

REVISTA

DE LA

Sociedad Científica del Paraguay

Tomo I

Asunción, Octubre de 1921 .

Núm. 2

DATOS PRELIMINARES SOBRE LA GEOLOGIA DEL PARAGUAY Y BREVE RESEÑA AGROLOGICA DE ESTE PAIS, POR EL Dr. MOISES S. BERTONI (1).

Al acometer, por vez primera, el estudio de la geología del Paraguay en un escrito destinado a la publicación y con el fin de dar una idea suficientemente aproximada de la constitución geológica del país que tengo el honor de representar, voy a permitir una advertencia.

Nadie hasta ahora ha llevado a cabo un estudio de conjunto de este gran problema, ni tampoco estudios especiales importantes que nos sirvan de puntos de apoyo más o menos seguros. Las dificultades son muchas, por lo demás, y de diverso orden. La primera y la más grave está en la falta casi absoluta de fósiles en lo que toca la mayor parte del Paraguay.

En la parte meridional del río Paraguay, en el Chaco y creo en algún otro terreno relativamente moderno, se han encontrado algunos fósiles; pero la mayor parte se perdió sin provecho para la geología, sin contar que, provenientes al parecer de las camadas comunes con la República Argentina y más recientes, la mayor parte no tenía seguramente un interés trascendental, pues el punto más difícil es la clasificación de los otros terrenos más antiguos. De éstos últimos, apenas he tenido en mi mano unos trilobitos provenientes de cerca de Cangó y unos fragmentos aún no clasificados y probablemente indeterminables, hallados cerca de Itaguaimí, sobre la playa del río Paraná, transportados, sin que se pueda saber a que capa pertenecían, como los demás tampoco.

Du Graty, que hizo una gran colección de minerales, cuya clasificación concienzuda ha sido reproducida, a indicación del Dr. Domínguez y con una carta mía en la Revista del Instituto Paraguayo, declara lo siguiente:

"En mis exploraciones no he podido encontrar ningún fósil, y hasta ahora ninguno de los viajeros que han visitado el Para-

guay, ha hecho mención de ellos. Tampoco he podido recoger ninguna tradición con respecto a los fósiles, y los indios, tan grandes observadores, no han podido señalarme su existencia. Solamente he oído decir que antiguamente se encontraron en el álveo del río Paraguay algunos huesos fósiles de un animal gigantesco (Megaterio?)."

Agrego que el titulado Museo Nacional tiene algunos de estos restos, al respecto de los cuales va también la advertencia arriba expuesta, tanto por su proveniencia como por su valor.

En tales condiciones el problema se hace muy difícil, y en ciertas partes buenamente insoluble, por ahora al menos.

Con más razón cuando el que lo acomete, lo hace obligado por la necesidad de que algo se sepa ya, y no es el especialista consumado que puede dedicar a tal estudio todo el tiempo necesario, con todos los elementos indispensables y sin preocupaciones de otro orden.

La situación geológica del Paraguay, digámoslo en seguida, indica además una constitución necesariamente muy variada. Colocado inmediatamente entre el arqueano del Brasil y el terciario superior de la llanura argentina, en pocas centenas de kilómetros sus terrenos pasan de las más antiguas edades a las más modernas. Y como si eso no bastase el país ha sido convulsionado por fenómenos eruptivos poderosos, y minado, se puede decir, a cada paso, de inyecciones eruptivas de diferente edad, y por fin, según me parece evidente, ha habido submersión y reemersión de algunas partes.

De manera que nuevas y más completas investigaciones son necesarias, las cuales los causarán seguramente más de una sorpresa evidenciando otros hechos de más importancia.

(1) Trabajo presentado al 3.º Congreso Científico Latino-Americano, reunido en Río de Janeiro en Agosto de 1905.

II—COMPLEJO PREDEVONIANO.

La edad de una parte al menos del Paraguay resulta de mis observaciones más antigua de lo que en general se suponía. Los autores que indican los límites de la grande Isla Continental Brasileira, que se extendía durante las primeras edades desde cerca del Amazonas hasta el Uruguay, excluyen de ella el territorio paraguayo, haciendo cruzar la línea al río Paraguay por cerca de Coimbra, y de allí al Este o Nordeste, alejándola mucho de nuestra frontera del Apa.

Ahora bien aún cuando se dieran a esa isla límites arqueanos y se diera al arqueano el significado de complejo pre-cambriano, a ella pertenecería siempre, me parece, una parte, aunque pequeña, del territorio paraguayo. Y más, si como indica el Dr. Orvillo Derby, se adoptan como límites los del complejo predevoniano.

¿Existe en el Paraguay un verdadero arqueano? Solo una más minuciosa observación de las cercanías del río Apa podría decirnoslo con seguridad. Du Graty encontró el granito cerca de ese río, la sienita cerca de Pan de Azúcar, el gneiss en Bella Vista y pórfido en varios puntos de esa región. Mi sabio colega el profesor Anisits halló igualmente granito y pórfidos verdes y rojos y pudo constatar, según me comunicó, la exactitud de las indicaciones de aquél autor.

