de las observaciones hechas en yacimientos análogos.

La fig. 5 de la lám. 3 en 96, sacada en los alrededores del A. Vera, muestra la aparición geológica de nuestro producto, es decir, zonas rocosas muy amenudo interrumpidas, de una extensión longitudinal en parte bastante grande, que rodean depresiones débiles, y descansan, como parece, sobre el limo pampeano ⁽¹⁾. El perfil constante de éstas filas cornisiformes, se ha reproducido en 96, lám. 3, fig. 6; consiste en su parte pendiente de roca roja concreciónacea, segregada, por la descomposición, en bloques gruesos y en el yaciente de arena floja de tono claro. El mismo aspecto ofrecen peñascos en forma de un púlpito, restos de una formación antiguamente mucho más extensa. No son raros estos en los alrededores de Carmelo, donde igualmente se levantan sobre el limo pampeano.

Un poco más completos son los perfiles observados cerca de Mercedes. Aquí el producto rojo es, como ya se conoce desde el tren, muy extendido y forma alturas mesetiformes. Los mejores afloramientos se encuentran detrás del hospital, donde, en varias canteras, se extrae la roca, empleándola, por falta de mejor material, para pedregullo. Se presta, pues, muy poco para este fin, de manera que con tiempo tormentoso, las calles de la ciudad están envueltas en nubes de un polvo rojo-bruno. Últimamente se importan adoquines de granito.

La parte pendiente en las canteras, está formada por una napa hasta de 3 metros de espesor de tosca, de color blanco sucio, de edad más moderna, mientras que en el yaciente de la roca de color rojo vivo ⁽²⁾ compuesta de trozos redondeados, se encuentra, como en los perfiles anteriores, una arena o arenisca, en parte todavía calcárea, por la cual penetran varias «columnas» hasta de 100 centímetros de espesor. Aparecen estos productos en otras partes, como travesaños en miniatura, en parte perpendiculares, y en parte horizontales, los cuales producen manchones en la roca.

(1) CH. DARWIN escribe: «Además se ve en una parte escarpada de la zanja de Las Bocas (se trata probablemente del A. Las Vacas, WALTHER), una arenisca roja descansando sobre una capa espesa de limo pálido también igual a la Formación pampeana, que contiene concreciones abundantes de una tosca verdadera. Esta arenisca se extiende sobre muchas leguas del país y es tan roja como las escorias volcánicas de tono más vivo; pasa a veces en una arenisca blanca con zonas rojas».

(2) Los espacios huecos y canales finos, creados por la destrucción del cemento de los trozos, son tapizados con una capa delgada de substancia azulada negra (véase más adelante).

El último yacimiento que voy a mencionar aquí, situado cerca de la Estación de Molles (Dep. de Durazno), se distingue por la frescura relativa del material y aflora en varios desmontes del ferrocarril. Muestra aquí la misma estructura conglomerática, de nódulos rojos, cuyo cemento arcilloso (?) en su mayor parte se ha destruido (véase la figura en 96, pág. 17).

También aquí se encuentran tanto prolongaciones del «techo» en forma de columnas y espitas en la arena yaciente, como además, incluido en la última, trozos rojos bombiformes, mientras que en la superficie, cerca de los desmontes, se presenta otra vez el aspecto arriba explicado de bloques gruesos, irregularmente distribuidos.

En lo que respecta a la investigación microscópica y química de los productos en cuestión, las secciones delgadas pertenecientes a las rocas rojas de Molles y de Mercedes, revelan una arenisca cuarzosa de grano fino, redondeado y de un diámetro inferior a un milímetro, granos que se juntan por un cemento que aun bajo el microscopio, tiene color rojizo-amarillento, como también rojo-bruno. Estudiado entre Nícoles cruzados, el cemento aparece en gran parte anisótropo y de estructura escamosa. Envuelve a los granos de cuarzo con un manto delgado y aparece además en pequeños productos concrecionáceos casi globiformes. Estos alcanzan un diámetro de 0,1 mm; los espacios huecos arquiformes que quedan libres en el contacto de los granos de cuarzo, están rellenos con bastante cantidad de partículas negras irregulares, de origen probablemente orgánico. Estas sustancias descansan, en parte, en una masa de aspecto isótropo de carácter probablemente silíceo. En su mayoría están incluidos en un mineral que en parte es deslavado, y en parte se ha conservado en granos sueltos o juntos, a la manera de un mármol. Sus propiedades ópticas lo hacen definir como yeso, definición que se confirma por el análisis químico.

El análisis químico coincide con el resultado de la investigación microscópica. Sin embargo, sorprende el contenido bajo de Fe_2O_3 , en comparación con la coloración de rojo vivo.

Mientras que el primer análisis efectuado por mí, representa la composición de la roca sin yeso, relativamente fresca, del desmonte de Molles, el segundo se refiere a un material procedente de la Estancia Bopicuá, al Norte de Bray Bentos (análisis efectuado por el Dr. I. SALKOWSKI).

	II	
SiO ₂ .	78,68	72,86
Al ₂ O ₃ .	6,27	9,10
Fe ₂ O ₃ .	5,41	6,00
MnO .	0,24	n. d.
CaO . .	0,51	1,66
MgO .	0,31	0,74
K ₂ O {	0,74	n. d.
Na ₂ O }		
H ₂ O bajo 105°	2,17	2,85
H ₂ O sobre 105°	6,23	5,70
S.	n. d.	0,06
	100,56	98,97

Se demostró cualitativamente la presencia copiosa de sustancia carbonosa. De ella se deriva la formación de pirita, pues como tal mineral, tenemos que interpretar las incrustaciones azuladonegruzcas en la cantera situada detrás del hospital de Mercedes. De la oxidación de la pirita se deriva el sulfato que, en contacto con los restos de CaCO₃ no sustituidos por el óxido de hierro (véase adelante), creó el yeso. Así se comprenden las efflorescencias del suelo, descritas por J. SCHRÖDER de la vecindad de la « Gruta del Palacio » y de otros yacimientos análogos, llamados por la población « salitre ». Consisten, en realidad, esencialmente de sulfato de sodio.

El origen de las formaciones en cuestión se deriva de lo observado en el campo y en el laboratorio. Según lo que se dijo anteriormente, es seguro que la arenisca roja, cuyo esqueleto proviene de la destrucción de antiguas rocas cristalinas, se formó por la impregnación de una arena, originalmente calcárea. En este acto, el hidrogelo de hierro (posiblemente de carácter laterítico y de composición turjitoidea, véase adelante) substituyó el carbonato, distribuido en la arena, incrustando en parte los granos de cuarzo y, en parte, solidificándose en pequeñas concreciones.

Donde la caliza, como lo hemos expresado en los alrededores de Mercedes, tenía antes una estructura conglomerática y se compuso de un cúmulo de trozos redondeados del carbonato pobre en arena—cúmulo unido por un cemento arenoso débilmente calcáreo—allá las partes más ricas en el carbonato, representaron los puntos de atracción para las soluciones transformantes. Así se explica la composición de la arenisca ferruginosa que consiste en trozos redon-

deados, más o menos grandes, que, si no son el único material de toda la roca, están separados entre si por interposiciones arenosas y por eso fácilmente destructibles. Así se explica, porque la roca al descomponerse, se disuelve en un cúmulo de productos globiformes rojos.

Otro problema, es aquel que se relaciona con el carácter de las columnas que soportan el « techo » del Palacio. Aquí, él que no conoce el origen de la arenisca roja, podría pensar en canales de acceso de una roca efusiva, completamente descompuesta y transformada, o en los caminos de aguas minerales férricas ascendentes, o en agujeros borbotaladores en la arena, secundariamente rellenados, explicaciones que no satisfacen.

El hecho de que las soluciones pseudomorfóseantes vinieron desde arriba, ya se revela, desde luego, por la simple observación que las partes inferiores arenosas se han impregnado menos que las superiores. Aquí, donde prevaleció una arena calcárea, se depositó la mayoría de la solución férrea, mientras que a las partes inferiores avanzaron solo restos de aquella. ¿Y por qué en los productos columniformes?

Nos acercamos a la contestación de esta pregunta, contemplando la barranca del Río Negro, en el punto ya mencionado más arriba, o sea en la embocadura del A. Perico Flaco. Allí se observa, pues, en las dos terceras partes inferiores del perfil de unos 15 a 20 metros de altura (partes que se componen de arena y caliza en varias proporciones), una especie de distribución de los dos componentes, que quisiera definir como una estructura celular en mayor escala. Como en una dolomita de dicha estructura (Zellendolomit), se distinguen aquí paredes divisorias y huecos. Las primeras se representan por paredes verticales y horizontales del espesor de un hombre, consistentes en arena calcárea, mientras que los espacios huecos están formándose por desgaste de la arena pura, incluida entre las paredes. El tamaño de tal nicho calcáreo circundado por un marco calcáreo, es de más de un metro cuadrado. El origen de esta estructura hay que buscarlo en una especie de infiltración de las soluciones calcáreas en la arena, al lado de vías de menor resistencia, horizontales y verticales. Dicha infiltración es análoga a aquella que ha producido los bancos de tosca y los llamados « niños de Loes ».

Si ahora sabemos que se transformaron en primer término las paredes calcáreas por la entrada (desde arriba) de soluciones de

óxidos de hierro, mientras que las partes interpuestas no se han atacado, entonces resulta que este fenómeno no es nada más que una reproducción en mayor escala de aquella observación, según la cual, en la caliza conglomerática, los trozos globiformes del carbonato y de la arena calcárea se transformaron, mientras que el cemento arenoso quedó casi, o completamente intacto. Se destruyó por eso el cemento, demostrándose así la estructura conglomerática.

Resulta de lo dicho, que la arena calcífera, de origen en parte puramente fluvial, en parte (en el Río de la Plata), fluvio marina, y la arenisca de Palacio no son muy distintas según su edad geológica, como ya indicó CH. DARWIN. La roca últimamente mencionada, la vemos siempre en mayor o menor vecindad de los « talwegs » que en realidad no siempre llevan la misma cantidad de agua de otros tiempos, más bien aparecen muy a menudo completamente desecados. Las areniscas rojas que se han vuelto más resistentes contra la denudación en consecuencia de su impregnación, son restos de las terrazas más elevadas y por lo mismo más antiguas; permiten hacer deducciones acerca de la existencia original de la red fluvial, resultando de ellas valores muy elevados. El mejor ejemplo para demostrar este hecho, consiste en el yacimiento de Molles en el Dep. de Durazno, cuya situación, por estar cerca de una estación del ferrocarril, puede fijarse con seguridad, aún si faltasen datos con respecto de su altura sobre el nivel del mar y del Río Negro. Queda situado en el divortium aquarum entre el río últimamente citado y su ramal más acuífero, el Río Yí, distante del primero nada menos que 27 kilómetros y 36 kilómetros del último. Importante también es la distancia (25 kilómetros) de la « Gruta del Palacio » del A. Grande, ramal del Río Negro, y más grande aún la de los yacimientos de la parte inferior del Río Negro, donde arenas fluviales se encuentran en los alrededores de Palmitas, distante casi 40 kilómetros de Mercedes. La distancia máxima (de 40 a 45 km) separa el yacimiento de Piedras Coloradas, estación de la línea férrea, del Río Uruguay. Pertenecen además a este río, yacimientos situados en el Dep. de Río Negro, entre Guichón, el C. Itacabó y el Paso Quinteros. La roca representa en dichos lugares sólo una facies local de las areniscas cuarcíticas con sus formas de superficie ásperas, productos que se han mencionado al principio de este capítulo. También en el sistema fluvial del Río Sta. Lucía, la roca en cuestión se extiende

notablemente hacia las nacientes y aflora por ej. 15 km al SE de S. Ramón.

Todo esto indica un período de inundaciones inmensas, comparadas con las cuales las de hoy en día — que por ejemplo, cerca de la ciudad de Durazno cubren un territorio de varios kilómetros, en extensión diametral — no son más que una imagen muy débil en consecuencia del levantamiento del país por medio del movimiento epirogenético, que produjo la profundización del relieve. Sin embargo, aún hoy en día las corrientes de agua pueden crecer mucho. Así en la entrada del Río Negro en el Uruguay, se constató una cantidad mínima de agua de 20 metros cúbicos por segundo, mientras que el gasto máximo correspondiente tiene un valor de 9000 metros cúbicos!

Sabemos, pues, ahora que las terrazas de la arenisca de Palacio, son los documentos fieles de una riqueza de agua anterior mucho más grande.

Al fin de este capítulo quiero volver al carácter de la mencionada impregnación de las arenas fluviales. Se dedujo del color rojo vivo, que se trata de soluciones de óxidos de hierro pobres en agua, como son característicos para un clima tropical y para regiones ecuatoriales, mientras que, como se sabe, nuestras latitudes se caracterizan por suelos limoníticos, grises (Grauerden).

Sin entrar aquí en la discusión del problema muy ventilado de la formación de la laterita, puesto que en nuestro caso no se trata de una formación de laterita primaria (eluvial), sino de una laterita secundaria (de transporte o aluvial), voy a mencionar la opinión moderna sobre la naturaleza y el origen de los productos lateríticos. Esta es, que la laterita consiste esencialmente de hidratos de Al_2O_3 , especialmente de hidrargilita, en su mayoría acompañado de ciertos óxidos de hierro. Su origen hay que explicarlo de la siguiente manera: en las regiones tropicales se produce — por el grado elevado de la disociación hidrolítica del agua y en presencia sólo de cantidades reducidas de sustancias humosas (que en un clima más templado llevan el hierro) — una descomposición de los silicatos más intensa que la del clima templado.

Cierto es — como ya se ha observado en yacimientos de laterita típica — que el sílice se vuelve libre durante la lateritización y se deposita en otro lugar como ópalo o calcedonia. Y este origen, según mi opinión, hay que atribuirlo a las cantidades abundantes de sílice amorfa que hemos constatado arriba en varios

puntos, y que constituyen uno de los caracteres litológicos más prevalentes de las arenas y calizas areníferas de la red fluvial del Río Uruguay.

Resumiendo, pues, lo dicho, resulta que hay que tratar en conjunto las dos acciones diagenéticas indicadas, es decir la de silificación y turjitización (véase anteriormente). Hacemos, pues, plausible nuestra suposición respecto al carácter laterítico de las infiltraciones, que crearon el «Palacio de los Indios», si constatamos que importante es el rol que desempeñan las soluciones silíceas en la cementación de las arenas y como depósitos estratiformes. Hay que figurarse, que grandes inundaciones periódicas, pero que pronto se habían retirado, fueron interrumpidas entre sí por períodos de fuerte irradiación solar. En estas últimas se ha producido una destrucción del contenido mineralógico de las rocas más antiguas, bajo la creación de productos bauxíticos, turjíticos y silíceos, de los cuales los primeros desaparecieron completamente, mientras que los segundos fueron retenidos allá, donde un contenido mayor en caliza — a veces distribuido aquí y acullá, en forma característica dentro de la arena — los atrajo ⁽¹⁾. A esta atracción y a la desecación posterior se debe la conservación del gel rojo y pobre en agua.

