

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO
DE LA
FORMACIÓN PETROLÍFERA
(CRETÁCEO) DE BOLIVIA DEL SUR ¹

POR WALTHER SCHILLER

PRÓLOGO

En las páginas siguientes he escrito observaciones sobre una región que es aún completamente desconocida desde el punto de vista geológico. El hecho de que hasta hoy ninguno de mis colegas haya creído necesario hacer en aquella zona un estudio, debe atribuirse, en primer lugar, á que existe la opinión de que allí no se pueden obtener resultados importantes; y yo mismo no me hubiera ocupado de ella si no hubiera sido por interés práctico. Mis resultados, modestos por lo demás, confirman la opinión general: para la ciencia no resulta cosa muy notable, si se esperan problemas de importancia fundamental; á lo menos mi investigación no representa más que una confirmación de lo que ya Brackebusch desde una edad humana había reconocido para el sur y sospechado para el terreno explorado por mí. Sin embargo, el trabajo que sigue tendrá cierto interés para el geólogo del petróleo; contiene una prueba más de la teoría anticlinal de Hunt-Hoefer. De todos modos esta pequeña publicación tiene por objeto agregar algunos ladrillos al edificio de la ciencia, pues, como ya he dicho, la región aquí tratada es casi «*terra incognita*».

¹ Todas las figuras son originales del autor, con excepción de la 1 que ha sido trazada según Idiáquez y Stieler.

TRABAJOS MÁS IMPORTANTES SOBRE «LA FORMACIÓN PETROLÍFERA» EN GENERAL
Y SOBRE LA REGIÓN DE QUE SE TRATA

1835-47. D'ORBIGNY, *Voyage dans l'Amérique méridionale de 1826-1833*. Con atlas. Paris.

1859¹. CAMACHO, ONDAZA y MUJÍA, *Mapa de la República de Bolivia, mandado publicar por el gobierno, levantado y organizado en los años 1842 á 1859*. 1:2.000.000. Impreso por Cotton, New York.

1861¹. FORBES, *Report on the Geology of South America*, part I. *Bolivia and Peru*. *Quarterly Journal Geol. Soc.*, vol. XVII, p. 7-62. Con mapa y perfiles.

1869. HURSS, *Noticia sobre yacimientos petrolíferos bolivianos*. *Jahresbericht üb. Leist. chem. Technologie für 1868*. Herausgeg. von Wagner. Vierzehnter Jahrgang, p. 728-729. Leipzig.

1873. CASTRO BOEDO, *Estudios sobre la navegación del Bermejo y colonización del Chaco*, p. I-VII, 1-276. Con un mapa del Gran Chaco Gualamba. Buenos Aires.

1873¹. HOST, *Bodenverhältnisse der Provinz Salta; Geschichte der Erdbeben in und um Salta; Schiffbarkeit des Bermejo-Flusses; Pflanzenphysiognomik am oberen Bermejo; Notizen über das Chaco-Gebiet; die Mission San Antonio, etc.* *La Plata Monatsschrift*. 1. Jahrg. Buenos Aires.

1876. LORENTZ, *Cuadro de la vegetación de la República Argentina*. Capítulo VII de NAPP, *La República Argentina*, etc., p. 92-136 y 2 mapas. Buenos Aires. (También en alemán, inglés y francés.)

1876. STELZNER, *Minerales explotables de la República Argentina*. *Ibid.*, capítulo X, p. 196². Este artículo apareció también separado.

1877. ARATA, *Esquisto bituminoso de la provincia de Salta*. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, tomo III, p. 40-41. Buenos Aires.

1879. KYLE, *El petróleo de la provincia de Jujuy*. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, tomo VII, p. 241-252. Buenos Aires.

1881. PELESCHI, *Otto mesi nel Gran Chaco viaggio lungo il fiume Vermiglio (rio Bermejo)*, p. 1-428. Firenze.

1883. BRACKEBUSCH, *Estudios sobre la formación petrolífera de Jujuy*. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, tomo XV, 1-2, p. 19. Buenos Aires; el mismo trabajo publicado también en el *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba (República Argentina)*, tomo V, entrega 2ª, p. 135-184. Con dos mapas. Buenos Aires.

1883. BRACKEBUSCH, *Viaje á la provincia de Jujuy*. *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo V, entrega 2ª, p. 185-254. Buenos Aires.

1885. STELZNER, *Beiträge zur Geologie und Palaeontologie der Argentinischen*

¹ No he podido conseguir estas obras.

² Como ya observó Kyle (1879) no se trata en primer lugar de la provincia de Salta sino de la de Jujuy.

Republik. I. Geologischer Theil. Beiträge, etc., p. 126. Con mapa y tres láminas de perfiles. Cassel y Berlin.

1885. A. DOERING, *Apuntes sobre la naturaleza y calidad relativa de algunas materias primas empleadas en las construcciones de los ferrocarriles nacionales. Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo VIII, entrega 2ª y 3ª, p. 209-258. Buenos Aires.

1885-86. Varios trabajos (e. p. con mapas) sobre la expedición de Victorica al Gran Chaco.

1886. ARÁOZ, *Navegación del río Bermejo y viajes al Gran Chaco*, p. 1-416. Con 22 (23) grabados y un mapa del Gran Chaco y de las provincias adyacentes. Buenos Aires.

(1889) 1890. BALDRICH, *Las comarcas vírgenes El Chaco Central norte*, p. 1-292. Con un plano del Chaco Central. Buenos Aires, La Plata, Rosario.

1890. ZUBER, *Informe sobre el petróleo de la Laguna de la Brea (provincia de Jujuy, República Argentina). Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo X, entrega 4ª, p. 440-447. Buenos Aires.

1891. BRACKEBUSCH, *Mapa geológico del interior de la República Argentina*. 5 láminas. Gotha.

1892. STEINMANN, Artículo sobre Sudamérica y mapa geológico en: *Berghaus' Physikalischer Atlas*, p. 6 (nº XIV) y mapa número 14. Gotha.

1893. V. HOLTEN, *Noticia sobre yacimientos petrolíferos bolivianos. Actes Soc. Scientif. Chili*, tomo III (1893), 1º et 2º livraisons, p. LVII-LVIII. Santiago.

1894. MOURGUES, *Noticia sobre propiedad química de petróleos bolivianos. Ibid.*, tomo III (1893), 3º livraison, p. CI. Santiago.

1900¹. SUÁREZ, *Los depósitos petrolíferos argentinos*. Buenos Aires.

1901. IDIÁQUEZ, *Mapa de la República de Bolivia, mandado organizar y publicar por el presidente constitucional general José Manuel Pando*. 1:2.000.000. La Paz.

1902-1912². E. NORDENSKIÖLD, Varias publicaciones, casi todas sobre etnografía. En sueco, alemán, inglés y francés.

1902. E. HERRERO DUCLOUX, *Esquisto bituminoso de Salta. Boletín agrícola y ganadero*, año II, número 42, p. 1072-1074. Buenos Aires.

1903. E. HERRERO DUCLOUX, *Asfaltos de Jujuy. Anales de la Sociedad Científica Argentina*, tomo LV, entrega VI, p. 241-246. Buenos Aires. El mismo trabajo (*Asfalto de Jujuy*) en el *Boletín agrícola y ganadero*, año III, número 55, p. 358-362. Buenos Aires.

1903. SIEVERS, *Süd-und Mittelamerika*, espec. las p. 276-280, 284-287, 290-293, 383-385, 396-404, 412-413 y el mapa entre las p. 56 y 57. De la serie *Allgemeine Länderkunde*, editada por Sievers. Leipzig y Wien.

1904. V. ROSEN, Estudios especialmente etnológicos.

1904. HERMITTE, *Carbón, petróleo y agua en la República Argentina. Anales del ministerio de Agricultura, sección Geología, etc.*, tomo I, número 1, p. 71-172. Con mapa y dos láminas de perfiles. Buenos Aires.

¹ No he podido ver este trabajo.

² No he podido ver todas las obras.

- 1904¹. GERMANN, *Mapa de la República de Bolivia*. 1:2.000.000.
1904. STEINMANN, HOEK und v. BISTRAM, *Zur Geologie des südöstlichen Boliviens*. *Centralbl. f. Min., etc.* 1904, p. 1-4. Stuttgart.
- 1905¹. HOEK, *Exploration in Bolivia. The Geographical Journey for May 1905*, vol. XXV, número 5, p. 498. Con ilustraciones.
1905. HARPERATH, *Petróleo y sal*. *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XVIII, entrega 2ª, p. 153-187. Buenos Aires.
1906. HOEK und STEINMANN, *Erläuterung zur Routenkarte der Expedition Steinmann, Hoek, v. Bistram in den Anden von Bolivien 1903-04*. *Peterm. Geogr. Mitt.*, 1906, Heft 1, p. 1-20. Con 2 mapas. Gotha.
1906. STEINMANN, *Die Entstehung der Kupfererzlagerstätte von Corocoro und verwandter Vorkommnisse in Bolivia*. *Festschrift zum 70. Geburtstage von H. Rosenbusch gewidm. v. sein. Schülern*, p. 335-368. Con dos láminas. Stuttgart.
1906. BODENBENDER, *Informe sobre una exploración geológica en la región de Orán (provincia de Salta)*. *Boletín del ministerio de Agricultura*, tomo IV, número 4 y 5, p. 1-13. Con un croquis de mapa. Buenos Aires.
1907. KEIDEL, *Ueber den Bau der argentinischen Anden*. *Sitzungsber. kais. Ak. Wiss. Wien. Mathem. — nat. Kl.*; Bd. CXVI. Abt. I. April, p. 649-674. Wien.
1907. COURTY, *Explorations géologiques dans l'Amérique du Sud, suivi de tableaux météorologiques*. *Mission scientifique G. de Créqui-Montfort et E. Sénéchal de la Grange*, p. I-XIV y 1-208. Con mapa, perfiles y fotografías. Paris.
- 1907 y sig. HERRMANN, Varias publicaciones, mayormente sobre geo y etnografía del Pileomayo. En diferentes revistas y diarios.
- ?¹ VELASCO. Mapa de Bolivia.
- 1908¹. GARCÍA MEZA, *Mapa general de la República de Bolivia*. Winterthur.
1908. *Padrón minero de la república, año 1908*. *Anales del ministerio de Agricultura*, tomo IV, número 2, p. 1-381. Buenos Aires.
1908. CORREA, *El petróleo nacional y la mina « República Argentina »*. *Geología y minas*, II. 1907-1908, p. 428-443. Con fotografías. Buenos Aires.
1908. *Noticia sobre yacimientos petrolíferos de Bolivia*. *Ibid.*, II. 1907-1908, p. 543. Buenos Aires.
1908. DE CARLES, *Informe sobre algunos yacimientos petrolíferos del departamento de Oran. Provincia de Salta. República Argentina*. Véase « 1910. Newbery y Thierry... » y « 1911 (resp. 1912). de Carles... ».
1909. HÖFER, *Die Geologie, Gewinnung und der Transport des Erdöls*, I. Teil, p. 57 y 657-666. Leipzig. De ENGLER-HÖFER, *Das Erdöl, seine Physik, Chemie, Geologie, Technologie und sein Wirtschaftsbetrieb*. II. Band.
1909. LONGOBARDI, *Algunas investigaciones sobre los petróleos argentinos*. Universidad nacional de Buenos Aires. Facultad de ciencias exactas, físicas y naturales, p. 1-112. Buenos Aires.
1909. *Gran atlas geográfico de Stieler*. Gotha.
1910. NEWBERY y THIERRY, *El petróleo, historia, origen, geología, química, exploración, explotación, comercio, monopolio, legislación*, p. 1-272. Con mapas, perfiles y fotografías. Trabajo presentado al Congreso científico internacional

¹ Obras que no he podido conseguir.

Americano. 1810 Centenario de mayo 1910. Buenos Aires. Este trabajo contiene algunas de las publicaciones anteriores, e. g. en forma de extracto (p. 150-178, 204-207).

1910. FLORES, *Contribución al estudio de la génesis de los aceites minerales por las propiedades activas del aceite mineral de Orán Provincia de Salta, República Argentina*, volumen IV de los trabajos del Cuarto congreso científico (1º pan-americano) celebrado en Santiago de Chile del 25 de diciembre de 1908 al 5 de enero de 1909, p. 128-152. Santiago de Chile.

1910. LONGOBARDI, *Manifestaciones del petróleo en la República Argentina. Ibid.*, p. 198-204.

1910. VENTURI y LILLO, *Contribución al conocimiento de los árboles de la Argentina*, p. I-VI y 1-127. Buenos Aires.

1910. FENTEN, *La geología del petróleo, según Höfer. La ingeniería*, año XIV, número 24(303), p. 378-380. Buenos Aires. (Trabajo de Wanner traducido del alemán y ampliado.)

1910. STAPPENBECK, *Übersicht über die nutzbaren Lagerstätten Argentiniens und der Magelhaensländer. Zeitschr. f. prakt. Geologie*, XVIII. Jahrg., Heft 2, p. 67-81; con epílogo en la entrega del Julio. Berlin.

1911. RAKUSIN, *Examen óptico de aceites minerales de Sud-Bolivia. Revista de la Sociedad físico-química de Rusia en la Universidad de Petersburgo, sección de química*, tomo XLIII, número 5, p. 791-792. En ruso.

1911. RAKUSIN, *Examen óptico de aceites minerales argentinos. Ibid.*, p. 792-793. En ruso.

1911¹. LONGOBARDI, *Algunas investigaciones sobre los petróleos argentinos. Anales de la Sociedad Científica Argentina*, tomo LXXII, entrega III, p. 119-160. Buenos Aires.

1911. LONGOBARDI y CAMUS, *Existencia de vanadio en algunos petróleos argentinos. Ibid.*, tomo LXXII, entrega VI, p. 283-286. Buenos Aires.

1911 (resp. 1912). DE CARLES, *Sobre algunos yacimientos petrolíferos en el Aguaray y Tartagal (departamento de Orán), provincia de Salta. (En las concesiones mineras de D. Francisco P. Serantes y las de D. F. Tovar). Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, tomo XXII (serie 3ª, t. XV), p. 257 á 266. Con tres perfiles. Buenos Aires.

1912². RAKUSIN, *Ueber die Erdöle aus Süd-Bolivien. Petroleum. Zeitschr. f. d. ges. Interessen der Petrol.-Industr. u. d. Petrol- Handels*, VII. Jahrg., No. 18, p. 985-987. Berlin-Wien-London.

1912. RAKUSIN, *Polarimetría de los petróleos de la República Argentina y Bolivia. Comunicado por Longobardi en los Anales de la Sociedad Científica Argentina*, tomo LXXIII, p. 363-365. Buenos Aires.

HERRMANN, *Levantamientos topográficos y algunos geológicos de Bolivia meridional* que todavía no han sido publicados.

¹ Este trabajo es una ampliación de un anterior del mismo autor (tesis 1909) y tiene algunas correcciones.

² En la página 985 (á la derecha, arriba) de aquel trabajo hay que decir « en toda la parte austral de Sudamérica » en vez de « en toda Sudamérica ».

STEINMANN y FENTEN, *Trabajos geológicos sobre la « Formación petrolífera »* que muy en breve saldrán á la luz.

MARTIN, *Comunicación verbal (á Herzog, etc.) sobre la « Formación petrolífera » y yacimientos de petróleo en los nacimientos del río Mamoré y sus afluentes en el centro de Bolivia.*

HERZOG, *Levantamientos topográficos en el sur de Bolivia.* (Todavía no publicados.)