La existencia de algunas rocas arqueanas, inyecciones graníticas o granitoides, ha sido revelada en algunos otros cerros aislados por Du Graty (Acahay, Tacurupytá, Paraguairí) y por mí (en el primero y tercer punto).

No será fácil, y por el momento imposible, desenredar el que supongo ser cambriano de los demás terrenos de la región del río Apa, que van desde la embocadura de dicho río hasta el Amambay alejándose poco del thalweg, pues una exploración más completa y bien dirigida es para eso indispensable.

El valle del río Apa ostenta rocas metamórficas antiguas, micosquisto, esquistos de aspecto granítico, cuarcita, ésta especialmente en el lecho del río, y también, como las otras, en una estrecha zona paralela al mismo. El profesor Anisits hizo la observación interesantísima, de que el calcáreo cristalino antiguo, descansa allá sobre el granito.

Análoga dificultad se presentará del terreno que tengo por siluriano, aunque su extensión sea más grande. Parece que se pueden clasificar por tales las rocas de buena parte de la región comprendida entre el Aquidabán y la estrecha zona más antigua que toca al río Apa, región aquella que debe ir hasta el pié del Amambay y

prolongarse tal vez por esta llamada cordillera.

El Amambay, que figura siempre en todos los mapas como una verdadera cordillera, es más bien un planalto, o el barranco de una alta planicie inclinada hacia el Oeste. Tiene del lado occidental una fuerte caída, que en parte hace penosa la ascensión; pero del lado oriental el declive es poco sensible y el aspecto es a veces el de una llanura interrumpida por elevaciones aisladas y cañadas. Así que muestra ser el barranco de la mar antigua que desde el actual Chaco hasta su pié se extendía, por más que la erosión le haya dado en partes aspecto de sierra.

La masa central del Amambay, según ya lo consignó Du Graty, está formada de rocas de origen volcánico, al menos en varias partes, pues parece que en otras atraviesan aquellas algún sedimento antiguo. La región es aún poco conocida, no se le puede asignar un puesto sin mucha reserva, y puede ser muy bien que, mejor estudiada, pase a formar parte de terrenos menos antiguos.

Volviendo a la región entre el Aquidabán y el Apa, diré que la masa más importante la constituyen las rocas calcáreas, que la ocupan en su mayor extensión, desde el río Paraguay hasta cerca del Amambay. Son mármoles, calcáreos cristalinos y metamórficos, calcáreos arcillosos, calcáreo gris con venas de calcáreo espático, esquisto arcilloso rojo, etc.

Las industrias explotan desde antiguo esa mina, inagotable por su extensión, pues sobre el río Paraguay, que es su límite, desde Itapucumí hasta muy cerca de la confluencia, no tiene, creo, ninguna interrupción, y hacia el Este se extiende aún más.

Al lado de esas rocas encuéntrase también esquistos arcillosos duros, silicosos, pizarrosos, así como algunas vetas de gres cuarzoso bastante duro. Además, limonita de hierro, asaz común al norte del Aquidabán.

Desde el punto de vista agrológico, los terrenos de esa región se dividen naturalmente en dos grupos: los calcáreos y los no-calcáreos. Estos últimos, a causa de su variada composición, no pueden ser estudiados sino en detalle. Se sabe no obstante, que la descomposición de las rocas granitoides y del gres cuarzoso no pueden producir tierras que tengan el valor de las volcánicas y de las tierras francas, al menos para la agricultura. En cambio hay en esa región buenos campos para la ganadería, los "campos cerrados" por ejemplo, sembrados de árboles aislados y de aspecto curioso y bonito.

En cuanto a las tierras calcáreas, diré que presentan un ejemplo más que acabaría de convencer al más incrédulo de los inconvenientes que una fuerte proporción de cal presenta en las zonas tropicales, so-

bre todo cuando falta cantidad suficiente de materia arenosa. Alternativamente muy húmedos o muy secos, siempre relativamente compactos y duros, no presentan condiciones favorables al cultivo. No obstante, el campo no es malo para el ganado y hay buenos montes, aunque de mediana altura, pues crecen en una capa cultivable reducida, lo que no les impide tener buenas maderas, entre las cuales algunas especies propiamente chaqueñas, que en esa región pasan al oriente del río Paraguay.

III—DEVONIANO.

Los terrenos que pongo bajo este título ocupan una grande extensión en la parte del Paraguay situada al oriente del río, con estos límites más o menos: al Norte los terrenos precedentemente descriptos, al Este la cuenca del Alto Paraná, incluyendo parte de ésta al oriente de las sierras Mbaracayú, Caaguazú, Villarrica y Tabafí; al Sud, la llamaña cordillera, bajo el paralelo 25, y al SE, la comarca de Tabafí, con su prolongación hasta el río Paraná probablemente.

