

Dr. ROBERTO BEDER



ANALES DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA DE LA NACIÓN
SECCIÓN GEOLOGÍA, MINERALOGÍA Y MINAS
TOMO XV - NÚM. I

DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS, GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA

CONTRIBUCIÓN
AL
CONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

TERCERA CONTRIBUCIÓN
AL
CONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LAS REGIONES PETROLÍFERAS
SUBANDINAS DEL NORTE
(PROVINCIAS DE SALTA Y JUJUY)

POR EL

Dr. GUIDO BONARELLI



BUENOS AIRES

TALLERES GRÁFICOS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA DE LA NACIÓN

1921

Buenos Aires, febrero 3 de 1919.

A S. E. el señor Ministro de Agricultura,

ingeniero Alfredo Demarchi.

S/D.

Señor Ministro:

En un todo de acuerdo con la opinión del jefe de la sección geología, tengo el honor de elevar a la consideración de V. E. el presente trabajo del geólogo doctor Guido Bonarelli, solicitando se sirva disponer su publicación en los Anales del Ministerio de Agricultura.

Saludo a V. E. con toda consideración.

E. HERMITTE.
Director General

Buenos Aires, diciembre 12 de 1918.

Señor Director General:

El informe del doctor Guido Bonarelli, que elevo a Vd., trata sintéticamente los problemas de la geología de la zona de petróleo, subandina en el Norte de la República y amplía los datos del mismo autor publicados en los Anales del Ministerio de Agricultura (Tomo VIII, N.º 4, 1913) y en el Boletín N.º 9, Serie B (Geología), de esta Dirección General, 1914. El trabajo contiene nuevos resultados importantes, especialmente en lo que se refiere a la estratigrafía de aquella serie de sedimentos que los observadores anteriores han denominado «formación petrolífera». Ruego quiera hacer que sea publicado en los Anales del Ministerio de Agricultura.

Saludo a Vd. atentamente.

J. KEIDEL.

INTRODUCCION

En la República Argentina podemos distinguir cinco regiones que forman otros tantos «distritos petrolíferos», ya sea por haberse observado en ellos la presencia de manifestaciones superficiales de petróleo, o por haberse constatado con perforaciones la existencia de yacimientos del valioso mineral.

Cada una de estas regiones presenta caracteres propios, diferenciándose de las demás, geológica y morfológicamente, en relación con la estructura de las grandes unidades a las que pertenecen.

De sud a norte, tenemos:

1.º El distrito petrolífero de Comodoro Rivadavia (territorio del Chubut), en la costa patagónica;

2.º El borde oriental de la cordillera patagónica, a lo largo del territorio del Neuquen y parte meridional de la provincia de Mendoza (1);

3.º El distrito de Cacheuta, en la provincia de Mendoza (2);

4.º La puna de Jujuy, entre Barro Negro de Tres Cruces y Yavi Chico (3);

5.º La zona subandina «que penetra desde Bolivia en las provincias de Salta y Jujuy» (4).

También se habló de petróleo encontrado en algunas perforaciones hechas en diferentes puntos del país, fuera de los lugares mencionados; pero, hasta la fecha, no se han confirmado tales hallazgos con nuevas exploraciones, por lo que más vale dejarlos de lado hasta tener datos más seguros al respecto.

En lo referente a la ubicación «vertical» del petróleo, es decir, considerando la edad geológica de los terrenos con que está relacionado, hay que distinguir entre «manifestaciones superficiales» y «yacimientos», siendo de notar desde ya las marcadas diferencias entre un distrito y otro, de tal manera que no es posible fundarse en un criterio de caracteres comunes al emprender su estudio.

En la región de Comodoro Rivadavia no se conocen todavía manifestaciones superficiales de petróleo. Sólo en los valles de los ríos Chico y Senguer, cerca de su límite occidental, se encontraron vestigios asfálticos en capas del cretáceo superior y terciario inferior.

También serían cretácicas las capas en que queda encerrado el nivel petrolífero que actualmente se explota en dicho lugar.

Del territorio del Neuquen y parte meridional de la provincia de Mendoza, se conocen cierto número de manifestaciones superfi-

(1) Este sería el «geosinclinal andino» del Dr. KEIDEL (*Informe sobre el yacimiento petrolífero de Challacó*, Buenos Aires, 1913).

(2) No hay razones para excluir Cacheuta de la lista de las «principales regiones petrolíferas» disminuyendo su importancia hasta ponerla a la par de los hallazgos muy dudosos del Gran Chaco, Provincia de Santa Fe, etc., etc.

(3) Queda por resolver el problema de si los yacimientos petrolíferos de la Puna jujeña están más o menos relacionados con los de la altiplanicie boliviana.

(4) HERMITTE, E. — *La geología y minería argentina en 1914*. — Cencer Censo Nacional, Buenos Aires, 1915; p. 30.

ciales brotando de capas jurásicas (Cerro Lotena), infracretácicas (Covunco, Río Barrancas), cretácicas marinas (Cajón de los Caballos, Puesto Pircala, Cerro Brea) o continentales (Challacó) y, al parecer, terciarias (Bolsón, según BAILEY WILLIS). Más peculiar es el modo de presentarse de otras manifestaciones, como la de Llan-canelo que surge en el centro de una región rodeada por relieves basálticos y las de Los Buitres y Cerro del Alquitrán, las que parecen estar relacionadas con intrusiones andesíticas.

Se han hecho perforaciones en muchos puntos (Cerro Lotena, Covunco, Challacó, Cerro del Alquitrán, Los Buitres) para buscar y beneficiar yacimientos relacionados con las susodichas manifestaciones, pero, con excepción de algunas, cerca del Cerro del Alquitrán, todas las otras no dieron resultado (1); así que, hasta la fecha, nada podemos decir en cuanto a existencia, importancia, profundidad y edad de yacimientos petrolíferos, sea primarios o secundarios, en el territorio del Neuquen y parte meridional de la provincia de Mendoza y es de considerarse algo atrevida cualquier previsión que se quiera insinuar al respecto.

Puede ser también que en algunos puntos no sea más el caso de hablar de yacimientos petrolíferos, en el sentido industrial y que el sinnúmero de vetas e impregnaciones de rafaélita (asfaltita) encontradas en la misma región, constituyan el indicio más evidente de la «vejez» de aquellos petróleos, muy pesados, habiendo llegado en su mayor parte, a los últimos estadios del proceso de polimerización.

En el distrito de Cacheuta se conocían desde hace mucho tiempo dos principales manifestaciones de un petróleo pesado surgiendo de las pendientes sudoccidentales del cerro homónimo, en las capas basales de la formación rética.

El mayor número de las perforaciones hechas en tal distrito han dado con la napa petrolífera y parece que su ubicación estratigráfica sea precisamente en las capas basales del rético.

En la puna de Jujuy las manifestaciones petrolíferas brotan de capas consideradas hasta ahora como cretácicas, siendo muy poco probable que exista allí un verdadero yacimiento explotable.