BONARELLI, *Levantamientos topográficos y geológicos en el norte de la República Argentina y en Bolivia austral.* (Trabajo próximo á aparecer.)

KEIDEL, *Estudios geológicos en la parte norte de la República Argentina.* (No publicados aún.)

Á más de toda esta literatura, arriba mencionada, hay una cantidad de publicaciones (e. p. muy antiguas y raras) que de paso se ocupan también de la región estudiada por mí.

INTRODUCCIÓN

En los meses de febrero y marzo de 1910, he efectuado por encargo del señor doctor José F. Montellano, de Buenos Aires, un viaje al límite oriental de la cordillera, al norte de Yacuiba ¹ en la parte sur de Bolivia, con el objeto de someter algunos yacimientos de petróleo á un breve estudio geológico.

Dos cuestiones me fueron planteadas principalmente, á saber :

1° Debía dar una opinión sobre si era probable encontrar petróleo en cantidad explotable en la zona que yace sobre la margen de la sierra entre Yacuiba y Macharetí, y si fuera posible determinar con alguna seguridad las líneas petrolíferas;

2° Debía cerciorarme si las regiones cuya concesión se aseguraron los señores doctor Montellano y socios eran convenientemente elegidas; en caso contrario debía eliminar los terrenos superfluos y agregar otros más favorables; en otras palabras: había que fijar los límites del terreno útil.

Creo que he resuelto la primera parte del tema. Por lo contrario, me he convencido que para cumplir con la segunda mitad es indispensable un espacio de tiempo mucho mayor del que yo disponía. Haré notar aquí que en cuatro semanas he recorrido, á caballo, una distancia de 650 kilómetros, y que durante este tiempo, apenas he tenido seis á siete días á mi disposición para investigaciones geológicas, y que además me perjudicaron mucho los aguaceros. Si, en fin, se piensa que al mismo tiempo debía ocuparme de la parte topográfica, aunque de una manera no muy

¹ También se escribe « Yacuiva ».

perfecta, espero no se me interpretaran muy severamente los errores casuales en que eventualmente podría haber incurrido. Sin embargo, he reconocido varios puntos como inservibles y otros al parecer ricos, en el sentido de su explotación.

Debo agradecer el haber podido cumplir tan rápida y cómodamente mi programa, en primera línea al amable acompañamiento del señor Arsenio Ortiz Mealla, de Caiza, luego al apoyo benévolo del señor José M. Miyar, en Salta, y otros varios. Los yacimientos de petróleo que he visitado se encuentran en la Quebrada de Peima y en la Quebrada de Macharetí, es decir, en dos puntos muy distantes uno de otro (véase el croquis fig. 1).

Antes de principiar con las condiciones geológicas, mencionaré algunos datos generales ¹; creo que ésto es conveniente, pues me refiero casi enteramente á lo que pasé personalmente. Es natural que en vista del poco tiempo de mi estadía los datos que doy no tienen ninguna pretensión de ser perfectos.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA, FLORA Y FAUNA, HABITANTES, CLIMA TRÁFICO, COMERCIO, ETC.

Los distritos petrolíferos en cuestión, yacen sobre la falda oriental de la cordillera que baja extendiéndose hasta la llanura del Gran Chaco, que llega hacia el este en dirección al Paraguay. Yo me he internado solamente en algunos valles entre el 20° 75 y 22° latitud sur. Las alturas sobre el nivel del mar oscilan entre un máximo de 1000 metros; la llanura del Chaco está ahí á no menos de 400 metros de altura, mientras que las cumbres de las elevaciones raramente pasan de 1400 metros.

La vegetación es extremadamente lujuriosa. Magníficos bosques frondosos casi intransitables se extienden desde el Chaco hasta la cumbre. Solamente al pie de la montaña están interrumpidos por campos de pastoreo y cultivados ó á veces por pequeños bosques de palmeras. Especialmente en el verano los valles, recorridos por grandes arroyos, están ricos en cascadas pintorescas; se podría casi creer de estar transportado en las partes inferiores de ciertas regiones alpinas. En cuanto á maderas utilizables recordaremos solamente al palo borracho (*Chorisia insignis* Kth.), al quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho* Schl.) y quebracho colorado (*Loxopterygium* [*Quebrachia*, *Schinopsis*] *Lorentzii*

¹ Una cantidad de datos importantes se los debo en primera línea á mi compañero de viaje, señor Ortiz Mealla y luego á mi colega el profesor C. Bruch. del Museo de La Plata.

Griseb.), al cedro (*Cedrela brasiliensis* var. *australis* ó *C. odorata* ó *C. fissilis* Benth.), algarrobo (*Prosopis siliquastrum*, *P. alba* Griseb. ó *P. nigra* Hieron.), cascarilla = quina (*Coutarea hexandra* [Jacq.] K. Schum.) y palmeras de caranday (*Copernicia* [*Corypha*] *cerifera* Mart.)¹. Entre legumbres y frutas hay que mencionar en primera línea : maíz, mandioca, sandías, tunas, bananas, arrayanes (*Eugenia uniflora* L.), matos (*Eugenia Mato* ó *E. pungens* Berg), liigos, limones, chirimoyas (*Anona cherimoya*), y caña de azúcar.

Papas y harina, como también el café y otros se importan, lo mismo que el vino, el cual igualmente al parecer se hace allí, pero la mayor parte se trae de Tarija.

Á la rica flora hay que agregar también una fauna bastante numerosa. El animal que reina en los bosques es el peligroso yaguar ó tigre (*Felis onca*), que, si bien raramente, llega á veces hasta los poblados. Mis acompañantes y yo hemos visto dos veces (Quebrada de Itacua y Quebrada de Peima) rastros frescos y en una casa de Itacua tuvimos oportunidad de encontrarnos con la piel de un magnífico ejemplar, recién muerto en el mismo lugar. Además hay pumas ó leones (*Felis puma*), gatos monteses ó silvestres (*Felis chibiquazu* = *pardalis*, *Geoffroyi*, *mitis*?, etc.), pequeños monos, tapiros (antas), cerdos silvestres y otros. Como pájaros hay v. gr. : avestruces, cigüeñas, ch'uñas ó chuños (*Chunga Burmeisteri* ó *Dicholophus*), garzas, loros verdes y de colores. Los reptiles están representados por la Iguana (un lagarto de grandes dimensiones), por lagartos de toda clase, y la temible serpiente de cascabel que es empero bastante rara. También el mundo de insectos está ricamente desarrollado. Además de arañas, escarabajos de diferentes especies, abejas salvajes y las moscas comunes y mosquitos molestan al viajero, especialmente con los grandes calores, las cegaderas²; piojos (*Tetrany-*

¹ En el aserradero de Pablo Denti en Yuto (prov. de Jujuy) son talladas las especies de madera siguientes : cedro, lapacho (*Bignoniaceae* del género *Tecoma* ó *Tabebuia*), quina (*Myroxylon toluiferum* [L.] ó quina morada (*Rubiaceae*), mora (*Maclura mora*? Griseb.) ó mora colorada (*Chlorophora mora* [Griseb.]), quebracho, urundel (pariente del quebracho, *Astronium urundeuva* Fr. Allemao), pacará (*Enterolobium Timbawa* ó *Timbouva*) ó pacará blanco (*Pithecolobium multiflorum* [Kth.] Bth.), robles (*Pterodon pubescens* Bth., etc.), laurel (*Nectandra porphyria* ú *Ocotea suaveolens* ó *Phoebe*), nogal (*Juglans nigra* L. var. *boliviana* D. C. ó *J. australis* Griseb.), palo blanco (una *Rubiaceae*, *Calycophyllum multiflorum*), palo amarillo (*Phyllostixylon rhamnoides* [Pois.] Taub. ó *Terminalia* [*Chuncoa*] *triflora* Griseb.), tipa (*Machaerium fertile*) ó tipa blanca (*Tipuana* [*Machaerium*] *tipa* Benth.) ó t. amarilla (*Cascaronia astragalina* Griseb.) ó t. colorada (*Pterogyne nitens* Tul.), viraró = virarú ó yviraró (*Ruprechtia polystachya* Griseb.) ó viraró colorado, etc. (*Ruprechtia excelsa* Griseb.) y virapita ó ibirapitá (palo colorado) (?).

² Una pequeña clase de « abejas de sudor ».

che, etc.), garrapatas y « pulgas de arena » = piques (*Sarcopsyla*) que se introducen en la piel, no hemos notado muchos; lo mismo nos han dado poca molestia los tábanos grises y los grandes verdes (*Pangonia*). Más á menudo hemos encontrado langostas. En donde caían estas acridias pardas la vegetación tomó de golpe el color correspondiente, dando la apariencia de estar en el otoño. Pasando por una manga era necesario cerrar los ojos, y los excrementos de estos animales nos azotaban como si fuera una verdadera lluvia.

Los habitantes de esta región son en parte criollos y en parte extranjeros (italianos, alemanes, etc.). Predominan sin embargo los indios de diferentes razas (Matacos, Vejoz, Chané, Choroti, Tobas, Matacos Noctenes, Chiriguano y Tapietes), en la mayoría pacíficos, colonizados en misiones, pero también hay verdaderos salvajes, medio desnudos, adornados con plumas y tatuados (pintados), con arco y flechas, macana, machete, algunos con armas de fuego; pueden ser peligrosos especialmente á un viajero que anda solo.

Ciudades no hay, pero muchos pueblitos con ranchos de ladrillos secados al aire (« adobes ») ó de cañas, frecuentemente poco distantes uno de otro (véase las últimas hojas pág. 162 de este trabajo en las cuales están mencionadas las distancias recíprocas de los principales lugares situados en el camino real).

El clima puede considerarse en general como sano. Es cierto que existe la malaria (« chucho »). Por otra parte he notado á varios habitantes con enfermedad de los ojos.

Durante los meses de verano desde diciembre á mitad de abril, y especialmente en enero, febrero y marzo, suele llover con mucha frecuencia; los temporales y las inundaciones son numerosas. Contrariamente, desde abril á noviembre se nota gran escasez de agua. Aun importantes ríos, como el Bermejo y el Pilcomayo, se presentan como zanjas pequeñas. Los meses de noviembre á febrero son muy calurosos, mientras que en mayo y junio, cuando apenas llueve, algunas veces las gotas caen en forma de nieve como dicen. Los meses más propicios para viajar deben ser los de junio hasta octubre.

Los medios de comunicación por el momento no son muy buenos. Desde Buenos Aires se llega con ferrocarril en cuatro ó cinco días hasta Embarcación sobre el río Bermejo. Desde allí se puede llegar á caballo ¹, en dos y medio á cuatro días á Yacuiba, y en otros un ó un día y

¹ Á pie no van más que los indios que recorren así muy largas distancias. Viajan de este modo por semanas con las mujeres y niños, v. gr., desde Santa Cruz de la Sierra hasta Embarcación, es decir, una distancia de 650 á 700 kilómetros, para seguir por tren hasta las plantaciones de azúcar (ingenios) de Salta y Jujuy en donde trabajan temporáneamente.

medio de viaje hasta Villamontes sobre el Pilcomayo, desde donde se necesitan diez á once horas para llegar á Macharetí ¹. Además de caballos y mulas, se emplea para el transporte de mercaderías carros inmensos, á dos ruedas, que naturalmente necesitan más tiempo.

He visto de estos carros en todo el trayecto entre Embarcación y Villamontes. En mi opinión deben emplear, vacíos, unos seis días para ir de Embarcación á Yacuiba; cargados no han de gastar menos de diez días, á pesar de que el camino en general no es malo ². Éste, comparado con las condiciones alemanas, tendría tal vez el rango de «camino para el transporte de madera» ó «camino carretero de bosque» (véase las fotografías fig. 16, 23-24).

Los coches y automóviles podrían transitar bastante bien por ese camino.

Es muy favorable el hecho de que ha sido habilitado parte del río Bermejo para la navegación. El ingeniero Henry, que dirige allí los trabajos, ha dejado listo para fines de 1910 un trayecto de más ó menos 620 kilómetros (calculado desde la boca en el río Paraguay hacia arriba). Faltaban así aun 200 kilómetros hasta Embarcación. Del estado actual no tengo todavía noticias. Sobre el Pilcomayo no conozco ningún dato exacto. Que ambos ríos, ya desde su salida de las montañas en el llano del Chaco, pueden ser en ciertas épocas abundantes en agua, lo demuestran las figuras 14-15 y 25.

El ferrocarril que hoy llega solamente hasta Embarcación, está en construcción hacia Yacuiba (fig. 15) y debe ser prolongado hasta Santa Cruz de la Sierra ³. También se construye una línea que arranca desde Embarcación en dirección sudeste hasta Formosa ⁴.

Oficialmente el telégrafo va desde Buenos Aires sólo hasta Ledesma (al nordeste de la ciudad de Jujuy), pero el ferrocarril lo tiene en servicio hasta Embarcación; también hacia el norte la línea está lista en un largo trecho.

El correo de la sección de Yacuiba hasta Macharetí pasa por Embarcación ó por Tarija. Hasta este punto últimamente mencionado son necesarios, v. gr., desde Yacuiba, ocho días de viaje á caballo, pues el camino tiene pasos hasta 1300 metros de altura.

¹ Para la distancia entre Buenos Aires y Macharetí, véase al final el cuadro, páginas 161-162.

² Solamente en las épocas de las lluvias se presentan pasajes difíciles. Entre Embarcación y Tartagal hay tres ó cuatro sitios pantanosos, además pasajes sobre arroyos y ríos con fuerte corriente, como el río Piquirenda é Itiyuru.

³ En octubre de 1911 ya estaba votado.

⁴ Según los diarios, el 29 de septiembre de 1910 se libraron al servicio público los primeros cien kilómetros desde Embarcación.

Para terminar estos datos generales daré algunas noticias especialmente útiles para los viajeros.

Referente á los gastos de expedición, se puede afirmar que en ese paraje son tan considerables como en territorio argentino. El peso boliviano vale algo menos del argentino ¹. La vida es irrelativamente cara. Se pagan precios extraordinarios para los medios de subsistencia, debidos á transportes carísimos, á más de los elevados impuestos, de los cuales en estos últimos tiempos se ha librado á algunos artículos indispensables para la vida, como la harina y análogos. La carne es muy escasa, y á menudo con mucha plata y buenas palabras no se puede conseguir más que agua y maíz. El viajero debe por lo tanto proveerse de antemano con conservas, etc., y no olvidarse de una cantidad de agua mineral, pues el agua para beber es frecuentemente muy mala. El vino más ordinario vale 1,50 peso boliviano el litro, pues se le trae de Tarija; en cambio fabricanse los peligrosos aguardientes «grapa» y «chicha» en la región misma.

LOS YACIMIENTOS PETROLÍFEROS Y SUS CONDICIONES GEOLÓGICAS

Desde muchos años ya se conocen yacimientos petrolíferos en el territorio en cuestión; al parecer, ya en el siglo XVII se ha escrito sobre eso.

