

OVIDIO REBAUDI

Miembro de la Comisión Auxiliar de la
República del Paraguay

APUNTES SOBRE MINERÍA PARAGUAYA

Trabajo presentado al
"Tercer Congreso Científico Panamericano"
efectuado en Lima en Diciembre de 1924



ASUNCIÓN
1924

J.E.O.
549.9892
R24a

J.E.O
549.9892

R242

OVIDIO REBAUDI

Miembro de la Comisión Auxiliar de la
República del Paraguay

APUNTES SOBRE MINERÍA PARAGUAYA

Trabajo presentado al
"Tercer Congreso Científico Panamericano"
efectuado en Lima en Diciembre de 1924



Kerrera 1680



COLECCION
JUAN E. O'LEARY

ASUNCIÓN

1924

10.000 \$

"Cubier. Juan E. O'Leary"

2000 - 26 - 06

3856

James O'Leary



Dos palabras al lector

Las páginas que forman esta pequeña obra han sido trazadas casi al correr de la pluma, debido a lo perentorio del plazo para su presentación, por tratarse de una fecha fija, cual es la señalada para el "Tercer Congreso Científico Panamericano", que debe tener lugar en Lima, en el mes de diciembre de 1924, pero no obstante las grandes deficiencias de que debe adolecer por tal causa viene a llenar un rol de importancia, por lo que se refiere al Paraguay, dentro del objetivo transcendental de estos Congresos. Efectivamente, el conocimiento recíproco, entre las naciones de América, del adelanto alcanzado, de los recursos naturales, industriales y científicos con que se cuenta, vías de comunicación, explotaciones y empresas en actividad o que, no existiendo, convienen ser iniciadas, etc., todo, en fin, lo que sea susceptible de desarrollo y utilización ventajosa, es de conveniencia primordial sea dado a conocer en ellos como base y punto de partida para las provechosas relaciones internacionales que han de resultar de tales certámenes, si de esta manera todos los congresales concurrimos, con datos oportunos, en señalar orientaciones suficientemente precisas hacia resultados prácticos. ¿Cómo silenciar entonces lo que se refiere a la minería paraguaya, por más que ella esté en pañales y precisamente por eso, si es tan sólo de su conocimiento, de parte de los que tienen capacidad y medios para explotarla, como puede desarrollarse y progresar? Los capitalistas y hombres de empresa que sepan que existen en el Paraguay, en las proximidades de dos grandes ríos, navegables por buques hasta de mil toneladas, riquezas minerales incalculables, que tienen mercado cercano en las numerosas ciudades que se levantan a orillas de los ríos Paraguay Paraná, Río de La Plata y Uruguay muy fácilmente dirigirían ahí sus miradas para colocar provechosamente sus actividades y capitales; así: los mármoles de todos colores de

Itapucú-Guazú e Itapucú-mi sobre la margen misma del río Paraguay, así como el calcáreo para la fabricación del mejor cemento hidráulico; la tierra para materiales refractarios de Ibicuí, así como el hierro de su abundante Zematita y limonita, que durante la guerra de cinco años proporcionó al país, completamente bloqueado, todo lo que precisó de ese metal: el kaolín de Ihú, Quiquió, Arroyos y Esteros, Tobatí y Villeta, para la fabricación de loza, porcelana y material para cloacas; (1) el azufre, el manganeso, el estaño, el cobre, etc., minas todas ellas más o menos cercanas del ferrocarril, o de algún río navegable y con abundancia de combustible por la proximidad de grandes bosques, de manera que ha de resultar forzosamente ventajosa su explotación. Llevar estos hechos al conocimiento de la América entera por el autorizado conducto de este Congreso es mi propósito esencial y es mi segundo objetivo el de hacer una pequeña obra de vulgarización, para el conocimiento de la minería nacional por nuestros conciudadanos, que tienen por completo abandonado este asunto, dedicados casi por entero a las explotaciones forestales, agrícolas y ganaderas. Es con este fin que me ocupo someramente de la descripción de los minerales de nuestro país, lugar de su procedencia y modo de reconocerlos, con indicación así mismo de la forma más conveniente para su explotación. Hubiera deseado extenderme mayormente en los detalles elementales aptos para guiar a los más inexpertos hasta el conocimiento práctico suficiente para su utilización inmediata, pero me ha detenido el temor de su falta de oportunidad, tratándose de una obra destinada para un Congreso científico de la importancia del Panamericano. Como quiera que sea, me ocupo y estudio en este trabajo únicamente de los minerales que se encuentran en el Paraguay.

(1) En la arcilla de Tobatí he encontrado sulfuro de estaño en la proporción del 2%.

Galantemente invitado a tomar parte en el tercer Congreso Panamericano que ha de tener lugar en Lima y puesto que son sus propósitos el fomento de todas las actividades humanas en América dentro de la mayor asociación posible de los esfuerzos de todas las naciones que la constituyen, he creído útil ofrecer algunos datos referentes a la minería de mi país, no porque ellos puedan significar algún progreso para la industria minera americana, puesto que el Paraguay esencialmente agrícola y ganadero poco desarrollo ha alcanzado en la industria metalúrgica, siendo reducidos los trabajos hechos en este sentido y muy embrionarios los procedimientos empleados, sino por las iniciativas a que pueda dar lugar su conocimiento, haciendo por este lado prácticos los propósitos del Congreso al determinar la explotación de la industria minera en nuestra República con los procedimientos más modernos mediante los capitales y el mejor conocimiento y práctica de esta industria de los habitantes de otra república hermana, de cuya suerte se haría efectiva la asociación de esfuerzos y cooperación recíproca que he señalado, resultando de ello, como es natural, un beneficio común para ambos países y un motivo de mayor acercamiento.

El primer mineral extraído y elaborado en el Paraguay, en tiempo del coloniaje, fué el cobre. Se encontraron efectivamente, en las proximidades de Villa Encarnación, esca-

vaciones que seguían las vetas del mineral cobre, que se presenta ahí bajo la forma de azurita (lazulita) y malaquita con un porcentaje elevado. También se me presentaron como cobre nativo extraído de las minas de Villa Encarnación verdaderas láminas de cobre, hasta de siete centímetros de ancho por quince de largo y unos cinco milímetros de espesor en los puntos más gruesos; se trataba de fragmentos metálicos irregulares; pero que un ligero examen demostraba ser el resultado de una elaboración metalúrgica bien conducida, pues su análisis me dió un porcentaje de 99,80 % de cobre. Se dijo que aquello podía ser el resultado de la acción volcánica; pero, aunque la abundancia de rocas endógenas en la cercana cordillera Caaguazú demuestre la presencia de esa acción en época muy remota, nada hay que señale como causa probable de la existencia de cobre nativo laminado, extraído de las capas superficiales de minas evidentemente trabajadas y sin que las rodeara ningún indicio de la acción plutónica. Yo no he visto en esos parajes restos de hornos y fundiciones, pero algunos exploradores me han asegurado haberlos encontrado y puedo asegurar por mi parte que algunas de las láminas (tal designación merecen realmente) demostraban la acción del martillo. En el año 1895 el Sr. J. Villa, que había ido al Paraguay con propósitos de emprender alguna explotación minera, me aseguró que había visto en el Ministerio del Interior un cajón conteniendo láminas de cobre del tamaño casi de la mano, diciéndosele que provenían de excavaciones practicadas cerca de la Villa Encarnación, prometiéndome traer algunas de esas láminas que se le facilitarán, empero no volví a verlo. Como quiera que sea, resulta indudablemente de lo dicho que los jesuitas explotaron el cobre en el Paraguay, probablemente para las necesidades del culto, aunque puede suponerse también que el oro que se afirmó en diversas ocasiones que los jesuitas exportaron para España no fuera más que cobre remitido en pequeñas cantidades para probar que a la riqueza

za agrícola y forestal del país podía también agregarse la minera. Digo esto porque nada se ha encontrado del supuesto oro de los jesuitas, por lo tanto el laboreo de minas de oro de que se hablaba en aquellos tiempos, que habría llenado del precioso metal los secretos depósitos de las misiones se ha referido realmente a la extracción y aprovechamiento, tal vez exportación también de muestras de cobre, en pequeña escala y con métodos primitivos, como ya lo he dicho. El oro de los jesuitas de las misiones paraguayas, lo constituía el trabajo de los indios, que ellos tenían y empleaban como esclavos; así llegaron a mandar a Europa mucha plata, poco oro, pero plata y oro amonedados.

Volviendo al cobre, añadiré que las muestras de azulita provenientes de Villa Encarnación (3 Cu O , 2 C O_2 , H_2O) me dió un porcentaje en cobre de 30. La malaquita me dió algo menos. Son de todos modos muy buenos minerales los dos y sumamente fáciles de trabajar. A más su proximidad al caudaloso río Paraná, así como a los montes que habrían de proporcionar el combustible necesario, harían de la explotación de estas minas una empresa sumamente conveniente. Hemos de prevenir desde luego que de ningún modo podría convenir la exportación del mineral por los altos fletes que tendrían que abonar antes de llegar al lugar de su elaboración, Europa o Norte América. Debe extraerse el mineral sobre el lugar, refinarlo y laminarlo, de cuya suerte encontraría excelente mercado en el mismo país y en los países limítrofes.