El Amambay, como ya dije, quedará probablemente comprendido en este conjunto, así como los territorios matogrosenses comprendidos entre el Amambay y el Alto Paraná, al Norte del Guairá, y los territorios correspondientes al Este de dicho río, en el Estado de Paraná. Agregó que al Sud del paralelo de Asunción los mismos terrenos aparecen en algunos puntos.

La falta de fósiles es más de sentir al respecto de terreno, pues se confunden con facilidad con otro inmediato más moderno o más antiguo, por su propia naturaleza ya, y aquí con más razón. Aparte unos trilobitos de localización algo dudosa, no he visto fósiles provenientes de estos terrenos. Por otra parte, si bien es cierto que poco se ha buscado, no es menos evidente que los fósiles son raros en ellos, y este hecho, aunque negativo, tiene su valor y me impide asignar a esta formación una época más reciente.

En cambio, la constitución mineral me ha parecido característica. La variedad dominante es el antiguo asperón rojo, aunque aparezcan en algunas partes fuertes camadas de asperón blanquizco: las variedades rosadas y verdosas son más raras. La estratificación es muy marcada y regular. En algunos puntos aparecen asperones micáceos, como en Ajos y Carayaó (Villa Hayes?)

Se observan también algunos esquistos, especialmente los arcillosos duros, que nunca se extienden mucho (Ybitími, Paraguairí, Caaguazú, cerros, etc.) Las camadas calcáreas son raras, observándose algún carbonato gris, calcáreo común y oolítico. El hierro abunda en toda la región, en el

sentido de que la hay en casi todas partes. Llama la atención la intercalación o la inyección frecuente de rocas volcánicas principalmente basálticas. La masa central de las cordilleras ya indicadas, así como la de casi todos, sinó todos, los cerros aislados, está constituida por basaltos, espilitas rocas volcánicas escalonadas y trapp. Todas esas inyecciones, camaradas y masas volcánicas parecen prolongaciones en el sentido vertical de la gran camada eruptiva que, desde el Estado de Paraná y las Misiones Argentinas, se extendería entonces hasta cerca del río Paraguay, ya aparente, ya cubierta por los terrenos sedimentarios que en muchos puntos atraviesa y en otros soporta.

Volveré sobre este asunto.

La forma de los cerros, aislados o agrupados, es un hecho notable. Todos son cónicos, en general, con bastante regularidad, con pendientes abruptas o gran declive. Su masa central, como ya dije, es generalmente formada de rocas volcánicas; notándose además las metamórficas, esquistos arcillosos y asperones duros en su revestidura externa. En algunos aparecen probar que hubo al través de los mismos terrenos movimientos volcánicos en distintas épocas.

Bajo el punto de vista agrológico, la formación que doy por devoniana presenta grande interés, como bien se comprende, por su extensión, y dada la variedad y riqueza de composición de las rocas que la constituyen. Las tierras cultivables son generalmente de gran fertilidad: las medianas son pocas y de poca extensión; verdaderamente pobre no hay en toda la región. Se reconocen fácilmente tres especies principales:

1.a La tierra areno-ferruginosa, o colorado arenosa, cuya fertilidad es muy grande cuando, por las descomposiciones orgánicas, llega a ser areno ferro humífera, que es el caso más común.

2.a La arcillo-ferruginosa, resultado de la descomposición de rocas volcánicas y muy buena cuando se cultiva racionalmente, y exuberante aún sin cultivo, cuando, debajo de los extensos bosques, llega a ser arcillo-ferro-humífera.

3.a Las tierras bajas, de transporte, formadas posteriormente, de las cuales correspondería ocuparnos al hablar de los terrenos más modernos. Resulta en general de las dos anteriores, mezcladas y transportadas, con los cambios inherentes al acarreo y depósito en lugares más o menos alejados. Es fértil y conviene en general igualmente para la agricultura y la ganadería, siendo de campo, por lo general.

IV—FORMACION VOLCANICA Y ASPERONES POSTERIORES.

La formación volcánica del Este y Sud del Paraguay, que se prolonga, como he dicho, sobre los terrenos limítrofes del Bra-

bre todo cuando falta cantidad suficiente de materia arenosa. Alternativamente muy húmedos o muy secos, siempre relativamente compactos y duros, no presentan condiciones favorables al cultivo. No obstante, el campo no es malo para el ganado y hay buenos montes, aunque de mediana altura, pues crecen en una capa cultivable reducida, lo que no les impide tener buenas maderas, entre las cuales algunas especies propiamente chaqueñas, que en esa región pasan al oriente del río Paraguay.

III—DEVONIANO.

Los terrenos que pongo bajo este título ocupan una grande extensión en la parte del Paraguay situada al oriente del río, con estos límites más o menos: al Norte los terrenos precedentemente descriptos, al Este la cuenca del Alto Paraná, incluyendo parte de ésta al oriente de las sierras Mbaracayú, Caaguazú, Villarrica y Tabafí; al Sud, la llamada cordillera, bajo el paralelo 25, y al SE. la comarca de Tabafí, con su prolongación hasta el río Paraná probablemente.