La indicación más antigua, que yo he visto, se encuentra en el *Jahresbericht über die Leistungen der chemischen Technologie für 1868*, herausgegeben von J. R. Wagner, 14. Jahrgang, Leipzig 1869. El texto original (p. 728-729) traducido dice:

«Según noticias comerciales ², también Sudamérica es rica en petróleo. Se le ha encontrado en el Perú y en las provincias superiores de la República Argentina y últimamente también en Bolivia, aquí empero, según el informe del ingeniero de minas F. Hurss, en cantidades tan enormes como en Pennsylvania. Las tres fuentes principales de Cuara-zuti, Plata y Piguirainda forman un riachuelo de aceite de más ó menos seis pulgadas de profundidad por siete pies de ancho. La cantidad de petróleo que sale de estas tres fuentes es tan considerable, que Hurss conceptúa como superflua toda perforación. Encontró, en un radio de alrededor de 14 leguas, además de aquellas tres fuentes corrientes, toda-

¹ Un peso moneda nacional argentino = 1,15 peso boliviano. Moneda de papel casi no aceptan. Es indispensable llevar «plata blanca», es decir plata y níquel (desde 50 centavos abajo), lo que para un viaje de cuatro semanas llega á ser una bolsa llena.

² *Deutsche Industriezeitung*. 1868. p. 400.

vía otras ocho, que eran tan abundantes como las de Cuarazuti. Hurss y con él E. Hanssen obtuvieron del gobierno un privilegio válido por diez años para toda Bolivia y esperan poder pronto satisfacer toda la demanda de Sudamérica; desgraciadamente se oponen á la exportación dificultades muy graves. »

Á pesar de que parece algo optimista la esperanza emitida en el último párrafo, es sin duda muy probable que existan allí cantidades considerables de petróleo. Ya lo dice la gran extensión geográfica de las diferentes fuentes que pertenecen todas á la « Formación petrolífera » de Brackebusch (« Sistema de Salta »)¹, y que se extienden desde el sur de Salta, atravesando Jujuy, más allá del Pilcomayo hasta Santa Cruz de la Sierra², al margen oriental de la cordillera.

Si hasta hoy día no se ha obtenido ningún resultado con respecto del petróleo se debe á diversas causas. Muchas veces no se han hecho investigaciones por personas técnicas, sino se han efectuado perforaciones á la ciega, sin sistema, como yo mismo he podido convencerme.

En las últimas páginas citaré las fuentes petrolíferas³ más importantes de toda la región, tanto las que conocí por la literatura, como las que yo mismo he tenido oportunidad de conocer ó que me han dado á conocer verbalmente personas de entera fe. De esta lista se desprende la magnitud de la extensión horizontal de los yacimientos petrolíferos. Y las capas de la misma Formación petrolífera tienen una difusión aun mucho mayor, desde Catamarca y Tucumán hasta más allá de los nacimientos del río Mamoré, etc., en el centro de Bolivia, solamente que no me es conocida ninguna otra fuente de aceite mineral. Es casi seguro⁴

¹ D'Orbigny consideraba esta formación e. p. como triásica, Darwin como jurásica ó jurásico-cretácea, Forbes, Pissis y otros como permiana, Burmeister como devoniana, y Stelzner primero como siluriana, luego como terciaria. Más tarde, Brackebusch creía, que pertenecía al Jurásico superior ó al Cretáceo inferior. — Steinmann, Hoek y v. Bistram fueron los primeros que determinaron, en base á los fósiles, que se trataba de capas que nunca podrían ser más antiguas del Jurásico. Á pesar de esto, últimamente Courty las tomaba como permianas. Según investigaciones, aun no publicadas, de mi colega J. Fenten en Buenos Aires la formación petrolífera pertenece al *Cretáceo inferior*. Keidel (según manifestaciones verbales) considera una parte de ella como *Cretáceo superior*.

² ; Se conocen yacimientos petrolíferos todavía en los nacimientos del río Mamoré y de sus afluentes!

³ Sobre la composición química de algunos de estos yacimientos véase ante todo el trabajo del doctor E. Longobardi: *Algunas investigaciones sobre los petróleos argentinos*. Universidad nacional de Buenos Aires, Facultad de ciencias exactas, físicas y naturales. Buenos Aires 1909.

⁴ Por esto Steinmann, para evitar el nombre erróneo de « formación petrolífera », adoptó el de « arenisca de Puca ».

que en muchos sitios, por ejemplo, en la altiplanicie de Bolivia, no llevan petróleo ninguno ¹.

Estratigrafía

La formación petrolífera ² en los parajes que yo he visitado, entre Yacuiba y Macharetí se compone, en primera línea, de conglomerados y areniscas de diferentes colores, predominando el gris-rojizo, además de esquistos arcillosos abigarrados, en general oscuros, que se reemplazan alternando de los modos más variados, tanto en sentido horizontal como en el vertical.

Una enumeración detallada de estas rocas, exentas de fósiles, se encuentra en la tabla de las páginas 164 á 165. Las capas, reunidas en el cuadro, que componen la formación petrolífera, y que, como ya dijimos, debe atribuirse al período cretáceo, las he observado en una potencia total de 1000 metros como mínimo.

Interesan especialmente las areniscas y los conglomerados, pues son las capas que contienen el asfalto y el petróleo. He observado la salida de aceite mineral en dos á cuatro de tales horizontes, pero seguramente en algunas partes habrá más todavía ³.

El rápido cambio de rocas en la serie de capas y las muchas diferencias faciales dificultan, como es natural, faltando por completo los fósiles, el reconocimiento de una y la misma capa, especialmente cuando la vegetación tan exuberante no permite seguir por una larga extensión la dirección de las capas.

Los esquemas compilados por Brackebusch para Salta y Jujuy, y por Steinmann para la altiplanicie boliviana, no se pueden tomar aquí en consideración por no ser aplicables al caso.

Tectónica

Después de haberse depositado las rocas del Cretáceo, recién descritas, ha sucedido un *levantamiento* cuya edad es insegura. Á parte de esta

¹ Sin embargo, me comunica el doctor E. Longobardi que ha leído últimamente en los diarios algo sobre un nuevo hallazgo de petróleo en el altiplano ¿ cerca de Coro-Coro ?

² Además de la formación petrolífera hay sólo formaciones cuaternarias, como loess (pampeano), rodados fluviales, escombros de vertientes, etc.

El ingeniero W. Herrmann encontró en la formación pampeana de Ñuapúa cerca de Carandaite (en el Chaco, á 9 leguas al este de Macharetí y desde allá 2,5 leguas al sur) una fauna que, según él, es idéntica con la de Tarija.

³ Sobre las calidades químicas del aceite véase Longobardi (loc. cit., 1909) que ha examinado muestras procedentes de la Quebrada de Peima.

subida de las capas es importante notar un (¿ tal vez algunos ?) *plegamiento* de las capas más ó menos intenso (á veces acompañado por *clivaje transversal y planos de fricción*), predominante *en la dirección este-oeste*, pero que nunca excede en *sobreescurremientos ó formación de escamas* en cuanto yo he observado; al máximo los sedimentos se encuentran *verticales* (Quebrada Itacua) y ligeramente *invertidos* (Quebrada Itacua y Quebrada Macharetí).

También *en la dirección longitudinal en la que se extiende la montaña* se observan en diferentes puntos (p. ej. entre Tartagal y Caiza, y también más al norte), *suaves encorvamientos* que son el efecto de una *contracción* que ha actuado *en dirección norte-sur*. Tal vez este movimiento es más reciente del que ha originado los *pliegues fuertemente ondulados* que siguen la *dirección norte-sur*.

Además de los fenómenos de *plegamiento* que se observan por todas partes, es casi seguro que se han formado también *fallas*. Durante mi corta estadía en esos parajes no he tenido oportunidad de hacer constar con seguridad esta clase de *dislocación*; sin embargo observé varios indicios al respecto (*fallas longitudinales*). Creo también haberlas notado desde lejos, por ejemplo, en el camino entre Caiza y un punto situado al norte llamado «Cañón Seco»; mirando con los anteojos hacia oeste observé, debajo de la *cumbre formada por capas intensamente coloreadas de rojo*¹, *rocas grises formando precipicio*, que se repiten abajo en el fondo (¿ *continuación hundida de la parte superior* ?); la *inclinación general de las capas* me aparecía como *débilmente occidental*. Más al sur, en Salta, mi amigo el doctor Keidel observó, en la *formación petrolífera fallas indudables*; también el ingeniero señor Carl M. Schuel las encontró al norte de Perico (hacia Ledesma), al este de la *línea del ferrocarril*.

Debido á la presencia de *fallas* se explicarían satisfactoriamente los *terremotos* en parte muy fuertes de Caiza y Yacuiba, conocidos hacia el sur hasta pasando Mendoza en diferentes puntos del lado oriental de las *cordilleras*. Allá también se atribuye el fenómeno, exclusivamente según mi saber, á las *fracturas*. La explicación que da Brackebusch², ciertamente hoy día tendrá pocos partidarios.

¹ Deben ser idénticas á las areniscas coloradas finas (comp. p. 164 y mapa pl. II [á la izquierda]) que llevan mica y arcilla, y cuyos rodados encontré en la Quebrada de Peima; éstas deben seguir sobre las areniscas gris-rojizas (X, croquis pl. I) del paso á 1300 metros de la Quebrada de Aguirenda. En varios puntos, por ejemplo al sudoeste de Caipitande, han quedado conservados, arriba de ellas, capas gris-rojizas como las areniscas inferiores.

² Formación de calor por oxidación de la pirita y como consecuencia producción de vapores, por ejemplo de los hidrocarburos del petróleo, que inducen á explosio-

Como época de las principales dislocaciones podría tomarse, fundándose en la analogía, el *Terciario joven*.

DESCRIPCIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS
DE LA « FORMACIÓN PETROLÍFERA » Y DE LOS YACIMIENTOS
PETROLÍFEROS QUE HE VISITADO

1. *Falda oriental de la montaña en Caipitande (cerca de Yacuiba)*

(Véase el croquis 1 fig. 3)

Á pesar de que no tiene mucha importancia en que pierda palabras en describir mi corta excursión á Caipitande, lo haré brevemente para completar el trabajo. Desde dicha finca (del señor Arsenio Ortiz Mealla, que me ha acompañado en casi todas mis excursiones) entré en la montaña, es cierto, muy poco, siguiendo el camino hacia Tarija. Como el bosque frondoso, primitivo, apenas deja ver el terreno aquí y allá, el reconocimiento stratigráfico y tectónico presenta dificultades graves, contrariamente con lo que sucede en otros parajes de la cordillera, cuyo suelo desnudo facilita el reconocimiento.

La única roca que tuve oportunidad de poder observar seguramente en su lugar primitivo es un conglomerado fino de color pardo, cuya dirección é inclinación no se pudo determinar sin embargo. Algo más arriba se presentan á la vista otra vez bancos de arenisca de color pardo; su estratificación es completamente invisible y por lo tanto no estoy seguro si tenemos que hacer aquí con una roca crecida en este mismo lugar ó con deyecciones de vertiente.

Hacia el norte del punto de que recién hablamos se encuentra la *Quebrada de Cuarazuti*, un valle interesante sin duda, pues en ella se encuentra petróleo. Desgraciadamente ya no me era posible internarme allí; el

nes. Véase : 1º BRACKEBUSCH, *Estudios sobre la formación petrolífera de Jujuy. Anales de la Sociedad Científica Argentina*, tomo XV, 1-2. Buenos Aires; el mismo trabajo está publicado también en el *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo V, entrega 2ª. Buenos Aires. Las consideraciones del caso están en las páginas 42 y 43 del trabajo citado; 2º BRACKEBUSCH, *Viaje á la provincia de Jujuy. Boletín de la Academia nacional de ciencias de Córdoba*, tomo V, entrega 2ª. En las páginas 10, 11 y 12 ha tratado la hipótesis más detalladamente. Ver también ENGLER-HÖFER, *Das Erdöl*, etc., tomo II. Leipzig, 1909, pág. 658.

¹ Entre los croquis que acompaño es éste, tal vez, el más inexacto, junto con el de la Quebrada de Machareti.

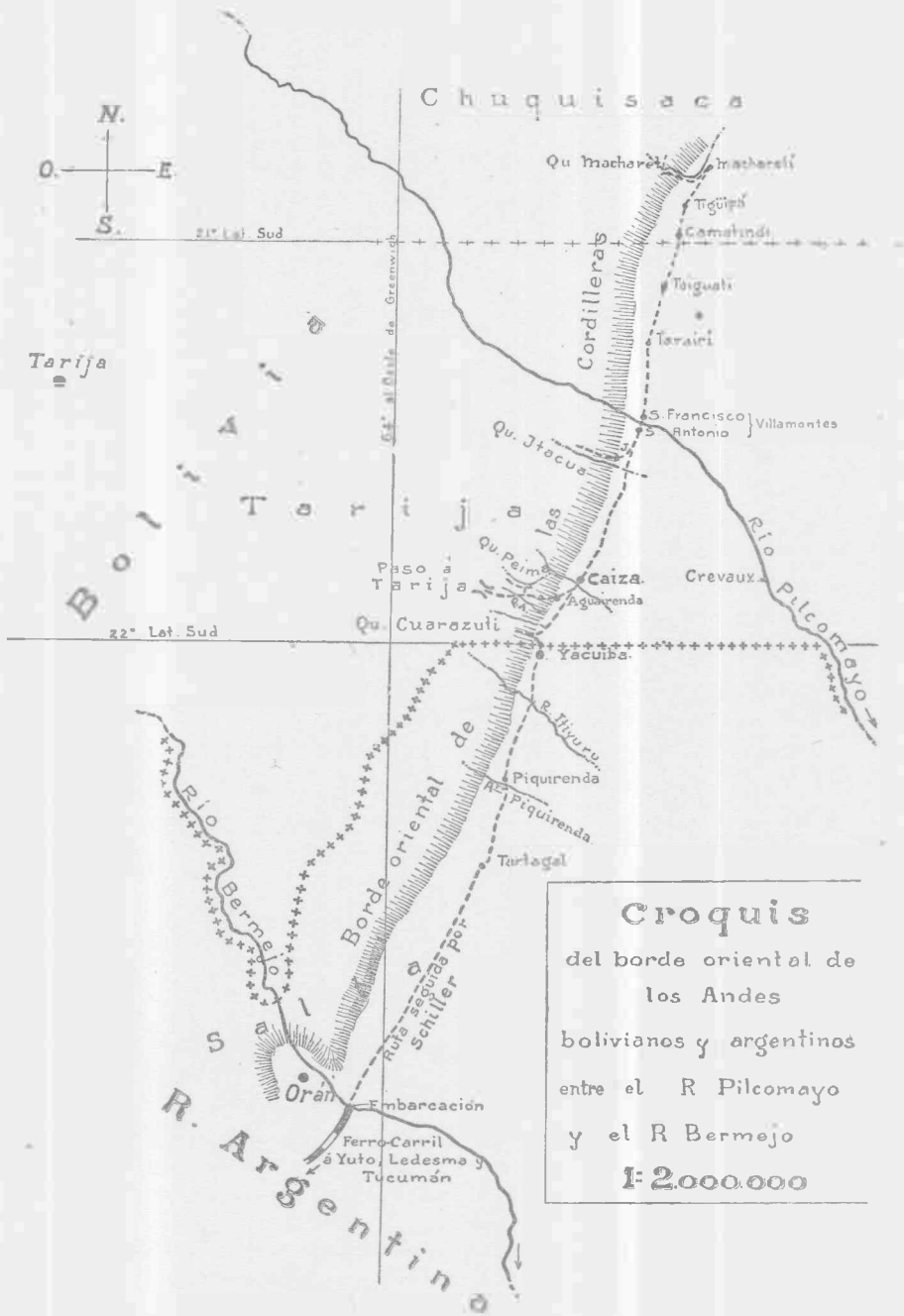


Fig. 1. — Reducido á más ó menos 1 : 2.500.000

Croquis
de la parte entre Caiza y Yacuiba
Prov d Gran Chaco D^{ta} de Tarija,
Sud de Bolivia