Si derivamos la formación de nuestras areniscas flojas neoter-ciarias y arcillas arenosas, de grandes inundaciones, esto no excluye sin embargo la suposición de que los productos lateríticos, formados al mismo tiempo o poco después, deben su origen a un clima más árido y más seco que el que reina hoy en día ⁽²⁾. Lo esencial del caso es, como pretende R. LANG, que la laterita se debe formar bajo condiciones, donde reina un grado de humedad tan reducido, que se impide la formación o conservación de sustancias humosas. Como lo demuestra el mencionado autor con respecto a ciertas partes de la Indo-China y de las Islas de Sonda y además J. WALTHER con respecto a la Australia Oriental, la lateritización en aquellas partes resulta ser un fenómeno que pertenece a tiempos geológicos

(1) Supuesto el caso, que las columnas del «Palacio de los Indios» hayan sido originalmente de sustancias puramente calcáreas, se hubiera formado entonces talvez un yacimiento de hierro metasomático, tan rico como se encuentra en la isla de Sardaña.

(2) E. PHILIPPI menciona, al describir la facies de la Arenisca abigarrada y del Keuperiano germánicos, que dichos contrastes tenían que haberse encontrado forzosamente. Dicho autor creyó indispensable, es verdad, grandes cantidades de humedad para la formación de la laterita, más él mismo indicó la probabilidad de la presencia de precipitaciones periódicas.

pretéritos. Hoy en día reina en el Uruguay exclusivamente la descomposición limonítica ⁽¹⁾.

La edad geológica de los sedimentos en cuestión, depende, como ya se ha mencionado en 96, pág. 24, de los bancos marinos. Pertenecen éstos, según BORCHERT, al Piso Paraneano pliocénico, horizonte que S. ROTH coloca en el Mioceno. Los depósitos del Mioceno, en parte marinos, descansan como ya observó A. D'ORBIGNY, en la Provincia argentina de Entre Ríos, sobre las areniscas ricas en yeso y óxido de hierro, pertenecientes según él, al Eoterciario ⁽²⁾. G. BONARELLI y J. J. NÁGERA, al contrario opinan que el «Tertiaire Patagonien» (D'ORBIGNY) en Entre Ríos — que entre otros incluye también el «Piso Paraneano» — se distingue solamente según su facies y no según la edad del «Tertiaire Guaranien» de la Provincia de Corrientes. La formación entera llamada «Mesopotámico» tiene, según BONARELLI y NÁGERA, probablemente una edad miocénica. La radicación de este interesante resultado falta todavía y sería una confirmación de los estudios de S. ROTH.

El límite entre el Terciario y los estratos llamados en 96, pág. 28, «Diluvio inferior», forzosamente tiene un carácter arbitrario. El horizonte indicado en última línea, se anexa, según su origen, inmediatamente al Neoterciario y tiene un carácter fluvial más pronunciado todavía. Queda, pues, limitado a la vecindad inmediata de las corrientes de agua de hoy en día y se distingue del limo pampeano más moderno por su coloración rojiza, el grano algo más grueso y su contenido en caliza compacta. El horizonte se presenta bien en desmontes al Este de la ciudad de Paysandú. En Punta Gorda, lugar ya visitado por DARWIN y D'ORBIGNY, situado sobre el Río de la Plata, el horizonte en cuestión queda debajo de los estratos con *Ostrea puelchana*, en consecuencia del levantamiento de la playa. La misma posición se observa en la barranca del A. Solís Chico, cerca de la Estación Tapia, entre Montevideo y Minas,

(1) Véanse las observaciones de la página 114. H. KRIDL indica que según experiencias generales, el loes argentino fluvial o eólico de color amarillento, se sustituye hacia abajo por tonos más vivos, en parte rojo - oscuros, tonos que caracterizan depósitos terrestres, formados bajo un clima árido y cálido. Se une a esta coloración generalmente un aumento esencial de yeso y otras sales. Dicho autor menciona, que los sedimentos colorados no tienen la misma edad en todas partes.

(2) H. KRIDL confirma dicha sobreposición y asevera al mismo tiempo que las «Areniscas Guaraníticas» pertenecen a depósitos de carácter continental que se extienden desde la Cordillera de los Andes hasta el Océano Atlántico. A ellos pertenece una cantidad importante de depósitos yesíferos, que se han atribuido a la Formación Cretácea. Según opinión más moderna son de edad terciaria y descansan sobre la arenisca de Dinosaurios cretácea.

sólo que aquí, en consecuencia del origen puramente fluvial de las arenas terciarias, faltan los fósiles ⁽¹⁾. También aguas arriba, cerca de la Estación Migueles ⁽²⁾ de la línea férrea indicada, como también más abajo en las vecindades del puente de la línea férrea que va a Maldonado, ya desde el tren se pueden constatar los depósitos algo arenosos, de color rojizo. En los alrededores de Montevideo están tapados generalmente por el limo pampeano (96, pág. 28).

En lo que toca a este último producto, nos referimos otra vez al perfil en la Playa Capurro. Sorprende aquí el contraste absoluto del carácter litológico entre el horizonte yacente descripto arriba, y el horizonte pendiente. Allá, arenas claras, en parte con estratificación diagonal, o areniscas flojas con arcillas y bancos de tosca y zonas aisladas de material más grueso, aquí una substancia bruna, no estratificada, de aspecto flojo, terroso, que en toda su potencia es de estructura igual y de grano muy fino. Triturándola entre los dedos, raramente se nota un grano. El suelo tiene por eso una permeabilidad muy reducida y se raja, al desecarse, especialmente en la parte no humificada. Estas rajaduras se profundizan allá, donde la altura del limo no es muy grande, muchas veces hasta el fundamento rocoso. Durante la formación de estas grietas, la parte superior humificada, generalmente de un espesor de 20 cm, es más resistente. Sin embargo, por ej. en las paredes de una zanja, se vuelve socavada y se derrumba al fin, lo que renueva el juego. Semejantes fosas escarpadas que se extienden desde las alturas hacia un bajío, se encuentran en todas partes, y se puede observar en ellas la ley conocida en geología, respecto del retroceso del Talweg superior. El carácter de semejantes paredes, escarpadas por el agua en desmontes, caminos, etc., es completamente el mismo como aquel del loes europeo, y se demuestra en 96, lámina 3, fig. 7.

En lo que toca al contenido de carbonato de calcio de este sedimento — que, como supongo, en ninguna parte del país pasa de 20 m de altura — se ha disuelto en su mayor parte desde la superficie, y se encuentra casi únicamente representado por las conoci-

(1) Debajo de una capa delgada de limo pampeano humificado, sigue primero una capa de 3 a 4 m de altura con bancos de tosca como en el perfil de la Playa Capurro. Dicho horizonte en su base contiene rodados. Siguen después hacia abajo, al nivel del arroyo, estratos margo - arenosos rojizos, con grandes lentes de caliza impura que se reúnen en parte en forma de bancos.

(2) El horizonte se halla aquí, sobrepuesto por el limo pampeano sorprendentemente alto en el sistema fluvial. Cerca del pueblo de Migueles, en el camino a Tapia, aparecen los depósitos en cuestión en el divortium aquarum entre los arroyos Solís Chico y Grande.

das concreciones llamadas « niños de loes » ⁽¹⁾. En profundidades mayores alcanzan un tamaño bastante grande, pero nunca forman bancos verdaderos. Se encuentran irregularmente distribuidos en el suelo, a veces en gran cantidad. Por lo tanto, mojado éste con HCl, no da efervescencia, es pues, en sentido petrográfico un limo. Del contenido de arena hablaré más adelante.

Se nota, pues, un gran contraste del carácter geológico entre las dos partes del perfil de Montevideo. Hay que deducir por eso, que se ha verificado en el límite de ellos, un cambio completo de la facies geológica. Por eso se había atribuido al limo pampeano un origen éologlacial (96, pág. 31), en conformidad con la teoría establecida de G. STEINMANN ⁽²⁾. El problema tantas veces ventilado sobre el origen y la edad del loes — problema que por la potencia reducida y uniformidad del sedimento en el Uruguay, como además por la ausencia casi completa de observaciones respecto al hallazgo de fósiles, sólo puede ser mencionado en breves palabras — lo ha tratado de nuevo H. KEIDEL. Dicho autor, conforme con los estudios de S. ROTH, atribuye a una gran parte del loes argentino, con decisión una edad terciaria, especialmente en vista de su gran potencia y de sus interposiciones de naturaleza variable, en parte arenosas y casquijosas. De estas interposiciones no se observó nada hasta ahora en el Uruguay. Es verdad que en el borde oriental del perfil de la Playa Capurro, el yaciente del limo pampeano tiene carácter arenoso - casquijoso, horizonte de una potencia más o menos de un metro, pero es de suponer que dicho horizonte todavía pertenezca a las arenas fluviales del Terciario.

En los limos pampeanos en cuestión no es raro el hallazgo de restos de fósiles, especialmente de partes de la coraza de Glyptodontes. He tenido ocasión, a principios del año 1916, de contemplar una fotografía de una muela de un Mastodonte, que el propietario de una casa de comercio, situada en el Paso de las Toscas del A. Caraguatá, había encontrado en el limo. Otros restos copiosos de un Mastodonte (según manifestaciones ⁽³⁾ *Mastodon Humboldti* Cuv.), se encontraron en el limo pampeano (?) sobre el A. Tres Cruces (Dep. de Artigas). Fueron donados en 1917

(1) El análisis de las concreciones indica un contenido de SiO₂ que se eleva hasta el 30 %.

(2) El loes es el material más fino de deflación, de morenas fundamentales, pertenecientes a yacimientos de hielo que se han retirado.

(3) «... los restos fósiles eran de *Mastodon Humboldti*» (sic!).—Rev. Enseñanza Sec. y Prep. II, N.º 2, Tomo II, pág. 212.

al museo de la Sección Enseñanza Secundaria y Preparatoria de Montevideo ⁽¹⁾. Se trata, como he podido constatar, de partes del cráneo (mandíbula inferior con restos de colmillos y una muela), de la columna vertebral y del pelvis. Ya DARWIN menciona el hallazgo de restos de Mastodontes en el limo pampeano uruguayo y BURMEISTER afirma la frecuencia de ellos.

Parece, pues, que el hallazgo común de *Glyptodon*, respectivamente *Panochthus*, con *Mastodon* es significativo para nuestro limo pampeano. Según estas observaciones, dicho producto sería equivalente al Mesopampeano pliocénico de S. ROTH, un resultado, que daría una edad prepliocénica al Piso del Paraná. La falta absoluta de toda literatura paleontológica y de una colección, me impide poder dedicarme más detenidamente a dichas cuestiones.

Es muy difícil separar los limos descritos de los yacimientos localizados que deben ser atribuidos al « Postpampeano » (S. ROTH) y que no son nada más que limos pampeanos llevados y depositados secundariamente por el agua. Con seguridad se documentan como tales, los productos que descansan sobre bancos de conchillas pertenecientes a tipos recientes. Ya A. D'ORBIGNY ha mencionado semejantes bancos conchíferos levantados en los alrededores de Montevideo.

Los yacimientos se encuentran cerca de la playa en la pendiente E del Cerro y en Punta Brava, donde están bien expuestos. Quedan de 6 a 7 metros sobre el Río de la Plata y descansan — como se reconoce especialmente al pie del Cerro — directamente sobre el Fundamento cristalino (véase lám. 14, fig. 35). Los bancos conchíferos están sobrepuestos en Punta Brava por una capa limosa humificada, de casi un metro de altura, que más tierra adentro, aumenta mucho en altura. En el pie del Cerro esta posición no es tan visible.

Se trata aquí de una formación muy moderna lo que ya se conoce por el hecho de que una parte de las conchas muestra restos bastante grandes de coloración original. Esto se observa especialmente en un *Mytilus*, la forma más común, que, como ya dijo D'ORBIGNY, no es distinguible de *Mytilus edulis* LIN., que vive en la actualidad. Menos comunes son *Ostrea Puelchana* D'ORB., *Acmaea onychina* GOULD = *A. subrogosa* D'ORB., *Urosalpinx Rushii*

(1) Según mi opinión hubiera sido preferible entregar los restos al Museo Nacional, para no desparramar semejantes documentos paleontológicos.

PILSB., y *Chlorostoma corrugatum* KOCH = *Trochus patagonicus* D'ORB. Todas estas son especies, que (como en parte he podido cerciorarme por comparación de las muestras respectivas), viven hoy en día a poca distancia de la costa atlántica, cerca de Maldonado, en donde los mapas colocan la verdadera desembocadura del Río de la Plata.

Así, en el hallazgo de conchas marinas se puede estudiar la desalsificación paulatina del Río de la Plata: los bancos de ostras « pliocénicos », situados en la desembocadura del R. Uruguay, se han retirado, hoy en día hasta la costa atlántica de Maldonado. Extraña la intensidad epirogenética, que elevó el continente, transformando la bahía marina pliocénica en el estuario del actual Río de la Plata (1).

La humificación del limo pampeano, es decir, la formación de suelos arables, se ha efectuado desde arriba repetidas veces, como lo demuestra por ej. un perfil en la barranca situada cerca del balneario Atlántida. Aquí se constatan no menos que cuatro camadas humificadas obscuras, de una potencia de 15 a 30 cm, separadas entre sí por interposiciones de limo más claro de un espesor de 10 a 20 cm. La lámina 11, fig. 30 muestra la división triplicada del limo pampeano en suelo arable, subsuelo y suelo tosco, división que se observa en todas partes.

Según esta división agrológica del limo pampeano — terreno que representa casi el único que se utiliza para los cultivos en el país — es que se deben efectuar los análisis de tierras, tanto los mecánicos como químicos, presentándose de esta manera horizontes realmente correspondientes entre sí, según sus propiedades químico-físicas. Los únicos análisis, realizados según dicha base agrológica, son dos del Dr. J. SCHRÖDER (71), análisis de tierras de Sayago y de la Tablada, cerca de Montevideo. Resulta por ej. de estos análisis, lo que era de esperar, que, mientras el porcentaje en K_2O y en P_2O_5 se mantiene en una altura más o menos igual, los valores del nitrógeno y los del CaO aumentan notablemente, los del primer componente desde abajo por arriba y los del último en sentido inverso.

(1) El levantamiento de las costas provocó la profundización del sistema fluvial. Bancos antiguos de rodados fluviales se observan especialmente en los ramales del Río Negro superior, en los Dep. de Tacuarembó y Cerro Largo (véase p. ej. en el perfil observado en el camino desde la Estación Agronómica a Melo). Otra consecuencia del fenómeno epirogenético, apoyado por la conducción de inmensas cantidades de substancias detríticas, es la terrificación del Estuario del Río de la Plata.

Un factor que nunca se ha tenido en cuenta ahora en los análisis de tierras nacionales, es la rareza del fundamento rocoso y su influencia en la composición del limo pampeano.

A los productos geológicos más modernos pertenecen los médanos, que se extienden amenudo, especialmente en los Dep. de Canelones, Maldonado y Rocha, tierra adentro. Para su fijación se han plantado árboles en algunos puntos del Dep. de Maldonado.