El sabio químico italiano, Dr. Domingo Parodi, de larga y laboriosa actuación en el Paraguay, me dijo en más de una ocasión, que le habían asegurado que también se habían encontrado indicios del laboreo de minas de estaño por los jesuitas. Ello parecería lógico por el hecho de usarse el cobre más bajo la forma de aleación con el estaño, constituyendo el bronce, que al estado metálico, como cobre solo. Con toda seguridad, sin embargo, la metalurgia paraguaya bajo el régimen jesuítico nunca pudo llegar a resultados prácticos

dado que su producción no se ve mencionada en ninguna parte; podría decirse, pues, que no pasó del período de los ensayos.

Posteriormente, harán más de cien años, se explotaron minas de azufre (1) y posteriormente, durante la guerra contra la triple alianza (1864 a 1870) se extrajo azufre y nitro para ensayos de fabricación de pólvora a objeto de prevenirse para el caso de que llegara a faltar tan indispensable elemento de guerra, dada la larga duración que la desigual lucha iba llevando. Los ensayos dieron buen resultado, pero la pólvora no faltó, no llegándose a su fabricación en gran escala.

Lo que realmente alcanzó gran importancia durante la guerra fué la extracción y elaboración del hierro en la fundición de Ibiéú, establecida por Don Carlos A. López.

II

En las proximidades de Villa Encarnación se levantan algunos cerros aparentemente aislados pero que forman en realidad la extremidad sud, por lo que al Paraguay respecta, de la cordillera de Amanbay; ella parece terminar en ese punto, pero con facilidad se observa que no se trata más que de una interrupción análoga a la que separa los citados cerros de la verdadera cordillera, pues salta a la vista que la cordillera que se extiende del otro lado del río Paraná en las Misiones forman parte del mismo sistema orográfico, constituyendo la continuación de la nombrada cordillera. Pues bien, es entre esos cerros próximos a la Villa Encarnación y terrenos adyacentes en donde se encuen-

(1) Véase el Resumen al final de este folleto.

tra el mineral de cobre de que hablé en el capítulo anterior (azulita).

De manera que la mina, o minas, viene a encontrarse cerca del río Paraná y cerca también del ferrocarril internacional, que liga la Capital paraguaya con la Capital argentina.

Más al Norte también, en la misma cordillera y precisamente en las montañas de Acahay, se ha encontrado cobre, al estado de óxido y carbonato, que, como se sabe y repetimos, es la forma de más fácil elaboración; pero tampoco en este lugar se ha intentado una explotación seria de la mina, no pasándose de simples cateos y ensayos preliminares, no obstante lo fácil que sería tal laboreo, dada la proximidad y abundancia del combustible en los bosques que existen en esos lugares.

Se afirma a más que en la misma montaña de Acahay existe oro, habiendo llegado a mis oídos por diversos conductos que algunos obreros se habían ocupado en extraer el precioso metal por métodos y medios muy primitivos, concluyendo por abandonar su trabajo debido a su escaso rendimiento.

En el apéndice de la hermosa geografía del Paraguay del profesor Héctor Decoud se lee, que Azara asegura que el copón de una de las iglesias parroquiales de Asunción ha sido hecho con oro extraído de Acahay. Con todo, datos positivos respecto de la existencia de oro en el Paraguay nunca los he conseguido y las muestras que se me han presentado como de mineral aurífero me han dado resultados negativos en todos los casos.

Se trataba generalmente de pajuelas micáceas coloreadas con sales de fierro, o de sulfuro estañoso. De este último recibí recientemente varias muestras de Tobatí, en el análisis de cuyas arcillas había encontrado estaño, en la proporción del 4 o/o. Parece haberse encontrado también estaño en el cerro de Ibitimí, próximo al pueblo del mismo

nombre, en el Quinto distrito, con ferrocarril que lo liga a la Asunción, de la que dista tres horas. Pero de Tobatí, situada sobre la cordillera de los Altos es de donde he recibido algunas buenas muestras de **casiterita**. El cerro de Ibitimí pertenece igualmente a la cordillera de Los Altos y no está muy distante de Tobatí, que pertenece al mismo Distrito Quinto, de manera que es muy probable la existencia de este mineral en los dos puntos y en otros de la misma cordillera.

Esta cordillera de los Altos pertenece al sistema de Mharacayú, de la que se desprende primeramente la cordillera de Caaguazú, la que se dirige al Sud y Oeste con gran número de ramificaciones; sobre sus alturas se encuentran los pueblos de San Joaquín, Ihú, Carayaó, Caaguazú, Villa Rica, Caazapá, San Juan Nepomuceno, Yegros, Yutí, San Pedro del Paraná, Bobí, Jesús y Trinidad. Siguiendo al Sud, parece terminar esta cordillera en las cercanías de Villa Encarnación, pero en realidad, como ya dijimos, se le ve nuevamente atravesando el río Paraná, para continuar en el territorio de las Misiones. Después de la cordillera de Caaguazú y como un ramal de ella toma nacimiento, en las proximidades de Villa Rica, la cordillera de Ibituruzú, que, después de dirigirse al Este por algún trecho, toma el nombre de Cordillera de los Altos, hasta Emboscada, sobre el río Paraguay.

Las montañas que forman las cordilleras paraguayas son de escasa altura, pues en ningún punto pasan de setecientos metros sobre el nivel del mar, aunque muchos cerros, por su forma cónica y por encontrarse aislados, parezcan mucho más altos.

La Cordillera de los Altos reaparece del otro lado del río Paraguay, en el Chaco, en Villa Hayes, prolongándose hacia el N-O, hasta encontrar las cadenas de montañas bolivianas. Los cerros Galván y el Guaná, que vienen a quedar frente a los cerros Morados de la ribera izquierda del

río Paraguay; los cerros Siete Puntas, el cerro Occidental, el Pan de Azúcar y los cerros de Olimpo, se ve igualmente que son desprendimiento del mismo sistema que el de los cerros de la otra orilla. Todos estos cerros, de forma generalmente cónica, como ya se ha dicho, están constituidos esencialmente de asperón rojo más o menos compacto. De ellos y de la Cordillera de los Altos, de la que se desprenden, resulta el terreno arenisco ferruginoso, que constituye el suelo de toda esa región, hasta más abajo de la Capital. La misma Asunción se encuentra sobre la prolongación de la Cordillera de los Altos y su terreno de arena roja, ferruginosa, descansa en un subsuelo de asperón rojo compacto, análogo al que constituye esencialmente los cerros citados; digo esencialmente porque en ellos, por lo general, sus cimas están formadas de basalto, traquito, rocas graníticas o agregados cuarzosos. Toda esta formación geológica es tan abundante en hierro, que en la misma Asunción he encontrado trozos que bien podían designarse como de hierro nativo, siendo su aspecto más homogéneo aún que el de la fundición; se trata indudablemente de fundición plutónica. Algunos de esos fragmentos me han dado el 95 o/o de hierro en diversos análisis practicados en 1912 en mi laboratorio de la Asunción.

El cerro de Tacumbú, que se encuentra en las afueras de la Capital, y el de Lambaré, que se encuentra en su límite meridional, a unos seis kilómetros de la Plaza de Armas, son los últimos del ramal que corre hacia el sud de la Cordillera de los Altos, la que termina en Villeta. De Tacumbú se extrae la piedra para la pavimentación de las calles de Asunción y de las faldas del Lambaré proviene una parte de la sal que se consume en el país. Las piedras blancas que forman nuestras veredas provienen de Emboscada, en donde termina el ramal occidental de la misma Cordillera de los Altos.

III

La constitución geológica del macizo central de las cordilleras de Amambay y Mbaracayú, de rocas dispuestas en forma escalonada, es esencialmente basáltica, ofreciéndose a la vista como piedras esféricas, como balas de cañón del antiguo sistema. Estas piedras son durísimas, la porción exterior, que ha sufrido la acción de los elementos meteorológicos, cede bajo los golpes del martillo, separando pedazos de roca en forma de casquetes, pero el resto ofrece una gran resistencia a la fractura. Tales rocas se encuentran entremezcladas con asperón compacto, el que forma también la base de la montaña, con piedra arenisca y a veces también con esquistos calcáreo-arcillosos, raramente con verdadera piedra calcárea y esta misma suele contener un treinta por ciento de dolomía. En Itapucú-mi e Itapucú-guazú en donde termina el ramal de la cordillera de Amambay que corre de la ribera izquierda del río Apa en dirección Sud-Oeste, hasta el río Paraguay, se encuentran grandes masas de rocas calcáreas (muy buenas para la fabricación de cal aérea), rocas arcillo-calcáreas, (aptas para fabricar cemento hidráulico), y dolomite, o calcáreo dolomítico, de las que puede extraerse el magnesio y sus sales. Las rocas calcáreo-arcillosas se encuentran principalmente en la Peña Hermosa, constituyéndola en su mayor parte y los Cerros Morados se forman de esquistos arcillosos. En cuanto a la arcilla plástica, de variados colores, muy buena para la alfarería y la pintura, así como, para la fabricación de tejas, ladrillos, baldosas, etc., se encuentra abundantemente en diversos puntos de la cordillera de Amambay, como en las proximidades de San Joaquín, aunque, en realidad, la arcilla y el asperón tierno forman la mayor parte del terreno del Paraguay, sino que generalmente la arcilla se encuentra de bajo del asperón; la

capa de asperón es, sin embargo, a veces muy profunda, como en Asunción, en donde se le encuentra todavía a los cincuenta y más metros. Abunda también el kaolín en el mismo Itú, en Quiquió, Ibicuy, Arroyos y Esteros, Tobatí, Villeta, etc., el yeso en Villa Franca, el mármol en Itapucú-mi e Itapucú-guazú. Hay así mismo azufre, y, como ya lo he dicho, también se le ha beneficiado, pero no podría establecer su lugar de procedencia, probablemente en el ramal Sud de la Cordillera de los Altos y en la de Caaguazú, a la altura de Villa Franca; me induce a suponerlo la presencia del sulfuro de estaño que encontré en la arcilla de Tobatí y la de sulfato de cal en la tierra de Villa Franca. Como metales, son los más abundantes: el hierro, el manganeso, el cobre, vienen luego el zinc y el estaño. El hierro abunda en todas partes, el manganeso en la Cordillerita y el cobre en Villa Encarnación; el zinc existe en la Cordillerita y el estaño en la Cordillera de los Altos.

