

## Resumen

Paraguay, el jardín de Sud-América, tiene una superficie de 406 752 km<sup>2</sup> y posee una población de 1.6 millones aproximadamente. Desde su descubrimiento por el portugués ALEIXO GARCIA en el año de 1524, los padres jesuitas y científicos del extranjero han descrito la geografía, el clima, la etnología, la flora y la fauna del país. HARRINGTON (1950, 1956) publicó la primera geología moderna del Paraguay. Esta publicación ha sido completada y enmendada por BOETTNER (1947, 1952, 1955), BENTZ (1957), PUTZER y sus colaboradores (1959). BENDER, FLATHE y LÜDERS (1959) estudiaron las condiciones de la hidrogeología y de los suelos en el Chaco Boreal, y ECKEL (1959) contribuyó mucho con estudios de la petrografía de las rocas eruptivas y metamórficas publicados en su libro "Reconnaissance of Paraguay". WOLFART (1961) ha esclarecido definitivamente la paleontología del Paleozoico.

El caudaloso río Paraguay divide el país geográficamente en dos partes absolutamente distintas:

- a. La región de las lomas y llanos del Paraguay Oriental, poblada en su mayor parte por selvas de flora tropical y subtropical;
- b. El Paraguay Occidental o sea el Chaco Boreal formado por una vasta llanura con pampa (en la parte meridional), pantanos, monte espiñoso y bosque. Sólo en el norte y en el extremo oriente se encuentran algunas lomas y cerros aislados.

De punto de vista geográfico se distinguen tres grandes unidades de composición y genese bien diferentes, a saber:

- a. La margen occidental de la gran cuenca del Paraná
- b. el anticlinal central-paraguayo
- c. la parte paraguaya de la cuenca del Chaco.

### *La margen occidental de la cuenca del Paraná*

Alrededor de dos tercios del Paraguay Oriental son formados por la continuación de las series estratigráficas conocidas en el Brasil. Se trata de las series de Gondwana del llamado sistema de Santa Catarina (WHITE [1908], PUTZER [1955]) yacentes casi horizontalmente. Las series del Gondwana comienzan por el Carbonífero glacial y fluvio-glacial (Pensilvaniano), seguido por el Pérmico inferior y mediano, de origen continental; luego son sobrepuestos por areniscas triásicas y los derrames de los basaltos de tipo trapp de edad post-triásica (probablemente jurásica). Sólo en algunos puntos se encuentran restos del Cretácico inferior (arenisca de Caiuá) y con mucho menos frecuencia restos del Cretácico superior (arenisca conglomerática de Baurú).

Es importante saber que algunas formaciones y grupos estratigráficos encontrados en la parte brasileña de la cuenca ya no se formaron en la parte paraguaya de la misma cuenca, así faltan en la parte paraguaya por ejemplo la formación con hulla y la del Palermo (Carbonífero superior) y pizarras betuminosas y calizas betuminosas del Iratí (Pérmico).

### *El anticlinal central-paraguayo*

Rocas muy antiguas, aflorando tanto en el sur como también en el norte, indican un elemento estructural de gran importancia con rumbo norte-sur el cual separa precisamente las dos grandes cuencas geosinclinales, la del Chaco y la del Paraná. Los gneises, mica-esquistos, filitas, cuartzitas, lutitas silíceas etc. forman afloramientos en las lomas del norte (serranía del río Apa) y en las llanuras del sur (región de Caapucú). Generalmente hay pocos afloramientos de las rocas del complejo cristalino. En ambas regiones, o sea en el norte como en el sur, eruptivas graníticas se han introducido en el techo constituido por rocas metamórficas. Pórfidos de grano muy grueso ocurren en la región de Caapucú en forma de rocas efusivas. Todas estas rocas, las metamórficas o sea las de mayor edad, bien como los granitos, pórfidos y su serie filoniana pertenecen al Precámbrico.

En la región del norte y noroeste del Paraguay Oriental una serie de calizas, margas y calizas dolomíticas se encuentra sobrepuesta con discordancia a las rocas del Precámbrico. Esta serie marina llamada Itapucumí puede ser del Cámbrico o puede aun pertenecer al último período pre-cámbrico. No se conocen fósiles en esta serie.

En la zona al sur del anticlinal central-paraguayo el techo del Precámbrico fallado y plegado es formado por una serie de areniscas del Silúrico en posición discordante. El espesor de estas capas clásticas es superior a 1000 m. De las investigaciones recientemente realizadas por PUTZER y WOLFART resulta que no hay pruebas ni indicios para el Devónico en el Paraguay Oriental, como fué anteriormente admitido por HARRINGTON. Areniscas triásicas de la llamada formación de Misiones se depositaron sobre una superficie de erosión trasgrediendo todas las formaciones del Gondwana, del Silúrico y el Precámbrico. La formación de Misiones se encuentra aun conservada en ambos márgenes del río Paraguay, formando una capa continua en el éste de Asunción hasta la margen oriental del lago Ypacaraí, y una área pequeña en el oeste de Villa Hayes.

Intrusivas eruptivas alcalinas han cortado el complejo cristalino y su techo p-metamórfico en muchos lugares, formando stocks, filones y derrames. Esta actividad plutónica y volcánica ocurrió muy probablemente al fin del Cretácico.

### *La cuenca del Chaco*

El fundamento de aquel gran geosinclinal es formado por rocas cristalinas del Precámbrico. Los sedimentos de la cuenca pertenecen a las series del Paleoceno, Mesoceno y Cenoceno. En el nordeste, en frente a la desembocadura del río Apa se encuentran varios cerros y lomas aislados, bien fallados, constituidos por rocas carbonáticas de la serie Itapucumí, siendo aquéllas de edad cámbrica

o precámbrica. Más hacia el norte se encuentran algunos stocks plutónicos de intrusivas alcalinas, probablemente de edad cretácica. Más de 2000 m de sedimentos marinos del Silúrico y Devónico inferior han sido depositados, seguidos por capas de 500 a más de 2500 m de areniscas, siltitas, y arcillas sobre todo coloradas que constituyen los llamados "red beds" los cuales son, por lo menos parcialmente, de edad triásica. Capas semi-consolidadas o no-consolidadas clásticas de espesor de algunos cien metros constituyen el relleno más joven de la cuenca. Estos son de origen continental y de edad cenozoica y son llamadas "sedimentos chaqueños".

### *Estratigrafía*

Paragneises listados, mica-esquistos, cuartzitas amarillas claras y blancas, pizarras oscuras y chert (lutitas silíceas), algunos mármoles y rocas volcánicas ultrabásicas que actualmente se encuentran metamórficas representan el Precámbrico en la serranía del río Apa y en los afloramientos en el sur (Departamentos Paraguari y Misiones). Sus direcciones principales son de N—S y NNW—SSE los buzamientos muy accidentados. El Precámbrico es intensamente fallado y plegado. La orogénesis de esta zona es la misma que había afectado las grandes áreas del Precámbrico del Complejo Brasileño o sea del Escudo Brasileño.