Ya en los Dep. de Montevideo y Canelones, y especialmente en los de Maldonado y Rocha (y más allá en sentido más amplio, en el Estado de Río Grande), el levantamiento del continente ha provocado, apoyado por la formación de los médanos, una configuración muy característica de la zona litoral (véase el croquis fig. 1). Las corrientes de agua, dirigidas hacia el Río de la Plata o hacia el océano, amenudo no pudieron alcanzar su destino, sino se estancaron en numerosas lagunas litorales. Estas en parte no tienen desagüe, en parte están unidas con la costa por un canal de largo a veces muy reducido. En algunos lugares las lagunas han desecado mucho por la extensión de la vegetación. De esta manera se explican los marjales pantanosos (Sumpfmoore, esteros) del Dep. de Rocha (1).

Las plantas más importantes, según datos obtenidos por el Dr. A. RIMBACH, son: dos especies de Ciperáceas, una Umbelífera (*Eryngium* sp.) e inmensas cantidades de un helecho acuático (*Salvinia* sp.), que en forma de alfombra verde nada sobre el agua y ha contribuido con seguridad, para impedir el acceso del aire y para provocar la turbificación en las regiones más profundas. Hay falta absoluta de árboles. En una profundidad de 3 a 4 piés, en-

(1) A fines del año 1916, después de un invierno muy seco, se había producido una retirada grande del agua de la Laguna Castillos (Dep. de Rocha). Esta laguna de más o menos 300 km de extensión, tenía en otros años, según indicaciones, una profundidad media de 3 metros, valor que se redujo a pocos centímetros. Según la opinión del Sr. E. S. GIUFFRÉ, Profesor de Geografía en la Universidad, debe desecharse como explicación del fenómeno, la causa puramente climática (véase « La Razón » del 9 de Marzo de 1917), e igualmente la suposición de un aumento del cauce de salida al océano. « La opinión se inclina a aceptar como probable la producción de una geoclasia o falla geológica que ponga en comunicación las aguas lacustres con la cuenca oceánica » (?). Una comisión del Instituto Histórico y Geográfico, Instituto que se había interesado en el fenómeno, desde principios de Diciembre de 1916, y que había publicado desde esta fecha una cantidad de artículos en varios diarios de Montevideo, se reunió el 24 de Marzo de 1917, resolviendo, en conjunto con « los profesores de Geología WALTHER, Dr. LAMME y RUBINO » (« El Día » del 24 de Marzo de 1917), empezar el 15 del próximo Abril el estudio práctico del fenómeno.

Dicho estudio práctico del supuesto problema geológico se limitó a la reunión indicada, pues nada más se ha oído al respecto.

contré bajo el agua una substancia puramente vegetal y pulposa, producto que hay que definir como turba marjállica (Moortorf), compuesta de restos de raíces y rizomas de Ciperáceas y otras plantas. La formación de la turba parállica, muy moderna — correspondiente a turberas bajas — en los esteros del Norte del Dep. de Rocha, representa un fenómeno puramente local, probablemente porque, como consecuencia del clima muy variable, se mantienen en equilibrio tanto los años de sequía, que desecan vastas partes, como los años húmedos que favorecen la turbificación. En general sólo se observa una humificación del fundamento limoso, humificación cuya potencia pude apreciar en un lugar como de más de un metro. Representando el limo loesoso un producto con contenido de arena finísima, roca por eso poco permeable (96, pág. 30), el agua del marjal es turbia, debido a su contenido de componentes fangosos. Dicho contenido es, como se sabe, un factor que influye desfavorablemente sobre la producción de la turba.

Técnicamente más importantes que los parajes precitados, son aquellos donde la turba tiene una edad geológica mayor. Yacimientos semejantes, para cuya explotación se han formado sociedades, se encuentran cerca de la ciudad de Maldonado. Un pequeño riachuelo que corta los médanos, había atraído, por el aspecto carbonoso de su lecho, especulaciones sobre hallazgo de turba. Las excavaciones han dado a luz un yacimiento de turba situado bajo la arena de los médanos y a ambos lados del arroyuelo, en una extensión longitudinal de 100 a 200 metros. La potencia, según díceres, debe alcanzar a 15 metros (??), (lám. 13, fig. 33 y 34). A la entrada meridional de la turbera, se distinguen dos bancos de turba, que están separados entre sí por una capa arenosa de un espesor de 60 a 80 cm, con interposiciones carbonosas. Después del depósito de la turba, se había amontonado un médano de 3 metros de altura, médano, detrás del cual se ha estancado de nuevo el agua. Al fin los productos formados hasta ahora fueron tapados con arena. Hubo pues, originalmente, también aquí una de aquellas lagunas litorales, que hemos mencionado anteriormente. En parte se han desecado, no sólo por el aumento de los restos vegetales, sino también por la arena de médanos importada por el viento.

La turba se explota en dos camadas. La capa pendiente, de color bruno-negro consta en su mayor parte de un tejido cuya composición vegetal desde ya puede ser definida, tejido mezclado con muy pocas conchas de diatomeas. En este tejido están embutidas

rizomas aplastadas de una planta grande monocotiledónea (*Typha*, *Scirpus*, *Phragmites*?). Indica anillos originados por las cicatrices de las hojas y posee numerosos agujeros chicos, producidos por las cicatrices de las raíces. Se trata, pues, de un antiguo fondo de un juncal.

La camada más yaciente al otro lado — una capa casi negra con estructura vegetal apenas distinguible —, más bien tiene carácter de un sapropel, carácter que se observa muy a menudo en las turberas. La camada en cuestión incluye grandes cantidades de conchas de diatomeas de tamaño muy variable. Su aspecto es el de varitas cortas y largas, y de cuerpos de aspecto de rombos, óvalos y biscochos.

Según noticias de diarios (« El Día » del 9 de Marzo de 1917), se dice que la turba produce en estado seco la cantidad de 3800 a 4800 calorías, y en estado briquetado, 6100 a 6800 calorías, lo que equivaldría a un efecto calorífico sorprendentemente elevado. Dichos valores del material bruto y el inmenso entusiasmo de explotar esta nueva fuente de riqueza nacional, son poco conformes con el resultado de los análisis que se efectuaron en el Instituto de Química Industrial ⁽¹⁾. De 49 pruebas, sólo una tenía menos de 10 % de ceniza; en 10 pruebas el valor correspondiente oscilaba entre 12 y 21 % y en 15 pruebas entre 23 y 48 %. No menos de 23 pruebas, es decir casi la mitad, dieron más de 50 % de ceniza. Para la comparación se hallan a disposición 10 análisis de turba desecada de Alemania, en las cuales en 8 casos el contenido de ceniza quedó debajo del 5 % ⁽²⁾. Una última prueba analizada por el mencionado Instituto y clasificada como turba desecada, dió 30, 79 % de ceniza. El valor calorífico fué definido en 7 casos con 2178 hasta 4068 calorías.

Refiriéndose a NYSTRÖM, G. BONARELLI calcula el poder calorífico de 5600 calorías de una turba — correspondiente a 2 % de ceniza — como « muy alto », y aquel de 4400 calorías — correspondiente a 14 % de ceniza — como « muy bajo » y añade « que las turbas conteniendo más de un 14 % de ceniza, no son económicamente aprove-

(1) Faltando todo apunte con respecto a la proveniencia del material analizado (caso análogo que sucedió con el esquisto de Iraty, véase anteriormente), hay que suponer que sólo una parte del material fué tomado del yacimiento de turba de Maldonado.

(2) 87, I, pág. 38. Parece que un alto contenido de ceniza es característico en la turba de *Phragmites* (véase el análisis de un producto semejante en E. RAMANN (68). Es probable que el resultado de dicho análisis se explica, igualmente como en los yacimientos uruguayos, por la importación de arena por el agua o por el viento.

chables como combustible industrial (para calderas de motores).

La formación de turba, hasta ahora, no se ha constatado en Sudamérica en nuestras latitudes. CH. DARWIN afirma que el clima favorable para la turbificación es aquel de la parte meridional de Chile y especialmente el de las Islas Malvinas ⁽¹⁾. En contraste con estas observaciones, DARWIN refiere que en la costa oriental, en La Plata (35° Latitud meridional), un español haya buscado a menudo turba, pero cuyos anhelos quedaron estériles. Lo más parecido que pudo encontrar, fué una tierra negra turbosa, tan mezclada con raíces, que se quemó sólo de una manera incompleta y muy lenta.

Nuestro biolito subtropical representa una turba de marjal bajo, definición que probablemente también se puede aplicar a los productos tropicales. Es sabido que el verdadero marjal alto (de musgos), queda limitado a latitudes más altas. En latitudes geográficas menores, la turba se encuentra sólo en alturas más grandes sobre el nivel del mar, y aparece así, según comunicaciones del Dr. A. RIMRACH, en los Andes ecuatoriales, en una altura de más de 3000 metros. Esta observación corresponde a lo encontrado en el Africa tropical (marjales de turba en el Kenia y Kilimandscharo en una altura de más de 3.200 metros). Parece que ya en Europa meridional falta la turba de musgos, producto de gran importancia técnica.

De una edad geológica mayor que estos productos, que se forman bajo nuestra vista, y de otro origen, es el biolito sapropelítico de edad terciaria o cretácea, que se compone, según BERTRAND, esencialmente de algas, producto llamado «Turf ⁽²⁾ of Marahu» y que se halla 100 km al Sud de Bahía y en otros puntos del Brasil.

(1) Compárese G. BONARELLI (10). A este autor le parece acertado, de adornar su publicación con ataques personales contra los tres autores alemanes POTONIÉ (†), STEINMANN y WILCKENS. El término «biolito» proviene, como es sabido, de EHRENBURG.

(2) Llamado también Boghead y Esquisto petrolífero.

C. LOS YACIMIENTOS METALIFEROS MAS IMPORTANTES.

En las líneas subsiguientes voy a hacer el ensayo, de clasificar los yacimientos metalíferos más conocidos del Uruguay según su ambiente geológico. Para llegar a una sinópsis medianamente completa, faltan casi en absoluto las investigaciones detalladas ⁽¹⁾. Establecemos como base del presente capítulo la clasificación siguiente:

- a. Productos de diferenciación magmática
- b. Yacimientos producidos por metamorfosis de contacto
- c. Filones, Rellenamientos irregulares de espacios huecos y Yacimientos metasomáticos
- d. Yacimientos estratiformes (Erzlager).

Es el mérito de G. AVÉ LALLEMANT el haber demostrado la conexión entre rocas «dioríticas», en parte de estructura densa, en parte porfidicas, y el hallazgo de yacimientos metalíferos (4, pág. 72 ⁽²⁾). Algunos ejemplos indica C. GUILLEMAIN; él llama las rocas en parte «diorita», en parte «diabasa» y «anfíbolita». En los filones de cuarzo auríferos en el A. Soldado, cerca de Minas, se trata de una roca intrusiva, que, como ya se mencionó, representa un granito hornbléndico. Las rocas diabasoideas y basaltoideas encontradas por ej. en el desmonte mencionado, cerca de la Estación de Nico Pérez, y en los alrededores de Minas, son, como ya se dijo, nada más que lamprófidos, pertenecientes a granitos. Dichas rocas se han transformado — justamente allá y también en muchos lugares de los Dep. de Maldonado y Rivera — muy ame-

(1) C. GUILLEMAIN ha afirmado que se constata en el Uruguay como en todas las partes de Sud América un gran contraste entre hallazgos denunciados y minas en explotación. En el Uruguay no se realiza ninguna investigación geológica respecto a las minas a denunciar en el «Registro de Minas del Juzgado de Hacienda», sino basta indicar de haber realizado los trabajos prescriptos por la ley. De ese modo es posible denunciar los yacimientos más absurdos, juzgados desde el punto de vista geológico, como lo demuestran varias denuncias de hulla y petróleo dentro del alcance de las pizarras cristalinas.

(2) «... y dioritas, estas últimas de gran importancia para el minero, pues se hallan, muy constante, en inmediaciones de los criaderos metalíferos, ya sea en forma de grandes diques interpuestos entre las capas hurónicas, ya sea en forma de cúmulos, variando de estructura normal granuda a la afanítica y porfiroidea, formando verdaderos pórfidos dioríticos».

nudo en pizarras anfíbolíticas, cuya extensión es limitada, de acuerdo con su proveniencia. Hay que atribuir, pues, a los productos de diferenciación lamprofidica tan comunes, un papel doblemente importante con respecto a los yacimientos metalíferos. Su presencia guía al determinar la naturaleza eruptiva o sedimentaria de un gneis metalífero, y del otro lado indica la roca que llevó consigo la substancia metalífera o que al menos es su acompañante.

Recordando, en esta ocasión, el carácter picritoporfirítico de la roca esquizolítica potente de Piedras de Aflar y su metamorfosis de contacto -- análoga a la de una roca intrusiva -- parece probable, que productos lamprofidicos sean capaces de desempeñar, en cierto grado, el papel de aquellas rocas básicas y ultrabásicas, que incluyen ciertos minerales metalíferos como productos de diferenciación magmática.

Se comprende que, según lo dicho, no puede haber un límite exacto entre yacimientos de minerales metalíferos crómicos y titánicos. Hemos hablado ya de un yacimiento de serpentina cerca de Minas. Dicha roca tiene numerosas inclusiones irregulares de cromita. En el mismo paraje, un esquisto anfíbolítico denso, incluido junto con bancos de mármol en pizarras filíticas y cuarzíticas, indica un contenido de 0,42 % de cromo en el sombrero de hierro. Según los análisis publicados por C. GUILLEMAIN, se calcula el contenido en Fe, de tres yacimientos distintos, en 43,31; 40,25 y 55,21 %. De vez en cuando la roca fué inyectada por soluciones de naturaleza pneumatolítica, hecho por el cual el contenido original de magnetita reaparece actualmente en la forma de hematita.

La presencia de yacimientos de minerales metalíferos de origen contactometamórfico, no era posible hasta ahora de establecer con seguridad en nuestro territorio. Sin embargo parece probable que varios yacimientos pertenecientes al grupo de los yacimientos metalíferos, incluidos en el Fundamento cristalino, pertenezcan al grupo en cuestión. De esta manera hay que suponer, como lo vamos a demostrar, un origen post-contactometamórfico, es decir pneumatohidrotermal, en el caso de ciertos yacimientos metalíferos epigenéticos. Dichos fenómenos están, pues, en conexo íntimo con una roca eruptiva.

Distinguiamos en el grupo siguiente, es decir entre los yacimientos filoniformes en parte de origen metasomático, cuatro grupos, primero el de los minerales de oro, cobre y plomo, segundo el del hierro, tercero el del manganeso y cuarto el de los minerales de cobalto y de nickel.