La zona subandina del norte es la región de que tengo que ocuparme en el presente informe.

Como veremos más adelante, es ésta la región en que se ha encontrado el mayor número de manifestaciones superficiales de petróleo (2), surgiendo de capas devónicas, permio mesozoicas, cretácicas y terciarias marinas (3).

(1) Cuando escribí estas líneas, la primera perforación de Plaza Huincul, no había alcanzado todavía a un nivel petrolífero.

(2) Ya alcanzan a un total de 65 distribuidas en 41 puntos, entre Bolivia meridional y Argentina septentrional.

(3) Según el Dr. KEIDEL (*Challacó. p. 3*) también deberían de existir unos «pocos manantiales, que en las provincias de Salta y Jujuy brotan de acumulaciones terrestres de edad terciaria» y que serían «yacimientos secundarios». Durante mis viajes y exploraciones en la región, no encontré manantiales en estas condiciones.

En cuanto a pensar que dichos manantiales «sean» o mejor dicho procedan de «yacimientos secundarios», he aquí un problema no resuelto todavía, puesto que ninguna de las perforaciones hechas hasta la fecha ha alcanzado un verdadero yacimiento petrolífero en el norte de la República. Sin embargo, por lo que se refiere a los manantiales que yo conozco, creo que, en la mayoría de los casos, las calidades químicas inmejorables de sus petróleos muy livianos no son tales como para autorizar la suposición de que estén relacionados con yacimientos «secundarios».

En cuanto a los yacimientos petrolíferos cuya existencia permiten suponer las susodichas manifestaciones, veremos en el curso del presente trabajo, además de lo que ya he publicado al respecto, en qué condiciones hay que esperarlos;—por de pronto, podemos anticipar, que, para tal investigación, nos fundaremos esencialmente sobre los caracteres tectónicos y estratigráficos de la serie petrolífera, reservándole un rol muy secundario a las investigaciones sobre origen de los petróleos, menudencias cronológicas y otras adquisiciones de pura academia.

Las condiciones indispensables, en la mayoría de los casos, para tener yacimientos petrolíferos, son: una tectónica sencilla, no perturbada y la alternancia de capas permeables (petrolíferas) entre capas impermeables (1). La tarea del geólogo al explorar terrenos petrolíferos, debe limitarse pura y simplemente a la constatación rigurosa de tales condiciones. Si se pierden de vista estos datos fundamentales para dedicarse con preferencia a especulaciones teóricas aumentarán en proporción geométrica las probabilidades del fracaso final.

La presencia de manifestaciones de petróleo en las regiones subandinas de las provincias de Salta y Jujuy es conocida desde hace mucho tiempo y ya se han hecho sondeos en muchos puntos de aquellos lugares en busca de yacimientos petrolíferos. Estos trabajos no dieron hasta la fecha un resultado satisfactorio por razones que en su lugar se detallarán.

La faja de territorio en que se han encontrado dichas manifestaciones está repartida en los distritos mineros siguientes, según la subdivisión adoptada por la Dirección General de Minas, al compilar el padrón minero de la República.

Departamento de Campo Santo y Ana (parte sudoriental de la provincia de Salta). Pedimentos ubicados fuera de los distritos mineros constituídos;

Departamentos de San Pedro, Ledesma y Santa Bárbara (provincia de Jujuy), distrito minero de San Francisco;

Departamento de Orán (parte meridional de la provincia de Salta), distrito minero de Tartagal y Orán.

Mis estudios en la región petrolífera del norte empezaron en 1911 y con pocas interrupciones prosiguieron hasta la fecha.

Mi primer informe sobre el distrito de Tartagal (orilla izquierda del Río Bermejo), ha sido publicado en 1913 (2), otro informe he publicado después, en 1914, sobre el distrito minero de Orán (3). De este último yo había anticipado unos cuantos datos en una conferencia que dí (30 de abril de 1913), en la Sociedad Científica Argentina (4).

(1) La ubicación estratigráfica y la conservación de los niveles petrolíferos en Com. Rivadavia, Cacheuta, etc. es debida principalmente a la presencia de una cubierta impermeable arriba de la serie en que el petróleo se ha acumulado. En cuanto a su procedencia, pasará algún tiempo antes que se pueda definir con seguridad el proceso migratorio a que dichos niveles deben su origen.

(2) Anales Ministerio de Agricultura; Sec. Min. Geol. etc.; T. VIII, n. 4. -- Buenos Aires, 1913. (Con Bibliografía).

(3) Minist. Agr.; Direc. Gral de Min. Geol. etc., Boletín n. 9, serie B. Buenos Aires, 1914 (Id.)

(4) Anal. Soc. Cient. Arg.; T. LXXXVI, entr. I, Buenos Aires, 1913.

Durante el segundo semestre de 1913 inicié el estudio de la región petrolífera de la provincia de Jujuy y de su prolongación al sud, en provincia de Salta, hasta la orilla izquierda del Juramento. Los resultados de tal estudio llevado a cabo durante el primer semestre de 1914, los dí a conocer en forma de apuntes que no se publicaron íntegramente, sino que fueron aprovechados, junto con el mapa que los acompañaba, para la exposición de San Francisco y la memoria descriptiva del tercer censo nacional (1).

Ya desde aquel entonces tenía reunido bastante material y acopio de datos para poder iniciar la confección del presente informe, pero faltábame todavía conocer con detalles algunos puntos de la región subandina (Sierra del Río Seco, Cerro de Calilegua, etc.), que no se habían podido incluir en los itinerarios precedentes; además, no tenía bien aclaradas unas dudas sobre otros puntos, por no haberlos podido estudiar con suficiente detención.

Muy oportunamente, pues, dispuso esta Dirección que yo volviera a la región, durante el invierno de 1915, para llenar dichas lagunas con nuevas observaciones, las que debían tender a fijar la posición estratigráfica de la base de los sedimentos denominados «formación petrolífera», «buscando en lo posible, los indicios que permitirán clasificar con seguridad la edad de los estratos que componen esta base; es decir, si se trata de depósitos precámbricos o devónicos».

En lo que se refiere al estudio estratigráfico de la formación petrolífera debía averiguar «si el piso medio, el de la dolomita, etc., que separa las dos areniscas, contiene la *melania* y quizás los otros fósiles del horizonte calcáreo de las regiones altas andinas».

Sobre este último punto no serían superfluas las aclaraciones que doy a continuación:

Ya se hizo notar en otra oportunidad (2) que mis ideas personales, sobre la geología de la zona subandina del norte, se apartan algo de las que han dominado, hasta la fecha, entre los geólogos que han estudiado aquellos lugares. Al mismo tiempo, se me ha reconocido el derecho de intentar lo posible para comprobar el fundamento de mis opiniones (3).