IV

La falta de fósiles, pues, hasta ahora no se les ha encontrado, en los terrenos de aluvión del Paraguay hace difícil su clasificación, debiéndonos atener a los datos puramente geológicos. Bajo este concepto Alfredo M. Du Graty establece dos grandes divisiones para las referencias relativas a la composición de las rocas que forman las montañas del Paraguay y de las bases sobre que se asientan, dos grandes divisiones, esto es: **Rocas de cristalización y rocas de sedimento**. Las primeras las subdivide luego en **rocas endógenas y rocas metamórficas**.

Las rocas de cristalización serán endógenas si de origen ígneo o si pertenecen a depósitos más antiguos, debidos a la acción volcánica; serán metamórficas si resultan de la

acción del calor de las erupciones volcánicas sobre depósitos de rocas de sedimentación derivadas de las rocas endógenas.

Las rocas endógenas se encuentran en el Paraguay en sus tres partes:

Granitoides: El cuarzo hialino en Caápicú; el cuarzo blanco en mica en Paraguarí; el cuarzo, el opal grocero, el ónix, la calcedonia en Tacurupitá, Quién Vive, Potrero de Rojas, etc.; el granito cerca de Quién Vive; la sianita en el grupo del Pan de Azúcar y en la montaña de Acay.

Porfiroides: El pórfiro petrosilíceo de las montañas de Olimpo, el pórfiro eurítico del cerro de Dolores.

Volcánicas: El basalto en Tacumbú, Lambaré, Acay, Yagurá, San Lorenzo, etc., el basalto con cristales de piroxeno en Mbocayatí, Potrero de Chauria, etc.; la espilita al Norte del Baí, en Ibitimí, etc.; la dolerita en Mbacayati; el traquito en Areguá, cerca de Luque, etc.; las rocas globulares desde Ihú y de Quinquió; las margas mamelóneas de las cordilleras de Amambay y de Caaguazú; la lava celular en el Potrero de Chauria, etc.

Las rocas metamórficas, tienen por representantes entre las que deben su metamorfismo a:

La arcilla: El esquisto arcilloso duro azulado en Paraguarí; el esquisto duro rojo en los cerros Morados; el esquisto arcilloso duro amarillo en Apa-mi; el esquisto arcilloso naranjado de San Isidro; el esquisto arcilloso duro rojo y amarillo en la cordillera de Caaguazú; el esquisto arcilloso ciliceo rojo en Ibitimí.

El esquisto talcoso en Carumbé.

El gneis en Bella Vista.

El calesquisto gris en Itapé, Peña Hermosa, Hyati y la fianita en Caaguazú, Villa Rica, Ibitimí, Acay.

La **pedra calcárea**: los mármoles duros cristalizados de Itapucú-guazú, Itapucú-mí, Piedras Partidas, Arroyo Hermoso, etc.

El **asperón**; el asperón micáceo esquistóideo de Carayaó; el asperón rojo laminar de Ibitimí, Paraguari, etc.

El **cuarzo amarillo**: En Carumbé, Villa Occidental, Aretaguá, etc.; el cuarzo rojizo en Bella Vista; el zonario en Tacurupitá; el blanco en el Potrero de Chauria.

Las rocas de **sedimento** que se encuentran en el Paraguay son las:

Silíceas: Las arenas; los asperones, de diferentes colores y textura; las almendrillas; agregados y brechas, que forman la parte esencial de la constitución geológica del Paraguay.

Calcáreas: El carbonato gris negruzco de Itaquí y en unas alturas cerca de las gargantas de las montañas Carumbé; el calcáreo oolítico y el calcáreo común de las pendientes del río Paraguay; el yeso en Villa Franca.

Aluminosas: Las arcilas de variados colores, que también constituyen, con la arena la mayor parte de los terrenos superiores del Paraguay; el kaolin, más o menos puro, de Ihú y de Quiquió; las margas mamelóneas de las cercanías de Paraguari.

Las diferentes rocas que se encuentran en los lugares que pasamos a señalar pueden clasificarse como sigue:

Cerro de Lambaré, cuarcito rojo castaño, de brillo bastante vivo, parecido al de Finlandia, que ha servido para hacer el mausoleo del emperador Napoleón en Los Inválidos, pero es menos compacto; basalto.

Tacumbú: Basalto macizo.

Asunción: Asperón ferruginoso; arcilla roja plástica; asperón ferruginoso con aglomerado de feldespato en descomposición. Arena roja.

Ibirai: Cuarzo rojo; cuarzo parduzco manchado de castaño, proveniente de un asperón metamorfoseado.

Areguá: Traquito columnado, granado, poco celular, esencialmente formado de feldespato cuyas celdillas están débilmente coloreadas de rojo por el óxido de hierro.

Villa Hayes: Los mismos asperones que en Ibirai; asperón rosado micáceo, de formación menos antigua; basalto con cristales de piroxeno.

Arecutaguá: Asperón rojo y blanco micáceos; euarcito; limonita silícea.

Concepción: En el Rincón, psammito rojizo, en la Estancia Ipané almendrilla cuarzosa.

Salvador: Arena arcillo-ferruginosa endurecida.

Itapucumí: calcáreo gris con vetas de calcáreo espático; calcáreo gris con vetas rosadas laminar. Estos calcáreos son ligeramente metamórficos.

Piedras Partidas: Calcáreo moreno de fractura esquillosa.

Peña Hermosa: Calcáreo amarillento con dendritas; calcáreo laminar con tubérculos arcillosos amarillento con vetas de calcáreo blanco espático; calcáreo gris granulado, un poco cristalino y metamórfico, con vetas de argilita roja diseminada en la masa.

Cerros Morados: Esquistos arcillosos rojizos.

Itapucuguazú: Calcáreo oolítico gris con vetas de calcáreo espático; calcáreo magnesiano compacto, gris, rosado y blanco; calcáreo: calcáreo compacto gris; calcáreo compacto blanco cuarzoso, calcáreo compacto blanco con vetas rosadas.

Pan de Azúcar: Sienita con grandes cristales de feldespato ortoso, con ahujas de anfíbol hornblenda negro im-

pregnado de mica; sienita de grandes cristales de ortosa con anordosa y hornblenda negruzca, variedad de la primera, menos cristalina y que se encuentra en las orillas de la colina.

Olimpo: Pórfiro moreno parduzco, petro silíceo, con granos de cuarzo y laminitas de oligoclaso, muy semejante de ciertas variedades de pórfido moreno de los Vosgos de Francia.

Cerro Confluencia: Calcáreo blanco y rosado.

Garganta de Carumbé: Calcáreo sub-compacto gris, en láminas muy finas.

Arroyo Carumbé: Cuarzo blanco compacto, cuarcito gris.

Paso de las Carretas: Talcita.

Cerro de la Izquierda: Cuarcito rojizo, asperón pasando a cuarcito.

San Carlos: Asperón verdoso cementado y metamorfoseado; pórfiro rojizo.

Quién Vive: Granito en particular, cuarzo blanco en masa.

Arroyo Itaquí: Roca Granítica de estructura un tanto esquistosa, compuesta de cuarzo, ortosa y mica en una masa en pasta feldespática.

Itaquí: Calcáreo gris granulado, cristalino, ligeramente metamórfico, muy íntimamente mezclado con argilita: calcáreo compacto negruzco, con antracito aislado en vena, como se encuentra en Visé, cerca de Lieja, en Bélgica.

Arroyo Hermosa: Calcáreo gris rosado.

Rinconada: Paso Ita-Psamnito, Asperón violáceo.

Orillas del Apa: Argilito amarillo.

Arroyo Sirena: Asperón gris parduzco. Montaña después del Arroyo Sirena: Almendrilla cuarzosa ferruginosa, ágata zonaria; asperón rojizo compacto; limonito cavernoso.

Apamí: Esquisto arcilloso amarillento.

Arroyo 1.º: Asperón amarillo rojizo, partículas muy finas.

Bella Vista: Gneis de partículas finas; limonito cavernoso, asperón rojo ferruginoso tierno; cuarcito rojizo, asperón rojo con morillitos de cuarzo esparcidos en la masa.

Arroyo Mboyaguá: Asperón rojo tierno, partículas muy finas.