En el primer grupo, las relaciones con los productos lamprofidicos, vuelven a desempeñar un papel importante. Las rocas filoniformes no sólo llevan muy amenudo pirita aurífera, sino que también indican por su presencia un hallazgo del grupo metalífero en cuestión. Así menciona GUILLEMAIN filones diabásicos encontrados cerca del A. Yaguary, que se hallan en la vecindad de vetas cuarcíferas. Probablemente se trata del yacimiento que fué explotado hace mucho tiempo en las minas del A. Curtume, ramal del arroyo citado más arriba. También en los yacimientos de oro nacionales, más conocidos, es decir en los de Cuñapirú y Corrales, se hallan como mediadores del oro, rocas de aspecto de diabasa, granudas, llamadas «dioritas» por los mineros ingleses. El criadero más importante de S. Gregorio lo visité en el año 1910 y descendí hasta la galería entonces última de 74 metros de profundidad. Se trata de dos filones de rumbo E-W, que distan entre sí, según MARSTRANDER 50 piés, filones que están incluidos en un granito gneísico rojizo, en parte aplítico, en parte durabajítico, roca con rumbo igual, que ha sufrido una fuerte silificación. La mica de la roca se ha cloritizado generalmente por entero. Semejantes productos tienen gran extensión en dicho paraje. En el pendiente del filón más potente, que tiene un espesor hasta de 24 m, aparece una roca lamprofidica de color verde oscuro. Productos análogos, en parte muy apizarrados y cuarcizados, se hallan también en el pendiente y yaciente del filón menos potente.

El oro se encuentra en parte junto con la pirita, que se manifiesta en el sombrero de hierro, en forma de impregnaciones limoníticas en el cuarzo, por otra parte se halla como oro libre. Fuera de dicho metal se halla también galena y un poco de mineral cuprífero.

Un criadero muy análogo al de S. Gregorio es el de Zapucay, situado más o menos a 20 km al S E de Corrales. Como ya se dijo anteriormente, la roca madre de los filones de Zapucay, está representada por un granito gneísico diferenciado magmáticamente hasta la formación de «cloritoesquistos». Sorprende el contenido remarcable de oro libre en la limonita de la zona de oxidación. Los mismos minerales metalíferos que acompañan el yacimiento de S. Gregorio, aparecen también en el criadero en cuestión (1).

(1) La admiración de las riquezas incluidas en los yacimientos de oro mencionados, ha provocado ya muchos artículos en los diarios nacionales. Uno de los últimos es el redactado por la señorita MARÍA E. CÓRNEZ RUÍZ (MADA), artículo reproducido en «El Plata»

Siguen después, según su importancia, los yacimientos de oro, situados en el A. Soldado, ramal del Río Sta. Lucía. Se hallan en filones de cuarzo, dentro de un granito hornbléndico y aparecen, según GUILLEMAIN, en dos sistemas, con un rumbo dirigido al NNE hasta el ENE. Se observa también aquí oro libre en la limonita de la zona de oxidación. El contenido en calcopirita aurífera, se aumenta en algunos puntos hasta tal grado que la explotación se ha dirigido, durante cierto tiempo, sólo hacia la producción de cobre. Parece que falta galena o sólo se halla en vestigios.

Otros yacimientos reducidos de pirita aurífera, yacimientos que se revelan en la superficie por limonita aurífera, se observan en varios puntos de los Dep. de Minas y Maldonado, pero carecen de importancia y por eso no se van a mencionar aquí.

Una posición geológica todavía indefinida ocupan los yacimientos de minerales de cobre. El criadero más importante es aquel de la mina «La Oriental» (llamada también «La Constancia»), situada en las nacientes del A. Pan de Azúcar, cerca del límite de los Dep. de Minas y Maldonado. Se trata en el presente caso — como he observado durante una breve estadía en la galería todavía bien accesible — de una zona de un espesor de más o menos tres metros, entremetida en el rumbo de la filita (NE-SW hasta N-S, inclinación 80° al SE), zona irregularmente impregnada de pirita y de pirita de cobre y muy dislocada, que se ha formado, posiblemente, por vía metasomática según interposiciones de mármol, que abundan en el paraje en cuestión. R. MARSTRANDER indica según dices, un contenido de 8 a 19 % de cobre.

La misma inseguridad con respecto a su carácter geológico reina en los yacimientos de galena al Sud de Minas, yacimientos que fueron explotados ya en tiempos remotos. La ganga consiste de cuarzo que está incluido en mármoles o filitas, en parte en la forma de nidos y en parte en la de filones. Otro criadero del mismo mineral, junto con minerales de cobre, se encuentra a unos 100 metros al Este de la cantera de mármol de «General Burgueño», situada en el Dep. de Maldonado y varias veces ya citado. Se trata

del 30 de Julio de 1915. En el artículo referido se habla de una gira científica y de la visita a las «minas de oro y magnesio» (denominado más adelante «manganesio»), «citas en Sapucay» (sic!). Participo del pesar de la autora de temperamento vivo, puesto que no fué posible, hasta la fecha, para las empresas progresistas, poner en comunicación dicho paraje «con el resto del mundo civilizado». Ese estado de cosas demuestra con claridad que la riqueza mineral, aún en este caso, es menos «inmensa» en la realidad que en la fantasía.

también aquí de un acompañamiento de los minerales metalíferos por un esquisto anfibólico de poco espesor, producido por transformación de una roca lamprofídica. El granito correspondiente se encuentra muy próximo. El mismo esquisto cristalino aparece dentro del mármol mencionado. Según GUILLEMAIN, dicha roca incluye una veta delgada de cobre nativo que me fué imposible descubrir, probablemente debido a su extracción junto con el mármol. En cambio he podido observar en un lugar una impregnación débil de sulfuro de cobre.

El yacimiento de galena de la mina antigua de «Valencia» al Sud de Minas, no lo conozco personalmente. La ganga consiste también aquí de cuarzo que sigue, en un filón de 30 a 40 cm de espesor, el rumbo de un mármol rojizo. El sulfuro se encuentra entrepuesto en la caliza. Además he visto lindas muestras de galena con cuarzo que, según dices, provienen de los alrededores del Pan de Azúcar. No me fué posible averiguar datos más precisos al respecto de dicho yacimiento.

Al grupo de los minerales de hierro, metasomáticos (metasomatische Eisenerze), pertenecen productos representados por una muestra de la Colección Flossdorf. Según informes de dicho señor, el afloramiento se encuentra a corta distancia al NW de la Estación de Minas. Visiblemente se trata de yacimientos poco espesos de minerales en parte hematíticos, en parte sideríticos. El mineral recién mencionado indica una estructura de células muy característica, donde las paredes de las células se componen de restos de las sustancias calcíticas originales. El total del producto se encuentra adentro de la filita, que, como se mencionó anteriormente, es rica en interposiciones de caliza cristalina, sobre todo en los alrededores de Minas, y hasta sobrepasa en otros lugares, a micaesquistos o filitas hematíticos (véase más adelante).

Más bien de interés puramente mineralógico, en lugar de ser remarcable como yacimiento minero, resulta ser un yacimiento del Paso de la Cadena, situado de 35 a 30 km al ESE de la ciudad de Salto. Se observan allá fisuras que atraviesan en parte la arenisca, en parte el meláfido amigdalóideo interpuesto en la arenisca, fisuras rellenas con «Glaskopf» negro con brillo metálico vivo en la fractura recién hecha, y con fina estructura radial fibrosa. El espesor de todo el «criadero» no tiene más que 3 ó 4 mm; hay que definirlo con toda probabilidad como secreción lateral del meláfido. Dicha roca eruptiva se ha descompuesto en la vecindad de las ve-

tas, bajo secreción de productos seladoníticos (véase anteriormente).

Uno de los hallazgos más interesantes según su yacimiento geológico, poco estudiado todavía, y aún no descrito, es aquel de un producto terroso de peróxido de manganeso cobaltífero, llamado Asbolán. El mineral se encuentra expuesto al día por trabajos de cateo, llamados « Mina Adelaida », en una isla chica en la desembocadura del A. Pantanoso (véase lám. 14, fig. 35) y se puede seguir desde allá en dirección de N NW hasta la calzada y aún por encima de ésta. Mientras que la parte oriental de la isla consiste de esquistos anfibolíticos, que están atravesados fuertemente por filones aplíticos y graníticos, la parte occidental mucho más angosta está ocupada por una cuarcita maciza, que se vuelve tanto más rica en componentes oscuros, cuanto más se acerca a su límite con el esquisto anfibólico. En el plano de contacto (inclinado hacia el W), donde la anfibolita incluye a veces granate y tiene una posición muy dislocada, se observa un cambio entre dicha pizarra y la cuarcita. Esta última roca se halla cinteada y se mete dentro de la anfibolita en forma de apófisis ⁽¹⁾. Además se muestra una desagregación de la roca y transformación en productos terrosos oscuros. En otros dos lugares situados en dirección N NW entre la isla y la calzada, se conoce que el yacimiento está limitado a los puntos de contacto entre la cuarcita y la anfibolita. Se encontraron aquí, en fisuras de la cuarcita, lindos ejemplares de glaskopf negro como además productos de descomposición característicos según su color amarillo y azul pálido.

En la pequeña isla se ha excavado en el año 1911, un pozo de varios metros de profundidad ubicado cerca del límite entre la cuarcita y la anfibolita. Se presenta una acumulación de un espesor de 1 a 2 metros, consistente en una mezcla en parte completamente terrosa, en parte de un brillo débilmente metálico, y compuesta de peróxido de manganeso y óxido de hierro. Dicho producto contiene algo de cobalto.

Existe la probabilidad de que el Asbolán representa un producto formado por secreción lateral descendente, del gabbro original (véase anteriormente), producto que se enriqueció en el límite entre las dos pizarras cristalinas mencionadas. Esta expli-

(1) Bajo el microscopio la cuarcita aparece cinteada por substancias negras, por hornblenda fibrosa casi incolora y por granate rico en inclusiones, mineral encerrado por el anfíbol en estructura de ojos.

cación es tanto más probable, porque la isla pequeña como el territorio que sigue al Noroeste, se inundan frecuentemente por el mar.

Parecido a los productos descritos, es el pequeño yacimiento de cuarcita manganesífera de Carrasco, cerca de Montevideo. El análisis de C. GUILLEMAIN indica un pequeño contenido de arsénico.

El grupo prácticamente más importante, entre los yacimientos metalíferos uruguayos está representado sin duda por los criaderos estratiformes de hierro y manganeso (Eisen- und Manganerzlager). Dicho grupo está incluido prevalentemente entre las pizarras cristalinas y su aparición revela una analogía interesante con ciertos productos en el Estado brasileño de Minas Gerais. De esta analogía hablé por vez primera al mencionar el rumbo y el predominio de pizarras cuarcíticas, filíticas y calcáreas dentro del Fundamento cristalino uruguayo.

Antes de ocuparse con dichos productos antiguos, hay que citar como los representantes de yacimientos estratiformes de origen singenético, ciertos yacimientos sedimentarios que pertenecen a la Formación de Gondwana. Se trata aquí — como ya se mencionó — en parte de areniscas limoníticas, en las cuales de vez en cuando retrocede el esqueleto, mientras que se enriquece el cemento, en otra parte de concreciones a veces arcillosas de hematita o limonita. Mientras que los productos llamados en primera línea, carecen por regla general, de importancia práctica, en cambio es posible, que las concreciones se acumulen aquí y acullá, formando cantidades dignas de explotación. Se trata especialmente de horizontes que pertenecen a los estratos de Estrada Nova. C. GUILLEMAIN da un análisis de concreciones hematíticas, halladas en el camino de Melo a Artigas, concreciones que tienen un porcentaje de 40,26 % de Fe, con 30,31 % de SiO₂.

Un origen seguramente singenético hay que atribuir a los micaesquistos o filitas hematíticos del campo del Sr. FRANCISCO CARRERA en las nacientes del Río Sta. Lucía, Dep. de Minas. Se trata aquí de yacimientos que, juzgados según su inclusión dentro del grupo de rocas cuarcítico-filítico-calcáreas, hay que comparar geológicamente con las itabiritas brasileñas. Dichos productos originalmente sedimentarios se han metamorfoseado en pizarras cristalinas. Ya en el capítulo sobre las pizarras cristalinas en cuestión, se dirigió la atención al hecho de que los yacimientos de micaesquisto conocidos hasta ahora, representan produ-

os de metamorfosis de contacto y de inyección, y que por ese motivo se hallan sólo en puntos aislados. La roca predominante es, pues, un esquisto oscuro filítico, mucho menos cristalino que el micáesquisto. La filita, con rumbo de N a S, representa, pues, la roca madre como también lo es con respecto a los minerales metalíferos en cuestión. Según todo lo que se pudo observar en una visita pasajera, la distribución de los minerales se hace de una manera muy desigual, de modo que se manifiesta ya a poca distancia, un cambio entre el esquisto hematítico y la filita muy amenudo fuertemente arrugada y finalmente entre aquel y una roca gneisoidea, interpuesta en concordancia. La naturaleza del « gneis » desde ya no es definible. Más se observa que la pizarra hematítica incluye a veces numerosos lentes aplíticos de poco espesor. En sus alrededores la hematita aparece en hojas mayores, aún en ejemplares cristalográficamente definidos. Se notan además, en la misma muestra, camadas de un espesor de pocos milímetros, camadas que se rellenan de un mineral verdoso parecido a la mica o al talco. En cierto lugar — es decir allá donde por excavación de un pozo se ha creado un afloramiento instructivo — una de estas interposiciones micáceas ha aumentado su diámetro a varios decámetros y la roca muy cuarizada se ha dislocado fuertemente y enriquecido con cristales de turmalina negra. Alcanzan éstos un tamaño de más de un centímetro y forman, junto con granos gruesos de cuarzo, nódulos, alrededor de los cuales el mineral micáceo, verde de oliva, se coloca en forma de estructura de ojos. La turmalina presenta pleocroismo entre azul oscuro y violeta rojiza pálida; los grandes cristales muy amenudo están rotos, siendo cementadas las roturas posteriormente por inyecciones de cuarzo, las cuales a su vez están cargadas de pequeños cristales de turmalina. También la roca llamada arriba « gneisoidea », contiene turmalina. La Colección FLOSSDORF incluye dos hermosas muestras, provenientes de la Cuchilla de Medina (probablemente idéntica con el sitio en cuestión), muestras de las cuales una hay que definirla como cuarzo de filón (Gangquarz) muy turmalinífero, mientras que la otra resulta ser un « gneis » que, exceptuado su mayor frescura, corresponde enteramente a nuestra roca. También esta roca se compone solamente de cuarzo y mica e incluye numerosos cristales chicos de turmalina, dicroíticos entre verde azulado (O) y rosáceo (E). Contrariamente a lo manifestado por C. GUILLEMAIN, me parece cierto que la transformación de las substancias metalíferas—distribuidas en masas finas y depositadas

en pizarras originalmente pelíticas—se ha efectuado por emanaciones postgraníticas de naturaleza pneumatolítica, emanaciones que fueron acompañadas aquí como en otros puntos, por el acunamiento (Aufprägung) de la estructura cristalina dada a las pizarras.

Por falta de investigaciones detalladas, no se puede hacer reportaje alguno sobre la extensión y el valor práctico de las pizarras hematíticas, pero sin embargo hay que suponer que los yacimientos tengan cierto valor técnico ⁽¹⁾. Tanto aquí como en numerosos casos análogos en el país, los mayores obstáculos para su explotación residen en el estado deplorable de los caminos conducentes al Ferro - Carril, en este caso a Minas, la estación más cercana (20 a 25 km). Según un análisis indicado por GUILLEMAIN, el esquisto contiene 41,16 % de Fe, con 37,80 % de Si O₂ y sólo 0,014 % de P. No se ha observado nada de filones auríferos en la pizarra.