El Amambay, como ya dije, quedará probablemente comprendido en este conjunto, así como los territorios matogrosenses comprendidos entre el Amambay y el Alto Paraná, al Norte del Guairá, y los territorios correspondientes al Este de dicho río, en el Estado de Paraná. Agregó que al Sud del paralelo de Asunción los mismos terrenos aparecen en algunos puntos.

La falta de fósiles es más de sentir al respecto de terreno, pues se confunden con facilidad con otro inmediato más moderno o más antiguo, por su propia naturaleza ya, y aquí con más razón. Aparte unos trilobitos de localización algo dudosa, no he visto fósiles provenientes de estos terrenos. Por otra parte, si bien es cierto que poco se ha buscado, no es menos evidente que los fósiles son raros en ellos, y este hecho, aunque negativo, tiene su valor y me impide asignar a esta formación una época más reciente.

En cambio, la constitución mineral me ha parecido característica. La variedad dominante es el antiguo asperón rojo, aunque aparezcan en algunas partes fuertes capas de asperón blanquizo: las variedades rosadas y verdosas son más raras. La estratificación es muy marcada y regular. En algunos puntos aparecen asperones micáceos, como en Ajos y Carayaó (Villa Hayes?)

Se observan también algunos esquistos, especialmente los arcillosos duros, que nunca se extienden mucho (Ybitimí, Paraguairí, Caaguazú, cerros, etc.) Las camadas calcáreas son raras, observándose algún carbonato gris, calcáreo común y oolítico. El hierro abunda en toda la región, en el

sentido de que la hay en casi todas partes. Llama la atención la intercalación o la inyección frecuente de rocas volcánicas principalmente basálticas. La masa central de las cordilleras ya indicadas, así como la de casi todos, sinó todos, los cerros aislados, está constituida por basaltos, espilitas, rocas volcánicas escalonadas y trapp. Todas esas inyecciones, camaradas y masas volcánicas parecen prolongaciones en el sentido vertical de la gran camada eruptiva que, desde el Estado de Paraná y las Misiones Argentinas, se extendería entonces hasta cerca del río Paraguay, ya aparente, ya cubierta por los terrenos sedimentarios que en muchos puntos atraviesa y en otros soporta.

Volveré sobre este asunto.

La forma de los cerros, aislados o agrupados, es un hecho notable. Todos son cónicos, en general, con bastante regularidad, con pendientes abruptas o gran declive. Su masa central, como ya dije, es generalmente formada de rocas volcánicas; notándose además las metamórficas, esquistos arcillosos y asperones duros en su revestidura externa. En algunos aparecen probar que hubo al través de los mismos terrenos movimientos volcánicos en distintas épocas.

Bajo el punto de vista agrológico, la formación que doy por devoniana presenta grande interés, como bien se comprende, por su extensión, y dada la variedad y riqueza de composición de las rocas que la constituyen. Las tierras cultivables son generalmente de gran fertilidad: las medianas son pocas y de poca extensión; verdaderamente pobre no hay en toda la región. Se reconocen fácilmente tres especies principales:

1.a La tierra areno-ferruginosa, o colorado arenosa, cuya fertilidad es muy grande cuando, por las descomposiciones orgánicas, llega a ser areno ferro humífera, que es el caso más común.

2.a La arcillo-ferruginosa, resultado de la descomposición de rocas volcánicas y muy buena cuando se cultiva racionalmente, y exuberante aún sin cultivo, cuando, debajo de los extensos bosques, llega a ser arcillo-ferro-humífera.

3.a Las tierras bajas, de transporte, formadas posteriormente, de las cuales correspondería ocuparnos al hablar de los terrenos más modernos. Resulta en general de las dos anteriores, mezcladas y transportadas, con los cambios inherentes al acarreo y depósito en lugares más o menos alejados. Es fértil y conviene en general igualmente para la agricultura y la ganadería, siendo de campo, por lo general.

IV—FORMACION VOLCANICA Y ASPERONES POSTERIORES.

La formación volcánica del Este y Sud del Paraguay, que se prolonga, como he dicho, sobre los terrenos limítrofes del Bra-

sil y República Argentina, es uno de los fenómenos más interesantes de la geología paraguaya, si no el más trascendental de todos. No lo es menos desde el punto de vista agrológico, pues a ella se debe la gran extensión de tierras que ofrecen a la agricultura una de las capas cultivables más fértiles del mundo.

Tal fertilidad, y la excepcional importancia práctica, hace desear un trazado minucioso y completo de toda la formación. Por el momento es cosa imposible hacerlo, por la gran complicación topográfica de las partes descubiertas o afloramientos y por la manera con que esta formación está ligada con los terrenos enumerados ya y otros posteriores. Una investigación más prolija es necesaria.