Estos acontecimientos hicieron parte de la gran orogénesis asíntica al final del Precámbrico. En el norte las rocas metamorizadas del Precámbrico afloran cerca de S. Luis, Sta. Sofía y Caracol y en otros lugares, mientras que en el sur hay afloramientos dispersos en la pampa cerca de S. Miguel, Villa Florida, W de Caapucú. Un afloramiento pequeño pero importante se encuentra al pie del Co. Cristo Redemptor cerca de Paraguari.

La actividad del volcanismo subsecuente al fin del Precámbrico produjo intrusiones graníticas cerca de Maduca-cuê, San Carlos, S. Luis; pegmatitas (con mica) y aplitas, vetas de granito abundan en el norte. Por el otro lado, se pueden ver en el sur extensos afloramientos de pórfidos rosados entre Quyquyó-Villa Florida y Caapucú, en parte muestran estructura fluidal, p. e. en el Cerro Pelado cerca de Charara. Una ocurrencia importante de granito rosado muy grueso fué encontrada en San Bernardino, precisamente en el techo de la gran falla principal de la zona dislocada del lago Ypacaraí.

Relacionamos todas estas rocas magmáticas bien como su techo metamórfico a la serie algonquiana de Cuiabá en el Estado vecino brasileño de Mato Grosso.

### *Cámbrico o último Pre-Cámbrico*

La serie de Itapucumí (HARRINGTON [1950]) es formada por capas alternantes dolomíticas, calcáreas y margosas con algunas intercalaciones de pizarras y areniscas arcóscas. En el norte o sea en la zona montañosa entre el curso superior del río Paraguay y el curso inferior del río Apa, esta sucesión se encuentra en discordancia con los gneises y granitos yacientes. Sus estratos basales o sea las capas clásticas de la serie de San Luis afloran al pie del Cerro Paiva, sobrepuestas por calizas macizas y oolíticas de la serie de Itapucumí. La sucesión de calizas

y dolomitas es bien expuesta en Vallemi, Santa Elena, Puerto Max etc. y especialmente a lo largo del río Paraguay cuyas barrancas son formadas por esta formación. No se conocen fósiles en estas capas hasta hoy, apenas indicios carbónicos. Las capas son suavemente onduladas y bastante dislocadas; su inclinación es generalmente para W, hasta  $35^{\circ}$ . Su continuación con rumbo norte es llamada en el Brasil la serie de Bodoquena (en Mato Grosso). Probablemente esta serie pertenece al Pre-Cámbrico más joven o mismo al Cámbrico.

### Silúrico

En Paraguay Oriental una sucesión de más de 1000 m de espesor constituida por areniscas feldespáticas, con un horizonte-guía en forma de arcilla blanca en su parte superior, son de edad ordovícica y gotlándica (Llandovery inferior) según WOLFART (1961). WOLFART consiguió la prueba que el "Devónico" de HARRINGTON no existe en Paraguay Oriental. En la sección clástica entre Paraguairí e Itacurubí de la Sierra el Silúrico comienza con un conglomerado grueso (zero hasta 20 m de espesor) de origen fluvial, seguido por 700—800 m de areniscas arcósicas, las cuales en parte son de grano grueso, en parte blancas y sacaróides, muchas veces entrecruzadas. Generalmente la granulación cambia de bajo hasta arriba de grueso para granofino. Hay estratos lenticulares de conglomerado y de lutitas dentro de las areniscas. Esta "arenisca de Caacupé", que no ha fornecido hallazgos de fósiles, es caracterizada por "rework", caolinización, poca clasificación, siendo considerada como sedimento fluvial y lacustre depositado en áreas de subsidencia, a ella sobrepuesta se encuentra la "arenisca de Eusebio Ayala", una sucesión de 220—250 m, de areniscas de grano fino, micáfera, cementamento arcilloso, bien estratificada. No hay una discordancia. Estas capas contienen los fósiles más viejos del Paraguay Oriental que son: graptolites, trilobites y braquiópodos de tipo austral (véase pg. 52). HARRINGTON consideró estas areniscas como devónicas por determinación errónea y por una interpretación equívoca estratigráfica en la zona de fallas del lago Ypacaraí.

El estrato-guía del Silúrico es una lutita blanca, blanda, caolínica, llamada "Lutitas de Vargas Peña", de 10 m hasta 20 m de espesor, verificadas al lado occidental del lago Ypacaraí y en el valle del río Piribebuy. Estas lutitas contienen una fauna marina muy rica (véase pg. 54) provando una conexión corta con el mar verdadero del Silúrico en el geo-sinclinal andino. La última parte del Silúrico es la arenisca del Cerro Perro, de 100 m de espesor, situada más para E y aflorando en la margen derecha del río Piribebuy entre Arroyos y Esteros e Isla Pucú. Los fósiles hallados en estas areniscas prueban que esta última unidad es la continuación de las lutitas blancas de Vargas Peña.

En el Chaco Boreal PUTZER & WOLFART han encontrado *Arthrophyucus* y braquiópodos en areniscas micáferas y quartzitas muy duras al flanco occidental de Cerro León, loma aislada en la enorme llanura chaqueña. Areniscas semejantes y quartzitas blancas son observadas en las partes más profundas de los pozos perforados en Santa Rosa, La Paz, Orihuela, Lagerenza, Mendoza, Lopez y Madrejón (véase pg. 57, 58). Parece que durante el Silúrico el Chaco Boreal fué parte del gran orto-geosinclinal de los Andes, ocupado por el mar, mientras

que la sedimentación fluvial y lacustre tenía lugar en Paraguay Oriental, en una cuenca relativamente rasa y epicontinental. Solamente durante el lapso corto del Llandovery inferior la parte más occidental de la cuenca del Paraná fué alcanzada por la transgresión marina (lutitas de Vargas Peña, arenisca de Eusebio Ayala). Notamos que esta transgresión silúrica fué la última invasión marina en el Paraguay Oriental.

### *Devónico*

El mar retiróse durante el comienzo del Devónico en dirección de la cuenca del Chaco por motivo de alzamiento regional del anticlinal central-paraguayo y del Paraguay Oriental. La subsidencia continuó en la cuenca del Chaco, por eso existe el Devónico en el Chaco Boreal. Testigos de las perforaciones profundas en el Chaco Boreal bien como de los afloramientos del Cerro León y de Ingavi han fornecido fósiles marinos del Devónico, siendo del tipo de la fauna austral (véase pg. 60). Facies arenosa, cambios rápidos y bruscos, muchas intercalaciones de lutitas arenosas son típicas para la faja oriental de la cuenca andina (i. e. la cuenca chaqueña) durante el Devónico. No hubo una conexión directa entre el mar devónico de la cuenca andina y la parte brasileña del centro de la cuenca del Paraná en el Devónico: el anticlinal central-paraguayo y Paraguay Oriental eran una península.

### *Carbonífero superior*

Estratos de origen continental, de calidad clástica, son sobrepuestos discordantemente sobre el Silúrico en Paraguay Oriental. La sucesión continental es del Carbonífero superior (pensilvaniano). Dentro de esta sucesión existen tres horizontes de tilitas (morrenas antiguas), de bajo: tilita Aquidabán, tilita Bella Vista y Nioaquê. Areniscas interglaciales, pardo-coloradas, mal estratificadas, separan las tilitas. Varvitas de color de ladrillo y blancas, el llamada grupo Praxixi, es un horizonte-guía entre las dos tilitas más jóvenes o sea Bella Vista y Nioaquê. Las varvitas son de origen limno-glacial. La capa más joven es la arenisca Aquidauana superior, una roca colorada oscura, post-glacial. El conjunto del Carbonífero tiene un espesor de 200 hasta 500 m y fué depositado en una faja de más de 100 km de ancho y de 450 km de largo, rumbo de N a S.