Yo esperaba haber alcanzado algún resultado satisfactorio, con mis precedentes publicaciones y referencias verbales, pero parece que no he logrado todavía tal intento, y es por eso que se me pide averiguar si la base de la formación petrolífera descansa sobre el precámbrico o devónico, no obstante haber yo afirmado, en repetidas ocasiones, que en la región subandina del norte la serie petrolífera yace sobre un conjunto de capas litológicamente idénticas a las que en la contigua Bolivia (Tarija, etc.) han dado fósiles devónicos (BODENBENDER, STEINMANN, COURTY) (4), y se me pide demostrar con pruebas paleontológicas que mi «horizonte calcáreo

(1) Véase: HERMITTE, E. — *Geol. y Min. Arg. en 1914*. Bs. Aires, 1915; p. 42-45.

(2) BONARELLI, G. — *Distrito minero de Tartagal*, 1913, p. 4.

(3) «Es forzoso dejar al autor la responsabilidad de sus opiniones» v. BONARELLI, *Tartagal*, 1913, p. 5.

(4) En 1912 (octubre), hice algunas excursiones en la Quebrada de Huma-huaca, expresamente para tener *de visu* una opinión autorizada sobre las numerosas diferencias que distinguen la serie devónica subandina del Precámbrico andino.

dolomítico» es contemporáneo de las calizas» con *melania* de las regiones altas andinas, lo que yo siempre he creído en base a lo que BRACKEBUSCH escribió sobre hallazgos de fósiles en la Laguna de la Brea (1) y en la Quebrada del Simbolar (2).

No se limita a esto solamente la diferencia de opiniones, sino que en otros puntos de no menor importancia, existe igual desacuerdo, como veremos más adelante.

Con el presente informe anhelo y espero lograr el resultado de aclarar dudas, desvirtuar objeciones, robustecer pruebas en pro de mis interpretaciones que, por fundarse más y más en los hechos, mayor valor van adquiriendo día a día.

(1) *Estudios, etc.*, p. 9, último párrafo.

(2) Id. Id. pág. 10. primer párrafo.

BIBLIOGRAFIA

La lista que va a continuación no contiene sino una parte de las publicaciones cuya consulta y estudio me resultaron de algún provecho (1) en el curso de mis investigaciones y en la redacción del presente informe sobre la zona petrolífera del norte.

Para tener una bibliografía más o menos completa, habrá que consultar las listas publicadas en los trabajos números 12, 13, 15, 16, 21 y 24; siendo de observar, sin embargo, que el resultado que así se obtenga no compensará el trabajo que ocasiona. Se trata en general de publicaciones en que sólo incidentalmente y por vagas referencias se hace mención de las regiones que forman parte de dicha zona; algunas de ellas versan sobre las calidades químicas de los petróleos subandinos y sus autores, en la mayoría de los casos, no tuvieron oportunidad de visitar aquellos parajes.

- 1). D'ORBIGNY, A. — *Voyage dans l'Amérique mérid.* (1826-1833). Paris et Strassburg, 1835-47.
- 2). BRACKEBUSCH, L. — *Estudios sobre la formac. petrolíf. de Jujuy.* Bol. Acad. Nac. de Ciencias de Córdoba, t. V, entr. 2.ª; Buenos Aires, 1883.
- 3). BRACKEBUSCH, L. — *Viaje a la prov. de Jujuy.* Bol. Acad. Nac. de Córdoba, t. V., entr. 2.ª; Buenos Aires, 1883.
- 4). ZUBER, R. — *Informe sobre el pet. de la Lag. de la Brea (prov. de Jujuy, R. A.)* Bol. Acad. de Ciencias de Córdoba, t. X, entr. 4.ª; Buenos Aires, 1883.
- 5). BRACKEBUSCH, L. — *Mapa geol. del int. de la Rep. Arg.* (1875-88). Gotha, Inst. Geogr. de Hellfarth, 1891.
- 6). EVANS, J. W. — *Exped. to Caupolican, Bolivia, 1901-02.* Geogr. Journ., t. XXII; London, 1903.
- 7). STEINMANN, G., HOEK, H. u. V., BISTRAM, A. — *Zur Geol. d. sudoestl. Boliv.* Centralbl. f. Min. Geol. u. Pal.; t. Stuttgart, 1904.
- 8). HOEK, H. u. STEINMANN, G. — *Erlaut. z. Routenkarte d. Exped. Steinm. Hoek v. Bistram in d. Anden v. Boliv.* Peterm. Mitt.; t. LII. Gotha, 1906.
- 9). BODENBENDER, G. — *Inf. sobre una explor. geol. en la región de Orán.* Bol. del Minist. de Agric.; t. IV, n. 4 y 5; Buenos Aires, 1906.
- 10). LONGOBARDI, E. — *Algunas investigaciones sobre los petróleos argentinos.* Buenos Aires, 1909.

(1) Con excepción del n. 19, que sólo se cita por no haberse todavía incluido en listas anteriores.

- 11). KEIDEL, H. — *Die neu. Ergebn. d. staatl. geol. Untersuch. in Argent.* Compt. rend. XI. Congr. géol. inter.; Stockholm, 1912.
- 12). STEINMANN, G. u. HOEK, H. D. — *Silur u. Camb. d. Hochland. v. Bolivia u. ihre Fauna.* Neu. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. B. B. XXXIV; Stuttgart, 1912.
- 3). BONARELLI, G. — *Las sierras suband. del Alto y Aguaragüe y los yacm. petr. del Dist. Min. de Tartagal, etc.* Anal. Minist. Agric.; Sección Geol. Min. etc., t. VIII, n. 4; B. Aires, 1913.
- 14). BONARELLI, G. — *Explor. de la región petrolíf. de Salta.* Anal. de la Soc. Cient. Arg.; t. LXXVI, entr. I, Buenos Aires, 1913.
- 15). DENIS, P. — *La sierra de la Lumbreira (R. A.)* Anal. de Géogr.; t. XXII, París, 1913.
- 16). SCHILLER, W. — *Contrib. al conoc. de la form. petrolíf. (Cretáceo) de Bolív. del Sud.* Rev. del Mus. de la Plata, t. XX; Buenos Aires, 1913.
- 17). LONGOBARDI, E. — *Estud. geoquím. de los aceites min. de la «form.» petr. de la Rep. Arg. y de Bolivia.* Rev. del Mus. de La Plata, t. XX. Buenos Aires, 1913.
- 18). LAVADENZ, L. y MOUSNIER L. — *Apunt. relativ. a los aceites min. en Bolivia.* Buenos Aires, 1913.
- 19). DE CARLES, E. — *Nuevas consid. sobre las form. petr. de Tartagal y Aguaray.* Anal. Mus. Nac. de Hist. Nat.; t. XXIV Buenos Aires, 1913 (Diciembre).
- 20). YENKS, J. W. — *Informe sobre la Minería de la Prov. de Jujuy.* Boletín Oficial de la Prov. de Jujuy; año I, t. I, n. 44 al 49. Jujuy, 1914.
- 21). BONARELLI, G. — *La estruct. geol. y los yacimientos petr. del Distr. min. de Orán, Prov. de Salta.* Minist. de Agric., Dir. Gral. de Min., Geol., etc.; Bolet. n. 9, Serie B. Buenos Aires, 1914.
- 22). HERZOG, TH. — *Beitr. z. Kenntn. v. Tektonik u. Glazial d. boliv. Ostkordill.* Geol. Rundsch., t. V, entr. 5/6. Leipzig u. Berlin, 1914.
- 23). PALMER, H. S. — *Geol. Notes on the Andes of N. W. Argent.* Amer. Journ. of Sc.; t. XXXVIII, New Haven, 1914.
- 24). HERMITTE, E. — *La Geol. y Min. argent. en 1914.* Tercer Censo Nac.; Buenos Aires, 1915.
- 25). LONGOBARDI, E. — *Los petr. suband. y sus relac. geo-quím.* Anales de la Soc. Quím. Arg.; t. III, Buenos Aires, 1915.