Hay que desear que el Instituto de Geología extienda sus exploraciones mineras hacia la resolución del problema, si existen relaciones genéticas entre los esquistos hematíticos mencionados por un lado, y ciertas cuarcitas magnetíticas muy vecinas del otro lado. En pró de esta analogía habla tal vez el contenido en grunerita de las cuarcitas, es decir en un mineral que caracteriza entre otros los yacimientos estratiformes de hierro (Eisenerzlager), esencialmente sedimentogéneos, situados en Rusia del Sud y en el Lake Superior.

Con respecto a lo dicho, se halla en la Colección FLOSSDORF una roca magnetítica, visiblemente muy pobre en cuarzo, roca que proviene de la Cuchilla de Medina, es decir de un punto vecino al hallazgo de la itabirita. La roca en cuestión, es cinteada por un mineral fibroso de un brillo de oro hasta un brillo rubio rojizo (lám. 7, fig. 17). Con el avance de la descomposición, pierde su brillo y al mismo tiempo, se segregan productos de color rojo de ferrumbre. El mismo procedimiento de oxidación en el mineral fibroso, pero más fresco todavía y por eso de un color menos intenso, he podido observar en el Cerro de la Mina, en el campo del

(1) Estoy convencido de que la investigación de los yacimientos en cuestión forma una parte de los « estudios químico - mineralógicos realizados por el Ingeniero Agrónomo VICENTE GIACCONE, Inspector de la zona de Defensa Agrícola de Minas », quien terminó en aquel tiempo sus estudios, « dando ello como resultado el proyecto de formar un sindicato de capitalistas... para la explotación de algunas minas, entre ellas las de hierro... » (« La Razón » del 2 de Noviembre de 1916).

Sr. FROILAN NIEVES, situado de 18 a 20 km al NNE del pueblo de Pan de Azúcar. La aparición de cantidades remarcables del producto de descomposición ya citado y el peso específico alto de la roca, han inducido aquí a la realización de una pequeña excavación, por medio de la cual se puede estudiar bien la roca en cuestión. Presenta ésta un apizarramiento débil en dirección de N a S, más bien domina el aspecto macizo. El contenido en mineral fibroso, que en estado fresco es de coloración débilmente verdosa, se eleva a veces a tan alto grado, que la roca muestra un lustre sedoso vivo. En otras partes es de naturaleza cuarcítica y aún en otras partes es esencialmente magnetítica e influye sobre la aguja magnética. La roca que prevalece en los alrededores, es un gneis granítico aplítico de color rojizo, roca que abunda en estas partes del Dep. de Maldonado.

En lo que respecta a la estructura de la magnetita grunerítica, se ve bajo el microscopio un tejido espeso del mineral fibroso, que, en secciones básicas, se revela como miembro del grupo de los anfíboles. En algunos casos tiene color verde y entonces muestra segregación fuerte de sustancias ferríticas. Generalmente es incoloro, con manchas de óxidos de hierro. La presencia de pleocroismo no se ha observado o sólo existe en casos aislados. La inclinación de la extinción se hace bajo ángulo reducido, mientras que la doble refracción es alta. Secciones con extinción oblicua y con los colores de interferencia más altos — es decir orientados más o menos según el plano de los ejes — muestran amenudo máclas polisintéticas según (100), características estas del mineral de grunerita. La cantidad de cuarzo varía mucho, y la magnetita posee en parte contorno cristalográficamente definido.

Una importancia mucho mayor que los yacimientos descritos grunerítico-férricas (que corresponden a la Zona mediana del Metamorfismo de profundidad de U. GRUBENMANN), tienen los yacimientos, donde el hierro tanto hematítico como magnetítico se unió originalmente con minerales de manganeso. Es esta una paragénesis que caracteriza la geología del Estado de Minas Gerais. Ya anteriormente se dirigió la atención sobre el hallazgo de cuarcitas magnetíticas en el Dep. de Rivera. Con respecto a su extensión, el manganeso se limita tanto en el Uruguay como en el Brasil a inclusiones aisladas. Ellas son entre otras las del Cerro Imán y las del Cerro Papagayo, como también inclusiones si-

tuadas en el campo del Sr. JOSÉ LÓPEZ, cerca de Zapucay (Col. FLOSSDORF) y finalmente una cantidad de yacimientos en las puntas del A. Caraguatá ⁽¹⁾ que ya se mencionaron por R. MARSTRANDER. Allá, donde los yacimientos de manganeso del paraje de Zapucay, son dignos de explotación, consisten tanto de minerales primarios de Fe y Mn, como de productos terrosos secundarios. El contenido de Mn varía mucho; MARSTRANDER indica 22,7 %, GUILLEMAIN 8,53 (prod. sec.), 15,37 y 19,49 %, mientras que las pruebas que se han analizado por el Dr. L. WEISSEL en mi laboratorio, revelaron un contenido de $MnO_2 = 21,30, 29,89, 43,30$ y $44,53$ %. GUILLEMAIN hace alusión a la proveniencia del manganeso al hablar de braunita y de hornblendas ricas en manganeso. Como lo demuestran las secciones delgadas correspondientes, se trata en realidad de una augita de carácter laminar, que se halla por parte en numerosos cristales junto con minerales de hierro y con un producto de descomposición terroso, de color bruno oscuro y por otra parte se une irregularmente con grandes cantidades de granate y carbonato de Fe (y Mn?). El tamaño de los cristales de augita (rodonita?) alcanza casi a tres centímetros, su color es un verde pronunciado, que, después de la secreción de cantidades remarcables de productos oxídicos se vuelve incoloro. En ciertas partes de la superficie, los cristales se han ennegrecido completamente por sustancias metalíferas interpuestas. La cantidad de la sustancia metalífera del granate (spessartina?) — que en ninguna parte es definido por caras cristalográficas — es tan grande, que el polvo de pulimiento de la sección delgada se vuelve de color rojo de ferrumbre. Aún en lugares delgados del preparado microscópico, el mineral muestra color amarillo pronunciado e indica productos de secreción de color rojo-bruno. En cantidades grandes, el mineral fué observado en una muestra recogida entre El Manganeso y Zapucay. Se trata de una roca que ha sufrido una fuerte impregnación con cuarzo. Al lado de esta se ha producido una acumulación de granate, de color originalmente rojo y dotado de brillo de vidrio, mineral que al descomponerse, se vuelve de

(1) MARSTRANDER se refiere a un Cerro Caraguatá que me es desconocido. Se trata probablemente de los yacimientos pertenecientes al campo de la Viuda del Sr. BALDOMERO CABRERO, situado en el camino desde el C. Vicheadero, hasta las puntas del A. Abrojal. Cuarcitas férricas (y manganesíferas?) se hallan ya en la pendiente del N E del Cerro Vicheadero, observación que más o menos coincide con lo constatado por R. MARSTRANDER. Según él, las rocas en cuestión deben llegar hasta el A. Coronilla, ramal derecho del A. Hospital, el cual nace en la pendiente septentrional de la altura mencionada.

color amarillo sucio a bruno negruzco y de estructura terrosa. También algunas muestras de la Col. Flossdorf, provenientes de Zapucay, revelan semejante acumulación del mineral citado, al lado de inyecciones de cuarzo.

Un resultado análogo se obtuvo por las observaciones hechas en una visita pasajera a los yacimientos del Cerro Vicheadero ya mencionado. Se destacan aquí del campo — dentro de un gneis granítico con rumbo al NNW e inclinación vertical — unas alturas algo abruptas, cuya conservación se deriva de la fuerte cuarcización de la roca. Dicho fenómeno se relaciona con el enriquecimiento zoniforme de minerales de hierro, que parecen ser de naturaleza prevalentemente hematítica. En estas zonas se distinguen filas de pocos decímetros de anchura, compuestas de agujeros muy tupidos, que se han formado por descomposición de un componente rocoso. En la vecindad de dichos agujeros se han concentrado las sustancias férricas, mientras que ellos, allí donde tienen aspecto algo fresco, se componen de cristales de la augita laminar ennegrecida, ya mencionada, mineral que está atravesado, en todo sentido, por cordones de granate. La sustancia metalífera, salida por descomposición, se ha depositado secundariamente e indica en parte la estructura de glaskopf. Semejantes muestras se han llevado a la superficie por la excavación de un pozo. El valor práctico del yacimiento debe ser muy reducido.

Según lo antedicho parece cierto que nuestros yacimientos férrico - manganíferos, se explican como zonas de inyección adentro de ciertas rocas pertenecientes al Fundamento cristalino. Ya en la descripción de los yacimientos de oro de Cuñapirú y Zapucay, se dirigió la atención hacia la fuerte cuarcización del paraje, fenómeno que está en conexo con la erupción del granito y su séquito de filones. Así también, las observaciones hechas en el Este del Dep. de Rivera, confirman la intimidad de las relaciones entre inyecciones de cuarzo e importación de sustancias metalíferas. En algunos casos, el último procedimiento se efectuó por sustitución de partes sedimentogéneas del Fundamento cristalino. Semejantes interposiciones, en la forma de mármoles de grano grueso, en parte oficalcíticos, provenientes del Cerro Areicú al S de Zapucay, ya se han descrito.

También a R. MARSTRANDER — cuya última publicación no he podido ver antes de haber redactado la publicación presente — le parece muy probable que los yacimientos de hierro y manganeso

se hayan formado por sustitución metasomática de interposiciones calcáreas. En lo que respecta al contenido de sustancia manganésifera, contenido que caracteriza los yacimientos situados en el Dep. de Rivera, el autor citado opina que soluciones descendentes y provenientes de una cobertura original, compuesta por sedimentos de la Formación de Gondwana, hubieran provocado la metasomatosis en cuestión, y tanto más, habiendo observado muy amenuado productos parecidos al Wad, dentro de concreciones silíceas, pertenecientes a dicha formación. Según lo dicho anteriormente, tenemos que afirmar una proveniencia ascendente del manganeso, clasificando nuestras rocas granatífero - augítico - carbonáticas, como productos parecidos al Skarn ⁽¹⁾.

Un carácter geológicamente análogo al mencionado, tienen probablemente ciertas partes de los yacimientos situados en el Estado de Minas Geraes. Mientras que en la parte septentrional de los yacimientos de manganeso, situados entre Miguel Burnier y Queluz, reina un conexo íntimo y posición alternante entre los nombrados yacimientos y la itabirita como además las rocas calcáreas — lo que habla en pro de una singénesis de las sustancias metalíferas y de los sedimentos originales —, fueron definidos, en la región de Queluz, la spessartina y la rodonita (que se halla aquí y acullá), como minerales originales del producto peroxidico de descomposición. Según investigaciones más modernas de O. A. DERBY y E. HUSSAK, la roca principal (que incluye la roca de spessartina — « Spessartinfels » —) se compone de cantidades variables de carbonato de manganeso, de tefroita (Mn_2SiO_4) y spessartina. Las interposiciones de « Spessartinfels » contienen en partes más profundas, también el carbonato de Mn.

Hay que postergar para futuras investigaciones y cateos a realizarse, de demostrar más detalladamente, la gran analogía entre los yacimientos de manganeso uruguayos y aquellos del Estado de Minas Geraes.

Se siente uno dispuesto a definir a primera vista otro grupo de yacimientos metalíferos — es decir los lentes macizos de hematita y magnetita, más o menos estratiformes — como singénéticos con los esquistos albergantes y metamorfoseados junto

(1) Rocas análogas, provenientes de la Sierra de Córdoba, ha descrito hace poco R. BÉDER (5). Con respecto a la importación magnética de manganeso, junto con fenómenos de metamorfosis de contacto, compárese V. M. GOLDSCHMIDT, 29, pág. 30. Un ejemplar de esta obra bien conocida, debo a la amabilidad del Sr. MARSTRANDER.

con ellos, y a derivar su origen de enriquecimientos de sustancias férricas. Pero ciertas observaciones, que quedan lejos aún de ser investigaciones detalladas, aconsejan proceder con cuidado. Se trata aquí probablemente de yacimientos epigenéticos, en parte de naturaleza metasomática.

C. GUILLEMAIN menciona una acumulación lentiforme de una hematita pura (con 61,09 % de Fe y 11,52 % de SiO_2), situada en las nacientes del A. Fraile Muerto, en el campo de la Sra. JULIA, VIUDA DE LAUS, yacimiento que se destaca del campo como un pequeño muro. Las rocas acompañantes son filitas con inclinación vertical que se hallan en posición alternante con calizas cristalinas. El lente o banco metalífero tiene un espesor de casi un metro; se le puede seguir hasta la distancia de 20 metros. Paralelo a dicho banco, es decir en dirección de NNE, se observan varias interposiciones de poco espesor, compuestas de una roca muy descompuesta, dotada de estructura brechosa. Los pedazos extraños, generalmente angulosos, se componen de material filítico y el total ha aceptado un carácter cuarcítico, en consecuencia del endurecimiento secundario. Queda, pues, a suponer que se trate aquí de una zona dislocada y que semejante línea tectónica — tal vez bajo sustitución de un banco calcáreo — se ha utilizado por los productos férricos gaseosos como una chimenea. Desgraciadamente los alrededores inmediatos del yacimiento quedan libres de afloramientos — y tampoco no se observa nada de productos de diferenciación leuco- y melanócratos.

La explicación dada anteriormente, se puede aplicar talvez con más certeza en un caso observado en el Dep. de Minas. Se trata de un producto ya descrito por R. MARSTRANDER. Se halla allá, en la región conocida bajo el nombre de Piedra del Gigante, un yacimiento de un espesor de 4 a 10 metros y de una extensión longitudinal de más de un kilómetro, yacimiento que consiste de magnetita, hematita y cuarzo azulado. También aquí la roca se destaca en parte en la forma de un muro, fenómeno que ha provocado el nombre de Piedra del Gigante. Las pizarras acompañantes son filitas y micaesquistos con rumbo general al NNE, de las cuales las últimas se arriman al yacimiento metalífero e incluyen en parte cristales de granate. Pizarras anfíbolíticas y rocas graníticas se hallan en la vecindad. La interposición se hace, probablemente en sentido concordante, cuestión no tratada especialmente por MARSTRANDER, y cambia de rumbo en conformidad con la

posición de las pizarras cristalinas, en parte muy dislocadas. Un análisis de la substancia metalífera pura dió 65,58 % de Fe, otro análisis inclusive la ganga: 45,96 % de SiO_2 y 53,77 % de $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, con sólo 0,04 % de P. Yacimientos muy análogos se hallan en el SE, en las nacientes del A. Molles, campos del Sr. CARLOS FRETI, y en las nacientes del A. Pan de Azúcar, en el camino del pueblo del mismo nombre a Minas. El último yacimiento contiene alrededor de 44 % de Fe.