La tilita más joven (Nioaquê) es muy gruesa, rodados de un peso de hasta 1 tonelada, en el Cerro Itapopó cerca de Cerro Corá. PUTZER descubrió rodados radioactivos entre los rodados glaciales, mezclados con pórfidos y hematita. Muy probablemente estos rodados provienen de la región de Caapucú, por eso los glaciares del Carbonífero superior tendrían una dirección de sur a norte, fenómeno considerado con la misma interpretación para el sur de Brasil.

### *Pérmico*

La serie Passa Dois (Pérmico inferior) es sobrepuesta por una discordancia angular al Carbonífero, entre Caazapá y el río Jejui. La formación Estrada Nova, Pérmico inferior, está presente en dos facies, a saber: la de Independencia o sea

una sucesión de cerca de 400 m de areniscas arcóscas en capas espesas, conteniendo los fósiles *Dadoxylon* y *Pinzonella*, y la facies de Serra Alta. Esta última es caracterizada por estratos alternantes de areniscas arcillosas en bancos delgados, y de lutitas arenosas verdes, gris, parduzcas o violetas. Hay buenos afloramientos de la facies Serra Alta al E de Cnel. Oviedo. La unidad del techo de la serie o sea la formación Rio do Rasto, Pérmico medio, fué encontrada en 1959 por PUTZER, al E de Cnel. Oviedo, con sus siltitas coloradas claras y arcillas de color de ladrillo. Su espesor no es conocido hasta hoy.

### El Pérmico

La serie São Bento aflora en la mayor parte del Paraguay Oriental ocupada por areniscas gondwánicas. Su parte sedimentaria pertenece al Triásico, mientras que los bancos volcánicos sobrepuestos son probablemente de edad jurásica (o Cretácico inferior?).

### Triásico

La formación "Areniscas de Misiones" (HARRINGTON [1950]), constituida por areniscas parduzco-coloradas, es el equivalente de la formación brasileña "Botucatu". Estas areniscas son en parte estratificadas en capas gruesas, en parte en capas muy delgadas, con mucha mica fina en los planos de estratificación. Un conglomerado basal es probado en el departamento de Misiones. Intercalaciones de lutitas oscuras rojas son raras, a veces hay nódulos de estas lutitas en los planos de estratificación. Las areniscas de estratificación delgada son depositadas sub-aélicamente mientras areniscas casi sin estratificación prueban origen eólico. Aunque predominan colores rojizas (colorado, rosado, rojo-parduzco), hay areniscas grisáceas hasta blancas. El espesor de la formación Misiones varía de menos que 50 m (Caaguazú) hasta más que 250 m en dirección S y SW. Las areniscas de Misiones reposan transgresivamente sobre las formaciones más antiguas. El Triásico es conservado en la región al W de la depresión del lago Ypacaraí por causa de hundimientos tectónicos, especialmente entre Asunción y Paraguari. Las areniscas triásicas continúan al otro lado del río Paraguay en la parte sudeste del Chaco Boreal (afloramientos de Benjamín Aceval, pequeña isla en medio del río Paraguay frente a Villa Hayes), hasta una distancia desconocida. Las areniscas de Misiones faltan en el norte del Paraguay Oriental.

En el Chaco Boreal se conoce una sucesión espesa de estratos clásticos, rojos, rojizos bien como verdes y gris, certamente de origen continental. Esta sucesión, conocida solamente por testigos de perforaciones muy profundas, es llamada "Red Beds" ("capas coloradas"). Su espesor excede a 2500 m en el pozo de Pirizal. La existencia de algunas capas de anhidrita y de yeso apoya la idea de deposición en condiciones áridas. Es bastante probable que la mayor parte de los Red Beds pertenece al Triásico siendo así equivalente a las areniscas de Misiones, aunque sea posible que los Red Beds continúan, sin diferencias litológicas, hasta el Terciario. Nunca se encontraron fósiles. Por la primera vez MADRID (B. de Anhalt, *Forstforschung*) ha observado algunos microfósiles (en mayo de 1961) en

testigos del pozo de G. Mendoza, sondeado en el extremo noroeste del Chaco Boreal. El material investigado proviene de profundidades de 919—948 m y de 999—1043 m, o esa del medio de los Red Beds que tienen aquí un espesor de 1100 m. Los fósiles encontrados son esporos y polens de helechos (*Farnen*), Bennettiteae, colonias de algas (*Botryococcus*) y vestigios de Cycadeae. Estos hallazgos afirman fuertemente el concepto de edad triásica por esta parte de la sucesión.

### ? Jurásico

La formación "Serra Geral", parte superior de la serie São Bento, son "basaltos de meseta" (diabasas, doleritas etc.) de la misma edad y facies como los de la parte brasileña de la gran cuenca del Paraná. Reposan por una discordancia de erosión sobre las areniscas triásicas de Misiones (en el sur y este), y sobre areniscas post-glaciales del Carbonífero superior en el norte (Cordillera de Amambay). Siendo productos de erupciones continuas los mantos de lavas básicas hasta mesosilíceos suceden uno al otro, en facies repetidas. Cada efusión terminó en rocas amigdaloides. Los canales productivos de las masas enormes son desconocidos hasta hoy. Se considera la época de actividad volcánica como jurásica o misma cretácica inferior.

### Estratos de cubierta más jóvenes

Residuos de areniscas pardas blandas, de la arenisca Caiuá (Cretácico inferior), rodados lavados de la arenisca conglomerática de Baurú (Cretácico superior) son observados en algunos sitios sobre las eruptivas basálticas, cerca de la frontera oriental.

En el valle del río Paraguay existen estratos terciarios cerca de Asunción (afloramientos pequeños), mientras que capas pleistocénicas del grupo Pampeano, conteniendo fósiles de mamíferos, son frecuentes en los valles anchos de los ríos Pilcomayo, Paraguay y Paraná en el SW del país. Calizas secundarias, verdaderas travertinas, de la formación pleistocénica Xaraiés son probadas en Vallemi, Cerro Galbán y en la área donde las capas carbonáticas de la serie Itapucumí afloran en el norte.

La mayor área con sedimentos jóvenes, no-consolidados, es el Chaco Boreal cuya superficie enorme es ocupada por sedimentos arenosos (arenas, arcillas, loess) cenozoicos, productos de la erosión andina. Depósitos de aluviones se encuentran en los valles anchos y depresiones de la red hidrográfica.

### Rocas magmáticas y volcánicas post-triásicas fuera de los basaltos de la Cuenca del Paraná

En los últimos años se encontraron muchos afloramientos de rocas magmáticas y volcánicas en la área del anticlinal central-paraguayo entre Ybycuí en el sur y Fortín Olimpo, en el norte, siendo la distancia entre los dos de casi 600 km. La mayoría de estas ocurrencias es de poca extensión, su importancia geológica es considerable. Trátase de shonkinitas, esexitas, sienitas alcalinas y foiaitas, formando "stocks", o sea cuerpos igneos cilindrico-cónicos de varios tamaños.