Con el propósito de bosquejar, aunque sea brevemente, un cuadro histórico de los progresos realizados hasta la fecha en la exploración geológica de la zona subandina (petrolífera) del Norte, haré un rápido examen, en orden cronológico, de algunas publicaciones citadas en la lista precedente. Tendremos así lo suficiente para fijar los puntos fundamentales en que se apoyarán principalmente las conclusiones del presente estudio. Bueno será notar de antemano que en dicha lista bibliográfica, además de las publicaciones en que sólo se

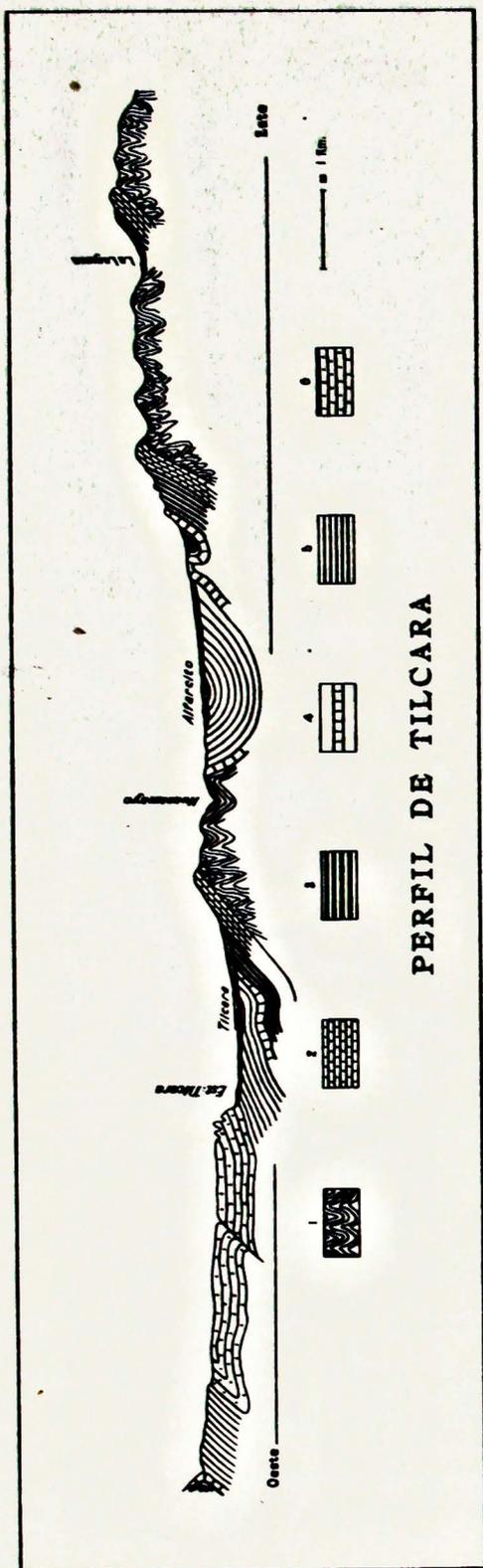


Fig. 1.

REFERENCIAS

- 1.—Esquistos precámbricos. 2.—Cuarcitas cámbricas. 3.—Serie ordoviciana. 4.—Horizonte con MELANIA, etc. 5.—Areniscas coloradas (cretácicos-terciarias). 6.—Estratos sujelos.

ha tratado de territorios argentinos, también se han incluido varias dedicadas especialmente a regiones bolivianas y no solamente de la zona subandina entre Argentina y Santa Cruz de la Sierra, sino también de su prolongación, al noroeste de dicha ciudad (hasta el Perú), en las pendientes orientales de la cordillera real donde, basándose en el trabajo de EVANS sobre Caupolican, se me ocurrió que las condiciones geológicas sean más o menos idénticas a las observadas en el sudeste boliviano.

D'ORBIGNY ha sido el primer geólogo que alcanzó, con sus itinerarios, algunos trechos de la zona subandina en las últimas estribaciones orientales de la Sierra de Cochabamba por el lado de Yungas. Las conclusiones más importantes a que llegó dicho autor con tal estudio, son las siguientes:

A. — La «Sierra de Cochabamba» es la prolongación, al sudeste, de la Cordillera real (Andes orientales); sólo que el núcleo de aquélla no presenta un desarrollo notable de masas graníticas intrusivas como se observa en el Cerro de Ilimani y en otros puntos, más al norte, hacia los Andes de Carabaya. El filo principal de dicha «sierra» está formado, en su mayor parte, por areniscas cuarcíticas y esquistos «silúricos» fosilíferos, fuertemente plegados y dislocados.

B. — A los dos lados de ese sistema principal, en sus pendientes más elevadas, predominan areniscas «devónicas» también fosilíferas. Según D'ORBIGNY (1), hay concordancia, como regla, entre silúrico y devónico. Sin embargo, en uno de sus perfiles (2) se observa (a la altura de Tutu Lima) un afloramiento devónico en discordancia perfecta sobre el silúrico.

En las pendientes nordorientales de la sierra cochabambina el devónico constituye, en su límite con el silúrico, un cordón orográfico continuo, con dirección de S.E. a N.O., conocido con diferentes nombres según los diferentes trechos.

C. — Arriba de tal serie «devónica» y en concordancia con la misma, en los últimos contrafuertes de la sierra en cuestión, hacia su límite al noreste, observó dicho autor otra serie de areniscas cuarzosas, friables, rojizas, sin fósiles. Escribe D'ORBIGNY que las calizas y areniscas calcáreas con fósiles «carboníferos» de las islas Quebaya y Yarbichambi (Lago Titicaca) están a la base de esta misma formación (3) y es por esta razón que él puso todo en el carbonífero.