Tacurupitá: Masa central de la cordillera de Amambay: asperón rojo grosero zonario; cuarzito zonario; riñones de calcedonia; ópalo grosero blanquecino, formando venas paralelas, separadas por venas de cuarzo hialino, roca análoga a la depositada por los Geisers en Islanda y a las encontradas por M. de Jaussure en su viaje de Méjico; trapp. globular divisibles en esferoides análogos a la ofita de los Pirineos; espilito variedad del trapp. anterior, cuyas celdillas están tapizadas con ceolita de apofilita.

Ojo de Agua: Limonito cavernoso.

Barrero Saigú: Limonito botriódeo de capas concéntricas, con muchas partículas de cuarzo.

San Estanislao: Asperón de diferentes clases.

Itapebí: Calcáreo compacto arcilloso.

Cerro de Caaguazú: Masa central de la cordillera de Caaguazú: Roca escalonada globular; asperón blanco entremezclado con arcilla roja.

San Joaquín: Asperón de diferentes clases.

Cerro Ihú: Asperón grosero cuarzoso de cemento de óxido de hierro.

Arroyo Ihú: Asperón ferruginoso grosero.

Hiatí: Esquisto arcilloso gris, conteniendo vestigios de cal.

Curuguatí: Esquisto arcilloso rojo.

Cordillera de Caaguazú: Asperón rojizo grosero; asperón verdoso compacto, con mica interpuesta en las juntas; asperón blanco duro, asperón amarillo duro; esquisto arcilloso amarillo, tierno, esquisto arcilloso violáceo; planito violado. **Masa central:** Roca escalonada, que se divide en esferoides.

Potrero de Borja: Cuarzo jaspe de fractura esquirlosa y de astillas algo gruesas impregnado de óxido de hierro, que le da un color moreno.

Carayaó: Asperón micáceo amarillento, dividido por capas de asperón negruzco ferruginoso más micáceo.

Mbcayatí: Dolerita de cristales de piroxeno, agugita muy distinta, con granos de perídoto; dolerita más cristalina, pasando a basalto.

Potrero de San Francisco: Esquisto arcilloso colículo, parecido al de los Ardenes de Bélgica; limonito; trapp labradórico.

Potrero de Dña. Juana: Asperón extratoideo, amarillento.

Villa Rica: Asperón blanco veteado de violeta; asperón rojo compacto; asperón gris; partículas finas y lisas; asperón blanco, granos lisos; asperón rojizo grosero; asperón rosado, partículas muy finas; asperón grosero rojo de base arcillosa; cuarzo compacto, rojo subido; cuyas cavidades están teñidas de rojo por el óxido férrico.

Itapé: Basalto con cristales de piroxeno.

Cerro de Dolores: Pórfiro eurítico, moreno parduzco, con laminillas blancas de feldespato ortoso.

Ibitimí: Tracito pasando a estilito con agujas de anfibolia hornblenda negra y cavidades tapizadas de ceolita; plamito; armendrilla cuarzosa, con feldespato descompuesto en la masa y cristales de piroxeno; esquisto arcilloso rojo; asperón esquistóideo; asperón rojizo tierno; asperón blanco duro; asperón duro fino con vetas en forma de cinta.

Potrero Chauria: Asperón amarillento de partículas finas; cuarcito blanco con vetas rosadas; lava negruzca celular con laminillas de mica blanca; lava rogiza celular con cristales de piroxeno; roca volcánica con cristales negruzcos de augita; nudillos de anfígeno y cavidades tapizadas de colitas.

Punta de caballero: Limonita; asperón muy duro, ferruginoso.

Ibicuí: Asperón rojo compacto; esquisto talcoso.

Quiquió: Hierro oligisto amorfo; hierro oligisto laminar mezclado con cuarzo hialino amarillento.

Caapucú-guazú: Cuarzo; cuarzo hialino, cuarcito blanco cristalizado; hierro oligisto escamoso, mezclado con cuarzo y un poco de arcilla.

San Miguel: Hierro oxidulado magnético en un esquistó micáceo (piedra imán).

Cordillerita: Pirolucita, o peróxido de manganeso; asperón esquistóideo con hierro oligisto.

Acaí: Sienita, basalto; ptanito; limonita; asperón blanco; asperón amarillo ferruginoso zonario.

Yaguaá: Basalto.

Sud de Baí: Espilito.

Paraguari: Almendrilla silícea fina; asperón compacto moreno; asperón blanco de base arcillosa; asperón blanco grosero manchado de rojo; almendrilla cuarzosa modificada; brecha con hierro oligisto; marga calcárea en tubérculos irregulares; asperón esquistóideo rojizo; esquisto arcilloso ver-

dos, con cristales de sulfuro de hierro; cuarzo blanco con mica en las juntas.

Yaguarón: asperón grosero rojizo tierno; asperón rojizo duro.

San Lorenzo: Basalto negro; asperón rojizo compacto.

Encarnación: Lazulita con varitina (tierra alcalina).

V

En la exposición que tuvo lugar en Buenos Aires en 1910, con motivo de la celebración del primer centenario de la República Argentina, en el pabellón paraguay (1), entre sus muy numerosos y variados productos, exhibió una colección de más de cincuenta minerales, debido en gran parte a la inteligente labor del Dr. Partkietní; su clasificación se perdió en los trastornos del viaje, antes de llegar a su destino, razón por la cual se me encargó a mi el clasificarla y ordenarla para su exhibición, pero no tuve conocimiento de los lugares de proveniencia de tales minerales; el Banco Agrícola del Paraguay, organizador de la sección paraguaya de la exposición, no supo decírmelo y el Dr. Parquietní, de quien los solicité después, me los prometió, pero murió antes de que nos viéramos. Renovando recientemente mi pedido de informes sobre el particular al Banco Agrícola, ha resultado haberse perdido el cuaderno de anotaciones referentes a los lugares de origen de los minerales ya citados, los que también se habrían extraviado durante el viaje de regreso a la Asunción. Toda esta tan notable y desgraciada deficien-

(1) El pabellón paraguay fue juzgado como el más hermoso de la exposición, discerniéndosele por tal concepto el primer premio (medalla de oro).

cia es únicamente imputable a la falta de un encargado especial de la sección mineralógica del Banco Agrícola, pues es de todo punto imposible que a más de la enorme tarea que pesa sobre dicha institución, tenga todavía que ocuparse de una materia que exige conocimientos especiales. Esta dificultad se salvaría por el momento con la designación de un encargado especial de la sección mineralógica del Banco. Mientras tanto y por los motivos expuestos me concretaré a mis datos particulares, los que son a veces un tanto vagos, o por lo menos carecen a menudo de la necesaria precisión como para poder orientar de un modo seguro a los que se interesaren en la explotación de minas del Paraguay.

De la mayor parte de los minerales exhibidos en la exposición de 1910 hice el análisis y, en verdad, había yo ignorado hasta entonces la existencia de algunos de ellos en el Paraguay; también en el Banco Agrícola se me dijo sobre el particular, que temían se hubieran confundido con los minerales paraguayos algunos de la colección particular del Dr. Parquetmí. Me ocuparé por eso preferentemente de los datos de mi laboratorio particular, entre los que conservo numerosos análisis de minerales paraguayos, aunque sin anotación o con anotaciones vagas referentes a los parajes de donde habían sido extraídos, datos que los exploradores particulares se niegan generalmente a precisar.

Stibnita o **Antimonita** (antimonio gris). Cristales rómbicos. Dureza 2. Densidad 4,5. Brillo metálico, color gris de acero, pulverizado dá un polvo negruzco, que se empleaba antes para secar los escritos recientes e impedir que se borro-nearan. Por lo comun se encuentra la antimonita, que es el mineral más importante del antimonio, en masas fibrosas, que manchan el papel como el grafito. Con el soplete funde con facilidad sobre el carbón, comunicando a la llama color verde, dando un humo blanco de óxido de antimonio y depositando igualmente en las partes frías del carbón manchas o inerustaciones blancas de óxido al rededor del punto sobre el que se dirige la llama del soplete. El ácido clorhídrico lo di-

suelve en caliente con desprendimiento de ácido sulfídrico. El ácido nítrico lo descompone formando óxido antimónico, que se deposita en el fondo del tubo de ensayo bajo la forma de un polvo blanco. La antimonita está constituida de **sulfuro anhidro de antimonio**. El mineral que yo analicé era puro y se me dijo provenir del Norte de la cordillera de Amambay.

Arsénico: Mezclado en pequeñas cantidades con otros minerales, sin importancia para la explotación; en diferentes puntos de la cordillera de Caaguazú.

Azufre: He obtenido algunas pequeñas muestras de azufre nativo, pero sin designación de su punto de origen. Cristales rómbicos; Dureza 1.5, Densidad 2.00; cristales de color generalmente amarillo y de lustre resinoso, transparentes o translúcidos, cristales a menudo en masas reniformes o a manera de costras delgadas sobre otros minerales, pero estas mismas costras, bien observadas, se les ve constituida de pequeños cristales rómbicos, sino que bajo esta forma contiene menos azufre que la de los grandes cristales. Estos cristales no dejan residuo de combustión. Es bien sabido que el azufre arde con llama azulada y olor sofocante de anhídrido sulfuroso. Como se le encuentra más generalmente en el Paraguay es al estado de sulfuro de hierro. Hemos dicho ya que el azufre ha solido extraerse en pequeña escala en el Paraguay después de la guerra. Es notorio que durante esa época calamitosa, encontrándose el país completamente aislado y temiéndose que llegara a faltar la pólvora se hicieron ensayos felices para fabricarla con los elementos propios bajo la dirección del químico del ejército, Dr. Domingo Parodi. El Dr. Parodi me confirmó más tarde personalmente este hecho, pero no recuerdo el lugar de donde extrajo o recogió el azufre.