La parte visible se extiende sobre toda la baja del valle del Alto Paraná, desde el gran Salto Guairá hasta los rápidos de Apyté, en el extremo Sud del Paraguay y por trechos aparece en las barrancas del río hasta cerca de Corrientes; creciendo además ramificaciones laterales señaladas por el fondo de los valles de los ríos laterales, hasta variables distancias del río principal.

Más al Oeste, desde una línea que corre con mucha irregularidad de Norte a Sud, entre el Alto Paraná y su divertium acuarum con el río Paraguay, la capa volcánica debajo de otra compuesta casi exclusivamente de asperón rojo, rara vez blanco y a veces bastante blando. En el fondo de los arroyos y ríos, del interior, la erosión descubre frecuentemente un lecho volcánico, encerrado entre dos barrancos de arenisca.

Entre la línea de alturas del divertium acuarum Paraná-Paraguay reaparece la roca volcánica, constituyendo el esqueleto o masa central de las cordilleras de amambai, Mbaracayú, Caaguasú y Villa Rica, las que sucesivamente de Norte a Sud constituyen a su vez el espinazo o línea central orográfica del Paraguay.

Más al Este la masa volcánica desaparece nuevamente, para reaparecer no obstante en un gran número de puntos hasta las Misiones Paraguayas y el río Paraguay, en general sobre pequeñas extensiones.

¿Será siempre la misma formación la que insinúa hasta tanta distancia debajo de las capas de asperón, las más recientes como las más antiguas.

En el fondo de los ríos tributarios del Alto Paraná aparece, como he dicho, la roca volcánica entre barrancos de asperón blando sin rocas metamórficas, al menos en varias partes. Mientras en otros puntos de la cuenca del río Paraguay la masa volcánica ha cruzado evidentemente un movimiento eruptivo importante ha levantado una gran faja de rocas areniscas (asperón rojizo, lamelar, de dureza variable), que cruza el río Paraná, pasando al territorio argentino donde forma los hermosos cerros peñascosos del

Teyú-cuaré Argentino, erguidos a plomo sobre el gran río, y otros, más ocultos debajo de espesa vegetación.

Como también, que inmediatamente después de producirse el gran derrame volcánico, una parte del país se submergía, para reemerger en una época posterior, que la falta de fósiles aún no permite indicar seguramente. A esta época posterior habrían pertenecido los asperones blandos de la Asunción, como los del Alto Paraná. Toda la extensión de rocas volcánicas de ésta última región habría sido cubierta por el nuevo sedimento arenisco, el cual desaparecería más tarde del fondo del valle principal y de los valles laterales, por erosión, facilitada esta por lo blando de esos sedimentos, que hoy aún aparecen más al interior, del lado paraguayo, ya en lomas ya en albardón entre los cursos de arroyos más o menos paralelos, ejemplos muy notables los que separan el valle del Acaray de el del Monday o algunos de sus afluentes entre ellos.

También resistió a la erosión, relativamente, la faja de asperones Teyucuaré. Pero, la dureza relativa de éstas rocas, su estructura lamelar y la disposición de sus capas, muestran tratarse de un sedimento más antiguo que el que cubriera el Alto Paraná. Puede que sea coetánea de la gran formación sedimentaria descrita en el capítulo precedente y ser además su continuación en el Sud, como ya dije.

¿Cuál es la edad de la formación volcánica principal del Paraguay y Alto Paraná brasileño y argentino? No tengo la pretensión de resolver definitivamente este problema: por lo demás creo que por ahora no podemos hacer sino conjeturas y establecer el mínimo y el máximo posible de edad, extremos que me resultan muy alejados uno de otro.

Los terrenos que tengo por devonianos indican probablemente el límite de un lado. La composición del basáltico, con 50 % o menos de sílice, me parece indicar también que su edad no puede ser más antigua; pero no excluye la posibilidad de que sea más reciente, aunque siempre más antigua que la erupción terciaria, de que tenemos ejemplo en el país.

Una vez admitido que durante el cretáceo y el jurásico, la actividad interna decayera mucho, siendo aquellos de mucha calma, restarían como probables el carbonífero y el permiano y tal vez el triás.

Por otra parte, la capa de asperón rojo tierno, que según mi opinión se ha formado sobre la capa volcánica resurgida, parece colocarse por su aspecto y naturaleza entre el permiano y el triás, lo que espero poder averiguar por medio de algún resto fósil. De manera que por el momento me parece que la edad carbonífera y la permiana, la primera sobre todo, reúnen mayores probabilidades.

Dejando ahora a un lado la cuestión de las edades, debo hacer mención de un fenómeno importante y curioso, que presenta el curso del río Paraná, desde el gran Salto Guayrá, hasta cerca del Tabaf argentino, sobre una largura de 380 kilómetros.

Se trata de una gran rasgadura abierta en el medio de la formación volcánica en forma de enorme hendidura, en la que el río se precipita, formando el gran salto, y por la que el mismo corre hasta el fin, que es el paraje indicado, y de donde se separa en dirección al Sudoeste.