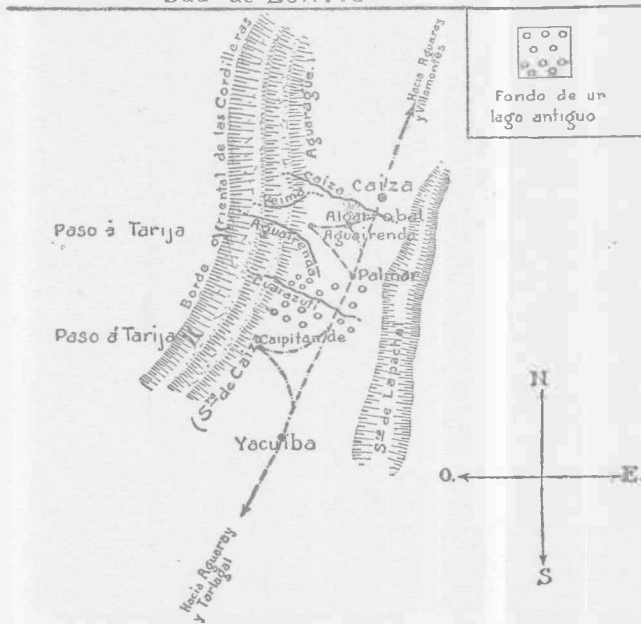


Fig. 2

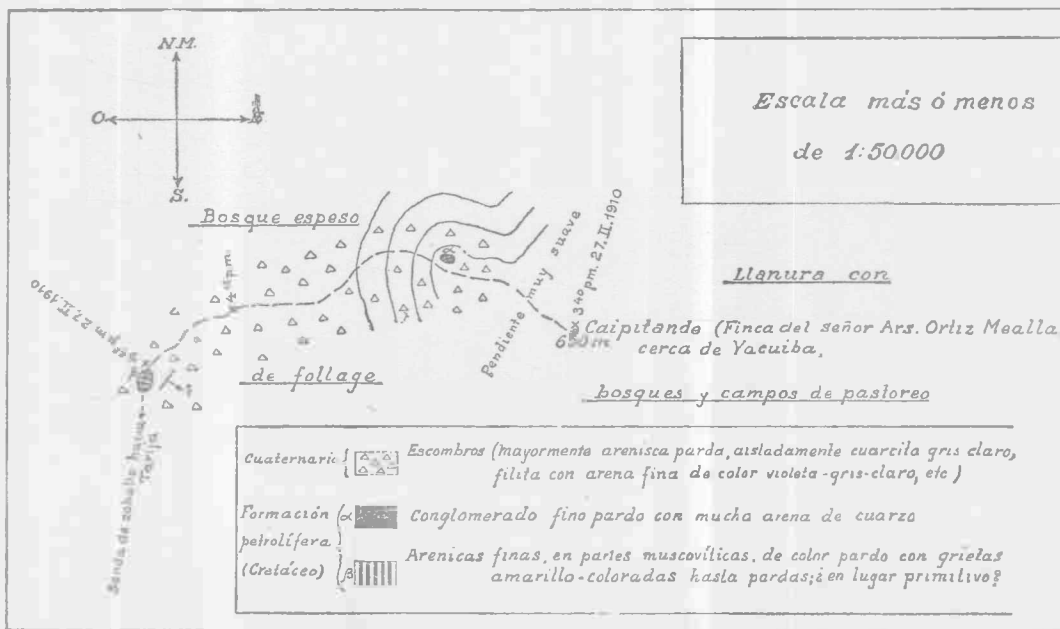


Fig. 3. — Croquis de Caipitande (Yacuiba)

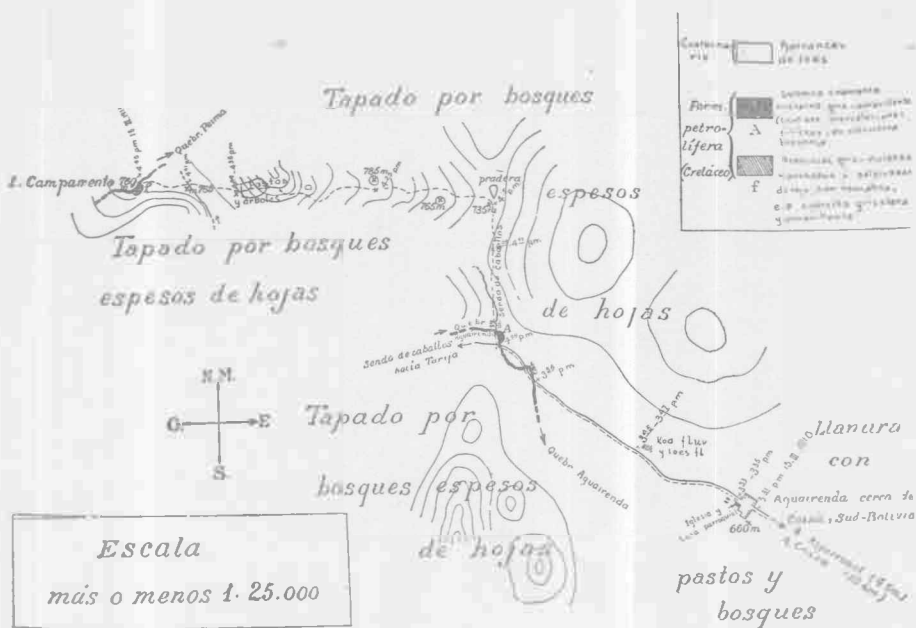


Fig. 4. — Croquis de Aguiarenda (Caiza). Reducido á más ó menos 1 : 50.000

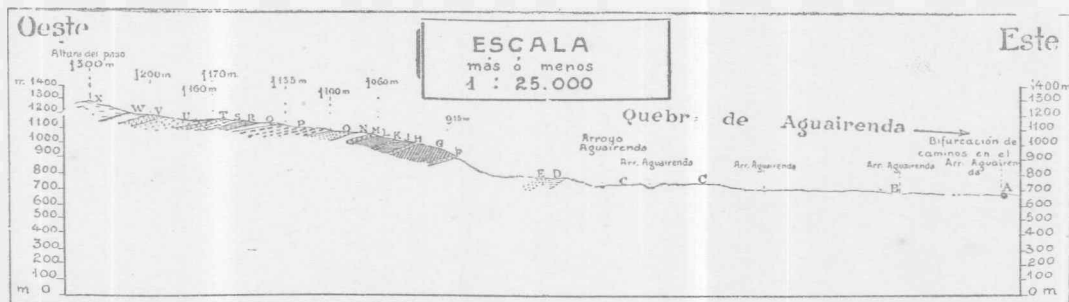


Fig. 6. — Perfil de la Quebrada de Aguiarenda (Caiza). Reducido á más ó menos 1 : 50.000 Para la explicación de las letras véase pl. I (fig. 5)

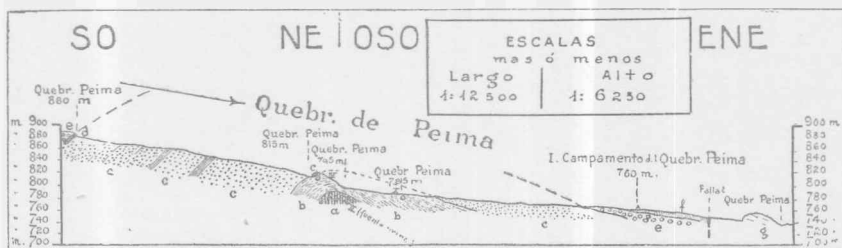


Fig. 8. — Perfil de la Quebrada de Peima (Caiza). Reducido á más ó menos 1 : 25.000 (largura) y 1 : 12.500 (altura). Para la explicación de las letras véase pl. II (fig. 7)

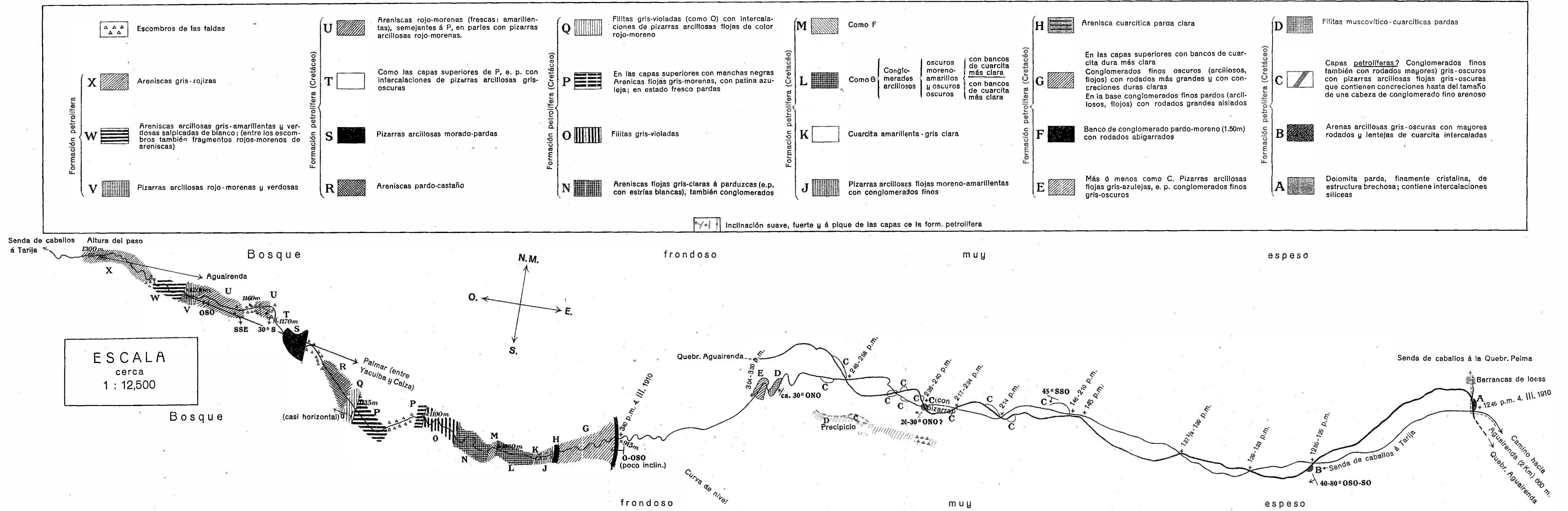


Fig. 5

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.

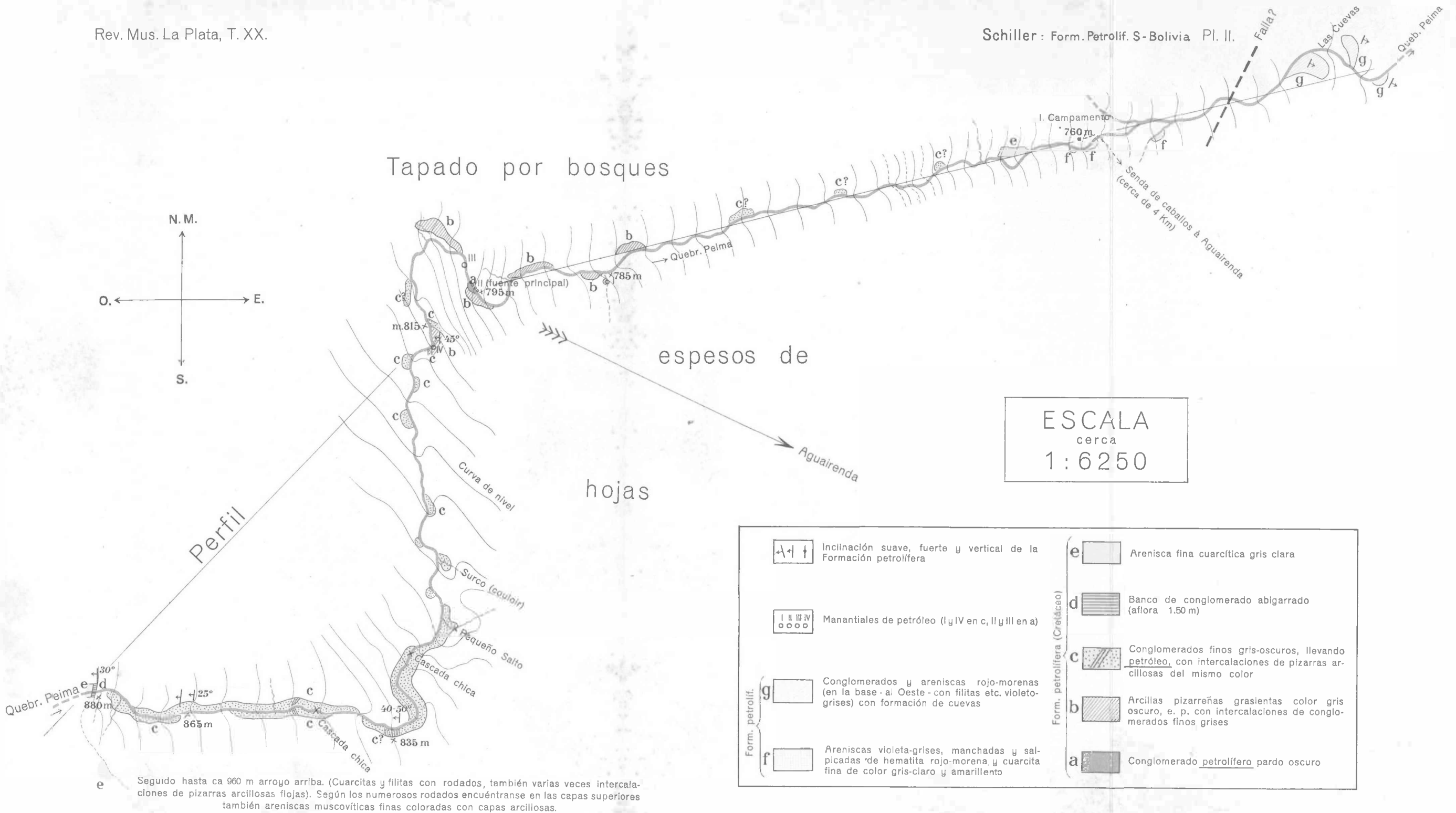


Fig. 7

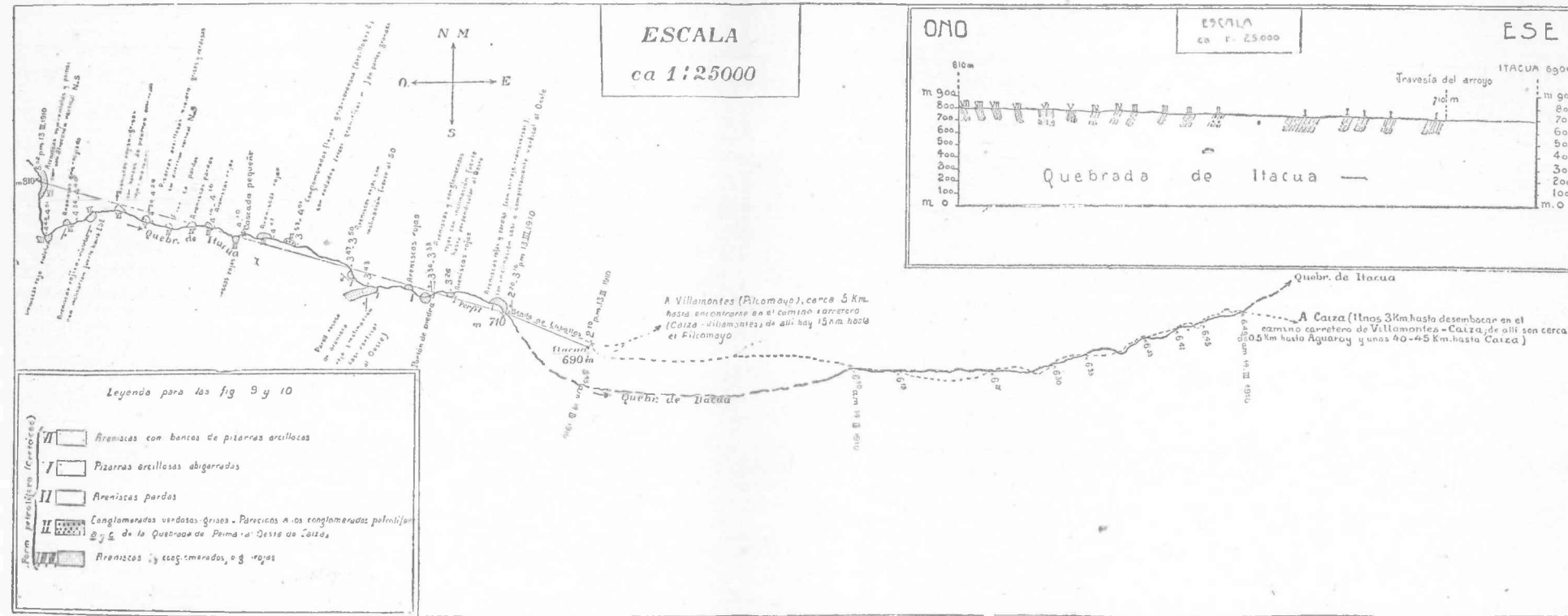


Fig. 9-10. — Croquis y perfil de la Quebrada de Itacua (Pilcomayo). Reducido á más ó menos 1 : 50.000