Según lo dicho en el capítulo sobre las pizarras cristalinas, hay que suponer que la transformación de la filita predominante en el micaesquisto (que se halla sólo aisladamente), se haya efectuado, también en el punto en cuestión, por inyección pneumatolítica en las pizarras, y que los vapores ascendentes de FeCl_3 , se hayan sublimado, bajo la influencia de vapor de agua vadoso, en la forma de hematita. Posiblemente se trata también aquí de un yacimiento metasomático según interposiciones calcáreas que fueron desviadas de cuando en cuando del rumbo de las pizarras cristalinas.

En el último grupo de yacimientos de hierro sólo pueden expresarse suposiciones con respecto de su naturaleza geológica. Son éstas las «secreciones metalíferas en el gneis» de GUILLEMAIN, yacimientos situados en los Cerros de Valentín y Mulero, cerca de la Estación de Valentines, como en otros puntos de las Cuchillas de Valentín y del Medio, como también finalmente en el valle del A. Pavas. Conforme a lo dicho, tanto el aspecto de la muestra, como también el análisis químico, indican una roca cuarcítica y no un producto gneísico. El hecho de que la primera — como ya se puede suponer de antemano — sea de origen sedimentario, lo deduzco del cambio múltiple de camadas de roca cuarzosa pura y de otras zonas enriquecidas por Fe_3O_4 . En el Cerro Valentín se hallan como productos sedimentogéneos, pizarras filíticas y cuarcíticas. Se encuentran en conexo por un lado con un gneis cuarcítico y muy ferruginoso, y por otro lado, con un gneis granítico de textura ocelar, roca parecida a los productos provenientes de la línea férrea entre Nico Pérez y Zapicán, descritos anteriormente. Si bien no se observó nada hasta ahora en el Cerro Mulero — cuyo contenido en sustancias férricas ya se puede constatar al pasar en el tren, por el color rojo del suelo — de una roca intrusiva, sin embargo su vecindad se manifiesta, en el caso presente, como en muchísimos otros puntos, por productos de

diferenciación tanto leucó como también melanócratos ⁽¹⁾. El hallazgo de los últimos filones en el C. Valentín, habla en pro de la proveniencia eruptiva del gneis de aquel punto.

En consecuencia de su impureza, los yacimientos en cuestión carecen de todo valor práctico.

Montevideo, Setiembre de 1918.

(1) Afloramientos instructivos se presentan en el desmonte situado en el km 260, al Norte de Valentines. Vetas pegmatíticas irregulares atraviesan aquí en todo sentido tanto la cuarcita como la roca de diferenciación lamprofídica.

BIBLIOGRAFIA

ABREVIACIONES

R. I. A.	Revista del Instituto de Agronomía, Montevideo
Rev. A. R.	Revista de la Asociación Rural, Montevideo
B. I. G.	Boletín del I. de Geología y Perforaciones, Montevideo
R. Min. Ind.	Revista del Ministerio de Industrias, Montevideo
A. A. M. A.	Argentina, Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minas, Buenos Aires
M. A. B.	Ministerio de Agricultura, Dirección General de Minas, Geología e Hidrología; Serie B (Geología)
N. J. M.	Neues Jahrbuch f. Min. Geol., u. Paläont., Stuttgart
N. J. B. B.	» » Beilageband, Stuttgart
C. M.	Centralblatt für Min., Geol., u. Paläontologie, Stuttgart
Z. P. G.	Zeitschrift für praktische Geologie, Berlin
B. M.	Bergwirtschaftliche Mitteilungen, Berlin
G. R.	Geologische Rundschau, Berlin u. Leipzig
Z. D. G.	Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft, Berlin
P. G. La.	Jahrbuch der Preussischen Geol. Landesanstalt, Berlin
S. B. A. W.	Sitzungsbericht der bayer. Akad. d. Wissenschaften, München

- 1) ANÓNIMO Ausfuhr v. Halbedelst. aus Uruguay. — B. M. 1913, pág. 304.
- 2) ARLDT, TH. Paläogeographische Fragen. — G. R. 3, 1912, pág. 93.
- 3) AVÉ LALLEMENT, G. Reise durch Südbrasilien. — 1859.
- 4) Apuntes mineros de la Rep. Oriental. — Rev. A. R. XIII, 1884, pág. 70.
- 5) BEDER, R. Las Cales cristalino-granulosas de la Sierra de Córdoba etc. — M. A. B. 7, 1913.
- 6) BANKART, H. The Gold Fields of Uruguay. — Journ. Royal Geogr. Soc. 39, 1869, pág. 339.
- 7) BERGHAUS, H. Atlas der Geologie. — 1892.
- 8) BERG - U. HÜTTENM. ZTG. 1862, N.º 12.
- 9) BEYSCHLAG, KRUSCH, VOGT Die Lagerst. der nutz. Min. u. Gest. — 1910 a 1919.
- 10) BONARELLI, G. Tierra del Fuego y sus turberas. — A. A. M. A. XII, 3, 1917.
- 11) BONARELLI, G. Y NÁGERA J. J. Viaje de invest. geol. a las Prov. de Entreríos y Corrientes. — M. A. B. 5, 1913.
- 12) BORCHERT, A. Die Molluskenfauna u. das Alter der Paranástufe. — N. J. B. B. 14, 1901, pág. 171.
- 13) BRANNER, J. C. Geologia Elemental. — 1915.

- 14) BROSS, H. . . . Glaziale Spuren in Paraná. — C. M. 1909, pág. 558.
- 15) BURMEISTER, H. Reise durch die La Platastaaten. — 1861.
- 16) CLARKE, F. W. The Data of Geochemistry. — 3.^a Edición, 1916.
- 17) CLARKE, J. M. Fosseis Devonianos do Paraná. — Monogr. do Serv. Geol. e Min. do Brazil. Vol. I, 1913.
- 18) CLARKE, L. . Memoria del Inst. de Química Ind. — Montevideo, 1914.
- 19) DARWIN, CH. Geological Observations of South America. — 1851.
- 20) " A Naturalist's Voyage. — 1888.
- 21) DERBY, O. A. Über Spuren einer karbonen Eiszeit in Südamerika. — N. J. M. 2, 1888, pág. 172.
- 22) " . On the original type of the Manganese Ore Depos. of the Queluz - District. — American Journ. of Sc. 175, 1908, pág. 213. — Referat (L. MILCH) N. J. M. 1910, II, pág. 80.
- 23) DOELTER, C. . Handbuch der Mineralchemie. — 1912 a 1919.
- 24) FRECH, FR. Lethaea Geognostica. — I, 2, 1897 (1902).
- 25) FRECH - PHILIPPI Lethaea Geognostica. — II, 1, 1903.
- 26) GATHMANN, TH. Beitr. z. Kenntn. d. Itabirite - Eisenerze in Minas Geraes. — Z. P. G. 21, 1913, pág. 234.
- 27) GERTH, H. . . . Constitución geol., Hidrogeología y Miner. de aplicación de la Prov. de S. Luis. — A. A. M. A. X 2, 1914.
- 28) GOLDSCHLAG, M. Beitr. z. Kenntn. d. Petrogr. Paraguays u. d. angrenz. Geb. v. Matto Grosso. — 1913.
- 29) GOLDSCHMIDT, V. M. Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet. — 1911.
- 30) GOTHAN, W. . . . Die Frage d. Klimadifferenzierung im Jura u. in der Kreideform. im Licht paläobot. Tatsachen. — P. G. La. 29, 1908, pág. 220.
- 31) GÜMBEL, C. Über die mit einer Flüssigk. erfüllten Chalzedonmand. (Enhydros) v. Uruguay. S. B. A. W. 1880, II, pág. 241.
- 32) Nachtr. z. d. Mitt. über d. Wasserst. v. Uruguay etc. — Ibidem, 1881, 3.
- 33) GUILLEMAIN, C. Der erste Versuch einer Geol. Karte v. Uruguay. — Peterm. Mitt. 56, 1910, II, pág. 306.
- 34) " Lagerstätten in der Rep. Uruguay. — B. M. 1910, pág. 189.
- 35) " Zur Geologie Uruguays. — Z. D. G. 63, 1911, Monatsber. pág. 203.
- 36) Beitr. z. Geol. Uruguays. — N. J. B. B. 33, 1912, pág. 208.
- 37) HARDER, E. C. The Itabirite Iron Ores of Brazil. — Economic Geol. 9, 1914, pág. 101.
- 38) HENNIG, K. L. Die Red Beds. — G. R. 4, 1913, pág. 228.
- 39) HETTNER, A. . Das südlichste Brasilien (Rio Grande do Sul). — Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin 26, 1891, pág. 84.

- 40) HINTZE, K. Handb. d. Mineralogie. — 1897 a 1919.
- 41) HUSSAK, E. Contribuições Mineral. e Petrogr. — Bol. da Comm. Geogr. e Geol. do Est. de S. Paulo N.º 7, 1890, pág. 244.
- 42) " Über Gyrolith etc.; Über d. chem. Zusammensetzung des Chalmersit; Über d. Vork. v. ged. Kupfer i. d. Diabasen v. S. Paulo. — C. M. 1906, pág. 330.
- 43) KEIDEL, H. Die neueren Ergebn. d. staatl. geol. Unters. in Argentinien. — Compte rendu du XI: e Congrès Geol. Internat. 2, 1912, pág. 1127.
- 44) " . La Geología de las Sierras de la Prov. de Buenos Aires. — A. A. M. A. XI, 3, 1916.
- 45) KESSLER, P. Einige Wüstenerscheinungen aus nicht aridem Klima. — G. R. 4, 1913, pág. 413.
- 46) KOKEN, E. Indisches Perm u. die perm. Eiszeit. — N. J. M. Festband, 1907, pág. 446.
- 47) Idem. Nachträge. — C. M. 1908, pag. 449.
- 48) KRUSCH, P. Diskussion zum Vortrage J. WALTHER. — Z. D. G. 67, 1915, Monatsber. pag. 132.
- 49) LANG, R. . . . Geol. Min. Beobachtungen in Indien. — C. M. 1914, pág. 257, 513, 545; 1915, pág. 143.
- 50) LIESEGANG, R. E. Geologische Diffusionen. — 1913.
- 51) " . . . Beiträge z. Geochemie. — G. R. 4, 1913, pág. 404.
- 52) LIESEGANG, R. E. y RENCK, J. . . . Enhydrosbildung. — C. M. 1912, pág. 193.
- 53) LISBOA, M. A. R. . The occurrence of faceted pebbles on the Central Plateau of Brazil. — Americ. Journ. of Sc. 23, 1907, pág. 9.
- 54) LLAMBIAS DE OLIVAR, A. Relac. de un viaje a la barra de Pirahy; Informe acerca de la invest. geol. efect. en la Rep.; Informe ref. a los estudios efect. de las principales cuencas carbonif. de Río Grande. — B. I. G. 3, 1918.
- 55) LOEWINSON - LESING, F. Petrogr. Lexikon. — 1893 y 1898.
- 56) MARSTRANDER, R. . Los mármoles de Carapé. — B. I. G. 1, 1914.
- 57) Informe prel. sobre las riquezas minerales de la Rep. O. del Uruguay. — B. I. G. 2, 1916.
- 58) Sketch of Uruguayan Geol. and Mining. — The Mining Mag. XIV, 6, London, 1916.
- 59) MORANDI, L. Resumen y discus. de las obs. met. del Observat. Central. — Montevideo, 1917.
- 60) OLIVEIRA, E. DE. Geología do Estado do Paraná. — Bol. do Min. da Agric. Ind. e Comm. V, 1, 1916.
- 61) D'ORBIGNY, A. Voyage dans l'Amérique méridionale. — III, 3, 1842.

- 62) PASSARGE, S. Über Rumpfflächen u. Inselberge. — Z. D. G. 56, 1904, Monatsber. pag. 198.
- 63) PHILIPPI, E. Das südafrik. Dwykakonglomerat. — Z. D. G. 56, 1904, pag. 304.
- 64) Über einige paläoklimatische Probleme. — N. J. B. B. 29, 1910, pag. 106.
- 65) Vorlesungen. — Bearbeitet v. O. MARSHALL, 1912.
- 66) POTONIE, H. Die Entstehung d. Steinkohle. — 1910.
- 67) QUENSEL, P. Geol. Petrogr. Stud. in der Patag. Cordillera. — Bull. of the Geol. Inst. of Upsala XI.
- 68) RAMANN, E. Bodenkunde. — 3.ª Edición, 1911.
- 69) ROTH, S. Beobachtungen über Entstehg. u. Alter d. Pampasform. in Argentinien. — Z. D. G. 40, 1888, pag. 375.
- 70) „ „ Beitr. z. Glied. d. Sedimentabl. in Patag. u. der Pampasregion. — N. J. B. B. 26, 1908, pag. 92.
- 71) SCHRÖDER, J. Inf. sobre varios viajes de estudio. — R. I. A. 7, 1911, pag. 80.
- 72) „ „ Inf. sobre un viaje a la ciudad de Minas. — Ibidem, pag. 35.
- 73) SCHUSTER, J. Über Nicolien und nicolienähnliche Hölzer. — Kungl. Svenska Vet. Ak. Hand. 45, 1910, pag. 9.
- 74) SEMPER, M. Das Klimaproblem d. Vorzeit. — G. R. 1, 1910, Bespr. pag. 57.
- 75) SIEMIRADZKI, J. v. Geol. Reisebeobachtungen in Südbrasilien. — Sitzungsber. Ak. Wiss. Wien. Math. - Nat. Cl. 107, 1898.
- 76) SIEVERS, W. Süd- und Mittelamerika. — 2. Aufl. 1914.
- 77) STAPPENBECK, R. La Precordillera de San Juan y Mendoza. — A. A. M. A. IV, 3, 1910.
- 78) „ Geología de la Falda Oriental de la Cord. del Plata. — Ibidem XII, 1, 1917.
- 79) STEINMANN, G. Über Diluvium in Südamerika. — Z. D. G. 58, 1906, Monatsber. pag. 215.
- 80) STIEGLITZ, O. Contrib. a la Petrogr. de la Precord. y del Pic de Palo. — M. A. B. 10, 1914.
- 81) STREMMER, H. Z. Kenntn. d. wasserh. u. wasserfr. Eisenoxydbild. in den Sedimentgest. — Z. P. G. 1910, pag. 18.
- 82) „ Paralische und limnische Kohlenlager u. Moore. — G. R. 2, 1911, pag. 13.
- 83) SUSS, E. Das Antlitz der Erde (La Face de la Terre), traduit de l'allemand et anoté sous la direct. de E. MARGERIE. — III, 3, 1913.
- 84) SUPAN, A. Physik. Erdkunde. — 5. Aufl. 1911.
- 85) TWITE, C. Memoria sobre la Geología de una parte de la Rep. del Uruguay. — 1875.
- 86) WAGNER, R. Das ältere Diluv. im mittl. Saalethal. — P. G. La. 25, 1905.