Las rocas verdaderamente volcánicas son varios tipos de basaltos, fonolitas, diabasas y rocas porfídicas. Todas ellas pertenecen a la gran familia alcalina, siendo genéticamente relacionadas con el mismo magma que ha producido las "eruptivas de Serra Geral", (véase PUTZER & VAN DEN BOOM [1961]).

Estas rocas han cortado formaciones anteriores, de edad pre-cámbrica hasta triásica, por eso se les atribuye la misma edad que tienen rocas muy parecidas aflorando en la margen de la parte brasileña de la Cuenca del Paraná: por lo cual se supone edad cretácica.

### *Geología estructural*

Las grandes estructuras geológicas de Paraguay son las dos enormes cuencas; una, profunda, en el Chaco Boreal, y otra menos profunda, la cuenca del Paraná, ambas separadas por el anticlinal central-paraguayo. Las dos cuencas son sinclinales, esto es depresiones inestables antiguas.

Su subsuelo o sea el basamento, expuesto parcialmente en el anticlinal central-paraguayo, consiste de rocas intensamente plegadas, por el plegamiento asíntico, probado en todos los continentes. Granitos pre-cámbricos y pórfidos se han introducido y son infrapuestos en el complejo metamórfico, plegado y fallado. Es evidente que estos granitos son más jóvenes que el conjunto metamórfico.

La cuenca marina, epicontinental, de la serie de Itapucumí que continúa hasta Corumbá (Brasil) pertenece al área inestable llamada "Corredor de Mato Grosso" por STILLE. El orogénesis asíntica fué la última en tierras paraguayas. Falta plegamientos verdaderos más jóvenes: ni la serie de Itapucumí (Precámbrico o Cámbrico), ni las sucesiones paleozóicas y mesozóicas de las dos cuencas fueron plegadas; obsérvanse solamente suaves ondulaciones. Pero hay fallamientos de bloque, del tipo germánico, en ambas las cuencas bien como en el anticlinal que las separa. Es necesario presumir grandes fallas a lo largo del río Paraguay cuyo curso es controlado por fallas entre Puerto Sastre y San Salvador, y también entre Rosario y Humaitá.

En el norte del Chaco Boreal el Cerro León y su alrededor representan un "horst" oblongo, en cuya margen occidental se realizó un desplazamiento tectónico de cerca de 1100 m, probablemente en fallas escalonadas. Hay otra prueba por un rechazo considerable de unos 2000 m entre el Silúrico de Emboscada y la parte meridional del Chaco Boreal (p. e. el pozo perforado en Orihuela). Esta grande diferencia de nivel corresponde a algunas fallas o a un sistema de fallas escalonadas al borde occidental del anticlinal central-paraguayo que ha servido como zona alta durante períodos largos: nunca el Devónico marino inferior ha pasado sobre este elemento elevado.

Sedimentos y coladas del Gondwánico (Carbonífero superior hasta Jurásico o ? Cretácico) buzan muy suavemente en Paraguay Oriental para E, NE y SE, hacia dentro de la cuenca. Solamente en pocos sitios puédense observar que ondulaciones suaves han abombado las areniscas de Misiones cerca de San Ignacio, y los estratos silúricos en Itacurubi de la Sierra, pero las estructuras son de corta extensión. Todas estas pequeñas ondulaciones son consideradas como movimientos compensadores en relación con fallas de tensión y grietas abiertas, elementos



estructurales que han iniciado la actividad volcánica de los basaltos al fin de la época gondwánica. Después estas fracturas, abiertas por fuerzas de tensión, formaron los canales de alzamiento para las coladas de la cuenca del Paraná.

La zona fracturada más importante en Paraguay Oriental es sin duda la depresión de lago Ypacaraí, anteriormente considerada como un "graben" (HARRINGTON [1950, 1956]) pero ahora se la ha determinado como una zona desmembrada por fallas escalonadas (PUTZER [1958]), siendo la falla mayor más larga que 100 km. El rechazo total de las fallas en dirección W es cerca de 600 m. Rocas igneas, post-triásicas (esexita, shonkinita, pórfidos) se han introducido a lo largo de las fallas (Soto-Cañete, Cerro Vera, Ihú).

También en el Chaco Boreal existe una tectónica de fallamiento de bloque, caracterizada por bloques volcados y hundimientos profundos, p. e. la parte basal de los Red Beds aun no fué perforada en el pozo Pirizal en una profundidad de 3148 m (fundo del pozo) probando un hundimiento muy grande. El Silúrico del pozo Lagerenza fué perforado en una profundidad de 2713 m, mientras que el afloramiento más proximo de los mismos estratos, en el Cerro León, se encuentra a solamente 80 km en dirección E. El Devónico falta en los pozos más recientes en Madrejón y Lopez, como en el pozo antiguo en Orihuela, indicando una fuerte erosión post-devónica, que ocurrió antes de la sedimentación y llenamiento de la cuenca fallada por los estratos continentales de los Red Beds. La documentación geológica sobre el Chaco Boreal es bastante escasa por motivo de la falta de afloramientos en áreas muy grandes. Muchos problemas sólo pueden ser solucionados en el futuro, especialmente por pozos nuevos exactamente levantados por geólogos.

La glaciación del Carbonífero superior ha distribuido mucho material clástico sobre el flanco oriental del anticlinal central-paraguayo y sobre el fondo de la cuenca del Paraná; sedimentos fluviales, lacustres y eólicos fueron depositados desde el Pérmico hasta el Terciario (con grandes lagunas durante el mesozóico superior), las discordancias entre varias formaciones prueban ciclos de erosión.

En el Chaco Boreal la sedimentación cenozóica es casi desconocida. Una sucesión de rocas semi- o no-consolidadas, de 400 hasta 600 m de espesor, reposa sobre los Red Beds. Falta una sub-división stratigráfica de la sucesión que debe ser de edad terciaria, como producto sedimentario de la erosión en los Andes, ya levantados. La sedimentación fluvial, y en parte eólica, de este material arenoso relleno las depresiones de la gran cuenca chaqueña.

### *Recursos de minerales*

Hasta hoy, depósitos metalíferos grandes, de importancia económica, son desconocidos en Paraguay. Existen varios cuerpos de hematita, de calidad muy buena pero de cantidades pequeñas, todas en la proximidad de Caapucú, Mburicacy, Paso Pindó y San Miguel (Misiones). El presidente-marechal Francisco Solano LOPEZ mandó explotarlos en canteras durante la guerra contra la triple-alianza. Minerales de cobre, de alta ley, representando la zona de oxidación (malaquita, azurita, pocos sulfuros) son probados en Paso Pindó, la-

mentablemente ya situados en el nivel del agua subterránea. Los afloramientos merecen cateos nuevos, por pozo o sondeo, para investigar la zona primaria de los sulfuros. Manifestaciones interesantes de pirolusita (óxidos de manganeso) son conocidas en Emboscada donde una veta con mineral muy puro y rico fué cateada por un pozo. No se esperan aquí reservas grandes porque la veta terminará luego en la profundidad. Otras manifestaciones de manganeso, conglomerados y areniscas impregnadas en San Bautista, Yaguarón etc. no son explotables económicamente. Es lástima que los mantos de carbón de piedra del sistema de Santa Catarina faltan en Paraguay Oriental. Hay depósitos extensos de turba en el valle del río Paraguay cerca de Pilar, aun inexplorados.