Fig. 11. — Perfil del Pilcomayo (Villamontes)

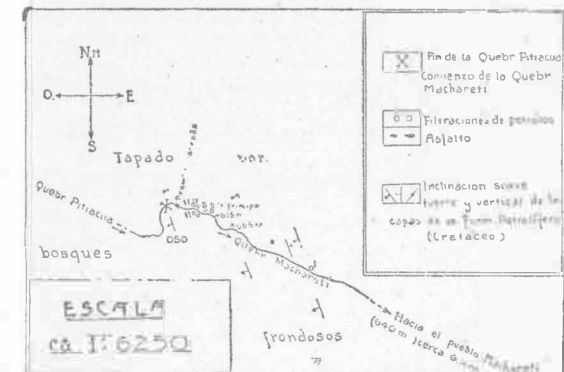


Fig. 12. — Croquis de la Quebrada de Machareti (Norte del Pilcomayo). Reducido á más ó menos 1:12.500

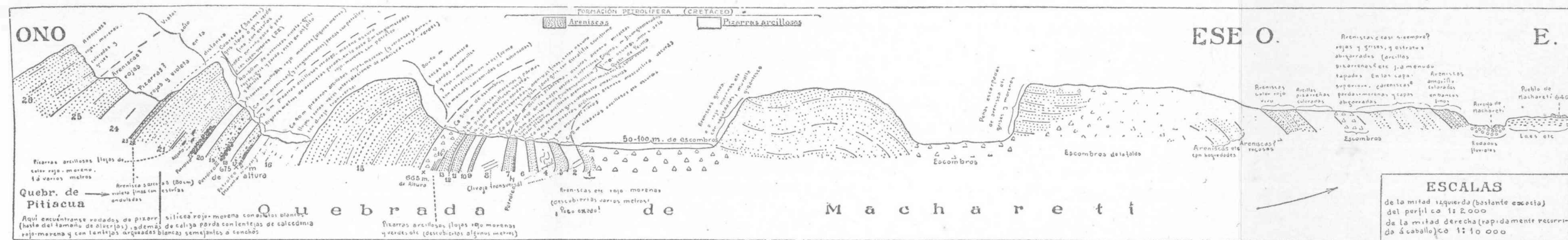


Fig. 13. — Perfil de la Quebrada de Machareti (Valle del Pilcomayo). Reducido á más ó menos 1 : 4000 resp. 1 : 20.000



Fig. 14

El Río Bermejo cerca de Embarcación F. C. C. N.



Fig. 15



Fig. 16. Camino carretero entre Embarcación y Yacuiba



Fig. 25. El Río Pilcomayo en Villamontes

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.

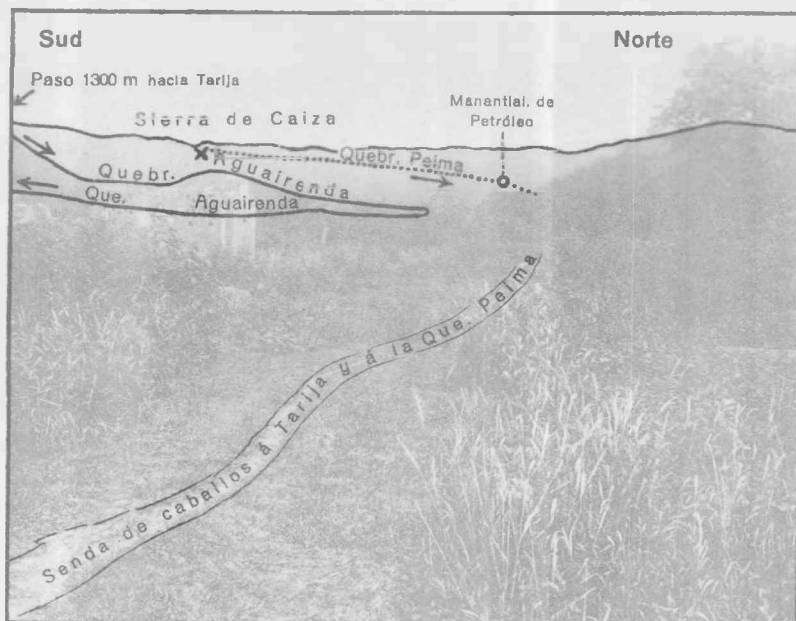


Fig. 17. Salida de la Quebrada de Aguirenda

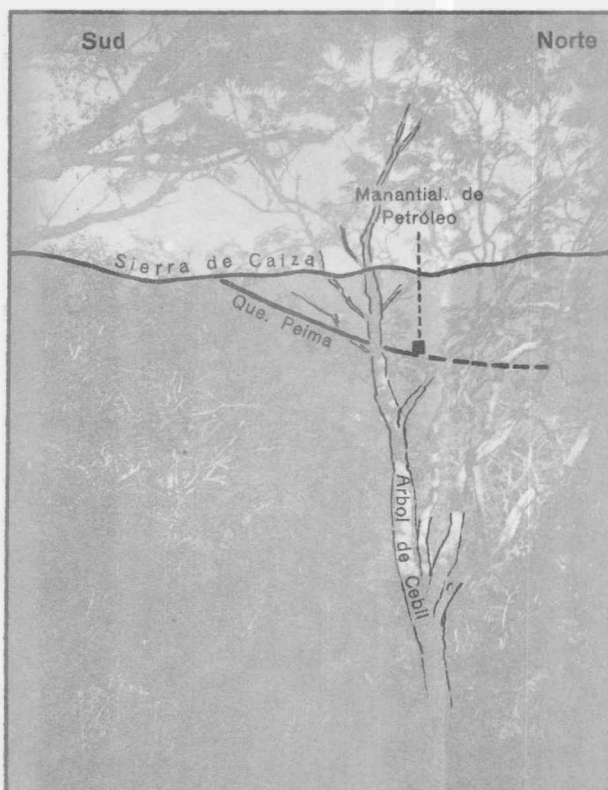


Fig. 18. Entre Aguirenda y Quebrada de Peima



Fig. 17. Salida de la Quebrada de Aguirenda



Fig. 18. Entre Aguirenda y Quebrada de Peima

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.

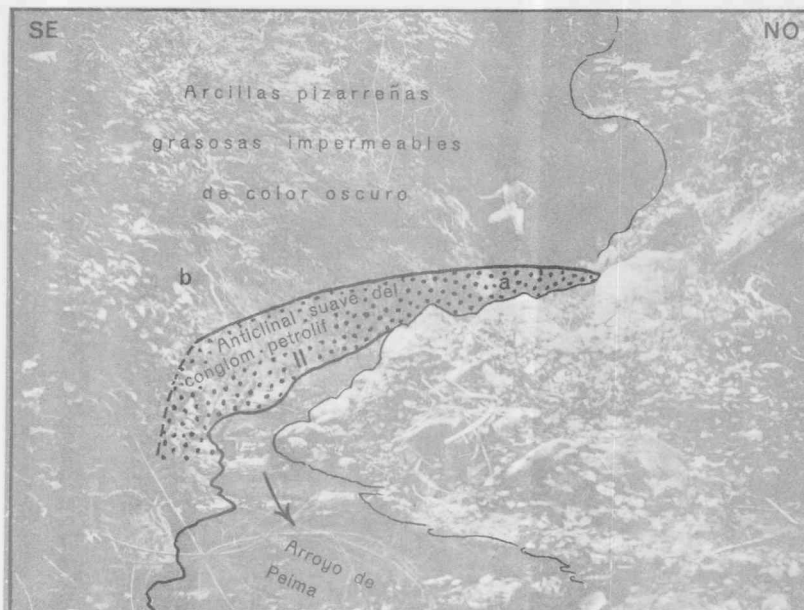


Fig. 19. Fuente principal de petróleo. Quebrada de Peima

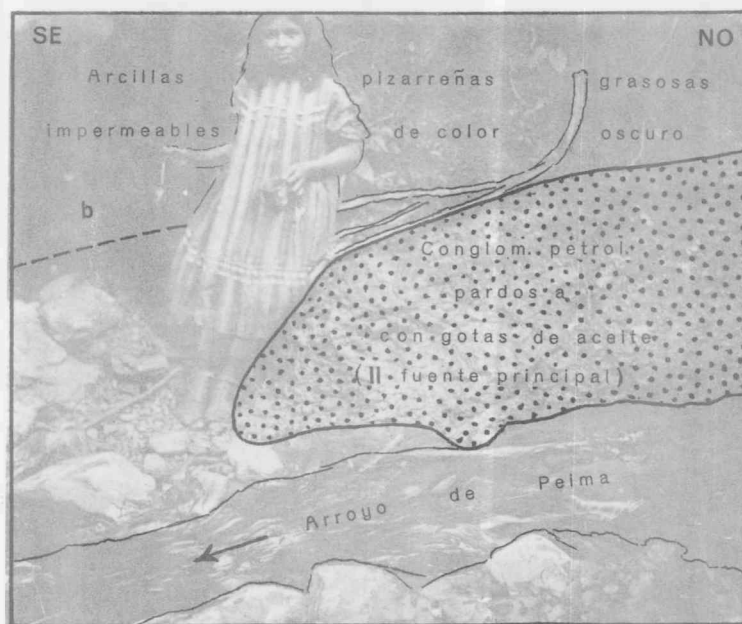


Fig. 20. Detalle de la fig. 19. Gotas de petróleo. Quebrada de Peima



Fig. 19. Fuente principal de petróleo. Quebrada de Peima



Fig. 20. Detalle de la fig. 19. Gotas de petróleo.
Quebrada de Peima



Fig. 21. Filtraciones de petróleo. Quebrada de Peima

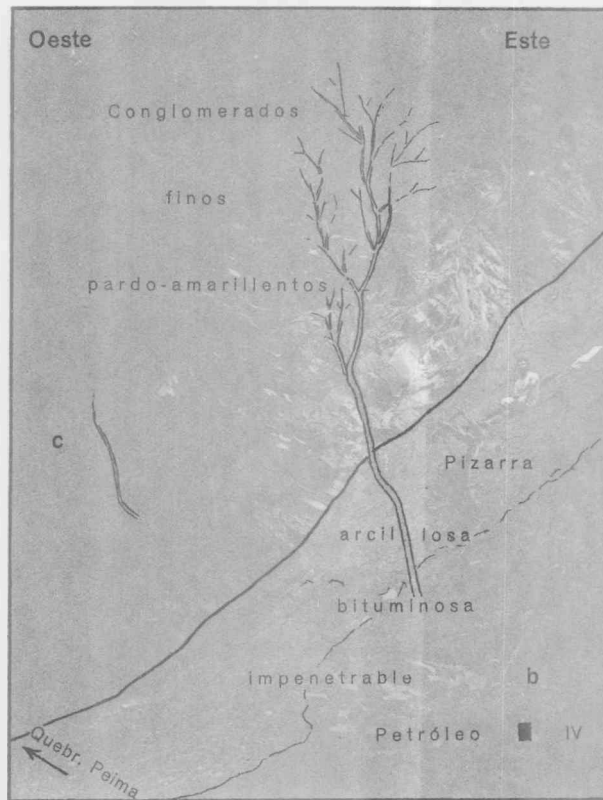


Fig. 22 Quebrada de Peima

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.



Fig. 21. Filtraciones de petróleo. Quebrada de Peima

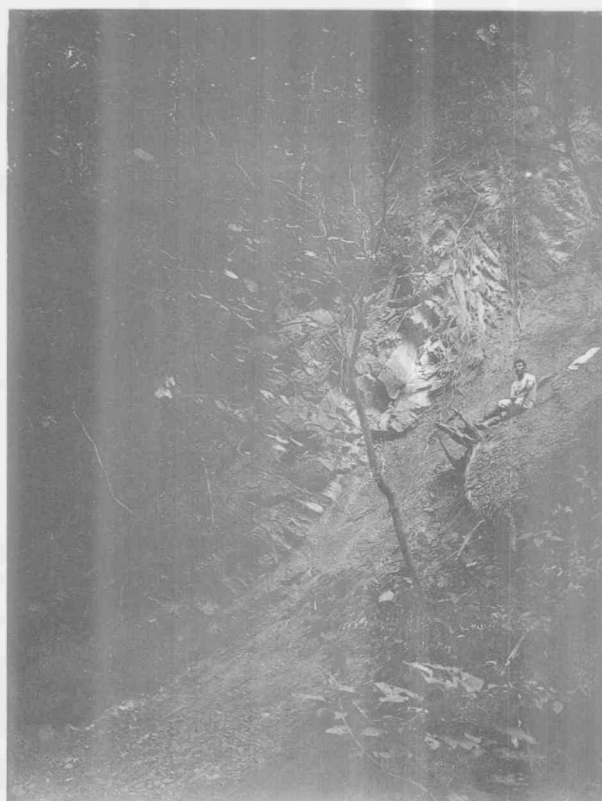


Fig. 22 Quebrada de Peima

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.