Baritina (Espato pesado) rómbico: dureza 3. Densidad 4,3; a veces incoloro y translúcido, pero generalmente amarillo o pardo; cliva perfecta y fácilmente en planos paralelos

a las caras Op, en ángulos rectos entre sí; también suele encontrarse en masas de forma radiada o fibrosa, de lustre vítreo. La baritina está compuesta de sulfato de bario anhidro, insoluble en los ácidos; pulverizada se emplea en lugar del albayalde, o carbonato de plomo para fabricar pintura blanca. Esta sustitución resulta más económica, pero el producto es inferior. La baritina se encuentra al Sud de la cordillera de Caaguazú, cerca de Encarnación.

Bismutina (bismutinita) rómbico; dureza 2 a 2,5; densidad 6 a 6,6. Opaco con lustre metálico; polvo de color rojizo o blanco agrisado, con frecuencia iridescente; los cristales son aciculares, profundamente estriados; funde con facilidad, dejando sobre el carbón un botón metálico de bismuto y desprendiendo olor de azufre (anhidrido sulfuroso). La bismutina es sulfuro de bismuto anhidro. (Muestra de la colección cuya proveniencia se ignora).

Blenda: Sulfuro anhidro de zinc. Tampoco se conoce el lugar de donde se le extrajo.

Calamina: Carbonato de zinc; en las mismas condiciones que la anterior.

Casiterita: Piramidal; dureza 6 a 7; Densidad 6,8 a 7; translúcida a opaca, lustre adamantino y casi metálico en las variedades de color oscuro; los colores varían desde el amarillo agrisado pálido hasta el rojo, pardo y negro; polvo blanco o muy claro, cristales de formas muy variadas, con frecuencia estriados; no presentan clivaje, por lo común se encuentran esparcidos en granitos pequeños en el granito y en las rocas esquistoides o en el pedregullo de los valles; con mucha frecuencia contienen pequeñas cantidades de hierro o de manganeso. El soplete con llama reductora da, con dificultad estaño metálico, pero la reducción se hace muy fácilmente agregando al mineral pulverizado un poco de sódica con bórax o cianuro potásico. El botón metálico que se obtiene es fácilmente soluble en los ácidos.

La casiterita está constituida de peróxido de estaño anhidro y los ejemplares puros contienen 78,66% de estaño. La muestra que yo analicé tenía 75% de estaño con un poco de hierro y vestigios de manganeso, más sílice y silicato de alúmina. Fué extraída de la Cordillera de los Altos, al Norte de Tobatí. He dicho ya que en Tobatí mismo, en la arcilla plástica, o kaolín impuro he encontrado hasta el 4% de estaño en algunos parajes, al estado de sulfuro estanoso.

Calcita: No me ocupo de la calcita aquí porque al hablar de la formación geológica de nuestras cordilleras he señalado ya las principales variedades existentes en el país. Los mármoles, los calcáreos para la fabricación de cal aérea y de cal hidráulica existen en abundancia; la piedra litográfica no abunda, pero la que se ha encontrado ha resultado de muy buena calidad en los ensayos prácticos que de ella se han hecho.

Cuarzo: De cuarzo también he señalado las diversas variedades existentes en nuestras cordilleras.

Eritrita: Arseniato hidratado de cobalto. Oblicuo; dureza 1,5 a 2. Densidad 3; lustre vítreo o perlado; polvo generalmente rosado; cristales raros, encontrándose las más de las veces la eritrina como una costra blanquiza sobre otros minerales de cobalto o bajo el aspecto de masa terrosa. Calentándolo en tubo cerrado desprende agua y se vuelve azul, en tubo abierto se cubren las paredes de éste de un sublimado cristalino, de arsénico; sobre el carbón funde fácilmente dejando un botón gris que con facilidad se disuelve en el ácido nítrico. No se conoce su procedencia.

Espato de Islandia: Carbonato de cal cristalizado, muy transparente y de doble refracción. Algunos cristales nada hermosos he tenido provenientes de Caapucumí. Estos cristales de espato de Islandia, cuando son buenos, tienen aplicación en la construcción de algunos aparatos de física, como sería el polarímetro y otros.

Galena: Cúbico. Dureza 2 a 2,5; Densidad 7,5; opaco; lustre metálico; color gris de plomo polvo negro agrisado. Cristales con clivaje cúbico perfecto, a veces se encuentra en masas radiadas o granulares. Es un sulfuro anhidro de plomo, que cuando puro contiene 86,57% de plomo. La muestra de la colección era bastante pura, conteniendo 85,20% de plomo; pero la muestra que me fué remitida algunos años antes por el Sr. Dante Corucci, extraída de unas ramificaciones secundarias del Amambay al Sud Oeste de la cadena principal, únicamente me dieron el 48% de plomo.

Hematita: (Hierro Especular). Exagonal, dureza 6; densidad 5,2 (algo menor en el arriñonado); opaco; lustre metálico o sub-metálico, con fractura a veces sedosa; color gris de hierro, de diversos matices del rojo; los cristales son raros y a menudo irregulares, se encuentra muchas veces bajo la forma de masas radiadas de fractura concéntrica de superficie lisa (hierro arriñonado), a veces terrosa (ocre). Está constituido de peróxido de hierro anhidro y los ejemplares puros contienen 70% de hierro. Es infusible a la llama del soplete, pero se vuelve magnético; el ácido clorhídrico diluido lo disuelve lentamente en caliente dando una solución amarilla de cloruro férrico.

Hierro especular: Es una variedad cristalizada de la hematita; cristales de brillo metálico, a menudo irizados y planos estriados. Algunos ejemplares que he analizado, muy puros, me han dado 70% de hierro, pero en general los minerales que he recibido me dieron el 40 y 50% de hierro. A menudo se les ve mezclado con arcilla y más generalmente con arena; es así como se le ve a menudo en el Paraguay.

Hierro Micáceo: Se presenta en láminas de color gris o masas foliadas de reflejos metálicos. Tiene escasa densidad y dureza, infusible al soplete, se disuelve en ácido clorhídrico caliente, dejando un abundante residuo de sílice y silicatos insolubles. No abunda en el Paraguay.

Lazulita: He hablado ya de este mineral que se encuentra en las últimas ramificaciones de la cordillera de Caaguazú, en las proximidades de Encarnación; mineral que, como dije, fué explotado en reducida escala por los jesuitas durante el coloniaje; vuelta a emprender su explotación, hacen algunos años, por un industrial alemán, tuvo que desistir éste de su tarea por falta de capital, pues estaba entonces muy pobre el país, debido a la desastrosa guerra que le arruinara por completo. Tuvo así que abandonarlo todo por no encontrar un socio capitalista. Esta mina ofrece la gran ventaja de encontrarse próxima al caudaloso río Paraná, navegable a esas alturas por buques de regular tonelaje.

Limonita: (Hematita parda). Amorfa; dureza 5 a 5,5; densidad 3,6 a 4; las variedades ocráceas tienen con frecuencia menor dureza y densidad; opaca; lustre sub-metálico; fractura frecuentemente sedosa; color gris de hierro o de diversos tonos del pardo; polvo de color pardo o amarillo parduzco; encuéntrase en concreciones radiadas con aspecto arriñonado, o como masas celulares o compactas, a veces terrosas (ocres). Calentado en tubo cerrado, las paredes interiores de éste se cubren de gotitas de agua, lo que prueba que se trata de un compuesto hidratado; infusible en la llama del soplete; soluble en el ácido clorhídrico diluído, dando una solución amarilla de cloruro férrico. Es un mineral muy rico, que, cuando puro, contiene 59,89% de hierro. Existen diversas variedades de limonita, como la hematita ígnea, la stilpnosiderita, el hierro turboso, etc.

Solamente la zoetita, que también existe en el Paraguay, contiene más hierro que la limonita, pues los ejemplares puros dan 62,92% de dicho metal, sino que es poco abundante. La limonita se encuentra en casi todo el territorio de la República, principalmente entre los ríos Apa y Aquidaban.

Niquel: Los minerales de Niquel de la colección ya referida no he podido conocer su lugar de origen. Particular-

mente no he tenido muestras de estos minerales originarios del Paraguay:

Nitro: Los minerales de nitro, en razón de su solubilidad, difícilmente pueden hallárseles *in natura*, a menos de tratarse de locales cerrados, como serían las grutas en donde han concurrido animales, convirtiéndolas en estercoleros. El nitro, o nitrato de potasio se le encuentra por lo general precisamente en los estercoleros o en los muros viejos, bajo la forma de costras blancas. A pesar de lo dicho se encuentra el nitrato de sodio, más soluble aún que el de potasio, puesto que es higroscópico, en grandes cantidades en Chile y en el desierto de Atacama. El nitro con que se hicieron las experiencias para la fabricación de pólvora pudo haberse obtenido por la transformación del nitrato de sodio o recogido, como generalmente, en los estercoleros o paredes viejas. Se ha dicho y se dice que en el Norte del Paraguay hay grandes depósitos de nitro (nitrato de potasio) o de nitrita (nitrato de sodio), pero las muestras que se me remitieron en diversas ocasiones como de nitro eran de cloruro de sodio, o sal de cocina.