Hace tiempo que se espera petróleo en el Chaco Boreal, de punto de vista geológico bien fundado. Los pocos pozos eran secos, pero en todo caso tres han mostrado señales de gas y gotas de petróleo, y en 1957, el autor ha llevado petróleo de un pozo (de agua) en Nueva Asunción (ex-Picuiba). Rocas-madre para petróleo existen sin cualquier duda en el fondo del Chaco Boreal, eso es en las pizarras betuminosas oscuras, poco arenosas, del Devónico inferior. Trátase de la misma formación que ha producido petróleo en la faja larga de los Andes entre Argentina y Ecuador. Rocas porosas sobrepuestas, como almacenadores para el combustible líquido, o sean trampas estratigráficas existen en las sucesiones del Devónico y de los Red Beds. Estratos de cubierta impermeables no faltan en la cuenca chaqueña. Así, el Chaco Boreal, como zona marginal del sinclinal andino, ofrece posibilidades para petróleo.

En Paraguay Oriental faltan los estratos betuminosos conocidos en Brasil, a saber las pizarras devónicas de Ponta Grossa y las calizas y pizarras de la formación de Iratí (Pérmico). Minerales no-metálicos son de mayor importancia en Paraguay. Micas blancas, de tamaño bastante grande, son verificadas junto con cristales muy grandes de feldespato en las pegmantitas del norte, entre Caracol y San Luis. Falta una exploración sistemática. — Grandes depósitos de talco afloran en San Miguel (Misiones), reservas muy grandes de pirofilita (mineral semejante al talco) cerca de Charara (Misiones), pueden ser explotados en canteras. El material puede ser beneficiado y usado como refractorio o portador para insecticidas.

Caolín sedimentario ocurre en grandes áreas al W de la depresión de lago Ypacarai, cerca de la Ruta, y en el valle del río Piribebuy. Este caolín es bueno para el uso cerámico, si fuera preparado. Hay colorantes minerales: ocre hermosos amarillos y colorados, en Cerro Aparipi, Pindoty y Tobati, malaquita terrosa en Paso Pindó.

Una veta con baritina aflora en el cerro de Fortín Olimpo (Chaco); hay ágatas, junto con ametistas, de origen de los meláfiros de la formación São Bento, encontradas como rodados en las aluviones del río Paraná al norte de Hohenau. Hasta hoy día la bauxita no fué comprobada, pero se la puede esperar en las regiones donde rocas alcalinas son lateritizadas por la meteorización (véanse ocurrencias de estas rocas en el texto). Piedras calizas, en la mayoría un poco dolomíticas, afloran en cantidades abundantes en las barrancas izquierdas del río Paraguay. Muchas caleras existen al largo del río, el cual es transportado

Asunción y otros centros por barcos. La usina estatal de cemento portland en Vallemí, cerca de la desembocadura del río Apa, aprovecha la calizas de la serie de Itapucumí, mezclada con una caliza de tipo travertina de pureza muy grande. Piedras para construcciones existen en gran variedad en casi todo el Paraguay Oriental: areniscas, rocas cristalinas, arcillas para ladrillos y tejas.

### *Hidrogeología*

Agua potable no falta en Paraguay Oriental, con excepción de muy pocos sitios. Capas acuíferas conteniendo agua buena, en cantidades a veces muy grandes son las areniscas del Silúrico, Carbonífero, Pérmico y Triásico, como los basaltos fracturados en columnas y su facies amigdalóide (meláfiros). Hace tiempo que las areniscas coloradas de Misiones fornecen agua en abundancia del subsuelo de Asunción. Los pozos perforados para agua son de 60 hasta 150 m profundidad.

Por otro lado, hay grandes áreas en el Chaco Boreal donde agua potable falta o es muy escasa en 1959. Las investigaciones de una comisión hidrogeológica-geofísica alemana (FLATHE, BENDER) han mostrado, que existen mantos acuíferos en el W, S y en el centro del Chaco Boreal. Otro resultado importante fué que el agua de los estratos acuíferos en profundidades mayores fué siempre mineralizada. Estos estratos con agua salada buzan muy suavemente para W, y afloran, consecuentemente, en dirección E, o sea en la mitad oriental del Chaco Boreal. Aquí no hay esperanza para agua potable. Pero existen posibilidades para almacenar, y proteger las aguas de la superficie para aprovecharlas, p. e. proteger las aguas de los tajamares por una superficie delgadísima de una sustancia química llamada "hexadecanol". En las partes meridionales, occidentales y centrales del Chaco Boreal un manto impermeable, pero discontinuo cubre las capas acuíferas del nivel inferior conteniendo aguas siempre saladas. El plano de estratificación o sea la superficie antigua del manto impermeable muestra innumerables pequeñas, depresiones pequeñas cuencas y canales que son los restos de un sistema hidrográfico anterior, rellenado después por sedimentos arenosos de origen fluvial o eólico. En el futuro este manto siendo el primer acuífero será de suma importancia para la agricultura porque contiene a veces agua potable. A veces su agua es poco o más mineralizada, pero series de análisis han probado que los cuerpos de agua son aislados, sin continuidad (composición química bien diferentes, lo que comprueba discontinuidad). Este manto acuífero puede fornecer agua potable en profundidades rasas, entre 5 y unos 20 m, en la grande área de la colonización menonita hasta Mariscal Estigarribia, y en profundidades aún un poco mayores, en la región al W de Mariscal Estigarribia.

Áreas cuidadosamente elegidas, en estas regiones del Chaco Boreal, pueden ser cultivadas debido de la existencia de agua potable en profundidades que permiten su explotación económica. Además hay sitios donde el agua de las lluvias o de riachos puede ser introducida en el manto acuífero. Caso que el agua faltara o fuera de calidad mala, el agua introducida podría formar una agua subterránea nueva o mejorada, criándose agua subterránea potable. La extensión del desarrollo agrícola en el W, SW y S como en el centro del Chaco Boreal es posible y ya comprobada, debido al hecho que los suelos desta zona son buenos, ricos en humus

y sales nutritivos minerales. Habiendo agua, la tierra puede ser aprovechada para la agricultura y el cultivo de árboles frutales y la ganadería.

Las leyendas anteriores de una vida insuportable y malsana, de la imposibilidad de un desarrollo agrícola y cultural en el Chaco, yá no existen.

En Paraguay Oriental las lluvias fuertes y frecuentes han lisiado buena parte de las sustancias alimenticias minerales de los suelos. Hasta hoy no se usan abonos minerales. Muchos suelos de la parte oriental del país son ácidos, por eso abonos de Ca, P y N-P-K pueden mejorar la producción como también la calidad de la cosecha. Los suelos colorados-oscuros, provenientes de las coladas basálticas, son muy ricos y apropiados para plantaciones de café lo que ya se ha empezado con buen éxito en la hermosa región de la Cordillera de Amambay.