D. — Una serie sedimentaria que D'ORBIGNY consideró como triásica, se observa en muchos puntos, a los dos lados de la cordillera real y en la altiplanicie boliviana, siendo su condición de asiento con aparente concordancia sobre la formación «carbonífera» o con discordancia sobre la formación «devónica» (4). Dicha serie está formada, según el mismo D'ORBIGNY, por la siguiente sucesión de capas, de arriba abajo (5):

(1) Ob. cit., p. 250.

(2) Ob. cit., pl. VIII, fig. 4.

(3) Ob. cit., p. 232-233.

(4) Ibid., p. 256.

(5) Ibid., p. 235.

Areniscas arcillosas blanquecinas o rojizas, muy friables, blandas);

Arcillas hojosas rojizas o abigarradas;

Calizas y dolomitas (1) fosilíferas.

Al considerar tal serie como triásica, D'ORBIGNY se fundó en las semejanzas litológicas de sus capas con las de la serie triásica de Europa Central. Paleontológicamente no habría sido posible la determinación cronológica de tal serie por ser la *Chemnitzia potosensis* D'ORB. (único fósil de la formación que D'ORBIGNY ha podido determinar) una especie nueva.

Tal es la serie observada por D'ORBIGNY a lo largo de su perfil entre Cochabamba y Santa Cruz de la Sierra. En cuanto a las condiciones tectónicas de aquellos lugares, son demasiado escasos los datos que da el autor al respecto, lo que no extraña si se toma en consideración que en aquellos tiempos la tectónica estaba todavía en su fase inicial.

Después de los viajes de D'ORBIGNY, pasaron cincuenta años antes que otro geólogo tuviese ocasión de aventurarse en las regiones subandinas del norte. Esta vez la región favorecida por una exploración científica fué la parte sudoriental de la provincia de Jujuy, a cuyo estudio el doctor BRACKEBUSCH dedicó los meses de otoño del año 1881.

En repetidas ocasiones he tenido oportunidad de resumir los resultados de ese estudio; tendré ahora que hacerlo una vez más para el fin que se persigue en los párrafos siguientes.

BRACKEBUSCH llamó «formación petrolífera», y después, en 1891, «sistema de Salta», a una serie de capas relacionadas con las manifestaciones petrolíferas de Garrapatal, Aibal y Laguna de la Brea en la provincia de Jujuy.

En dicha serie, distinguió BRACKEBUSCH dos diferentes formaciones o pisos: un piso inferior constituido por areniscas «coloradas» y un piso superior con dolomitas, calizas, margas, etc., en capas alternantes.

En sus «areniscas coloradas» vió BRACKEBUSCH el correspondiente homotípico y sincrónico de otras areniscas coloradas distribuidas por todas partes, en Sud América, con las que, en otros tiempos presentaban, según dicho autor, «una conexión íntegra que solamente por la erosión de ciertos puntos ha sido interrumpida».

En cuanto a la edad de dichas «areniscas coloradas» he aquí de qué manera creyó BRACKEBUSCH haber resuelto el problema: él había recogido en la serie de su piso superior (calizas, dolomitas, margas, etc.), el mismo gastrópodo (*Chemnitzia (Melania) potosensis* D'ORB.) encontrado por D'ORBIGNY en las calizas, etc., de Miraflores (Potosí, Bolivia), junto con otros fósiles (*Paludina (?)* y «Pescados»); se le ocurrió que también del cretáceo inferior de Bahía en Brasil, se conocen Melánias, vivíparas y peces recogidos por

(1) Un detalle de importancia que resulta de lo que dice D'ORBIGNY, es que en ciertos puntos hay capas calcáreas arriba de las arcillas y capas arenosas blancas abajo de las mismas. ¿Se trata de *facies* locales o de inversión de series? Así mismo, parece que en ciertos puntos falte uno u otro de los tres miembros de la serie. ¿Es esta una condición originaria o debida a la erosión?

ALLPORT (1) y HART (2) y le parecieron suficientes estas analogías faunísticas (3) para dar por demostrado el sincronismo de la formación petrolífera salteña y jujeña con el «Bahian Group» de la costa atlántica de Brasil.

Entonces, como el «Bahian Group» ya se había referido al cretácico inferior, resultaba la lógica consecuencia, en la opinión de BRACKEBUSCH, que también debiera ser infracretácica la serie calcáreo dolomítica o piso superior del «sistema de Salta», mientras que para las areniscas coloradas del piso inferior, quedó algún tiempo en duda si atribuir las al infracretácico o al suprajurásico, antes de decidirse por el primero, (1891).

No es el caso de insistir mucho sobre la poca consistencia de los criterios paleontológicos en que se funda este autor al definir la edad de su formación petrolífera. Sin embargo, hasta la fecha ha dominado la opinión en base a las observaciones hechas por STEINMANN, de que la determinación propuesta por BRACKEBUSCH, en caso de no ser exacta, tampoco estaría muy lejos de la verdad.

Lo que más interesa, por de pronto, es el hecho de haberse encontrado, por BRACKEBUSCH, en su formación petrolífera, parte superior, la misma *Melania* (*Chemnitzia*) *potosensis* D'ORB. «de Miraflores», lo que demuestra la contemporaneidad de las dos formaciones y lleva lógicamente a la deducción de que la parte inferior de la «formación petrolífera» BRACKEBUSCH, corresponde a la serie carbonífera D'ORB. (4).

Después de BRACKEBUSCH, pasaron otros veinte años antes que otro geólogo tuviese ocasión de realizar algún viaje de estudio en las regiones subandinas. Esta vez es el inglés J. W. EVANS, quien nos proporciona datos de sumo interés sobre la región de Caupolican.

El punto de salida de la expedición encabezada por EVANS fué Sorata; la primera parte del viaje se efectuó a través de la cordillera real (esquistos cambro-silúricos graptolíticos (5) en parte metamórficos, con intrusiones graníticas y cuarzos auríferos) bajando hasta Huanay, a poca distancia de la confluencia del Río Coroico con el Mapiri. Desde Huanay, con balsas, efectuó dicho autor, por dos veces, la bajada del Río Caca hasta su confluencia con el Río Beni y, después, de este último río hasta Rurenabaque. He aquí, en resumen, la serie observada a lo largo de tal itinerario fluvial, cuyo rumbo general es de S.S.O. a N.N.E:

(1) *Fossil remains near Bahia*. Kaurt. Jour. Geol. Soc., London. T. XVI, 1859, pág. 263.

(2) *Geol. and Phys. Geogr. of Brazil*. Boston, 1870, p. 350.

(3) Analogías genéricas y no específicas. Ninguna de las *Melania*s de Bahía (*terebriformis* MORR., *nicolayana* AG. etc.) es comparable con la *Chemn.* (*Melania*) *potosensis* D'ORB. En cuanto a los otros fósiles de la formación petrolífera, nunca han sido determinados, ni se tiene noticias del actual paradero del material paleontológico recogido por BRACKEBUSCH en el Norte de la República.