Ocres: Las tierras para pinturas u ocres las hay de todos colores en el Paraguay y abundan en algunos distritos como el de Ihú. Con ellos pintan sus viviendas los habitantes de esas localidades, luciendo sus casas los más variados matices.

Pirolusita: (Oxido negro de manganeso). Rómbico, dureza 2 a 2,5. Densidad 4,7 a 5,2; opaco o negro azulado; polvo negro; los cristales son algo raros, presentándose por lo común bajo la forma de hermosas masas radiadas, pero a veces se le encuentra bajo la forma de simples masas terrosas.

Es infusible al soplete y tratándole por el ácido clorhídrico en caliente desprende cloro, reacción que la caracteriza; es bióxido de manganeso anhidro; al desmenuzarse entre

Los dedos tiene cierto aspecto carbonoso que lo hace reconocer fácilmente. Los minerales que analicé en 1908 en la Oficina Química Municipal de Asunción, de la que era entonces Jefe, tenían de 75 a 80% de peróxido de manganeso y se les había recogido en diversos puntos de la Cordillerita. La pirolusita es un mineral muy importante y de explotación muy fácil y conveniente por cuanto se le exporta sin ningún trabajo previo, puesto que se le emplea directamente así en la preparación del cloro para el blanqueo de telas y descoloración de muchos productos en la química y en la industria; tiene diversas otras aplicaciones en química y física; se le emplea también en la vidriería.

Pirita: Cúbico, dureza 6—6.5, Densidad 4,8—5; color generalmente amarillo de bronce, con lustre metálico, muy fácil de reconocer aún por los no peritos. Los cristales no tienen clivaje distinto; y se le encuentra también en masas radiadas y celulares. Es un bisulfuro de hierro anhidro, poco abundante en el Paraguay. Suele confundírsele con el oro por los inexpertos, por su color y brillo, pero basta ponerlo en contacto con el fuego, para que, ardiendo con llama azulada y olor de azufre, se comprenda tratarse de un sulfuro; efectivamente, si se le calienta en tubo de vidrio cerrado, en la parte superior de su pared interior se cubre de polvo de azufre; el residuo que queda es de hierro magnético, que se disuelve lenta y difícilmente en ácido nítrico diluido y caliente.

Las piritas no se trabajan como mineral de hierro, sino como mineral de azufre. Basta para el caso someter el mineral a la acción del calor en grandes retortas de barro, recogiendo el azufre que se desprende en cámaras de material, en cuyas paredes se deposita el azufre sublimado (1).

(1) He dicho ya que este pequeño trabajo constituye una obra de vulgarización, esencialmente práctica y al alcance de todos. Por eso hablo de los minerales que existen el Paraguay, de los medios para dar con ellos y cual puede ser la forma de su explotación económica y de sus perspectivas.

FUNDICION DE IBICUI

Los productos del reino mineral son todavía poco explotados en el Paraguay; sin embargo, el gobierno ha establecido en el distrito de Ibicuí desde 1854, una fundición para el beneficio del carbón de leña de los minerales de hierro de Quiquió, Caapucú y San Miguel.

Esta fundición, aunque montada en pequeña escala, podría adquirir inmediatamente grandes proporciones, si fuese necesario, y bastar a las necesidades del consumo interior, objeto principal de su fundación, pues el gobierno del Paraguay ha querido, con razón, que en circunstancias extraordinarias el país no dependiese de la industria extranjera para proporcionarse el hierro, agente indispensable de la riqueza y del poder de los pueblos.

La fundición está situada en un valle muy pintoresco, al pie de la Cordillerita, en cuyo fondo corre un arroyo que, por medio de una barrera sólida, produce un caudal de agua que pone en movimiento los bocartes y la máquina de soplar. Los grandes y altos bosques de los alrededores suministran la madera necesaria para hacer el carbón, y en el valle mismo se encuentran tierras de excelente calidad para la fabricación del mineral refractario y de los moldes. La experiencia ha probado que los ladrillos refractarios de esa fundición soportan mucho mejor y por más tiempo la acción del fuego, que los que se traían antes de Inglaterra con grandes costos.

Vastos edificios, talleres y cobertizos, de construcción sólida, forman con un alto horno un conjunto de muy buena disposición. Ese horno admite una carga de 5000 libras de mineral y de fundente, y consume, por carga, un peso igual

de carbón de leña, dando cada doce horas de 1000 a 1100 libras de fundición, con un empleo de una mezcla de mineral oligisto de Quiquio, y de hierro oxidulado de San Miguel, en la proporción de 3 a 1, resultado satisfactorio, como se verá más adelante.

Al principio se beneficiaba exclusivamente el oligisto de Caápucú, que contenía de 40 a 50 por ciento de hierro; pero la extracción de ese mineral experimentó algunas dificultades a consecuencia de la invasión del agua en las galerías de la mina, y ahora se trabaja el oligisto de Quiquio mezclado con el mineral oxidulado de San Miguel.

El fundente empleado es la marga calcárea de los alrededores de Paraguarí: para dos partes en peso de mineral se hace uso de una parte de fundente, proporción que parece muy conveniente para el tratamiento de la mezcla de los minerales de Quiquio y San Miguel, como lo prueba la naturaleza de las escorias y de la fundición obtenida (1).

El mineral de hierro oxidulado magnético de San Miguel no es tan rico como el oligisto de Caápucú o de Quiquio; pero es fácil de fundirse. El examen de una muestra de ese hierro magnético, hecho en Charleroi, en el laboratorio de análisis químicos de Mr. Van Bastelaer, ha dado el siguiente resultado; pero bueno es observar que la operación ha tenido lugar en una muestra inferior a la calidad mediana.

Sílice	5.029
Alúmina	457
Peróxido de manganeso	173
Protóxido de hierro	2.128
Peróxido de hierro	2.195
Pérdida en el análisis	18
	<hr/>
	10.000

(1) La proporción de 33 por 100 de fundente para 66 por ciento de mineral parecerá tal vez grande, pero la marga calcárea empleada con este fin no es muy rica en carbonato de cal; lo que hace necesario, por la naturaleza misma del mineral, el empleo de esa proporción fundente.

Resulta de este análisis que el mineral sobre el cual se ha operado no contiene más que 31.91 por 100 de hierro.

Ese mineral conserva su calidad magnética después de la calcinación, aunque por la presencia de una pequeña parte de manganeso, esa propiedad disminuya. Los ácidos lo atacan con bastante dificultad; está formado de capas muy espesas, cuyas superficies están coloreadas de rojo por el peróxido de hierro.

La materia fundida obtenida en la fundición de Ibicuí es de muy buena calidad. Personas competentes en metalurgia, a las que han sido sometidas diferentes muestras son de opinión unánime a este respecto.

Unas muestras enviadas a Charleroi, uno de los grandes centros de la industria metalúrgica de Bélgica, para su examen y clasificación industrial y su análisis químico en el laboratorio de ensayos de Mr. Van Bastelaer, han dado lugar a informes muy favorables que pueden reasumirse del modo siguiente.

Las dos muestras (1) son muy puras: ellas no contienen más que dos proporciones moderadas de silicium y de carbono, y no presentan ninguna señal de azufre o de fósforo, como lo prueba su análisis, y como lo indica por otra parte la ausencia de la tinta característica de las fundiciones que contienen esas sustancias.

Composición química de la fundición A:

Hierro	9.578
Carbono	276
Silicium.	117
Pérdida	29
	<hr/>
	10.000

(1) Esas muestras de primera fundición, proviene, la primera, A, del tratamiento del mineral oligisto de Caápucú y de Quiquío; la segunda B, de la mezcla de 75 por 100 de mineral oligisto de Quiquío, y de 25 por 100 de mineral de hierro oxidulado magnético de San Miguel.

Composición química de la fundición B:

Hierro	9.660
Carbono.	205
Silicium.	100
Pérdida	35
	<hr/>
	10.000

Esas dos fundiciones, en partículas, son grises. Su fractura es un poco rugosa, aunque la de la muestra A, lo es más; ambas serían clasificadas por su fractura en las primeras fundiciones en madera, designadas en la industria bajo el número 5º, o fundición de moldaje; pero examinándolas bajo otros aspectos, se observa pronto que sus calidades reales las colocan sobre ese número, pues si la fractura de las muestras les hace clasificar a primera vista bajo el Número 5º, es porque son rebabas. Pueden ser clasificadas sobre las fundiciones en maderas ordinarias, entre los números 3º y 4º, como buenas fundiciones de molde. La muestra A es medio número más o menos, superior en calidad a la muestra B. Esas dos fundiciones son dulces, fuertes, tenaces y relativamente muy forjables. Se aplanan bajo el martillo y aún bajo una fuerte presión. Se liman y se dejan burilar fácilmente, y la sierra las penetra sin dificultad. En láminas delgadas se doblan notablemente, y aún se logra extenderlas bajo el martillo.

Como fundiciones de refinación, darían un hierro fuerte en partículas finas acerosas. Son eminentemente propias para láminas de hierro batido de primera calidad, grandes piezas mecánicas, vigas pequeñas, piezas de gran trabajo, etc.

En cuanto al trabajo es fácil convencerse, por un simple cálculo, que se dirige convenientemente.

Cinco mil libras de mineral y de fundente dan de 1000 a 1100 libras de fundición, como se ha dicho.