## Literatur

- AHLFELD, FRIEDR.: Die Bodenschätze Boliviens, Berlin 1939.
- : Geologia de Bolivia, 1. Ausgabe La Paz 1946. 2. Ausgabe La Paz 1960.
- ALMEIDA, FERNANDO FLÁVIO MARQUES DE: Geologia do sudoeste matogrossense. — Dep. Nac. Min. Div. Geol. Mineralog. Bol. 116, Rio de Janeiro 1945 (a).
- : Depósitos de origem glacial no territorio de Ponta Porã. — An. Ac. Bras. Ciênc. 12, 1, Rio de Janeiro 1945 (b).
- : Botucatu, um deserto triássico da America do Sul. — Dep. Nac. Prod. Min., Not. prelim. e estud. 86, Rio de Janeiro 1954.
- AZARA, F. DE: Geografía física y esferica de las provincias del Paraguay y Misiones Guaranies. — 1792.
- BAKER, C. L.: The lava field of the Paraná Basin, South America. — Journ. Geol. 31, 1, 1923.
- BARBOSA, OCTAVIO: Observações e comparações sobre algumas ocorrências vulcânicas no Perú, no Mexico e no Brasil. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner. log. Bol. 167, Rio de Janeiro 1957 (a).
- : Nota sobre a idade da Série Corumbá. — An. Acad. Brasil. Ciênc. 29, 2, Rio de Janeiro 1957 (b).
- BEDER, R.: Sobre un hallazgo de fósiles pérmicos en Villarica. — Bol. Ac. Nac. Cienc. 27, Córdoba 1923.
- BEDER, R., & WINDHAUSEN, A.: Sobre la presencia del Devónico en la parte media de la República del Paraguay. — Bol. Ac. Nac. Cienc. 23, Córdoba 1918.
- BENDER, F.: Ergebnisse hydrogeologischer Untersuchungen im Chaco Boreal von Paraguay. — Geol. Jahrbuch 79, 1961 (im Druck).
- BENTZ, ALFRED: Über die Öl-Möglichkeiten von Paraguay. — Unveröff. Bericht, Amt für Bodenforschung, Hannover 1957 (Manuskript).
- BERTONI, A.: Informe sobre rocas condilianas de Villeta. — Rev. Soc. Cient. Paraguay 4, 4, Asunción 1939.
- BERTONI, G. T.: Geografía económica nacional del Paraguay. — Rev. Soc. Cient. Paraguay, 5, Asunción 1940.
- BIEFFEN, KARL: In: Relatório anual do Director, anno de 1956. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., Rio de Janeiro 1956 (a).
- : A geologia pós-algonquiana do sul do Estado de Mato Grosso. — Dep. Nac. Prod. Min. D. G. M. Bol. 163, Rio de Janeiro 1956 (b).
- BIEFFEN, KARL, & SOMMER, FRIEDRICH WILHELM: Observações estratigráficas e paleontológicas sobre o calcário Corumbá. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min. Bol. 168, Rio de Janeiro 1957.
- BOETTNER, RICARDO: Homalonotus en el Paraguay. — Rev. Fac. Quim. Farm. 1, 2, Asunción 1945, p. 25—28.
- : Estudio geológico desde Puerto Foncière hasta Toldo cué. — Rev. Fac. Quim. Farm. 3, 6/7, Asunción 1947, p. 9—14.
- : Geología de Asunción. Ty su relación con el petróleo. — Rev. Fac. Quim. Asunción 1935, p. 85—88.
- BÜCHER, OTTO: Paraguay, der „Garten Südamerikas“. — Völgw. Handel, Industr. u. Einwanderung, Leipzig 1927.
- CAEGLER, KARL: Paraguay, Versuch zu einer morphologischen Betrachtung seiner Landschaftsformen. — Mitt. Geogr. Ges. Thüringen 29, Jena 1911 (a).
- : Über das Alter der Hölzer aus dem Raubgebiet von Villa Rica in Paraguay. — Mitt. Geogr. Gesellschaft 6, München 1911 (b).
- : Einige Bemerkungen über die isolierten Gebirge im Tiefland des Paraguay. — Mitt. Geogr. Ges. Thüringen 8, Jena 1913.
- COMARSA, SÉBASTO: Informe sobre los trabajos geológicos realizados en el valle de Pedro Juan Caballero. — Rev. Jard. Botán. y Mus. Hist. Nat. 3, Asunción 1941.
- : Una playa marina fosil en Itacurubi de la Guayra. — Rev. Min. Agrícola, Cinc. e Industria 5, Asunción 1942.