Fig. 23. Camino carretero en el palmar entre Caiza y Villamontes



Fig. 24. Palmar sobre el camino entre Caiza y Villamontes

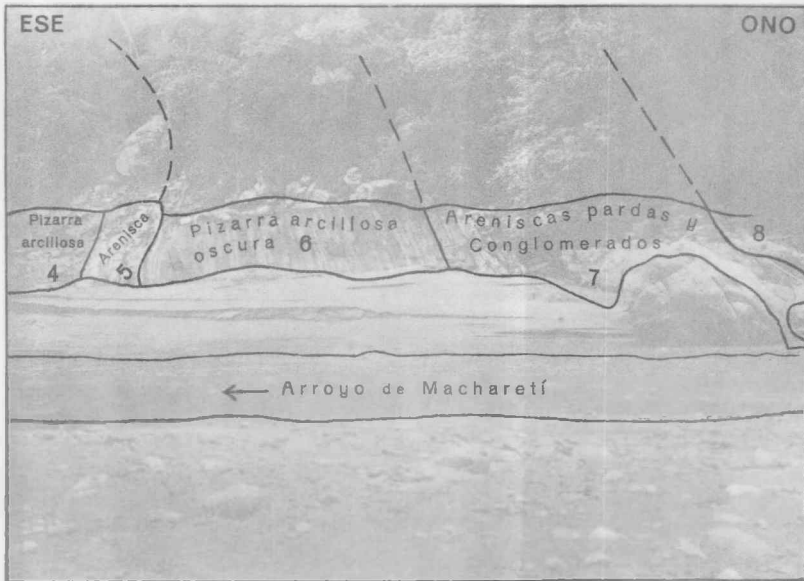


Fig. 26. Lado derecho de la Quebrada de Macharetí

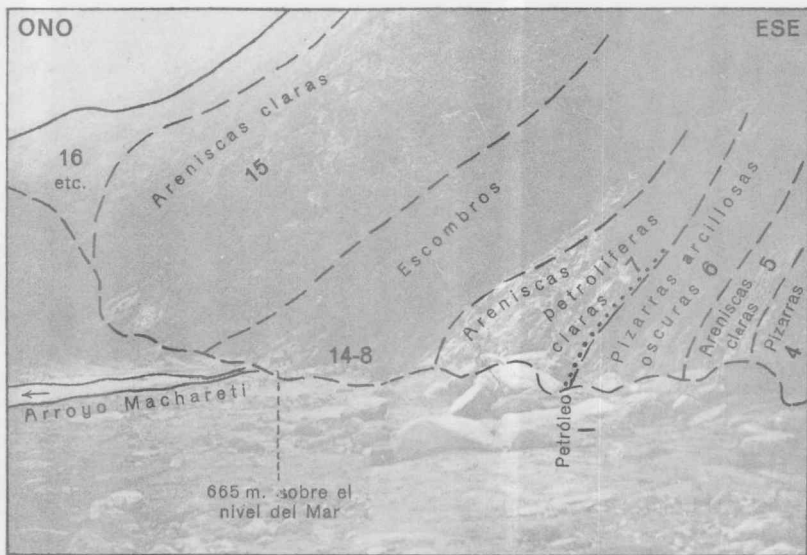


Fig. 27. En frente de la fig. 26. Lado izquierdo, Quebr. de Macharetí

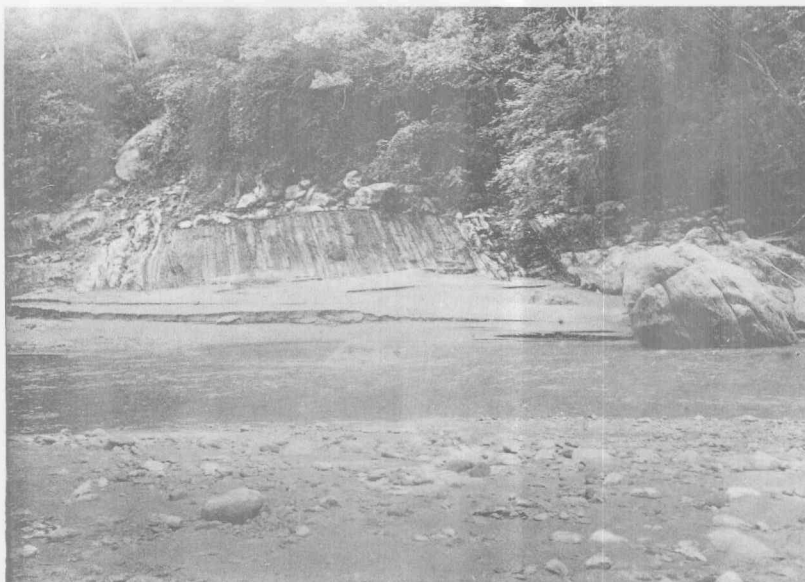


Fig. 26. Lado derecho de la Quebrada de Macharetí



Fig. 27. En frente de la fig. 26. Lado izquierdo, Quebr. de Macharetí

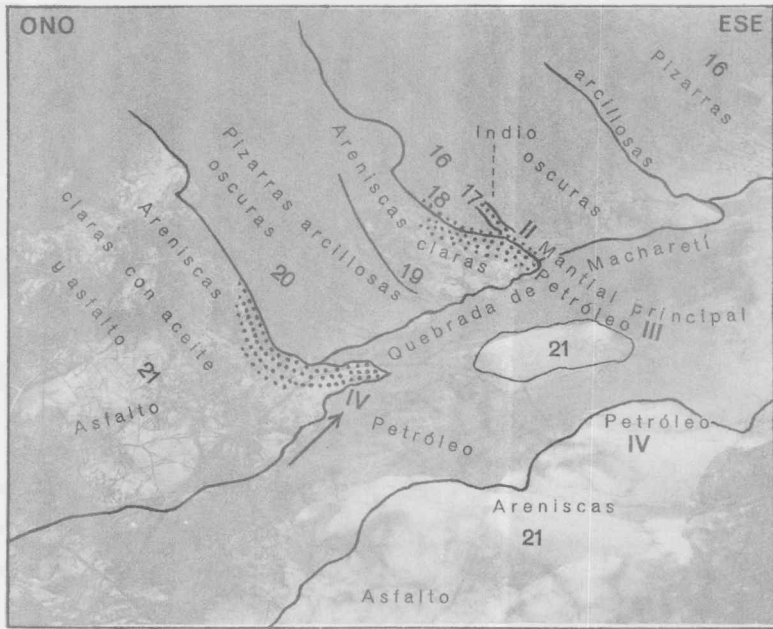


Fig. 28. Lado izquierdo de la Quebrada de Machareti



Fig. 29. Angostura de la Quebr. de Pitiacua-Machareti



Fig. 28. Lado izquierdo de la Quebrada de Machareti



Fig. 29. Angostura de la Quebr. de Pitiacua-Machareti

tiempo era pésimo, y además hubiéramos perdido demasiado tiempo en cortar una picada.

El corte siguiente que conocí fué recién la

2. *Quebrada de Aguirenda*

(Fig. 4-6, 17)

La parte inferior de este valle proporciona conocimientos muy escasos. Entre otros hay un poco de dolomita A, la única que encontré. Algo más lejos, hacia arriba, cruzamos conglomerados C, gris oscuros, que al parecer forman la continuación de las capas con petróleo *c* de la Quebrada de Peima, de la cual pronto hablaremos. Un perfil seguido empieza recién hacia el oeste, algo después de que el sendero se aleja del arroyo y sube en serpentinas hacia arriba sobre la fuerte pendiente. Las capas afloran casi sin interrupción desde aquí hasta el paso (altura 1300 m.). La más inferior está formada por un banco característico de conglomerados abigarrados F y de un espesor de 1^m50, que muy evidentemente encuentra su continuación en *d*, también una capa de 1^m50 de espesor, situada en Peima; en favor de esto habla la gran analogía petrográfica; y la altura casi igual sobre el nivel del mar le viene á dar más verisimilitud.

Las capas superiores arriba de este banco F las forman principalmente conglomerados finos y areniscas de distintos colores, como también esquistos arcillosos, que alternan continuamente.

La inclinación principal de las capas efectúase en la Quebrada de Aguirenda desde abajo hacia el oeste, doblándose repentinamente, como lo demuestra el croquis, en algunos sitios, su dirección (variable entre SSE. y ONO.).

3. *Quebrada de Peima*

(Ver fig. 4, 7-8, 18-22)

La quebrada más próxima, hacia el norte, de la de Aguirenda es la de Peima. Al centro de la misma he dedicado mi mayor atención, habiéndome detenido cerca de tres días para estudiarla.

Las condiciones geológicas son las siguientes:

Se trata de un sistema de diferentes conglomerados finos y areniscas, que incidentalmente están interrumpidos por interposiciones de esquistos arcillosos de color gris oscuro.

Como ya he mencionado, hablando de la Quebrada de Aguirenda pude identificar con relativa seguridad solamente los conglomerados

petrolíferos *c* y el banco de conglomerados abigarrados *d*, con las capas correspondientes de la Quebrada de Aguirenda. Y hasta en la misma Quebrada de Peima me han quedado dudas en cuanto estábamos en presencia de los mismos estratos ó de más antiguos ó de más recientes.

Las capas especialmente interesantes son los conglomerados *a* y *c*, que contienen *petróleo*. Yo personalmente he observado sólo en *a* las exudaciones de aceite (nº II y III, arriba del punto 795 m.); (véase las fot. fig. 19-21). Pero como me lo aseguraron mi acompañante, señor Ortiz Mealla, y su hermana doña Primitiva, dos personas que merecen entera fe, también en el límite superior de las arcillas esquistosas *b*, impermeables, hay petróleo (nº IV), (véase la fig. 22), y procede seguramente de las capas *c* petrográficamente muy parecidas á los conglomerados *a* ¹. También la filtración llamada número I debe encontrarse inmediatamente debajo de la base de *c*. Debido á una negligencia mía, no estoy en condición de poder asegurar con certeza, que allí mismo he visto exudaciones de petróleo. De la fuente llamada número II (la principal) he traído una botella llena de aceite; se lo pudo recoger fácilmente, como lo indica la figura 21. Porque tiene un color pardo claro, es relativamente fluido, y quema perfectamente ², por eso es probable que no sea de mala calidad.

Á causa del reconocimiento escaso de la estratigrafía, el de la tectónica deja mucho que desear. Así, por ejemplo, la existencia de la falla en la parte inferior de la quebrada es tan sólo una suposición mía. Se funda en el hecho de que las rocas de capas casi horizontales de arenisca rojiza *g* ³ que se encuentra hacia abajo de la dislocación en cuestión, está casi al mismo nivel de las areniscas grises *f* y *e* (cerca del « I campamento », 760 m.). Tal vez el conglomerado *g* sea el mismo que la arenisca colorada indicada con X sobre el paso de la Quebrada de Aguirenda. Posiblemente se pondrá esto en claro cuando se explore el principio y el fin de la Quebrada de Peima. Á pesar de buena voluntad no he podido reconocer cuál es la inclinación de las capas arriba de la falla. Recién en el punto que en el mapa, figura 7, está marcado con 795 metros de altura sobre el mar, se hacen más claras las condiciones del yacimiento.

¹ Casos como éste he observado cuatro veces en la Quebrada de Macharetí. (Compárese página 158, el perfil correspondiente figura 13 y las fotografías al respecto figuras 27-29.)

² Ya en estado bruto sirve para el alumbrado, y yo mismo me he convencido de esto. Sobre las calidades químico-físicas véase Longobardi (loc. cit., 1909) y Rakusin (loc. cit., 1911), cuyas muestras procedentes de la Quebrada de Peima seguramente han sido tomadas en este mismo lugar.

³ En estas rocas las intemperies han excavado varias cuevas chicas y grandes (« Las Cuevas »).

Vemos primero la cúspide de una anticlinal muy plana (fig. 19, pl. VIII); luego, siguiendo el arroyo hacia arriba, la caída es continua hacia el oeste, bien que con inclinación más ó menos fuerte (observada entre 25 y 50°). Habiendo debido ejecutar también el croquis topográfico de esta quebrada con todo apuro, tal vez las diferentes curvas del trazado del arroyo no tengan la orientación justa; pero en caso que en los alrededores del punto 795 metros su lecho ha sido levantado con cierta exactitud, se desprende que la anticlinal está formada transversalmente á la inclinación, y que por consiguiente tuvo lugar también una *flexión en la dirección* (cúpula).

Si se consideran ahora los yacimientos petrolíferos observados con respecto de la tectónica se nota que los depósitos de aceite están ligados á la anticlinal (ó cúpula). Se puede notar (ver perfil fig. 8 de la pl. IV y las fotografías fig. 19-20 en la pl. VIII) que el petróleo está comprimido en el horizonte inferior *a* de conglomerados, en la cúspide de la bóveda, hasta debajo de las arcillas esquistosas impermeables *b* y sale bajo forma de millares de gotas, mientras que arriba de *b* el petróleo se filtra por los conglomerados *c* hasta su base y también penetra algo en las capas superiores de la arcilla esquistosa.

Como el nivel inferior *a* del aceite llega raramente á la superficie de la tierra, y á distancias relativamente grandes, formando por consiguiente una anticlinal cerrada, el petróleo en gran parte ha sido resguardado del derrame.

Al norte de Peima, recién á gran distancia, he vuelto á examinar la falda de la sierra ¹ y precisamente en la

4. Quebrada de Itacua (inferior)

(Véase fig. 9-10, pl. III)

Hay poco que decir al respecto de lo que pudiera ser de interés para este estudio. Como se desprende del mapa y perfil se trata principalmente de areniscas (y conglomerados) e. g. coloradas, que están interrumpidas por interposiciones de arcillas esquistosas de varios colores; una vez hallé también conglomerados gris-verdosos (II) que tienen mucho parecido con las capas petrolíferas (especialmente *c*) de la Quebrada de Peima. Dicen que hay realmente petróleo en la Quebrada de Itacua, pero yo no lo encontré: tal vez se presenta valle más arriba.

En cuanto al orden cronológico de los sedimentos de este distrito no he podido encontrar el menor punto de apoyo para apreciarlo. La direc-

¹ Sólo mediante anteojos de larga vista he observado, desde lejos, el borde de la sierra entre Peima é Itacua y creo haber descubierto una falla (ver p. 181).

ción principal es la de norte-sur; la inclinación es vertical ó muy empinada, á veces hacia oeste, otras hacia el este, es decir, en parte inversa. Pero en cuanto á lo que es más antiguo y que es más joven y si existen repeticiones de capas he quedado completamente á oscuras. Puede bien imaginarse que las areniscas número I sean lo más moderno.

Aun si realmente hubiera petróleo en este valle, en la parte inferior el yacimiento tendría poco valor debido á la posición constantemente muy inclinada de las capas.

Salida del río Pilcomayo desde la montaña, cerca de Villamontes

(Ver fig. 11 y 25, en pl. IV y VI)

Este perfil situado al norte de la Quebrada de Itacua ha sido observado desde lejos (Villamontes) con los anteojos de campaña. Tiene el solo objeto de demostrar que aquí también se observa, como en todas partes, una perturbación de las capas muy limitada que se manifiesta por pliegues regulares de este á oeste.

5. Quebrada de Macharetí¹

(Ver fig. 12-13, 26-29 en pl. IV, XI-XII)

Sigue por fin la sección lo más al norte de mi recorrida, y es, como la de Peima, muy interesante especialmente por sus fuentes petrolíferas. Prácticamente tal vez no tiene por el momento la importancia que representa teóricamente. Se observa aquí un perfil casi continuo que deja reconocer tan claramente las condiciones geológicas del petróleo como pocas veces, pudiendo servir de ejemplo para la enseñanza.

Como lo indica el corte figura 13 (pl. IV), se alternan en esta quebrada continuamente areniscas claras y esquistos arcillosos oscuros con una regularidad casi esquemática. La correlación entre el relieve topográfico y los bancos petrográficamente diferentes resulta evidente: las arenis-

¹ Este valle es panorámicamente muy lindo, el más bello que he visto en aquel viaje. Por sus bosques frondosos y sus murallas á pique, formadas de estratos de areniscas rojizas y grises que emergen y sumergen, me recordaban las « Glusen » del « Kettenjura » suizo con sus bóvedas de calcáreos oolíticos de « Hauptrogenstein » y « Sequanien » del Jurásico.