Las cinco mil libras de mineral y de fundente se componen de:

Mineral oligisto de Quiquío libras	2.500
Mineral oxidulado de San Miguel	833
Marga calcárea	1.667

El oligisto de Quiquío contiene, término medio, 36 p.e. de hierro, y el oxidulado de San Miguel, 32; así:

Las 2.500 libras del primer mineral que contiene hierro	libras 900
Las 833 libras del segundo . . .	libras 266
	<hr/>
Total libras	1.166

Es decir, que 3.333 libras de la mezcla de los minerales, en las proporciones indicadas, contienen 1.166 libras de hierro.

Está probado que, cualesquiera que sean los cuidados que se tengan en la fundición, hay siempre pérdida de hierro; y puede admitirse, en la fundición en madera, que el trabajo ha sido bien ejecutado cuando la diferencia entre la fundición obtenida y la cantidad de hierro contenida en el mineral sometido a la confección, no excede de 8 a 10 por ciento del peso de éste en circunstancias ordinarias, operando sobre minerales de la naturaleza de los que se trabajan en Ibicuí.

En la fundición de Ibicuí el rendimiento medio es de 1.050 libras de fundición para una mezcla de mineral que contiene, por término medio, 1.166 libras de hierro, es decir, que la operación presenta una pérdida de 116 libras de metal, o diez por ciento de la cantidad contenida en el mineral, lo que es la pérdida ordinaria en un trabajo que marcha regularmente.

El personal de la fundición, comprendido el de la construcción de carros y de la fragua, se compone exclusivamente de ciudadanos paraguayos y consta de:

- Un director.
- Un subdirector.
- Un maestro fundidor.
- Diez obreros fundidores.

Tres molderos.

Seis albéitares.

Tres carpinteros.

Un albañil.

Cuarenta y seis obreros para cargar, separar, quebrantar y para los trabajos generales.

Cinco carboneros.

Treinta leñadores.

Siete carreteros.

Cinco pastores para cuidar el ganado.

Un zapatero.

Una parte de la materia fundida se remite al arsenal de construcción de la Asunción; sin embargo, la mayor parte de las grandes piezas y muchos trabajos de ejecución delicada se hacen en la misma fábrica, donde se han fundido muy bellos y buenos cañones y gran número de proyectiles compactos y huecos. La refundición de las goas se hace en hornos dispuestos con ese objeto y en todo semejantes a los empleados en Europa. Los talleres de la fragua, que contienen también tornos, se ocupan en el montaje y ensambladura de los objetos formados por medio de la reunión de diferentes piezas de fundición.

La fundición de Ibicuí, cuya organización y los trabajos que en ella se ejecutan también recibirían sin duda la aprobación de los metalúrgicos más inteligentes, no presentan más que un inconveniente, el de estar un poco distante de las grandes vías de comunicación fluvial; pero bien pronto estará unida a la capital por un camino de hierro en construcción, del cual se dirigirá una ramificación a ese punto. Si más adelante se quisiera dar mayores proporciones al establecimiento, y la corriente de agua no fuera suficiente en tiempo de seca para servir de motor, nada sería más fácil que establecer una máquina de vapor.

Después de haberme ocupado con alguna extensión de la fundición de Ibicuí, según la obra de Dugratty, me parece conveniente hacerlo también con respecto del estaño, metal

que podría ventajosamente extraerse de los minerales existentes al Norte de Tobatí, tanto más que su laboreo no exige más que leña y carbón de leña, bastando para la construcción de los hornos la misma arcilla del lugar.

El estaño se encuentra rara vez al estado nativo, presentándose en la naturaleza al estado de sulfuro y más frecuentemente al de óxido (casiterita). Se extrae siempre de su óxido: su metalurgia es muy sencilla, pues basta reducirlo por medio del carbón a una temperatura relativamente poco elevada. Pero el mineral cuando es muy pobre, porque a veces solo contiene 2 por 100 del metal, tiene necesidad de ser metódicamente enriquecido por un procedimiento muy delicado que constituye la parte más entretenida de su metalurgia. Las impurezas que le acompañan son el wolfram (tungstato de hierro y de manganeso), el sulfuro de molibdeno, piritas arsenicales, galena, blenda y la ganga que está formada por una mezcla de cuarzo, espató, fluor y mica.

Los minerales procedentes de filones son los más impuros: los que proceden de aluvión son mucho más ricos y no contienen sulfuros.

Esto hace que se suprima en este caso la tostación, lo cual simplifica mucho su extracción.

El mineral es, ante todo, escogido a mano, después triturado y lavado con cuidado en una corriente de agua: la loción se repite varias veces, a fin de que la corriente arrastre todas las partes terrosas. Enriquecido o purificado el mineral por estos procedimientos, se somete a la tostación a fin de eliminar el azufre y el arsénico: esta operación se prepara en un horno de reverbero ordinario o en un horno de suelo giratorio en el cual, con el auxilio de una especie de rastro, tiene lugar una agitación continua del mineral. Para separarlo del tungsteno, se mezcla con sulfato de sosa y se tuesta la mezcla en un horno de reverbero. Después de este tratamiento el mineral se lava otra vez para despojarle del óxido de hierro y otros productos alterados por la oxidación.

Cuando se tuesta con sulfato de sosa se pone después de tostado en bocartes y se machaca con agua; el tungsteno de sosa es soluble y puede separarse por cristalización.

El residuo está formado casi por completo de ácido tánico y basta reducirlo por el carbón.

La reducción puede verificarse en un horno de reverbero o en un horno de cuba.

El horno de reverbero debe tener el suelo inclinado. Se coloca el mineral mezclado con el doble de su peso de carbón vegetal pulverizado o de antracita pura y se añade un poco de espato fluor. Se calienta al principio moderadamente y después se le dá una temperatura elevada: al cabo de cinco horas se abre la parte más baja del suelo y se deja caer el estaño fundido en un crisol embrascado.

El horno de cuba es más empleado en Alemania. Es un horno vertical de 4 metros de altura revestido interiormente de ladrillos refractarios el cual recibe aire por una tobera situada en su parte inferior. Su marcha es continua. Se echan alternativamente el mineral y el carbón en pedazos, haciendo funcionar constantemente la máquina soplante. La reducción es debida al carbón y al óxido de carbono. A medida que el estaño queda libre, funde y se recibe en el primer crisol, que se encuentra cubierto de una capa de escorias, las cuales se separan para tratarlas en un horno como el descrito aunque más pequeño. Cuando el crisol primero está lleno, se hace pasar la masa fundida al crisol menor situado más abajo, y se agita con ramas de leña verde. El vapor de agua y los gases que se desprenden de la carbonización de la leña verde rechazan hacia la superficie las materias extrañas: se separan éstas y se deja reposar el baño metálico para que el hierro y el tungsteno se depositen en el fondo del crisol. El estaño fundido se vacía después en lingotes.

Este procedimiento tiene el inconveniente de dar pérdidas considerables de metal.

Ambos procedimientos dan el metal impuro, puesto que retiene una notable proporción de metales extraños, tales como arsénico, antimonio, plomo y cobre. Se refina por dos procedimientos o bien se funde el metal impuro bajo una débil corriente de aire para que los metales extraños se oxiden antes, los cuales se separan de la superficie del baño junto con una pequeña cantidad de estaño o bien se procede por licuación. Para ésto se calientan suavemente los lingotes en el suelo inclinado en un pequeño horno de reverbero; cuando la temperatura llega a 230°, el estaño fluye arrastrando una pequeña cantidad de impurezas, quedando la mayor parte de éstas, sobre dicho suelo. Repitiendo varias veces esta operación, se llega a obtener el estaño sensiblemente puro.

Las escorias y residuos de todas las operaciones son tratados aparte, para recuperar la parte de metal que retienen.

Preparación del estaño puro — El estaño refinado del comercio no es puro: solo el de Malacca, flexible, ductil, ligero es de una pureza casi perfecta; pero es muy raro en el comercio. El de Banca contiene todavía media milésima de metales extraños, hierro, plomo, cobre; el del Perú contiene más del 4 por 100 (plomo y antimonio). Para obtener el estaño químicamente puro, se ha de disolver el estaño del comercio en el ácido clorhídrico concentrado. La disolución empleada se cubre de agua, sin agitar y se inmerge en ella una lámina de hierro, sobre la cual se depositan poco a poco cristales de estaño de una pureza perfecta.

Usos. — Los usos del estaño son muy numerosos, pero este metal es poco empleado al estado de pureza: casi siempre se alea con el plomo y con otros metales, (en unas aleaciones entra el estaño como metal secundario y en otras constituye la base de la aleación). Sirve también para preparar diversas composiciones metálicas, para la cerámica; utensilios de cocina, botones. El estañado del cobre y del

hierro consume grandes cantidades. Con el estaño se fabrican distintas sales de gran importancia sobre todo en tintorería.

Aleado el estaño con una pequeña cantidad de plomo y calcinado al aire, el estaño da origen a lo que se llama poptea de estaño (estannato de plomo con exceso de ácido estánnico) que sirve para pulimentar el vidrio, el mármol y los metales, formando la base del esmalte blanco, así en cerámica como en metalistería.