- CORDINI, R.: Los Ríos Pilcomayo en la Región del Patiño. — Dirección de Minas y Geología, Anales 1, No. 22, Buenos Aires 1947.
- DERBY, O. A.: On nepheline rocks in Brazil, with special reference to the association of phonolite and foyaité. — Geol. Soc. London Quart. Journ. 43/1, London 1887.
- DE TOIT, A.: A geological comparison of South America with South Africa. — Carnegie Inst. Publ. 381, Washington 1927.
- : (post mortem) Comparação geológica entre a America do Sul e a Africa do Sul. Neubearbeitete, mit Ergänzungen versehene Neuherausgabe durch CASTER, K., & MENDEZ, J. — Inst. Brasil. Geogr. e Estatística, Rio de Janeiro 1952.
- ECKEL, EDWIN B.: Geology and mineral resources of Paraguay, a reconnaissance. — Geol. Surv. Professional Paper 327, Washington 1959.
- EVANS, J. W.: The geology of Matto Grosso. — Quart. Journ. Geol. Soc. London 50, London 1894.
- FERNANDEZ: Exploración del Aguaray-Guazú. — Bol. Inst. Geogr. Argent. 8, Buenos Aires 1887.
- FLATHE, HERBERT: Geo-elektrische Untersuchungen im Chaco Boreal von Paraguay. — Bundesanstalt für Bodenforschung, Bericht 1959 (Manuskript).
- FRENGUILLI, JOAQUIN: Loess y limos pampeanos. — Buenos Aires 1925.
- GERTH, H.: Bau der südamerikanischen Kordillere. — Berlin 1955.
- GOLDSCHLAG, M.: Beitr. z. Kenntnis der Petrographie Paraguay's und des angrenzenden Gebietes von Matto Grosso. — Diss. Jena 1913 (a).
- : Zur Petrographie Paraguay's und Matto Grossos. — Mitt. Geogr. Ges. 8, 3, München 1913 (b).
- GRATY, A. M. DU: La République du Paraguay. — Bruxelles 1862.
- HARRINGTON, HORACIO: Geología del Paraguay Oriental. — Fac. Cienc. Exact., Fis. y Nat. Serie E, Geología 1, Buenos Aires 1950.
- : Paraguay, in: JENKS, Handbook of South American Geology, U. S. Memoir 65, Washington 1956.
- HIRSCH, J. E.: Einige Gesteine aus Paraguay. — Tscherm. Mineralog. Petrog. Mittl. 12, Wien 1891.
- HOFSTETTLER, R.: Paraguay, in: Lexique Stratigraphique International, Bd. V, Fasc. 9 b, Paris 1958.
- KANTER, HELMUTH: Der Gran Chaco und seine Randgebiete. — Hansische Univ. Abh. Gebiet Auslandskunde 43, Reihe C, Naturw. Bd. 13, Hamburg 1936.
- KERR, J. GR.: A naturalist in the Gran Chaco. — Cambridge 1950.
- KOCH, EDWIN, BLISSENBACH, ERICH, & FÜCHTBAUER, HANS: Die gefalteten oberkretazisch-tertiären Rotschichten im Mittel-Ucayali-Gebiet, Ostperú. — Beiheft 43, Z. Geol. Jhrb., Hannover 1960.
- KRIEG, HANS: Wissenschaftl. Ergebnisse d. Deutschen Gran Chaco-Expedition. — Geogr. Übersicht u. illustr. Routenbericht, Stuttgart 1931.
- KÜHN, FRANZ: Argentinien, 2 Bde. — Breslau 1927.
- LANGE, FEDERICO WALDEMAR: Nota preliminar sobre a faunula do arenito El Carmen, Bolivia. Soc. Brasil. Geol. 4, 1, São Paulo 1955.
- LEANZA, A. F.: El llamado Triásico marino de Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina. — Rev. Soc. Geol. Argent. 3, 3, Buenos Aires 1948.
- LEINZ, VICTOR: Os pórfiros de Castro. — An. Ac. Brasil. Ciênc. 8, 4, Rio de Janeiro 1936.
- LEINZ, VICTOR, & BARBOSA, OCTAVIO: Mapa geológico Caçapava-Lavras. — Dir. Prod. Min. Est. Rio Grande do Sul, Bol. 90, Porto Alegre 1941.
- LÜDIERS, RUDOLF: Ergebnisse bodenkundlicher Untersuchungen im Chaco Boreal von Paraguay. — Bundesanstalt für Bodenforschung, Bericht 1959 (Manuskript).
- : Bodenbildungen im Chaco Boreal von Paraguay als Zeugen des spät- und postglazialen Klimaablaufs. — Geol. Jhrb. 78, 1961.
- : Böden des Chaco Boreal von Paraguay. Geol. Jhrb. (1962, im Druck).
- MAACK, REINHARD: Symposium über das Gondwana-System: Die Entwicklung der Gondwana-Schichten Süd-Brasiliens u. ihre Beziehungen z. Karoo-Formation Süd-Afrikas. XIXe Congr. Geol. Internat., Symposium sur les Séries de Gondwana Alger, 1952.
- : Mapa geológico do Estado do Paraná 1 : 750 000. — Curitiba 1953.
- : Arenito Caiuá no Paraguai. — Not. prel. e estud., série Geol. No. 2, Curitiba 1959.
- MAYNTZHEISEN, F. C.: Der geol. Aufbau u. d. Besiedlung des Alto Paraná-Gebietes. — Diss. Kal. Alto Paraná 2. Posadas 1955.

- MAZÓ, RICARDO: Posibles recursos minerales del Paraguay. — Unveröff. Bericht Ministerio Ob. Publ. y Comunic, Asunción 1951.
- MERSAY, A. DE: Histoire physique, économique et politique du Paraguay et des établissements des Jésuites, Paris 1860.
- MILCH, L.: Über Gesteine aus Paraguay. — Tscherm. Mineralog. Petrogr. Mittlg. 14, Wien 1894.
- : Über Gesteine aus Paraguay. — Tscherm. Mineralog. Petrogr. Mittlg. 14, 5, Wien 1895.
- : Über die chemische Zusammensetzung eines Limburgites aus Paraguay. — Tscherm. Mineralog. Petrogr. Mittlg. 24, Wien 1905.
- MILTON, Ch. & ECKEL, E. G.: Igneous petrology of Paraguay (abstract). — Bull. Geol. Soc. America 65, Nr. 12, Teil 2, 1956.
- MORAN, W. R.: Geology of Cerro León, Chaco Boreal, Paraguay Resumes Trab. pres. XX Congr. Geol. Intern. Mexico, S. 288. — Mexico, 1956.
- MUJIA, RICARDO: Bolivia-Paraguay — cartera de mapas (Kartensammlung). — La Paz 1914.
- OLIVEIRA, AVELINO INÁCIO DE, & LEONARDOS, OTHON: Geologia do Brasil. 2. Ausg. — Rio de Janeiro 1943.
- OLMOS, LEONARDO: Mapa geológico de Bolivia, 1 : 2 500 000. — La Paz 1912.
- OPPENHEIM, VICTOR: Geology of Devonian areas of Paraná Basin in Brazil, Uruguay and Paraguay. — Bull. Americ. Ass. Petrol. Geol. 20, 9, Tulsa 1936.
- D'ORBIGNY, ALCIDE: Voyage dans l'Amérique méridionale 1826—1832. — Paris 1834—1847 (7 Bd., hier: 3 Bd. Chaco).
- PÖHLMANN, ROBERT: Gesteine aus Paraguay. — N. Jhb. Min. etc. 1, Stuttgart 1886.
- PUTZER, HANNFRIT: Contribuição ao „Itararé“ em Santa Catarina. — An. Acad. Brasil Ciências 24, 4, Rio de Janeiro 1952 (a).
- : The Gondwana of Santa Catarina. — Symposium Gondwana XIX. Congr. Géologique Internat., Alger 1952 (b).
- : Divisão da formação „Palermo“ no sul de Santa Catarina e tentativa de interpretação genética. — Soc. Brasil. Geol. 5, 3, São Paulo 1954 (a).
- : Tektonik und Diabas-Vulkanismus im südlichen Santa Catarina, Brasilien. — C. R. XIX. Congrès Géol. Internat. Sect. XV, fasc. 17, Alger 1954 (b).
- : Die Wasserfälle des Rio Iguaçu (Brasilien) und ihre tektonischen Ursachen. — Natur und Volk 84, 11, Frankfurt 1954 (c).
- : Geologia da Folha de Tubarão, Est. de Santa Catarina. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Fom. Prod. Min. Bol. 96, Rio de Janeiro 1955.
- : Quartäre Krusten-Bildungen im tropischen Südamerika. — Geol. Jhrb. 76, Hannover 1958 (a).
- : Kryptomelan- und Jaspititlagerstätten von Corumbá, im Staate Mato Grosso, Brasilien. — Zt. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen 11, 11, Stuttgart 1958 (b).
- PUTZER, HANNFRIT, & VAN DEN BOOM, GÜNTER: Auftreten von Alkali-Gesteinen in Paraguay. — Geol. Jahrb. 79, Hannover 1961.
- PUTZER, HANNFRIT, WOLFART, REINHARD, & NIELSEN, HEIMO: Bericht Paraguay. — Unveröff. Bericht, Amt für Bodenforschung, Hannover 1958.
- QUIKING, WALTER: Das Siedlung-Experiment der Mennoniten im Chaco. — Mittl. Inst. Auslandsbeziehg. 4, 11/12, Stuttgart 1954.
- RANGE, FRANZ: Paraguay in mineralogischer Beziehung in: SCHUSTER, A., Paraguay, Stuttgart 1929.
- RASSMUS, J. E.: Zur Erdölgeologie Südamerikas, insbesondere des pazifischen Raumes. — Geol. Rundschau 45, 3, Stuttgart 1957.
- REED, F. R. COOPER: Some Triassic lamellibranchs from Brazil and Paraguay. — Geol. Mag. 72, 1935.
- RUSO, ANIELLO: Estructura y estratigrafía del area de Agua Salada. — Bol. Tecnico 1, 3, La Paz 1959.
- SCHMIDER, O., & WILHELMY, H.: Deutsche Ackerbausiedlungen im südamerikanischen Grasland, Pampa und Gran Chaco. — Wiss. Veröff. Deutsch. Museum f. Länderkunde, N. Folge 6, Leipzig 1938.
- SCHUSTER, ADOLF: Paraguay, Land, Volk, Geschichte, Wirtschaftsleben und Kolonisation. — Stuttgart 1929.
- SCHUSTER, JULIUS: Osmundites von Sierra Villa Rica in Paraguay. — Ber. dtsh. botan. Ges. 24, 7, Berlin 1911.