- 87) WAGNER, FISCHER, GAUTHIER. Tratado de Química Industrial. — 1904.
- 88) WALTHER, J. . . . Laterit in Westaustralien. — Z. D. G. 67, 1915, Monatsber. pag. 113.
- 89) WALTHER, K. El Diluvio en los alrededores de Montevideo. — R. I. A. 5, 1909, pag. 263.
- 90) Rocas metamórficas con inclusiones de cal cerca de La Sierra. — Ibidem, pag. 273.
- 91) Sobre areniscas y rocas efusivas en los Dep. de Tacuarembó y Rivera. — R. I. A. 7, 1910, pag. 213.
- 92) Las rocas cristalinas fundamentales de los alrededores de Montevideo. — R. I. A. 9, 1911, pag. 39.
- 93) Sobre yacimientos geológicos de valor técnico en la Rep. O. del Uruguay. I. Marmol. — R. I. A. 10, 1912, pag. 37.
- 94) „ . . . La edad geol. de las areniscas brasileño-uruguayas llamadas de São Bento. — R. Min. Ind. I, 6, 1913, pag. 17.
- 95) „ . . . Sobre yacimientos de valor práctico en la Rep. O. del U. III. Talco. — R. Min. Ind. II, 12, pag. 49, 1915.
- 96) Sobre la edad y el carácter de la Formación Pamp. en el Uruguay. — Montevideo, 1915.
- 97) El yacim. de piedra de corindón (Korundfels) del C. Redondo y el origen del esmeril. — R. I. A. 2.ª Serie, 1918, 1, pag. 61; 2, pag. 52.
- 98) WATSON, D. M. S. The Beaufort Beds of the Karroo Syst. of S. Africa. — Geol. Mag. X, 9, 1913, pag. 388.
- 99) WEISS, CH. S. Über d. südl. Ende d. Gebirgszuges v. Brasil. in der Prov. San Pedro do Sul u. der Banda Oriental etc. — Sitzber. Ak. Wiss. zu Berlin 1827. Berlin 1880.
- 100) WHITE, I. C. Relatorio Final da Comm. de Estudos das Minas de Carvão de pedra do Brazil. — 1908. I. Geologia (I. C. WHITE), II. Mesosaurus brasiliensis (J. H. MAC GREGOR), III. Plantas Fosséis (D. WHITE).
- 101) WILLMANN, K. Zur Petrographie v. Uruguay. — Inaug. Diss. München 1915.
- 102) WOLFF, F. v. Der Vulkanismus. — 1918 a 1919.
- 103) WOODWORTH, J. B. Geological Exped. to Brazil and Chile. — Bull. of the Mus. of comp. Zool. at Harvard Coll. 51, 1, 1912.

EXPLICACION DE LAS LÁMINAS (1)

Lámina 1

- Fig. 1. «Cuchilla» formada por sedimentos tectónicamente levantados (Cuch. Cabo de Hornos, Dep. de Canelones). Pág. 11, 77.
- » 2. Domo granítico (Pan de Azúcar, Dep. de Maldonado). Pág. 11.
 - » 3. Superficie ondulada (Los Dos Cerros Hermanos, Dep. de Maldonado). Pág. 11.

Lámina 2

- Fig. 4. Segregación bolsiforme y destrucción del granito (Dep. de Soria, no). Fot. Dr. J. SCHRÖDER. Pág. 13.
- » 5. Segregación bolsiforme de una brecha (Dep. de Maldonado). Pág. 13.

Lámina 3

- Fig. 6. Altura coniforme o sea el residuo no aplanado todavía de una altura mesetiforme (Cerro Batoví, al S de Tacuarembó). Pág. 13.
- » 7. Alturas mesetiformes compuestos de sedimentos (Cerros de Clara, Dep. de Tacuarembó). Pág. 14.
 - » 8. Aplanamiento de la estepa uruguaya hacia el Río Uruguay (Los Cuatro Cerros, Dep. de Salto). Pág. 78, 126.

Lámina 4

- Fig. 9. Altura mesetiforme compuesta de rocas efusivas antiguas (Cerro Arequita, Dep. de Minas). — Fot. Dr. J. SCHRÖDER. Pág. 14, 55.
- » 10. Descomposición del pórfido en el mismo cerro. — Fot. Dr. J. SCHRÖDER. Pág. 14.

Lámina 5

Altura débilmente mesetiforme compuesta de rocas efusivas, mesozóicas (C. Luján, Dep. de Salto). Pág. 15, 133.

- » 12. Filita tectónicamente poco alterada (Puntas del A. Ombú, Dep. de Minas (2)). Pág. 18, 28.

(1) Las fotografías han sido tomadas por el autor, con excepción de las figuras 4, 9, 10, 30, 33 y 34.

(2) Los bancos de mármol que acompañan la filita, tienen la misma orientación.

Lámina 6

- Fig. 13. Filón aplítico con trozos de anfibolita (Canteras de granito de la Teja, Montevideo). Pág. 16.
- » 14. Filón lamprofidico (Nico Pérez). Pág. 54.

Lámina 7

- Fig. 15. Anfibolita plegada (Cerro de Montevideo). — $\frac{1}{4}$ Tam. nat. Pág. 23.
- » 16. Caliza cristalina plegada (C. Verdún, Dep. de Minas). — Casi $\frac{1}{2}$ Tam. nat. Pág. 38.
 - » 17. Cuarzita magnetítica cinteada por hornblenda grunerítica (Cuch. de Medina, Dep. de Minas). — $\frac{3}{5}$ Tam. nat. Pág. 169.

Lámina 8

- Fig. 18. Anfibolita de textura helicítica, con porfidoblastos de hornblenda y apatita (1) en un tejido fundamental de estructura nematoblástica (2) (Cerrito de Montevideo). — Aum. 29 veces. Pág. 26.
- » 19. Meláfido hipocristalino (Melo). — Aum. 15 veces. Pág. 131.
 - » 20. *Dadoxylon* sp., Corte transversal (Autóctono en estratos de Estrada Nova; camino entre Melo y el C. Guazunambí). — Aum. 32 veces. Pág. 119.
 - » 21. Idem, Corte tangencial. — Aum. 26 veces. Pág. 119.
 - » 22. Idem, Corte radial. — Aum. 29 veces. Pág. 119.

Lámina 9

- Fig. 23. *Sigillaria* sp.? Corte transversal (Cañada de Los Burros). — Aum. 20 veces. Pág. 120.
- » 24. Idem? (Est. Agrón., Bañado Medina). — Aum. 20 veces. Pág. 121.
 - » 25. Desmopelodita (Laguna La Tuna). — $\frac{1}{3}$ Tam. nat. Pág. 87, 91.
 - » 26. Arenisca de São Bento con «ripple marks» (Tacuarembó). — $\frac{1}{4}$ Tam. nat. Pág. 75, 124.

Lámina 10

- Fig. 27. Bloque de granito en estratos de Tubarão (Paso de Cruz, A. Fraile Muerto). Pág. 88.
- » 28. Arenisca de Palermo (Paso de Cueva Tigre, Dep. de Cerro Largo). Pág. 97.

Lámina 11

- Fig. 29. Arenisca de Rio do Rasto (C. Guazunambí, Dep. de Cerro Largo). Pág. 123.
- » 30. Suelo, Subsuelo y Suelo tosco con concreciones calcáreas (Montevideo). — Fot. Dr. J. SCHRÖDER. Pág. 156.

(1) Compárense los granos irregulares incoloros.

(2) Sólo visible entre + Nícoles.

Lámina 12

Fig. 81. Filón melafídico (en parte explotado) atravesando la arenisca de Estrada Nova (Melo). Pág. 128.

- » 32. Almendra de ágata en meláfido descompuesto (A. Catalán, Dep. de Artigas). Pág. 134.

Lámina 13

Fig. 83. Yacimiento de turba (Maldonado). — Fot. A. DUQUE. Pág. 158.

- » 34. Idem, Explotación de la turba. — Fot. A. DUQUE. Pág. 158.

Lámina 14

Fig. 85. Plano geológico del Cerro de Montevideo (1).

Base topográfica: Plano del Dep. de Montevideo de S. CORTESI, 1916.

Lámina 15

Fig. 86. Plano geológico - estructural de la Rep. O. del Uruguay (2).

Base topográfica: Mapa de la República en 1:700.000 de O. ARAUJO.

Lámina 16

Fig. 87. Bosquejo geológico - estructural de los estados brasileños meridionales y del Uruguay (según I. WHITE, WOODWORTH, E. DE OLIVEIRA, BRANNER, HMTNER e investigaciones del autor (3)).

Base topográfica: Atlas de STIELER (Gotha, J. PERTHES).

(1) El color verde de la parte oriental de la isla en la embocadura del A. Pantanos hay que sustituir por el verde de aceituna.

(2) Con respecto al límite entre « Cr » y « M » entre la Estación de Villasboas y el Río Uruguay, compárese lo dicho en la pág. 71.

Las señales Cr, P y M se hallan en lugares, donde afloran los productos rocosos correspondientes.

Detrás del « M » al Este de Tacuarembó hay que poner una interrogación. En las inmediaciones del Paso Novillos aflora el esquisto de Iraty.

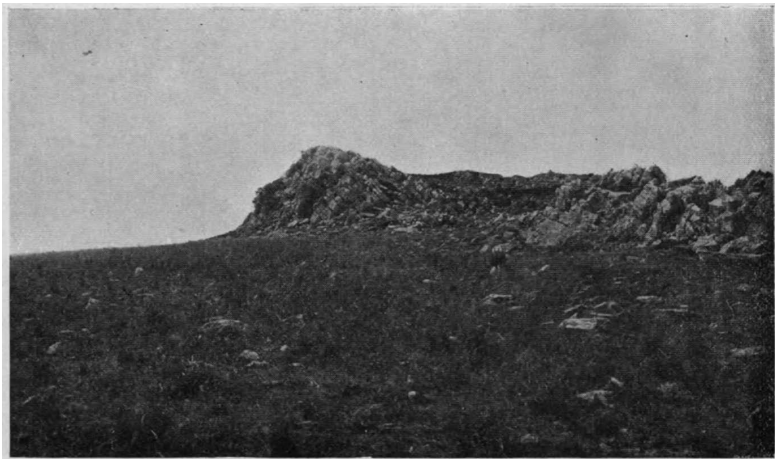
El Paso de Laguna del R. Tacuarembó, paso mencionado varias veces en las líneas precedentes, se halla entre la embocadura del A. Caragatá y la del A. Yaguary. El paso se llama, en el mapa de O. ARAUJO, P. Neto.

(3) En vez de « R. Cacequy » (Río Grande do Sul), léase R. Sta. María.

INDICE

Prefacio .	Pág. 3
Introducción.	6
A. CONFIGURACIÓN DE LA SUPERFICIE .	8
B. FORMACIONES GEOLÓGICAS	» 15
I. <i>Fundamento cristalino</i>	16
1. Pizarras cristalinas	» 18
a) Gneis, Gneis cuarcítico, Cuarcita, Cuarcita filítica.	» 18
b) Anfibolita, Hornblendesquisto, Cloritoesquisto .	» 28
c) Micaesquisto, Filita, F. grafitica etc., Mármol	28
d) Inclusiones: Serpentina, Epidosita, Talcoesquisto.	38
Anexo a las pizarras cristalinas	» 45
2. Rocas eruptivas .	» 47
a) Rocas alcalino - calcáreas	48
b) Rocas subalcalinas y alcalinas	» 57
II. <i>Formación de Gondwana</i>	
(Formación de Sta. Catharina, I. WHITE).	68
1. Edad, extensión y posición.	» 68
2. Estratigrafía de la formación.	79
a) Estratos de Tubarão .	84
α) Los conglomerados cerca del Paso de Tia Lucía, y las capas subyacentes	» 85
β) Estratos de Río Bonito y de Palermo	» 92
b) Estratos de Passa Dois	» 99
γ) Esquistos de Iraty	99
δ) Estratos de Estrada Nova y Caliza de Rocinha	
(Contribución al conocimiento de las maderas uruguayas silificadas)	» 105

c) Estratos de São Bento	. Pág. 122
ε) Estratos de Rio do Rasto	• 123
ζ) Arenisca de São Bento	124
η) Rocas eruptivas de Serra Geral	• 127
<i>III. Formaciones Neozóicas</i>	» 137
C. YACIMIENTOS METALÍFEROS MAS IMPORTANTES	» 161
Bibliografía	» 177
Explicación de las láminas	• 182



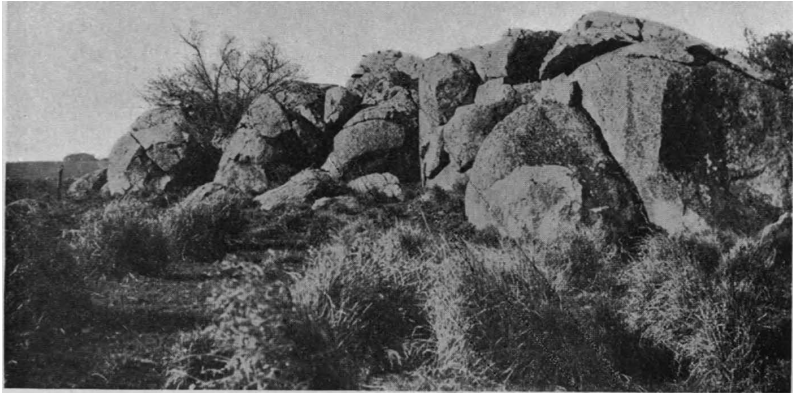
1.



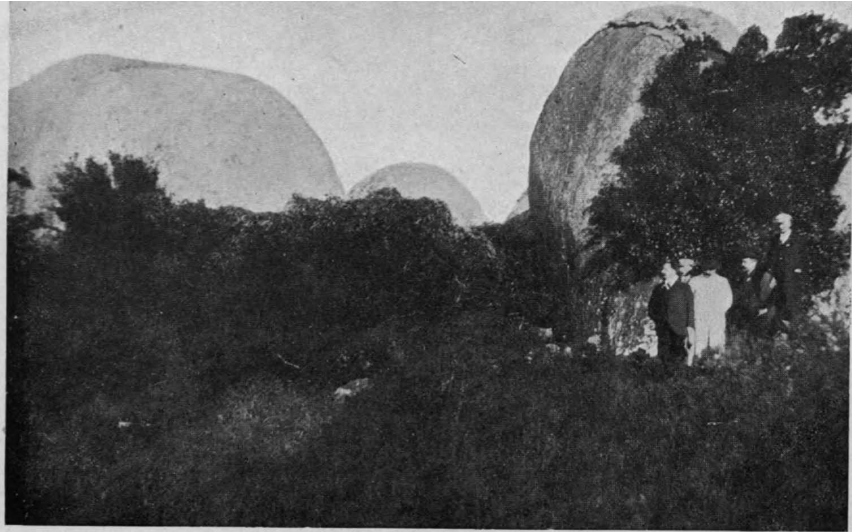
2.



3.



4.



5.