Durante esa parte de su curso, el gran río corre de Norte a Sud entre dos paredes basálticas casi verticales y de notable elevación, reduciéndose la anchura de su caudal, que es de una legua aproximadamente arriba del salto, a 100 metros y aún menos, y adquiriendo, en compensación, una hondura enorme y muy notable velocidad.

Ejemplo raro, tal vez único en el mundo, de un río anchuroso como largo, que en distancia de menos de una legua se reduce a una anchura ochenta veces menor, es decir, más exactamente, de 4.800 a 60 metros, pues este es el minimum, medido por mí a la conclusión de los saltos, pudiendo reducirse a 53 en las grandes bajantes.

No se trata de una falla, como pretendió el Dr. de Bourgade, que no vió sino los comienzos, ni de un fenómeno de erosión, como sostuvo el señor Carlos Burmeister, que no la vió sino en parte. Ambas márgenes se encuentran siempre a la misma altura, iguales, cortadas exactamente del mismo modo, ni parece que haya habido levantamiento.

Contra la teoría de la erosión, van estos hechos y otros más que omito por innecesarios: la hendidura empieza y acaba bruscamente sin que exista en ninguno de sus extremos un cambio de roca que lo explique, concluye, sobre todo, en un paraje en que no hay cambio, allí donde la misma roca continúa con la misma dureza: la sección vertical del curso del río, sobre todo arriba del Yguazú, evidencia que la causa no es la erosión, si no bastara la inspección de los bordes:—por fin el fondo del río, si no está debajo del nivel del mar, como se ha pretendido, por lo menos va muy cerca.

Acerca de este otro fenómeno, la hondura, diré que, según se afirma, se han obtenido las siguientes medidas: abajo de Pirayuy, más de 147 metros, cerca de Caraguatay, 120 brazas brasileras, en Torocuá, en el remanso, es decir cerca de la costa, más de 80.

No garantizo la exactitud de ninguno de estos datos y omito otros análogos; pero el conjunto tiene un valor, no obstante la dificultad de sondear un río tan estrecho, profundo y correntoso, con un fondo peñasco. Nótese que la altura sobre el nivel del mar de la superficie del río cuando está en

su altura normal es de unos 108 metros en Pirayuy y unos 130 en Caraguatay, según mis observaciones.

Erosión seguramente hay, y debida más bien a la acción físico-química del aire y los meteoros y sobre todo a los repentinos cambios de temperatura de las rocas, ya descubiertas, ya submergidas, por los rápidos cambios de nivel. Además, esta forma de erosión, demoliendo poco a poco los bordes del precipicio, del cual se desprenden gruesos fragmentos, tiene más Lien por efecto obstruir el fondo del canal, que no ahondarlo.

La hendidura del Alto Paraná parece ser debida al enfriamiento. Existen, es cierto, pocas ramificaciones y muy cortas, que algunos ríos laterales aprovecharon. Así que el punto es discutible.

Esas ramificaciones se han querido atribuir a la erosión también.

Todas terminan con un salto del río o arroyo tributario y es admisible que estos saltos vayan retirándose más lejos a causa de la erosión. Pero yo he podido constatar de una manera fuera de duda que, en una época más reciente, el nivel del río Alto Paraná, entre el Guayrá y el Ayyó era mucho más alto y cubría o igualaba la altura de los saltos de los ríos laterales. He averiguado que en una época reciente, relativamente, el nivel normal del río era de 7 metros más elevado que el actual en Villa Encarnación, de unos 14 m. en Yaguarasapá (Lat. 26.50'), de más de 25 m. cerca de Piray y de 60 a 70 m. en Puerto Bertoni, frente casi a la desembocadura del Yguazú. Los saltos laterales, además, son pruebas a contra, por ellos mismos.

La estrechez del cuadro no me permite describir el gran Salto Guayrá o de Sete Quedas, una de las maravillas del mundo, que tuve ocasión de estudiar detenidamente en 1893. Los terrenos que abarca la formación volcánica de que hablo no defien de ofrecer variedad mineral. El basalto común, generalmente prismático, a veces casi amorfo, en gran parte de aspecto homogéneo, en parte con cristales de piroxeno, peridotos, etc.; las rocas trapecanas y el trapp globular (Cordilleras y Alto Paraná), la espilita (Ybytymí, Villa Encarnación, Alto Paraná), la dolerita (al N. E. de Villarrica) y las traquitas, éstas en parte más recientes.

Varios metales acompañan a esas rocas. Primeramente el hierro, que abunda en todas ellas. Lo hay en las rocas, en las tierras, en las aguas. Las surgentes ferruginosas son innumerables y algunas serán utilizadas un día con provecho. Es común encontrar hierro magnético en pequeñas cantidades, pero se le halla también en cantidades que permitieron ya la explotación: el Cerro San Miguel y el Cerro Imán gozan por eso de cierta fama.