- SCORZA, EVARISTO PENN.: Considerações sobre o arenito Caiuá. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Mineralog. Bol. 139, Rio de Janeiro 1952.
- SEPP, ANTON: Continuation oder Fortsetzung der Beschreibung der denkwürdigeren Paraguayischen Sachen. — Ingolstadt 1710.
- SIEMET, JEAN: Le Paraguay. — Les Cahiers d'Outre-mer 3, Paris 1950.
- SIEMEKADSKI, J. VO.: Geolog. Reisebeobachtungen in Südbrasilien. — Sitz. Ber. Ak. Wiss. Mat. 107, Wien 1878.
- STAPPENBECK, RICHARD: Geologie und Grundwasserkunde der Pampa. — Stuttgart 1926.
- STILLE, HANS: Die assyrische Tektonik im geologischen Erdbild. — Beih. Geol. Jahrbuch 22, Hannover 1953.
- STOLTENBERG, IDA: Landeskundliche Gliederung von Paraguay. — Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 38, Hamburg 1927.
- STOSE, W.: Geologic Map of South America 1 : 5 000 000. — The Geological Society of America, Washington 1950.
- SULSON, PEDRO TIRADO, HAMMON, JOSEPH, & RAMIREZ, JOSÉ: Clasificación preliminar de los suelos y tierras del Paraguay. — Serv. Tecn. Interameric. Cooper. Agricola, Asunción 1954.
- TARJA, A.: Pilcomayo — Dirección de Minas y Geología. — Boletín 40, Buenos Aires 1935.
- VERARD, M. J.: Sur quelques fossiles de Paraguay. — Mus. Nat. Hist. Bull. série 2, VI, 1, Paris 1934.
- WALTER, H.: Die Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. — Ber. Deutsch. Bot. Ges. 68, 331—344, 1955.
- WHITE, ISRAEL CHARLES: Geology of South Brazil. — Science 29, 1906.
- : Final report of the coal measures and associated rocks. — Rio de Janeiro 1908.
- WILHELMI, HERBERT: Der Alto Paraná und die Fälle des Yguazú. — Zt. f. Erdkunde 12, 1941.
- : Aufbau und Landformen des Alto Paraná-Gebietes. — Petermanns Geogr. Mittlg. 92, Gotha 1948.
- : Paraguay, das Land und seine Menschen. — Mitt. Inst. Auslandsbeziehung 4, 11/12, Stuttgart 1954.
- WINDHAUSEN, ANSELMO: Geologia Argentina, 2. Teil. — Buenos Aires 1931.
- WOLFART, REINHARD: Rezente Schrumpfrisse auf Trias-Sandstein in Paraguay. — Natur und Volk 89, 12, Frankfurt 1959.
- : Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur u. Devon) in Paraguay. — Jahrb. Bundesanst. für Bodenforschung 78, Hannover 1961.



## TAFEL I

- Fig. 1. *Arthropycus alleghaniensis* HARLAN (Silur) vom Cerro León, Chaco Boreal  
 Fig. 2. *Orthoceras* sp. und *Nuculites* sp. (Unt. Llandovery), Vargas Peña  
 Fig. 3. *Bryozoe* indet. (Unter-Devon), Fortin Ingavi, Chaco  
 Fig. 4. *Leptocoelia flabellites* CONRAD (Unter-Devon), Fortin Aroma, Chaco Boreal  
 Fig. 5. *Nuculana* sp. (Tone von Vargas Peña, Unt. Llandovery), Vargas Peña  
 Fig. 6. *Ctenodonta* sp. (Tone von Vargas Peña, Unt. Llandovery), Vargas Peña  
 Fig. 7. *Camarotoechia* sp. (Sandstein von Cerro Perro, Unt. Llandovery), Cerro Aparipi  
 Fig. 8. *Chonetes falklandicus* MORRIS & SHARP (Unter-Devon), Fortin Aroma, Chaco Boreal  
 Fig. 9. *Tentaculites stubli* CLARKE (Unter-Devon), Fortin Aroma, Chaco Boreal  
 Fig. 10. *Coclospira hemisphaerica* SOWERBY (Tone von Vargas Peña, Unt. Llandovery), Vargas Peña. Stiel-Klappe  
 Fig. 11. dsgl. Arm-Klappe

Mit freundlicher Genehmigung der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, aus WOLFART, R.: „Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur und Devon) in Paraguay“. Jahrb. Bundesanst. f. Bodenforschung, Bd. 78, 1961.





## TAFEL II

- Fig. 1. *Eophaops* n. sp. A. WOLFART (Tone von Vargas Peña, Unter-Llandoverý), Vargas Peña
- Fig. 2. *Scottella obsoleta perroana* n. subsp. WOLFART (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Perro
- Fig. 3. *Trimerus* sp. (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Aparipi
- Fig. 4. *Diplograptus* sp. (Sandsteine von Eusebio Ayala, Unter-Llandoverý), 500 m NW Cariy-Brücke, Ruta II
- Fig. 5. *Climacograptus immotatus brasiliensis* RUEDEMANN (Tone von Vargas Peña, Unter-Llandoverý), Vargas Peña
- Fig. 6. *Proetus* sp. (Sandsteine von Eusebio Ayala, Unter-Llandoverý), 500 m NW Cariy-Brücke, Ruta II
- Fig. 7. *Calymene boettneri* HARRINGTON (Tone von Vargas Peña, Unter-Llandoverý), Vargas Peña
- Fig. 8. *Anabaia parvaica* CLARKE (Tone von Vargas Peña- Unter-Llandoverý), Vargas Peña
- Fig. 9. *Tentaculites trombetensis* CLARKE (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Aparipi
- Fig. 10. *Hormotoma* sp. (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Perro
- Fig. 11. *Hyalithes guaraniensis* WOLFART (Tone von Vargas Peña, Unter-Llandoverý), Bett des Rio Piribebuy W Cerro Perro
- Fig. 12. *Australostrophia comadri* HARRINGTON (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Perro
- Fig. 13. *Lingula* sp. aff. *oliveolai* MENDEZ-ALZOLA (Sandsteine von Eusebio Ayala, Unter-Llandoverý), 2 km NE Itacurubi

Mit freundlicher Genehmigung der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, aus WOLFART, R.: „Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur und Devon) in Paraguay“. Jahrb. Bundesanst. f. Bodenforschung, Ed. 78, 1961.