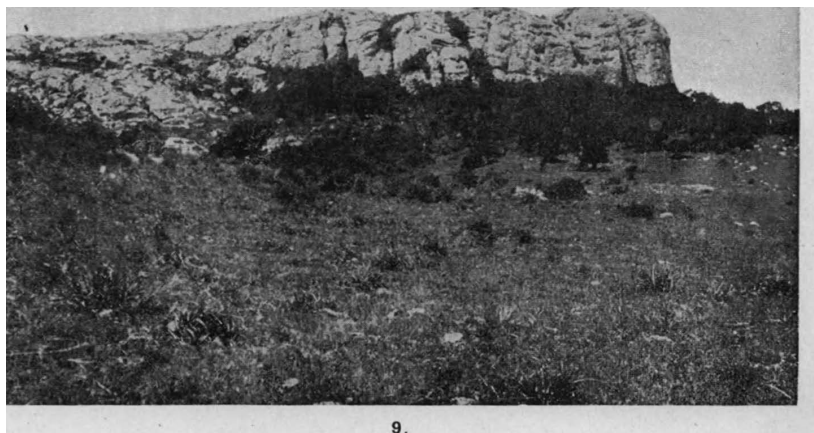
6.



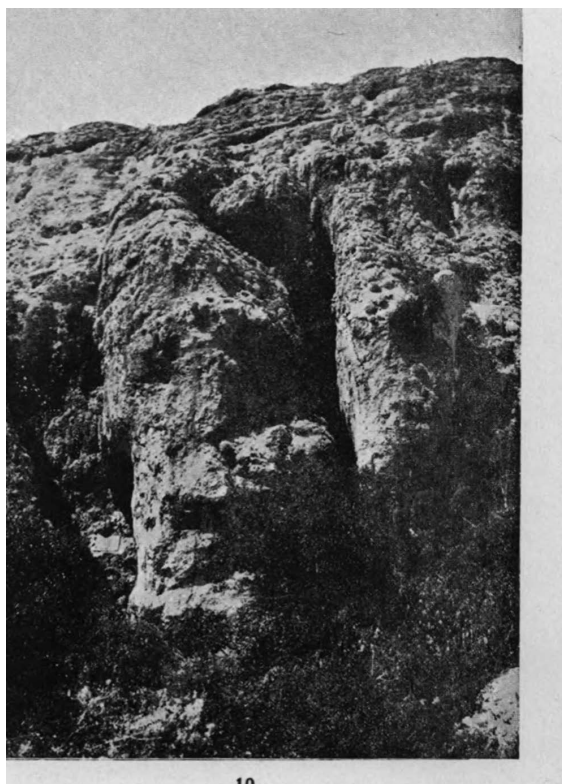
7.



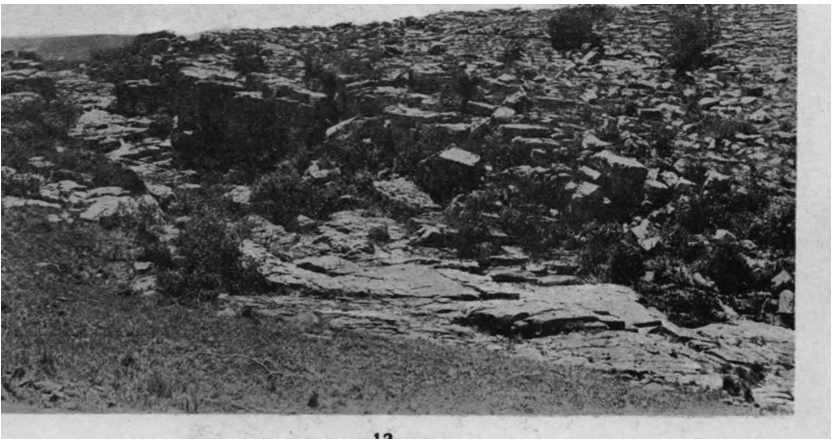
8.



9.

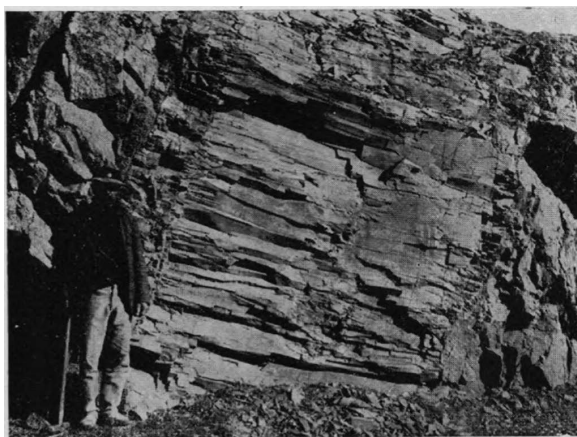


10.

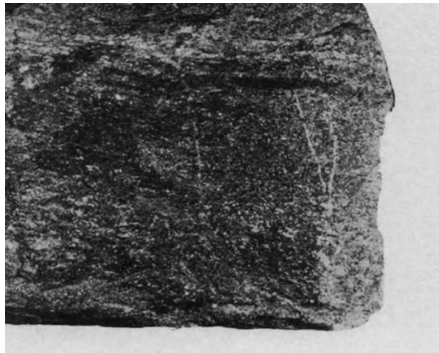
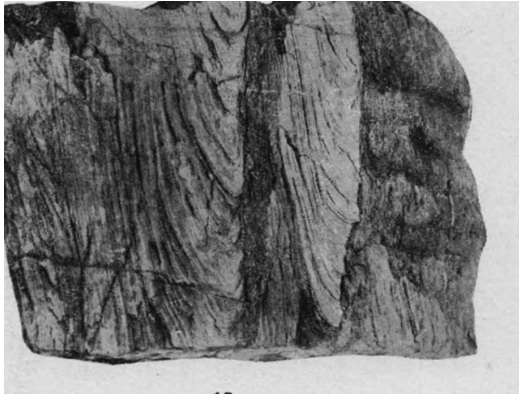


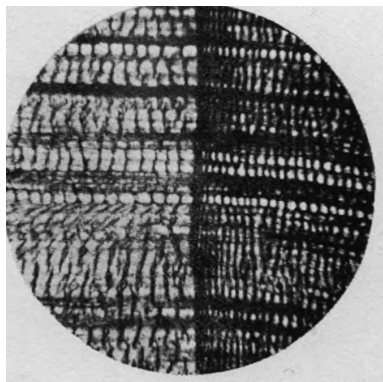
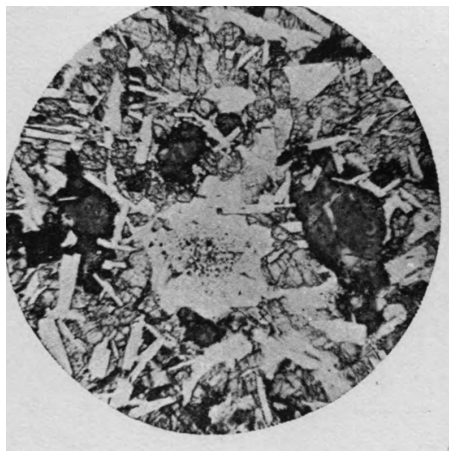


13.

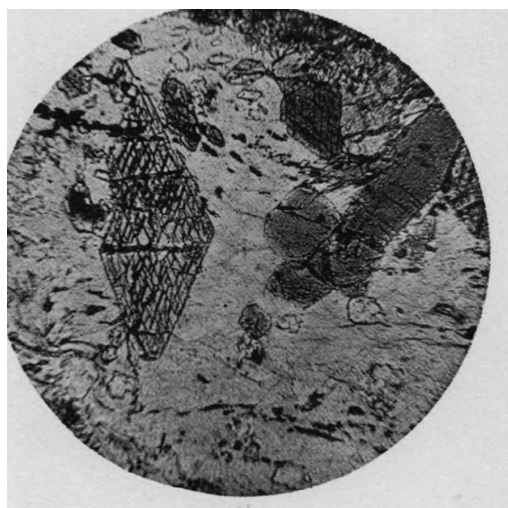


14.

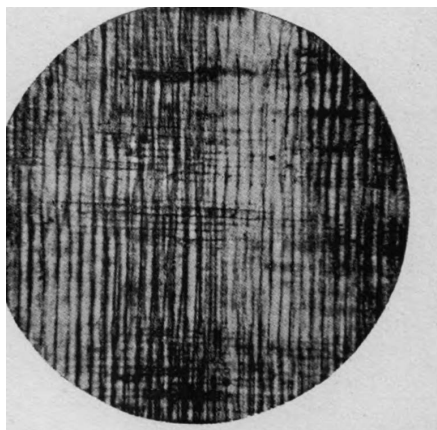
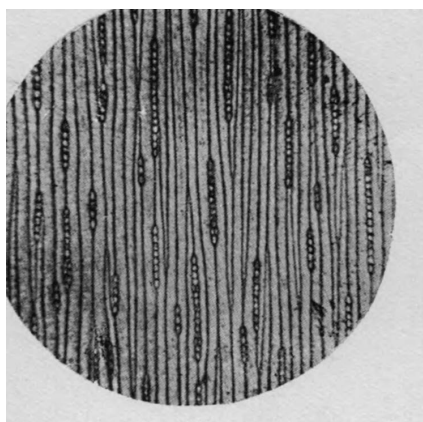


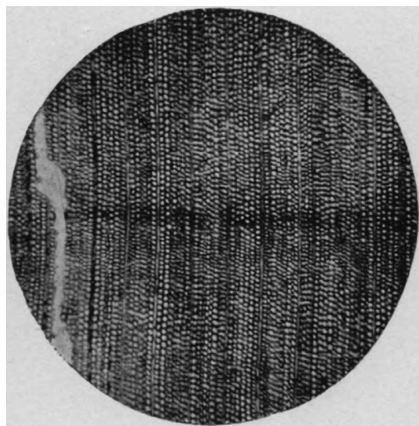


5.

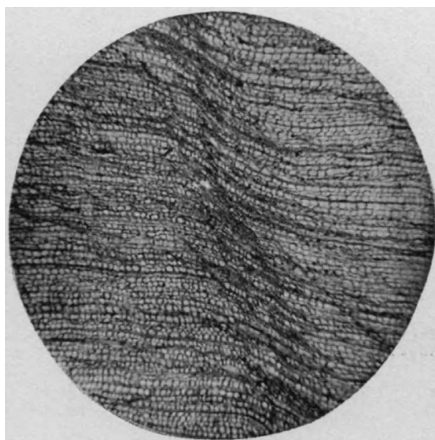


6.





23.



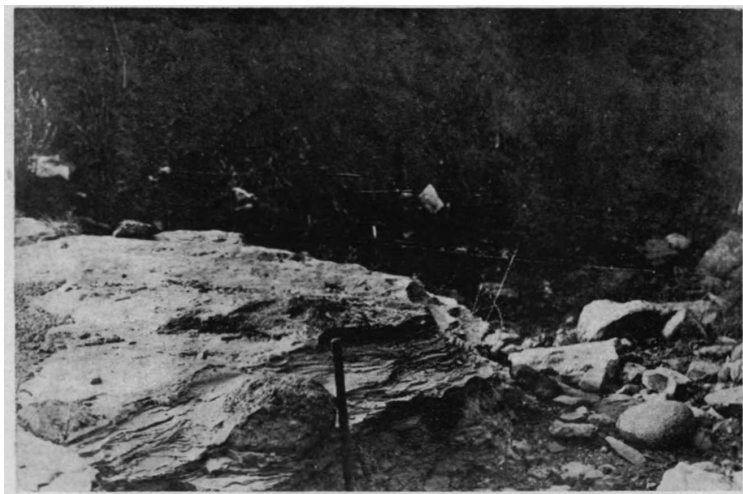
24.



25.



26.



27.



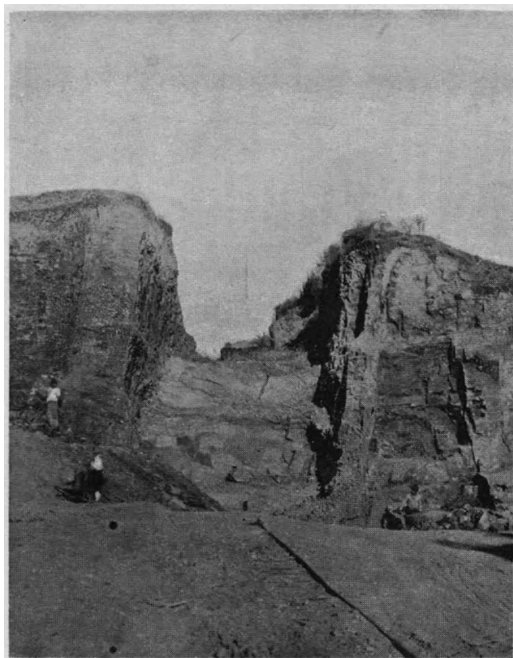
28.



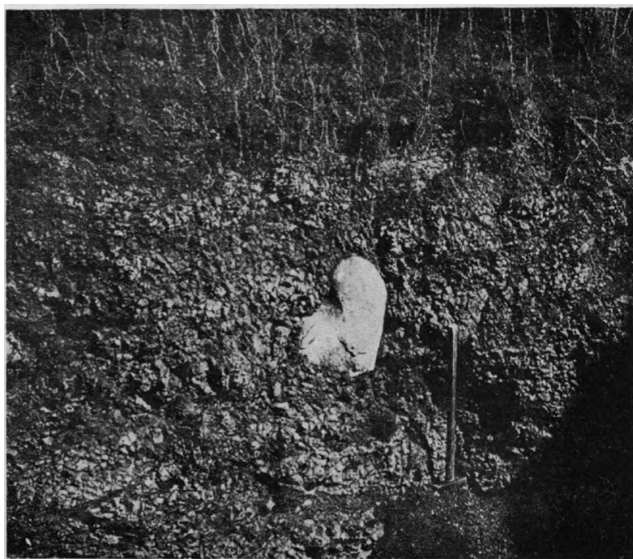
29.



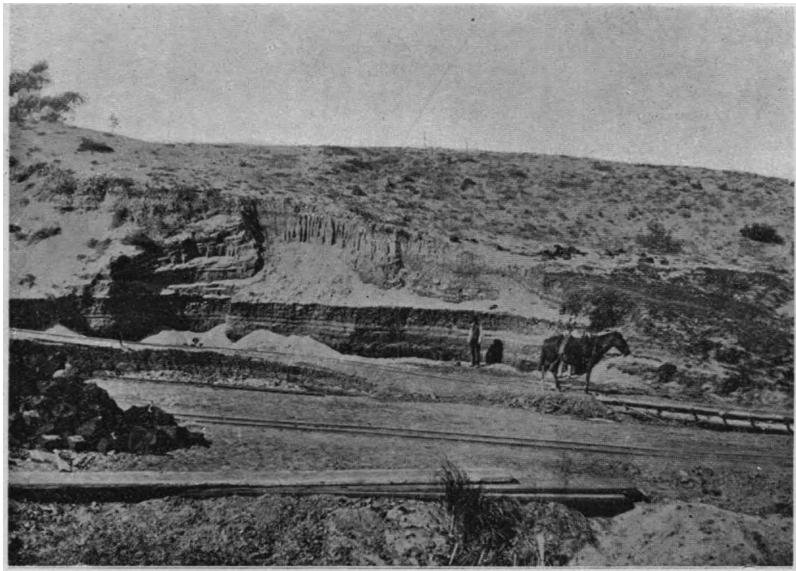
30.



31.



32.



33.



34.