El cobre, que se encuentra también en

muchas partes en menor cuantía, constituye en algunas partes verdaderas minas explotables, como la cercana de Villa Encarnación y otra que hay allí más al Norte. El carbonato de cobre azul es común.

Por fin el manganeso existe en la mayor parte de las rocas enumeradas y a él se debe probablemente el color negro de las rocas del Guayrá.

Ya he hablado de la fertilidad asombrosa de todas las tierras cultivables de esta formación, que ocupa una parte respetable del Paraguay Oriental. La tierra roja húmifera de origen volcánica alcanza el máximo de riqueza y fertilidad.

Su composición varía un poco pero siempre se distingue por estos caracteres principales: muy poca arena, la sílice siendo contenida en cantidad menor que en las otras tierras y en estado de gran división: muchísimo poróxido de hierro; arcilla en la proporción más conveniente, mucha potasa y poca cal, aunque lo suficiente, por su fácil asimilación. La cantidad de humus y la proporción de ácido fosfórico es más variable, pero llega a ser óptima en los terrenos cubiertos de monte, es decir, en la mayoría de los casos.

En las tierras de monte se nota una permeabilidad perfecta, lo que a primera vista sorprende, dada la riqueza de hierro y arcilla y escasez de arena, pero se explica por la presencia de mucha materia húmifera y detritus orgánicos en la capa superficial y por la acción de las innumerables raíces en la capa más profunda.

Por lo mismo, la tierra roja volcánica del campo, mal grado su composición mineral asaz buena, es poco permeable y de cultivo difícil: es el caso de las tierras de campo de las Misiones Argentinas y Corrientes que escasean mucho en el Paraguay.

V.—TERRENOS SECUNDARIOS.

Como he dicho en el capítulo anterior, una parte del país quedó nuevamente submergido después de los grandes movimientos volcánicos. Parece que la reemersión no sucedió sino muy tarde durante la época mesozoica, formándose en ese largo lapso de tiempo el nuevo sedimento arenisco, alimentado por la erosión de las capas emergidas, principalmente del asperón rojo antiguo.

A no ser que haya habido otra resubmersión posterior. La cosa no sería imposible, pues estando el país a los límites de la gran isla continental, es decir, constituyendo el litoral de ésta, debió sufrir mayormente de los movimientos más o menos lentos de la costra terrestre.

El caso es que, ya sea por esas razones, ya por escasez de datos o imperfecta exploración, no tengo mucho que decir de esta época, que salvo mejor averiguación, supon-

go haber sido para el país de no mucha importancia. No necesito repetir aquí la advertencia hecha a los comienzos de ésta memoria.

La reemersión de la capa de asperones nuevos ha tenido lugar en todo caso durante la época secundaria, según mi modesta opinión. Es lo que espero probará el descubrimiento de fósiles en lo futuro. Pues tenemos un dato muy importante como base y es este: que la aparición de esa camada de arenisca es anterior a la erupción volcánica que sabemos ser terciaria y de que hablaré en próximo capítulo. Es lo que fácilmente se puede averiguar *in situ*.

VI.—TERRENOS TERCIARIOS.

Los terrenos terciarios ocupan una gran extensión en el Paraguay, e, incluyendo el Chaco, cubren sin duda la mayor parte del territorio de la República.

Creo que no puede ser puesta en duda la edad terciaria del Chaco Paraguayo, hoy día en que ya conocemos con suficiente exactitud la edad de los terrenos inmediatos de la llanura argentina, gracias a los estudios de numerosos especialistas entre los cuales descuella la gran figura de Ameghino.

Además, pertenecen al Chaco, geológicamente hablando, varias extensiones de tierras situadas al oriente del río Paraguay, pues este curso de agua no separa exactamente el Chaco de la parte alta y más antigua del país. El valle del Manduvirá, bastante extenso, las comarcas bajas del Ypoá y del Ñeembucú, el bajo Tebicuary y varios otros rincones menores del litoral pertenecen al Chaco, en realidad, y no fueron separados de éste sino aparentemente por las accidentalidades del curso del río. En cambio en algunos puntos, pequeñas porciones de tierras antiguas del Este quedaron al Oeste del río, aparentemente en el Chaco, como Villa Hayes, y, más al Norte, los cerros de la margen derecha.

La delimitación de los terrenos terciarios no resulta luego difícil, salvo en algunos detalles de poca monta en esta rápida reseña. No lo es tampoco la de una importante formación volcánica, que tiene su centro en Sapucay, pueblo nuevo sobre la línea férrea entre Paraguairí y Villarrica. La constituye esencialmente una traquita gris negruzca, cuyo tenor en sílice es bastante alto.

Estas traquitas pertenecen a las rocas volcánicas ácidas, que aparecieron en el principio del período volcánico moderno, es decir, en la época terciaria.

En todo caso su edad resulta confirmada por el estudio hecho de ella en Alemania, donde mi colega el Profesor Anisits la enviara hace algunos años.