(4) Esta última es la misma serie que PISSIS (Recherches, etc., *Anales des Mines*, Ser. 5.^a, T. IX, París 1856), FORBES (Bolivia and Perú Quart. Journ. London, 1860) y COURTY (Explor. Géol. dans l'Amérique du Sud, *Mission Scient. S. Cregui-Moutfort et E. Sénéchal de la Grange*, París 1907), consideraron como «diásica» o «pérmica». «Je rapporte les conglomérats et les grés cuprifères (de Coro Coro) a l'étage permien parceque present le même *facies* que ceux de Turingie».

(Ob. cit. p. 130).

(5) Ob. citada, p. 626.

—En la angostura de Cusali, donde el río corta transversalmente la sierra homónima («Cusali Range») (1): Areniscas (micáceas?) duras (A), intercaladas con esquistos «paleozóicos» (2), formando rápidos y cascadas.

— Entre Isapuri y Retama, areniscas duras (B).

— Cerca de Nube, un pequeño afloramiento de caliza (C).

— Más al norte de Nube, areniscas duras (D) «hard and massive» (3); después, areniscas blandas (E) «soft», «red in colour» (4) y finalmente conglomerados (F) medio sueltos, también colorados, entre Incahuara y Maquique.

— Más al norte, en la angostura de Chimiri, reaparecen las areniscas duras (D) por debajo de las blandas (E) y siguen hasta la confluencia del Caca con el Beni, donde afloran otra vez las areniscas blandas (E) y los conglomerados (F) formando un valle de cierta amplitud; más al norte se repiten las mismas condiciones en otras tres angosturas formadas por el río cortando otros tantos cordones montañosos («Beu Range», «Chepite Range» y «Bala Ridge»), en cuyo núcleo se observan las areniscas duras (D) por debajo de las blandas (E). Un último cordón de lomadas, antes de llegar a Rurenabaque, está formado por las areniscas blandas (E).

El viaje de regreso a Sorata se efectuó por los expedicionarios desde Tumupasa (unos 50 km. al N.O. de Rurenabaque) con rumbo a S.O., en dirección a Apolobamba, es decir, con itinerario casi transversal a la orografía de la región, traspasando cinco cordones principales (Bala Susi, Jatunari, Chiruchoricha, Jatuncana, Apolobaten) los que, con toda seguridad, como muestra el mismo mapa de EVANS, representan la prolongación al N.O. de los cordones orográficos observados entre Huanay y Rurenabaque; solamente que en aquéllos la serie estratigráfica debe ser más complicada por presentarse a flor de tierra rocas más antiguas hasta las del grupo (A). Así deja entender la descripción de EVANS y lo mismo lo demuestran los fósiles devónicos (*Phacops* cfr. *arbutus* LAKE, *Dalmanites paituna* HARTT-RATHBUN y *Dal. moecurua* CLARK) descritos por LAKE (5) y recogidos a lo largo del camino entre Apolo y San José de Chupiamonas (6).

EVANS, emplea cinco páginas de su publicación para exponer sus ideas generales sobre la geología de la región estudiada. Estas se pueden resumir como sigue: las areniscas con esquistos (A), las areniscas (B), la caliza «de Nube» (C) y, tal vez, las areniscas (D) serían de edad paleozóica. Las areniscas blandas (E) y los conglomerados (F) serían de una edad reciente (of comparatively recent formation).

En los conglomerados se encuentran, de vez en cuando, troncos de árboles lignificados (Río Tuiche (7), etc.). El diastrofismo de

(1) Este cordón orográfico sería la prolongación al N.O. de la hilera de serranías constituidas principalmente por capas devónicas y observadas por D'ORBIGNY en la región de Yungas («Cumbrecilla» en el alto Chaparé, «Yanacaca» o «Seyeruma» en el alto Securi etc.)

(2) Ob. cit., p. 606.

(3) Ob. cit., p. 607.

(4) Ibid.

(5) *On Trilobites Collect. by EVANS in Bolivia*. Quart. Journ. Geol. Soc. London, T. 62, 1906, pág. 426, etc.

(6) Véase también COURTY, Ob. citada, p. 127.

(7) Ob. cit. p. 615.

la cordillera real dataría, por lo menos del mesozóico inferior, mientras que «the ranges to the Northeast of the Cordillera Real appear to be the result of more recent date». «They may be considered as successive crumples of the Amazonian plain» (1).

En un punto llamado Kerosinmayo, en la Quebrada de Chupiamonas, existe una manifestación de petróleo.

La región de Caupolicán, estudiada por EVANS, y la pedemontana de Yungas, explorada por D'ORBIGNY, representan dos diferentes trechos de un mismo sistema (subandino); es lógico, por lo tanto, suponer entre las dos regiones analogías estratigráficas y, tal vez, morfológicas. En la espera de que un estudio tectónico más detallado permita llegar a conclusiones más terminantes al respecto, nos limitaremos, por de pronto, a comparar los resultados obtenidos por los autores mencionados con sus exploraciones.

La serie descrita por EVANS corresponde casi completamente a la de D'ORBIGNY, salvo las interpretaciones cronológicas que son diferentes. Las areniscas blandas (E) de EVANS corresponden a las capas arenosas friables del «Triásico, parte sup.» de D'ORBIGNY. Las areniscas duras (D) sustituyen en Caupolicán las arcillas abigarradas (parte media del «Triásico», según D'ORBIGNY) de la altiplanicie boliviana. (Como veremos en su lugar, se observa la misma eteropía entre las «keuperartige Mergel» (STEINM) de la Puna de Jujuy y las «Areniscas superiores» (BONAR.) de la región subandina de Tartagal, en la República Argentina). Las calizas de Nube (C) representan el «Triásico» parte inferior (Calizas y Dolomitas fosilíferas) de D'ORBIGNY. Las areniscas duras (B) ocupan el mismo escalón que las areniscas «carboníferas» (D'ORB.) o «pérmicas» (PISSIS, FORBES y COURTY) de otras regiones bolivianas. Y, por fin, en la serie (A) se encontraron fósiles «devónicos» cuya existencia, en otros puntos de Bolivia, ya se conoce desde el tiempo de D'ORBIGNY.

El profesor G. STEINMANN, inició sus estudios geológicos de Sud América en 1883 con un viaje a Patagonia. Tuvo después la oportunidad de recorrer la República de Bolivia y la Puna de Jujuy, con numerosos itinerarios, pero sólo dos veces se le presentó la ocasión de bajar a la zona subandina: la primera vez en 1884, al realizar una rápida travesía del Chaco boliviano, entre Santa Cruz de la Sierra y la región de Chiquitos (2) y la segunda vez, con una corta excursión a la «Escalera» (Provincia de Jujuy), que es una angostura con que el Río Negro del Quemado corta la Sierra de Zapla en su prolongación septentrional (3). Así le faltó la posibilidad de enterarse personalmente sobre la estructura y morfogénesis de aquel sistema orográfico. Sin embargo, es de importancia, conocer los datos generales de sus exploraciones en Bolivia, en vista de que él llegó, con su estudio, a unas cuantas conclusiones que se pueden aplicar a la región subandina.