Desgraciadamente, para examinar la Quebrada de Macharetí he tenido un solo día y muy mojado. Habiéndome, además, caído con mi caballo en el río, ya á la entrada del valle, tuve que trabajar en condiciones sumamente desfavorables. Solamente en su parte occidental el perfil es relativamente exacto (capas 2 á 23), y el croquis he compilado más tarde por datos de memoria.

cas duras forman precipicios á menudo de más de cien metros, y al lado las pizarras arcillosas blandas representan las depresiones.

Esta serie alternada de areniscas y esquistos arcillosos, que tiene un rumbo de norte-noroeste á sur-sudeste, está replegada en dirección oeste-este, generalmente no muy pronunciadamente, aunque á veces en posición perpendicular, y en partes puede notarse inversión de las capas (hacia OSO.). Verdaderos pliegues acostados ó escamas al parecer no existen.

El petróleo, como lo demuestran la parte izquierda del perfil figura 13 y las fotografías figuras 27 y 28, lo he visto en un ala de una anticlinal, con inclinación hacia oeste, y precisamente en cuatro napas, de las cuales tres se siguen una cerca de la otra. Los horizontes que alojan al petróleo son naturalmente las areniscas (y conglomerados) porosas, de cuya base sale, pues en las pizarras arcillosas impermeables apenas penetra por unos centímetros.

He recogido una muestra del petróleo que filtra desde el banco (nº 17) más inferior de las tres capas vecinas (II = « fuente principal », fig. 28); se parece al de Peima. He llamado como fuente principal el lugar en donde aparece este petróleo porque el señor Ortiz Mealla me aseguró que en los meses de mayo-junio sale un chorro abundante; cuando yo me encontraba allí — el 11 de marzo de 1910 — no presentaba diferencia con los demás puntos I, III y IV. Me parecía que el depósito principal esté en los estratos de arenisca indicados con el número 21, sobre cuyas superficies de capas se observa grandes masas negras de asfalto; ya desde lejos se nota sobre las paredes claras de la angostura ¹ grandes manchas y salpicaduras del mismo betún (ver fig. 29; no se puede reconocer sin embargo muy claro el fenómeno de referencia).

RECOPIACIÓN DE LOS RESULTADOS

Las fuentes petrolíferas de Peima y Macharebí me han dejado una impresión favorable á pesar de mi corta estadía sobre el terreno.

En primera línea, prácticamente, hubiera que tomar en consideración la zona petrolífera de Peima por razones comerciales y técnicas.

Ambos yacimientos pertenecen, como todas las fuentes más ó menos conocidas en esos parajes, á la « Formación petrolífera » de Brackebusch (« Arenisca de Puca » de Steinmann), que se compone allí principalmente de conglomerados y areniscas, pizarras arcillosas, etc. (raramente de

¹ Extraño es que la quebrada arriba de ella cambia su nombre (Quebrada de « Pitacua »).

dolomita, caliza, esquistos silíceos, etc.), y cuya edad corresponde á la formación cretácea (¿inferior?). Estas capas se extienden, como es sabido, desde las provincias de Catamarca y Tucumán en dirección hacia el norte á través de Salta y Jujuy, principalmente á lo largo del lado oriental de la cordillera, hasta pasado el Pilcomayo y parece que atraviesan toda la Bolivia en forma de ancha faja. Generalmente están puestas en pliegues serenos con dirección norte-sur¹; de vez en cuando se presentan también en bancos muy inclinados hasta invertidos, y en algunos sitios han sufrido fallas (especialmente, al parecer, hacia la llanura del Chaco). Pero dislocaciones más graves no deben mostrarse en muchas partes. Las investigaciones sobre estratigrafía y tectónica, y por consiguiente también sobre las condiciones geológicas del petróleo, á menudo tropiezan con dificultades muy grandes. De un lado los bosques espesos raras veces dejan ver el subsuelo, casi exclusivamente en los lechos de arroyos, y aun aquí con interrupciones. Luego no hay fósiles, y frecuentemente no se puede reconocer ninguna estratificación; y si se agregan además clivaje transversal y planos de fricción el mejor geólogo se encuentra desarmado. *Sin embargo estoy convencido poder* suplir estas dificultades por medio de un exacto levantamiento topográfico y geológico y *determinar* así las « líneas de petróleo »².

Los detalles más importantes de los yacimientos petrolíferos de Peima y Macharetí son en resumen los siguientes :

1. Quebrada de Peima

Las fuentes de petróleo (más ó menos 800 m. sobre el nivel del mar) yacen sobre la falda de la montaña, cubierta de bosque, á cinco kilómetros al oeste del pueblecito próximo, de la misión de indios Aguirenda (650 m. de altura). Hasta ahora se llega por allí en un mal sendero de caballo, no debiendo ser difícil la construcción de un camino. La distancia entre Aguirenda y el camino carretero que de Embarcación va á

¹ Algunas veces obsérvanse también *ondulaciones* muy suaves y largas en la dirección de los estratos.

² Apenas se entra en el llano del Gran Chaco, en donde se sumerge la Formación petrolífera, están completamente ocultas las líneas petrolíferas. Si bien allí hay manantiales de petróleo, es menester proceder á hacer perforaciones al tanteo y á veces muy profundas, especialmente en donde hay fallas, etc., de consideración. Naturalmente hay aquí la ventaja que el petróleo que pudiera existir está protegido contra los derrames, lo que muchas veces no es el caso en las partes montañosas. Pero es evidente que perforaciones en terreno cubierto que deben hacerse sistemáticamente, necesitan capitales enormes, resultando además que tal empresa, sin haber adquirido experiencias respectivas, tiene sus grandes inconvenientes.

Santa Cruz de la Sierra es poca, y cerca de 20 á 25 kilómetros de la futura estación de ferrocarril de Yacuiba (600-650 m. sobre el nivel del mar) que por su parte dista 185 á 190 kilómetros del río Bermejo.

El petróleo, cuya calidad es muy buena, brota en una anticlinal en dos horizontes de conglomerados, separados por esquistos arcillosos.

2. *Quebrada de Macharetí*

Á las exudaciones de betún ¹ (más ó menos 700 m. sobre el mar) se llega desde el próximo pueblo, de la misión de indios Macharetí (650 m. de altura), en una buena hora; la distancia no supera los cinco kilómetros ó muy poco. No hay camino ninguno, pero se cabalga muy bien á lo largo del lecho del río. Á Macharetí se llega por el camino principal que va de Embarcación á Santa Cruz de la Sierra y por el cual hay que andar á caballo un día, pasablemente cómodo, desde Villamontes sobre el Pilcomayo, siendo la distancia de 55 kilómetros.

Los yacimientos petrolíferos están formados aquí por areniscas (más raramente conglomerados) que se alternan con esquistos arcillosos. He visto cuatro napas petrolíferas, que todas forman un ala de una anticlinal.

Ahora bien, la Quebrada de Macharetí tiene sobre la de Peima la ventaja de que las condiciones geológicas son mucho más fáciles de reconocer, debido á los afloramientos casi continuos de los estratos. En cambio hay otra circunstancia desfavorable que no hace un papel tan importante en la zona petrolífera de Peima, á saber que la inclinación de ambos lados del arroyo, en el lugar en que están los afloramientos petrolíferos, es muy fuerte y el terreno muy escarpado (prescindiendo de que está recubierto de bosque muy espeso). Por lo tanto las instalaciones de perforación serían muy costosas y difíciles.

Para emitir un juicio imparcial quiero también mencionar las circunstancias posibles que pueden producir un mal éxito efectuando perforaciones en el paraje en cuestión:

1. Á pesar de condiciones tan favorables, no se puede asegurar que exista petróleo en suficiente cantidad. Desgraciadamente en este distrito no hay ninguna experiencia hecha en que poder apoyarse, pues no se ha tentado ningún trabajo serio; á lo menos los que yo he visto, sobre el lado argentino, me han hecho creer que se trataba de investigar la forma de gastar mucho dinero de la manera menos provechosa.

2. Podría ser que la estratigrafía y tectónica de la Formación petro-

¹ Un aceite pardo y fluido; en la arenisca petrolífera superior hay también asfalto.

lífera no fueran tan sencillas y exentas de perturbaciones como se cree hoy día. Seguramente este es un caso muy improbable, pues hasta la fecha ningún explorador ha observado sobreescurrecimientos ú otras dislocaciones importantes, á lo menos por el costado oriental de la cordillera.

OBSERVACIONES Á LA GEOGRAFÍA DE LA REGIÓN ENTRE EMBARCACIÓN Y MACHARETÍ

Todas las orientaciones se refieren al polo norte magnético ¹; solamente los primeros dos pequeños mapas la tienen corregida (fig. 1 y 2).

Las alturas sobre el nivel del mar (al norte del río Bermejo) son tan sólo aproximadas, pues las he medido con el aneroides; sin embargo en muchos puntos he tenido oportunidad de tomar varias veces el dato.

Hasta hace poco el río Itiyuru formaba el límite argentino-boliviano. Pero según las últimas negociaciones (octubre de 1911) Yacuiba tiene que ser argentina ² porque se ha declarado como límite el 22° de latitud sur en dirección oeste hasta el río Grande de Tarija.

DISTANCIAS DESDE BUENOS AIRES HASTA EL PUEBLO DE MACHARETÍ

		Kilómetros	
Con ferrocarril, 3 ó 4 días 1 día (ferrocarril oficialmente no abierto al servicio) ⁴ :	Buenos Aires á Rosario, aproximadamente...	280	} 1285 } } 1692 } } ca. } } ca. } } 90 }
	Rosario á Tucumán (450 m. sobre mar), ca...	1000	
	Tucumán á Ledesma (462,95 m.).....	407	
	Ledesma ³ á Yuto, aproximadamente.....	¿30?	
	Yuto á Embarcación (alrededor de 300 m.) ca.....	60	

Trasborde con barca (« chalana ») desde Embarcación á la orilla izquierda del Río Bermejo, cerca de una hora.

¹ Declinación magnética de Yacuiba en el año 1910 : 5 $\frac{20}{4}$ ° á 6° este.

² Las fuentes de petróleo exploradas, sin embargo, quedan sobre territorio boliviano; pero este hecho no tiene inconveniente por el momento, pues por parte argentina no existe ningún impuesto sobre el petróleo bruto.

³ Telegramas para el público se transmiten todavía sólo hasta Ledesma.

⁴ Cuando hice yo el viaje ; ahora está abierto, y se emplea 2 $\frac{1}{4}$ horas.

	Kilómetros		
Orilla izquierda del Río Bermejo (en frente á Embarcación), Cañada, Palo Negro (Puesto Caprini), Miraflores.	25		
Miraflores á Senda Hachada, aproximadamente.....	25	} 67.5	
Senda Hachada á La Bomba (430 m.), ca.....	42.5		
La Bomba, bifurcación del camino á la mina de petróleo de Tartagal, pueblo de Tartagal.....	35		
Tartagal á Yariguarenda, ca.....	11.5	} 35	162
Yariguarenda á Piquirenda, ca.....	7.5		á
Piquirenda á Aguaray ¹ (590 m.), ca.....	16		163 ⁴
Aguaray ¹ á Capiazuti.....	6		188
Capiazuti á Itiyuru (antiguo límite entre Salta y Bolivia) ² , Finca Pedro López, palo de 31 leguas ³ , Río Pócitós, Yacuiba.....	ca		
Yacuiba á Palmar.....	25		
Palmar á Caiza.....	12-15		
Caiza á Yaguacua.....	10		
Yaguacua á Cañón Seco.....	12		
Cañón Seco á Soto.....	4	} 80	
Soto á Cortaderal.....	7		á
Cortaderal á Puesto Reyes.....	2.5		83
Puesto Reyes hasta el arroyo en el palmar Aguaracito.	3.75		
Desde el arroyo hasta Aguaray ⁵ (540 m.).....	3.75		133
Aguaray ⁵ á San Antonio ⁶ (430 m.).....	7.5		á
	17-18		136
Trasbordo sobre el Río Pilcomayo con barca hacia San Francisco ⁶ , alrededor de una hora.			
San Francisco á Tarairí.....	18	} 53	
Tarairí á Taiguati.....	9		
Taiguati á Camatindi (límite entre el departamento de Tarija y el de Sucre).....	5		
Camatindi á Tigüipá.....	8		
Tigüipá á Macharetí (640 m.).....	13		

Hay por lo tanto entre Embarcación (además de 3 á 4 días de ferrocarril desde Buenos Aires á Embarcación) y Macharetí una distancia directa de ca. 325 kilómetros, es decir, entre ida y vuelta un camino á caballo de 650 kilómetros.

¹ Al sud de Yacuiba.

² Compárese p. 190.

³ 31 leguas desde Miraflores.

⁴ De Miraflores hasta Yacuiba hay estacadas de legua en legua (una legua = ca. 5 km.).

⁵ Al norte de Caiza.

⁶ San Antonio yace á la orilla derecha del Pilcomayo; en frente está San Francisco. Ambos reunidos se llaman Villamontes.

LISTA DE LAS FUENTES DE ACEITE MINERAL EN LA « FORMACIÓN PETROLÍFERA »¹
DE LA ARGENTINA DEL NORTE Y DE BOLIVIA

Al este de Rosario de la Frontera		} Parte sud-este prov. de Salta	} Norte de la Argentina
Las Chacras, oeste-noroeste de Rosario de la Frontera			
Sobre el Río Juramento en la estación / al norte de Rosario de Río de las Piedras	la Frontera		
Santa Bárbara	} Sierra de Santa Bárbara	} Provincia de Jujuy	} Norte de la Argentina
Laguna de la Brea			
Agua Caliente			
Agua Dulce	} Distrito minero de San Pedro	} Provincia de Jujuy	} Norte de la Argentina
Garrapatal ² (Eloísa Isabella, Nueva Polonia)			
Achiral			
Aíbal ó Totoral. / al sur de Ledesma /		} Provincia de Jujuy	} Norte de la Argentina
Cerro de Calilegua, al norte de Ledesma			
Yuto, sobre el ferrocarril entre Ledesma y Embarcación			
Tejada, norte-noroeste de Humahuaca		} Distrito minero de Santa Victoria	} Norte de la Argentina
Yavi Chico, al este de La Quiaca			
Porongal (?)			
Candado (?)		} Distrito minero de Orán	} Norte de la Argentina
Galarza (Mina « Rep. Argentina ») cerca del Tartagal, etc. (?)			
Quebrada de Iquira	Cerca del		
Tuncan (?)	Aguaray	} Distrito minero de Orán	} Norte de la Argentina
Capiazuti			
Quebrada del Agua Caliente, cerca de Playa Grande, etc. (?)			

¹ Hace poco tiempo también en Químili (al norte de Añatuya) en la provincia de Santiago del Estero se ha obtenido betún por sondaje, además en dos otros puntos de la misma provincia, de los cuales empero no he tenido detalles (una perforación alcanzó el aceite ya en 60 m. de profundidad). Podría tratarse aquí de las areniscas con Dinosaurios del Cretáceo superior, es decir, de un yacimiento como el de Comodoro Rivadavia (Chubut). Sin embargo por otra parte no se ha puesto en claro aún la relación entre la Formación petrolífera y la con Dinosaurios. Es notable que los hallazgos petrolíferos de la República Argentina y de Bolivia corresponden casi exclusivamente al Cretáceo inferior y superior y en parte (Neuquen-Mendoza) ya al Jurásico. Una excepción hacen los yacimientos réticos de Cacheuta (Mendoza).