No pudiendo aún trazar con exactitud los límites de esta formación, bastará decir que

se extiende de un lado hacia el Sud y por el otro lado hacia el Oeste.

En dirección al Oeste, he notado una serie de rocas al parecer coetáneas en una faja de tierra que va desde Sapucay hasta el río Paraguay, incluyendo el valle del Ypacaraí y continuando hasta el río por el Salado y Trinidad.

En el valle del Ypacaraí se notan fenómenos volcánicos relativamente modernos. En Areguá reaparecen las traquitas, de otra variedad, la columnar (según Du Cray), pero también muy ricas de sílice. Cerca de Altos y San Bernardino, una gran hendidura ha dado lugar a muchas versiones populares. El fondo del lago de Ypacaraí sería teatro, hoy mismo, de ciertos fenómenos que indican masas volcánicas y movimientos de una época reciente, teniendo estas como aquellas versiones su fundamento de verdad. En Trinidad, cerca de Asunción, descubrí yo mismo una veta de azufre, conteniendo el mineral hasta el 83 % de azufre nativo, ya puro, ya coloreado por óxidos metálicos.

Paso rápidamente sobre estos puntos, que podrían formar capítulos, por la brevedad del tiempo, y haberme propuesto presentar solo unos datos principales y una idea general del conjunto en cuanto me sea posible presentarla, sintiendo mucho que la brevedad del plazo me impida adjuntar los croquis que harían mucho más comprensible esta exposición, sobre todo para el extranjero.

Desde el punto de vista agrológico, las tierras cultivables que cubren los terrenos terciarios del Paraguay, presentan diferencias muy notables tanto que las diversas comarcas tienen que ser estudiadas a parte. En la introducción a mi obra "Plantas Usuales del Paraguay" que en breve será distribuida, ya me ocupo extensamente de ellas. Aquí tendría yo para eso que alejarme mucho del campo de la geología y salir del cuadro que me he impuesto.

Debo recordar algunos yacimientos de coprolitos (Chaco y Paraguari) y ya (Villa Franca, Trinidad), en los terrenos terciarios los primeros, y, este, en terrenos adyacentes.

Al cerrar este breve estudio, cuyo objeto es en gran parte llamar la atención de los hombres de ciencia y de acción sobre el país que represento y que ofrece tan vasto campo a todas las actividades, no necesitare recordar las reservas hechas desde un principio: pero no dejaré pasar la ocasión de indicar a los grandes establecimientos científicos la conveniencia de enviar especialistas a este país, pues así solamente y con su auxilio podremos llevar a cabo la magna obra del estudio físico y económico del Paraguay.

LA ESENCIA DE PETIT-GRAIN PARAGUAYA—DATOS ANALITICOS

La industria del petit-grain se ha desarrollado en los últimos años en forma aletandadora en nuestro país. Según los datos estadísticos que más abajo publicamos el Paraguay exporta anualmente no menos de 40.000 (cuarenta mil) kgs., que, a razón de \$ 140 el kilo, como término medio, representan la no despreciable suma de 5.600.000 pesos de cl. (cinco millones seiscientos mil).

Se explotan para esta industria los naranjos agrios que crecen espontáneamente, y que en ciertas regiones forman verdaderos bosques.

El procedimiento generalmente adoptado es el de destilación con vapor de agua, el cual, aparte de presentar algunas ventajas, ofrece el serio inconveniente, cuando no se lo aplica bien, de comunicar a la esencia olor empireumático que la demerita, lo que ocurre con suma facilidad si el vapor proviene de calderas mantenidas a presiones superiores a dos atmósferas, es decir, cuando alcanza una temperatura superior de 110° C.

Para evitar que productos de constitución tan delicada y, por tanto, de fácil alteración, como son los componentes del petit-grain, tengan que soportar la acción del vapor sobrecalentado, los fabricantes de esencia deben adoptar el sistema de destilación al vacío, o por lo menos a presión muy reducida, que si bien supone mayores gastos de instalación, a la larga les resultará más económico, por la mejor calidad y, por ende, por el mayor precio del producto que suministra.

Varias son las causas que influyen para que la esencia destilada a presión disminuida supere en calidad a las destiladas por el método usual.

Citaremos algunas:

1.a Se atenuan o disminuyen las reacciones que tienen lugar entre los componentes de la esencia, cuando se opera a temperatura elevada;

2.a El descenso del punto de ebullición facilita la destilación integral de ciertos cuerpos que no destilan a la presión ordinaria sin sufrir descomposiciones más o menos importantes;

3.a Se evita la acción del oxígeno del aire y la consiguiente resinificación

Para el mayor incremento de la industria del petit-grain, consideramos además necesario, que quienes le dedican sus actividades, emprendan el cultivo en vasta escala del naranjo agrio, con la seguridad de que han de ver largamente premiados sus esfuerzos. El naranjo agrio es un árbol poco exigente y de rápido crecimiento. Si se le