(1) Ob. cit. p. 635.

(2) Neu. Jahrb. F. Min. Geol. etc., B. B. VIII. Stuttgart, 1893; p. 3.

(3) Sobre su primer viaje a Chiquitos, STEINMANN no ha publicado nada y de su visita a la «Escalera» sólo se sabe que recogió en aquel sitio un rodado del lecho del río, formado por arenisca silúrica fosilífera con *Lingula lineata* HOEK y *L. inornata* HOEK (Neu. Jahrb. f. Min. Geol., etc., B. B. XXXIV, Stutt., 1912; p. 200 nota) La procedencia de tal guijarro debe ser muy probablemente desde el Oeste de aquel punto, es decir de la Sierra de Tilcara.

Pasaremos por alto los detalles relativos a la serie paleozóica antigua, cambro silúrica y devónica, en la que dicho autor recogió un gran número de fósiles, siéndole así posible ensayar una clasificación cronológica bastante segura y detallada de aquellos terrenos.

Sobre la serie carbonífera marina del Lago Titicaca no se encuentran datos en ninguno de los trabajos de STEINMANN que hemos podido consultar y sólo en uno de ellos se da por segura, sin mayores detalles, la presencia del carbonífero cerca de Tarija (1).

En el mapa itinerario publicado más tarde (Steinm. Hoek. v. Bistram 1906), no se nota la presencia del carbonífero en los alrededores de Tarija. Por el contrario, está indicado para otros lugares (angostura de Yaco, entre Oruro y La Paz, Cerro Lamarain, Apilapampa, Cuesta de Tapacari y Morochata al O. y S.O. de Cochabamba), y son precisamente los puntos de que procede el material paleontológico estudiado por H. L. F. MEYER (2).

Lo que más interesa para nosotros son las interpretaciones de este autor sobre la serie sedimentaria boliviana sobrepuesta al paleozóico.

STEINMANN ha dado el nombre de «Arenisca de Puca» a esta serie, declarando que se trata, en todo caso, de la misma serie llamada por BRACKEBUSCH «formación petrolífera», en las provincias argentinas del Norte, y distinguió en ella tres horizontes principales, a saber, de abajo arriba:

A — un sistema «basal» de areniscas;

B — un sistema de margas abigarradas de aspecto keuperiano, con yeso, calizas y dolomitas, y,

C — un sistema de «areniscas superiores» cuyo espesor sería mucho mayor que el de las inferiores.

El espesor total de este serie marina (3) fué calculada por STEINMANN en un millar de metros. El mismo autor reconoce la identidad de sus «areniscas basales» con la serie arenosa permocarbonífera de D'ORBIGNY, PISSIS y FORBES y la de sus «margas abigarradas» con la serie «triásica» de D'ORBIGNY, pero concluye por afirmar que dichas formaciones no pueden ser ni pérmicas, ni triásicas, en base a los fósiles recogidos por él cerca de Miraflores, al «oeste» de Potosí, cuyas determinaciones figuran en la lista a continuación:

Melania potosensis (D'ORB.).

Nerinea sp.

Janira sp.

Ostrea sp.

Pseudodiadema o *Cyphosoma* sp.

⚡ Efectivamente, este complejo faunístico, si las determinaciones genéricas resultaran exactas, sólo puede dejar en pie alguna duda sobre si la caliza de Miraflores es jurásica o cretácica, pero demuestra, en todo caso, que no puede ser más antigua del jurásico, ni más reciente del cretácico. STEINMANN, siguiendo a BRACKEBUSCH, optó por considerarla infracretácica.

(1) *Sudoestl. Boliv.*, p. 3.

(2) *Neu. Jahrb. B. B.* XXXVII, p. 590; Stuttgart, 1914.

(3) STEINMANN, G. — *Die Entstehung d. Kupfererzl. v. Corocoro etc. in Bolivia*. — Sonder-Abdruck a. d. Festschr. etc., V. H. Rosenbusch. Stuttgart, 1906, p. 340.

Lo que yo, desde un principio, consideré como no demostrado por parte de STEINMANN es que, debiéndose atribuir al cretácico el horizonte calcáreo de Miraflores, deben también considerarse como cretácicas las areniscas «inferiores» y «superiores» que en la mayoría de los afloramientos acompañan a dicho horizonte fosilífero.

He aquí uno de los puntos en que no estoy de acuerdo con las ideas que han «dominado». Para mí, los fósiles sólo sirven para reconocer la edad de la formación en que se han encontrado y en el caso especial de la formación petrolífera, el buen sentido me sugiere que la gran diferencia de *facies* entre las rocas fosilíferas y los dos horizontes de areniscas en que se intercalan, comprueba la relativa diferencia de edad.

Según el mismo STEINMANN, arriba de las «areniscas superiores» y en concordancia con ellas, descansa una potente serie no marina sino «de agua dulce» (1) siendo formada por conglomerados y margas arenosas sin fósiles, con intercalaciones de calcáreo de agua dulce. Esta serie ha sido llamada por STEINMANN «formación de Jujuy» o «estratos jujeños» (Jujuy-Schichten), lo que demuestra que sus condiciones típicas hay que estudiarlas en los alrededores de Jujuy. Discutiremos en otro lugar, el valor de esta denominación. Por de pronto, podemos anticipar que abarca dos formaciones distintas, homotípicas y sincrónicas con las (E) (F) de Caupolican, descritas por EVANS.

En 1905, el profesor BODENBENDER de la Universidad de Córdoba, tuvo ocasión de realizar un corto viaje de estudio al Noroeste de Orán. He aquí resumidos los resultados de tal estudio:

A los dos lados del Río Lipeón, cerca del pueblo homónimo, observó BODENBENDER (2) «arriba de pizarras paleozóicas y en posición concordante sobre ellas, un sistema de areniscas de mucho espesor... Ellas son de color gris amarillento, cuarcítics o felcospáticas de grano variado, interponiéndose entre ellas en su parte inferior, rocas calcáreas y pizarras; estas últimas contienen restos carbonizados de plantas. Una verdadera pizarra carbonífera aparece en el arroyo, que el camino que viene de la cuesta, cruza cerca de la primera casa de la población de Lipeón».

El párrafo que transcribimos revela la excepcional importancia del lugar estudiado por BODENBENDER. La presencia de calizas y pizarras «carboníferas» intercaladas en las capas basales de la serie arenosa hace pensar en la posición estratigráfica de la serie «carbonífera» de «Titicaca» según D'ORBIGNY, y permite entrever la posibilidad de que existan relaciones inmediatas con el «carbonífero» observado por STEINMANN en los alrededores de la cercana Tarija.