² En el libro de Höfer, 1909, en que por lástima se han quedado unas cuantas erratas y han sido confundidos los puntos de hallazgos, es llamado « Garrapatal » (p. 658); tal vez sea idéntico con él lo que es llamado en página 666 « Cara Betal ».

Quebrada del Agua Salada (Lomas de Ipagnazú)..	Cerca de Ya- Río Pilcomayo cuiba y Caiza	Provincia del Gran Chaco	Depart. de Chu- quisaca (Sucre)	Departament. de Tarija	Bolivia del sur
Yuquirenda (¿ = Quebrada del Agua Salada ?)....					
Quebrada de Cuarazuti ¹ , etc.....					
Quebrada de Peima					
Quebrada de Itacua (?)	Al norte del Río Pilcomayo	Provincia de Acero	Depart. de Chu- quisaca (Sucre)	Departament. de Tarija	Bolivia del sur
Quebrada de Macharetí y Quebrada de Pitiacua (?).					
Cumandaiti (¿ Camandaiti ?).....					
Capirenda.....					
Mandiuti.....	Provincia de la Cordillera	Prov. Cercado	Depart. de Santa Cruz de la Sierra	Bolivia Central	
Vitiacúa					
Vallecito					
Sauces ²					
Lagunillas	Provincia del Sara	Prov. Cercado	Depart. de Santa Cruz de la Sierra	Bolivia Central	
Charagua ?.....					
Sitios en la provincia de Chiquitos.....					
Quebrada de Espejos.....					
Quebrada de Cuñecú (Cuñucú) cerca de Buena Vista, al noroeste de la ciudad de Santa Cruz....	Provincia del Sara	Prov. Cercado	Depart. de Santa Cruz de la Sierra	Bolivia Central	
En el rincón entre Río Yapacaní (Yapacaní) y Quebrada de Surutú					
Sobre el borde derecho del Río Ichilo					
Sitios en el departamento de Cochabamba.....					

CLASES DE ROCAS DE LA FORMACIÓN PETROLÍFERA (CRETÁCEO) EN EL BORDE ORIENTAL DE LA CORDILLERA ENTRE YACUIBA Y MACHARETÍ (SUR DE BOLIVIA).

Conglomerados gruesos pardo-grises, también gris-verdosos, en los Valles de Aguirenda y Peima.

Conglomerados e. g. finos (con rodados más grandes aislados), gris-oscuros, á veces gris-amarillentos, con intercalaciones de esquistos arcillosos, en las Quebradas de Aguirenda, Peima, Itacua y Macharetí.

Arenisca muscovítica arcillosa colorada (Quebr. Peima), areniscas ³ (y conglomerados) coloradas, rojo-pardas, gris-rojizas, gris-amarillentas,

Con componentes abigarrados, entre otros de rocas graníticas y pórfido cuarcífero como también cuarcita, esquisto arcilloso y cuarzo.

¹ No he podido averiguar en dónde quedan las fuentes de petróleo Plata y Piguiraínda (¿ = Piquirenda ?) que cita Hurs (ver p. 178 de mi estudio); en todo caso deben de buscarse entre el Tartagal y Caiza, es decir, en el límite argentino-boliviano.

² Tal vez se refiere á Saucos en la provincia de Acero, departamento de Chuquisaca, en el límite de la provincia de la Cordillera.

³ Formando á menudo inmensas murallas; por las intemperies se originan frecuentemente pequeñas y grandes cavernas.

á veces también blanquizas, etc., con interposiciones de esquistos arcillosos y filitas.

Cuarcitas gris-amarillentas ó gris-claras.

Esquistos arcillosos ¹ gris-oscuros, también de muchos colores (rojo-moreno, verdoso, etc.), en alguna partes con muscovita, en parte también con conglomerados ó arenosos.

Filitas violeta ó gris-amarillentas, etc. (en parte con muscovita).

Muy raramente parece que se presenta una dolomita gris-amarillenta; me he encontrado con ella una sola vez en la Quebrada inferior de Agnairenda.

Igualmente deben ser muy raras las capas calcáreas; en la Quebrada de Macharetí encontré rodados de una caliza gris-parduzca con lentejas silíceas rojas y con dibujos blancos que recuerdan á conchas.

Lo mismo proceden de la citada quebrada cantos rodados de esquisto silíceo rojo, con oolitos blancos, tal vez también con fósiles.

Por fin existen aún yacimientos de sal gema ², que se explotan, v. gr., al oeste de Yacuiba.

Lamentablemente hasta ahora no he tenido el placer de encontrar, en cualesquiera de las capas nombradas, ningún fósil determinable, á pesar de haber tenido los ojos bien abiertos.

EXPLICACIÓN DE LAS FIGURAS 1 Á 29

Figura 1. Croquis del paraje desde Embarcación hasta Macharetí.

Figura 2. Croquis del paraje desde Yacuiba hasta Caiza.

Figura 3. Croquis del paraje de Caipitande cerca de Yacuiba.

Figura 4. Croquis del paraje de Agnairenda cerca de Caiza.

Plancha I. Figura 5. Croquis de la Quebrada de Agnairenda cerca de Caiza.

Figura 6. Perfil de la Quebrada de Agnairenda cerca de Caiza.

Plancha II. Figura 7. Croquis de la Quebrada de Peima cerca de Caiza.

Figura 8. Perfil de la Quebrada de Peima cerca de Caiza.

Plancha III. Figura 9. Croquis de la Quebrada de Itacua cerca del Pilcomayo.

Plancha III. Figura 10. Perfil de la Quebrada de Itacua cerca del Pilcomayo.

Plancha IV. Figura 11. Perfil en el Pilcomayo cerca de Villamontes (tomado de lejos).

Plancha IV. Figura 12. Croquis de la Quebrada de Macharetí.

Plancha IV. Figura 13. Perfil de la Quebrada de Macharetí.

Plancha V. Figura 14. El Río Bermejo, visto agua arriba desde la orilla izquierda frente á Embarcación.

Plancha V. Figura 15. El Río Bermejo, visto agua abajo desde la orilla izquierda frente á Embarcación. En la figura se ven los dos primeros hormigueros para el puente de ferrocarril en construcción.

¹ No he encontrado verdaderas margas, como han sido descritas de otros sitios.

² Parece muy notable que nunca haya podido encontrar, ni en forma de detritus, á los yesos que generalmente no son tan raros.

Plancha VI. Figura 16. Camino carretero entre Embarcación y Yacubiba, al sur del Tartagal.

Plancha VII. Figura 17. Vistazo desde el pueblo de Aguirenda sobre las Quebradas de Aguirenda y Peima.

Plancha VII. Figura 18. Vista de la Quebrada de Peima tomada desde el camino entre Aguirenda y las fuentes petrolíferas de Peima. El árbol del primer término á la derecha es un *curupa-ñ* = cebil (*Piptadenia macrocarpa*), una especie de mimosa.

Plancha VIII. Figura 19. Lado derecho de la Quebrada de Peima, cerca de 795 metros sobre el mar (fuente principal de petróleo). Se ve como el aceite en la anticlinal es comprimido desde *a* (napa inferior de petróleo) hasta la base de los esquistos arcillosos impermeables *b*, donde sale afuera.

Plancha VIII. Figura 20. Detalle de la figura 19. Los puntos blancos en *a* son gotas de petróleo que exudan; no tienen que ver nada con los defectos de la placa fotográfica á la izquierda del cuadro. Quebrada de Peima, fuente principal.

Plancha IX. Figura 21. Demuestra algunos agujeros (II *p*) excavados en el hecho del arroyo (el fondo está formado por los conglomerados *a*), de donde las cuatro personas que están en el cuadro sacan petróleo con cucharas. El sitio es inmediatamente al lado del representado en la figura 20. Quebrada de Peima, fuente principal.

Plancha IX. Figura 22. Lado derecho de la Quebrada de Peima, 815 metros de altura, más arriba que el sitio representado en las figuras 19 á 21. Napa petrolífera superior *c* sobre los esquistos arcillosos impermeables *b*.

Plancha X. Figura 23. Camino carretero entre Caiza y Villamontes en el palmar del Aguraicito. Las palmas son *carandayes* (*Copernicia* [*Corypha*] *cerifera* Mart.)¹. Esta palmera es, en el borde de la Cordillera, la primera (la más meridional).

Plancha X. Figura 24. Como la anterior figura 23.

Plancha VI. Figura 25. El Río Pilcomayo, visto aguas arriba desde la orilla izquierda en San Antonio (Villamontes).

Plancha XI. Figura 26. Lado derecho de la Quebrada de Macharetí. Alternándose esquistos arcillosos impermeables con areniscas claras porosas, en parte petrolíferas. Ala muy inclinada de anticlinal, en parte algo inversa.

Plancha XI. Figura 27. (Como figura 26). Lado izquierdo de la Quebrada de Macharetí, en frente de la figura 26. Capa inferior del petróleo: En la base de la arenisca porosa 7 sale el petróleo sobre esquistos arcillosos impermeables 6. La fotografía ha sido tomada desde el mismo punto que la número 26.

Plancha XII. Figura 28. Lado izquierdo de la Quebrada de Macharetí, algo más arriba de las figuras 26 y 27. Ala muy inclinada de anticlinal constituida alternativamente por areniscas (y conglomerados) claras, porosas, y esquistos arcillosos oscuros, impermeables. El petróleo sale siempre en la base de las areniscas, directamente sobre los esquistos (cuanto más, entra muy poco en ellos).

Plancha XII. Figura 29. La garganta de la Quebrada de Macharetí, poco debajo de la Quebrada de Pitiaqua; está cortada en las areniscas petrolífera número 21. Sobre las paredes se nota por todas partes exudaciones de un líquido negro alquitranoso. Vista tomada desde el costado derecho hacia el izquierdo. El punto desde donde se tomó la fotografía es el mismo que el de la figura 28.

La Plata, Museo, 1º de febrero de 1912.

¹ Según Th. Herzog es tal vez otra especie en razón de que casi faltan las secreciones de cera en las hojas jóvenes.

POSTSCRIPTUM

Durante la impresión de este artículo han sido publicados algunos trabajos que tratan sobre la Formación petrolífera ó la región de mis estudios :

1913 ¹. BONARELLI, *Las sierras subandinas del Alto y Aguaraquí y los yacimientos petrolíferos del distrito minero de Tartagal, departamento de Orán, provincia de Salta. Anales del ministerio de Agricultura, sección Geología, Minerología y Minería*, t. VIII, n° 4, p. 1-50. Con 7 (8) figuras del texto, un mapa geológico y 3 perfiles geológicos. Buenos Aires.

1913. HERZOG, *Vom Urwald zu den Gletschern der Kordillere. Zwei Forschungsreisen in Bolivia*, p. 1-270. Con 3 croquis y 98 fotografías. Stuttgart. Véase v. gr., p. 87-134, 135, 139, croquis entre p. 32 y 33.

1913. HERZOG, *Die bolivianischen Kordilleren. Peterm. Mitteilung.*, 59. Jahrg. 1913, April-, Mai- y Juni- Heft, p. 192-195, 247-250, 304-308. Con 4 mapas (pl. 30 y 38), 5 panoramas (pl. 31) y 8 vistas (pl. 32 y 39). Gottha. Véase esp. p. 192-193 y el mapa á la derecha de la pl. 30.

1913. BONARELLI, *Exploración de la región petrolífera de Salta. Anales de la Sociedad científica argentina*, t. LXXVI, entrega I, p. 5-27. Con 4 croquis. Buenos Aires.

1913. DENIS, *La sierra de la Lumbre (République Argentine). Annales de géographie*, t. XXII, p. 337-352. Con un croquis (p. 339) y 4 fotografías (pl. XIV y XV). París.

1913 ². DE NINO, *Guía al Chaco boliviano*, p. I-XVII, 1-191. Con mapa del Gran Chaco. La Paz. Véase esp. p. 100-125 y el mapa.

Trabajos próximos á aparecer :

1913 ³. LONGOBARDI, *Estudio geo-químico de los aceites minerales de la « formación petrolífera » de la República Argentina y de Bolivia. Revista del Museo de La Plata*, t. XX, p. 198-211. Buenos Aires.

1913. BONARELLI, *La estructura geológica y los yacimientos petrolíferos del distrito minero de Orán, provincia de Salta. Anales del ministerio de Agricultura, sección Geología, etc.* Buenos Aires.

¹ En este trabajo el autor ya ha aprovechado mi manuscrito. (Véase, v. gr., p. 7, 20, 34 y la parte norte del mapa geológico). La publicación ha sido discutida en un artículo de Kohn — en alemán y castellano — (*Buenos Aires Handels-Zeitung = Revista financiera y comercial*, Jahrg. XXVI, Nummer 1297. Buenos Aires, 3 de mayo de 1913), que desarrolla ideas extraordinarias.

² El autor llama los pueblitos de Caipitande y Aguairenda « Caipitandi » y « Aguairenda ».

³ Este trabajo sigue directamente al mío, así que se puede ver lo más cómodo las propiedades químicas de los aceites de mi región.

En la página 177 de mi trabajo hay que agregar que (según noticias de diarios, octubre de 1912) dos vaporcitos á motor de kerosene han empezado con el tráfico regular sobre el río Bermejo hasta el kilómetro 602.

En página 177 he hablado del ferrocarril desde Embarcación hacia el norte y este. Ahora se ha cambiado el nombre de dicha estación por otro que ignoro; he sabido solamente que « Embarcación » se llama ahora la nueva estación *sobre la banda septentrional* del río Bermejo, la cual es el punto de bifurcación de las dos líneas nuevas. En los diarios (fin del año 1912) he leído que la casa de L. Stremitz ha sido encargada por el gobierno para hacer la construcción ferroviaria desde Embarcación á Yacuiba.

En la página 190 digo que Yacuiba está situada al sur del 22° latitud sur; véase lo que explica Herzog (*Peterm. Mitt.*, p. 192. 1913) sobre este asunto.

Con respecto á *nuevos hallazgos de petróleo* he recibido noticias de los lugares siguientes: San Cristóbal (provincia de Santa Fe) — comp. p. 192, nota 1; entre Metán (prov. de Salta) y Barranqueras (cerca de Resistencia, gob. del Chaco); Sierra baja de Orán, Agua Blanca, Desecho Chico, río Colorado al oeste de Orán, cerca del cerro de Miraflores en la sierra del Alto, Zanja Honda en la sierra de Aguaragüe, norte de la sierra del Alto — todos estos en la provincia de Salta; al oeste de Caiptande? (límite de Salta y Bolivia); más de 100 kilómetros al este de la sierra de ¿Villamontes? en 1-2 metros de profundidad salió el petróleo como una fuente de agua; y en la altiplanicie de Bolivia se lo ha encontrado cerca del lago Titicaca, como me lo comunicó el mismo doctor Steinmann (comp. p. 180 nota 1).

ACABA DE APARECER

OLMOS : I. *Prólogo al estudio de la Geología en Bolivia*. II. *Mapa geológico de Bolivia*. Escala 1 : 2.500.000. Con 7 perfiles geológicos. III. *Mapas Mineros*. — V. gr. los mapas de Chuquisaca y de Tarija. IV. Etc. *Anexos á la Memoria de 1912. Ministerio de Justicia é Industria*. Bolivia. La Paz.

La Plata, Museo, 10 de septiembre de 1913.

¹ Hay que lamentar que el autor, como aficionado, no ha podido desempeñar su tarea de una manera satisfactoria.