Por medio del laminador o más frecuentemente con un martillo plano se preparan hojas de estaño. Las más gruesas sirven para el azogado de los espejos y las más delgadas para cubrir cajas, cofrecitos, para envolver chocolate, jabón, queso y otros artículos. Para que estas hojas no se rompan al prepararlas, se baten entre láminas de estaño más gruesas. Las hojas de estaño destinadas a envolver substancias alimenticias deben estar lo más posible exentas de plomo y cobre. Pueden obtenerse, hojas coloreadas, extendiendo sobre las mismas disoluciones de carmín de añil, de carmín amoniacal y de infusión de azafrán espezadas con gelatina. En lugar de preparar las hojas de estaño batiéndolas con el martillo, se pueden obtener vertiendo estaño fundido sobre un cilindro de madera que gira alrededor de su eje; queda sobre el cilindro una lámina de estaño que se separa y se regulariza con el laminador.

La plata batida o plata falsa en hojas es estaño aleado con un poco de zinc y reducido a hojas delgadas por medio del batido. Los chinos emplean el estaño laminado para decorar los objetos de laca; los cuales cubiertos con un barniz transparente presentan un color de oro. El estaño puede ser reducido a polvo fino, echándole poco a poco, fundido, en una caja cubierta de creta y agitando fuertemente hasta la solidificación; después se tamiza. Este polvo sirve para obtener sobre la madera dibujos, a los que se le dá brillo metá-

lico por medio de un bruñidor de madera dura. También se obtiene polvo de estaño precipitando el metal de una disolución salina, por medio de una lámina de zinc. Esto es lo que se llama argentina, y es empleada sobre todo en la impresión de tejidos y de papeles para las habitaciones, produciendo el efecto de la plata. (1).

(1) Me he extendido un poco sobre este mineral dada la posibilidad que existe de ser explotado en el Paraguay por la sencillez de la operación y por ser ésta poco costosa.

Los ejemplares encontrados en el país son de un título bastante elevado, lo que haría la operación remunerativa.

Análisis de minerales paraguayos efectuados personalmente en mi laboratorio particular

ARCILLAS

	Dos muestras provenientes de Villeta		Muestra proveniente de Escobar	Muestra proveniente de Tabati	Muestra de Arroyos y Esteros
Agua higroscópica %	3,020	5,123	2,988	2,276	0,376
» de combinación	6,560	6,012	7 100	6 977	7,284
Anhidrido silíceo	48,930	47,205	50,652	49,718	52,378
Oxido Aluminico	36,835	35,190	38,301	37,660	37,596
» férrico	2,570	3,870	0,198	1 541	0,551
» de calcio	0 350	1 340	0,210	0,310	9,298
» » magnesio	0,118	0,120	Rastros	0,112	0,220
» potasio	0,364	0,238	0,270	0,550	0,684
» de sodio	0,228	1,156	0,197	0,184	0,276
Materia orgánica	0,140	0,110	Rastros	0,104	0,180
No dosado y pérdidas	0,885	0,635	0,084	0,568	0,157

Magnetita proveniente de San Miguel

Sílice y silicatos insolubles o/o	41.505
Oxido de aluminio	6.476
Peróxido de manganeso	2.182
Oxido de hierro magnético	49.711
Otros principios y pérdidas	0.126
	100.000

Hematita roja o hierro especular de Caápucú

Sílice y silicatos insolubles	30.86
Oxido aluminico	5.82
Oxido férrico	61.36
Oxido mangánico	1.96
	100.00

Como se ve, estos minerales son muy ricos y las fundiciones obtenidas con su elaboración metalúrgica en los talleres que existían antes de la guerra en Ibiú, han merecido los mayores elogios en Charleroy a donde D. Carlos Antonio López, había remitido muestras para su estudio.

Ellas fueron clasificadas como buenas fundiciones de molde desclarándoseles eminentemente propias para láminas de hierro batido de primera calidad, grandes piezas mecánicas, vigas, piezas de gran trabajo, etc.

De manganeso he obtenido también algunas muestras muy ricas; una de ellas me ha dado el siguiente resultado de análisis:

Agua por ciento	0.18
Sílice y silicatos	22.38
Peróxido de hierro	2.26
Peróxido de manganeso	75.10
Diferencia	0.08
	<hr/>
	100.00

Es pues un mineral de primer orden, apto para obtener grandes cantidades de cloro, cuyo empleo tiene que ser necesariamente muy grande con el tiempo, en un país en donde abundan las fibras textiles. El cloro es muy necesario para el blanqueo de las telas. El manganeso, se emplea también en la fabricación del vidrio y la preparación del oxígeno y sus propiedades oxidantes se utilizan frecuentemente en los laboratorios, en las artes y en las industrias.

En cuanto a los mármoles he hecho también algunos análisis. Eran mármoles dolomíticos, si se me permite esta designación, pues contenían una cantidad notable de carbonato de magnesia, mientras que el verdadero mármol debe estar constituido de carbonato de cal casi puro. Se me asegura sin embargo, que existen mármoles que pueden rivalizar con los mejores del mundo.

He aquí los análisis a que me refiero:

MUESTRA I

Aspecto. — De grano relativamente fino y compacto.

Color. — De una hermosa blancura.

COMPOSICION

Carbonato de cal	68.92
Idem de magnesia	30.10
Sílice y silicatos	0.98
Hierro.	Vestigios
	<hr/>
	100.00

MUESTRA II

Aspecto. — Granular, pero de grano más grueso que el anterior.

Color. — Blanco veteado de rojo.

COMPOSICION

Carbonato de cal	60.04
Idem de magnesia	38.46
Sílice y silicatos	0.32
Hierro.	1.18
	<hr/>
	100.00

Las dos muestras provenían de Itapucú-guazú. Otras de la misma procedencia me han dado resultados parecidos. De acuerdo con su aspecto y composición, estos mármoles se parecen mucho a los de la provincia de Córdoba (Rep. Arg.) de los cuales también he hecho algunos análisis.

Está probado que estos mármoles son excelentes para

ornamentación; a más tienen otras aplicaciones, como la fabricación de las aguas y bebidas gaseosas y la preparación del carbonato y óxido de magnesia.

Para preparar el ácido carbónico destinado a las bebidas espumantes, no hay más que tratar por ácido sulfúrico estos carbonatos, de esta manera se desprende dicho gas, siendo reemplazado por el ácido sulfúrico que viene a formar sulfato de cal insoluble y sulfato de magnesia soluble. El sulfato de magnesia tiene mucho empleo en medicina. Tratando su solución por un carbonato alcalino, es como se prepara el carbonato de magnesia, del cual se obtiene el óxido de la misma base por simple calcinación.

RESUMEN DE ESTE TRABAJO

El sistema orográfico del Paraguay es una continuación del brasileño y lo constituyen al Norte las cordilleras de Amambay y de Mbaracayú, de las que se desprenden ramales hacia el Este y hacia el Sud, formando la cordillera de Altos y la de Caaguazú; ésta llega, aunque muchas veces interrumpida, hasta las cercanías de la ciudad de Encarnación, sobre el río Paraná. En estas cordilleras y cerros que se desprenden de ellas se encuentran los minerales de que se trata en este trabajo, así como en los terrenos de aluvión derivados de ellas.

Exceptuando la pirolusita (bióxido de manganeso), que se encuentra lejos de los grandes ríos, todas las minas están próximas de algún río navegable, disponiendo de abundante combustible de los bosques que por todas partes se encuentran.

Los minerales que hasta ahora se han beneficiado, aunque en muy pequeña escala, son los de cobre, azufre y estaño. Únicamente la explotación de los minerales de hierro alcanzaron gran importancia, proporcionando al país, completamente bloqueado, todo el hierro que precisó durante la guerra de 1864 al 1870. El azufre que se empleó para la fabricación de la pólvora de cañón se extraía, según datos del doctor Cecilio Baez, del hidrato de cal sulfurado.

En la actualidad no se efectúa en el Paraguay, por falta de capitales, ninguna explotación metalúrgica y este breve trabajo tiene por objeto esencial el de llamar la atención de

los capitalistas extranjeros para que coloquen en ello sus actividades y su dinero.

No menor importancia que los metales tienen el kaolin, el calcáreo para la fabricación del cemento hidráulico, la piedra litográfica y los mármoles, el material refractario fabricado en Ibicuí, ha resultado muy superior al inglés y el material para cloacas hecho por el señor Dante Coruei con la arcilla refractaria de Villeta ha resultado también superior a todos los importados de Europa, según los ensayos practicados en el laboratorio de las "Obras de Salubridad Nacional" de Buenos Aires.

Según numerosos testimonios, existe también en el Paraguay kerosene y hulla, pero no se me ha podido precisar la ubicación de sus minas.

Encontrándose ya al terminar la impresión de este folleto, recibo por carta de mi distinguido amigo el Sr. Juan Silvano Godoy, los interesantes datos que transcribo a continuación, por no poderlos ya insertar en el lugar que les correspondería: "Desde 1867 tuvo el Paraguay escasez de pólvora, entonces López la mandó fabricar. Las dos grandes hornallas o morteros, que existen en el Museo de Asunción, de hierro paraguayo en los que se hacía la manipulación de las mezclas, fueron fundidos ese año en Ibicuí. El azufre y el nitrato lo extraían de los departamentos de Valenzuela y Ajos".

Con lo expuesto queda aclarada la duda que sobre el particular manifiesto en el curso de este trabajo.

Este trabajo ha sido presentado al "Tercer Congreso Científico Panamericano" conjuntamente con **"La Materia es un estado transitorio de la Energía"** y **"Química aplicada a la Higiene - El Agua"**.