En cuanto a las «areniscas observadas en varios puntos entre Orán y Porongal» y en la misma región de Baritú-Lipeón BODENBENDER insistió mucho en que pertenecen a dos distintos grupos. Sin embargo, él no ha visto calizas separando los dos grupos.

En lo referente al grupo inferior, BODENBENDER manifestó la opinión de que no sea «exclusivamente cretáceo» sino que pertenezca a «varios terrenos» y corresponda a la serie permomesozóica (Es-

(1) STEINMANN, G. — Sudoestl. Bolív., 1904, p. 3.

(2) Ob. citada p. 8.

tratos de Paganzo, «terreno rético», etc.), de las provincias andinas. A tal conclusión llega el autor, fundándose en los caracteres litológicos de aquellas areniscas, sin preocuparse mayormente de buscar en la vieja literatura (D'ORBIGNY, PISSIS, FORBES), argumento en favor de su tesis.

El doctor Schiller, de la Universidad de La Plata, al realizar un rápido y corto viaje en las regiones petrolíferas del sudeste boliviano, no tuvo ocasión de hacer observaciones que difiriesen en algo de las ideas de su maestro, el profesor STEINMANN, sobre la «formación petrolífera» de la cual dice en página 180 de sus estudios (1) que está formada por diferentes tipos litológicos, que no presenta fósiles, que tiene un espesor de 1.000 m. como mínimo y que «debe» atribuirse al período cretáceo. En lo referente a tectónica, el doctor SCHILLER notó plegamientos y fallas longitudinales; estas últimas pudo verlas con anteojos (2).

Las observaciones hechas por SCHILLER en los puntos en que se detuvo lo suficiente para estudiarlos con detalle, aunque sólo en parte sean exactas, como he podido comprobar *de visu*, proporcionan datos interesantes, según veremos en el curso de las presentes páginas.

Mi actuación en el estudio geológico de la región petrolífera del norte puede resumirse en lo siguiente:

Desde un principio, he dado el nombre de «sistema orográfico subandino» a una faja de relieves pedemontanos bordeando la Pre-cordillera del Norte por el lado del Chaco.

Dicha faja constituye, morfológica — y geológicamente, una unidad bien definida con caracteres evidentes de elemento subpositivo formado por una serie en gran parte marina, permo-cenozoica, completa o casi completa, cuyo diastrofismo se efectuó, principalmente, por los movimientos tectónicos de la «segunda fase» (KEIDEL) los cuales se iniciaron durante el mioceno y terminaron con la iniciación del pleistoceno.

En dicha serie he distinguido los miembros siguientes, de arriba abajo:

Cenozoico.....	}	sup. — Conglomerados «jujeños».
		inf. — Terciario subandino.
Cretácico.....	}	Areniscas superiores.
		Horizonte calcáreo dolomítico.

Permo-mesozoico — Areniscas inferiores,

estas últimas descansando con aparente concordancia, sobre areniscas y pizarras micáceas litológicamente idénticas a las rocas devónicas fosilíferas de Tarija, etc., descritas por STEINMANN y otros.

Esta serie «devónica» la observé, por primera vez, en 1912 (segundo año de exploraciones), en las regiones de San Andrés y Po-

(1) Ob. citada.

(2) Ob. citada p. 181.

rongal, al oeste de Orán (1). Mis tentativas para buscar fósiles en sus afloramientos no dieron resultado, faltándome así el medio más preciso de comprobar su edad.

Esa falta de fósiles es de lamentar en casi toda la serie sedimentaria que compone la formación petrolífera y ha sido el mayor obstáculo con que he tropezado al tratar de llegar a conclusiones definitivas sobre la edad de aquellos terrenos.

Después de haber perdido mucho tiempo buscando inútilmente algún resto orgánico macro o microscópico, tuve que escoger algún medio indirecto con el fin de tener datos concretos y de real valor para la solución de los problemas cronológicos que dicha falta de fósiles dejaba en suspenso.

Veamos en qué forma me ha sido posible obtener al respecto algún dato apreciable.

A. — En lo referente a mi «devónico», no se me había escapado que en las sierras de Santa Bárbara y Centinela (provincia de Jujuy), existen extensos afloramientos de esquistos que BRACKEBUSCH consideró como silúricos. Se me insinuó la posibilidad de que se tratara más bien de esquistos precámbricos y que la serie considerada por mi como «devónica» fuera también precámbrica.

Para cerciorarme sobre este punto, resolví realizar algunas excursiones hacia la Puna de Jujuy; lo que llevé a cabo en octubre de 1912. Obtuve con tal viaje resultados inesperados. Además de poderme convencer que ninguno de los tipos litológicos que forman allí la serie precámbrica tiene algo en común con los de mi devónico (2), se me ofrecieron las mejores oportunidades para hacer otras comparaciones de no menor importancia; por ejemplo, entre la formación petrolífera de la Puna y la serie subandina.

Las diferencias son bastante notables. En la Puna y en la Quebrada de Humahuaca, la serie es *incompleta*; por largos trechos *faltan* las «areniscas inferiores» y el «horizonte calcáreo dolomítico» (3), descansa a veces directamente, o con intermedio de un conglomerado basal de pocos metros de espesor, hasta con pseudoconcordancia, sobre capas silúricas o cámbricas, o en discordancia sobre esquistos precámbricos. En los pocos puntos donde se presentan las areniscas inferiores, su espesor, en todo caso, es muy reducido en comparación con los 2.500 metros que alcanzan a medir, como máximo, en la región subandina.

Uno de esos puntos es la región alrededor de la estación «Tres Cruces» (F. C. C. N., ramal a la Quiaca), donde he podido detenerme lo suficiente para estudiarla con detalle. El planito anexo, mostrando la estructura geológica de aquel paraje, permite ver cómo un poco al norte de la estación susodicha, toda la serie se levanta formando la extremidad meridional de un relieve en cuyo núcleo asoman las areniscas inferiores por debajo del horizonte calcáreo dolomítico.

(1) BONARELLI. — *Distrito Min de Orán*, p. 16.

(2) En la Puna parece que no hay Devónico. Por lo menos, no he podido dar con ningún afloramiento de rocas con fósiles devónicos o que presente siquiera analogías con mi «Devónico» subandino.

(3) Véase fig. 1, representando el perfil geológico de la «precordillera salto-jujeña» a la altura de Tilcara (Quebrada de Humahuaca).

Nada puedo decir en cuanto a su espesor, por no estar a la vista, en dicho lugar, sus capas basales.

Allí mismo, en Tres Cruces, mucho mejor que en cualquier otro punto de la región, se puede estudiar cómodamente, en su más típico desarrollo, la *facies* interandina del horizonte calcáreo dolomítico y de las margas abigarradas que le están superpuestas, substituyendo en gran parte las «areniscas superiores» que en la región subandina ocupan el mismo nivel estratigráfico.

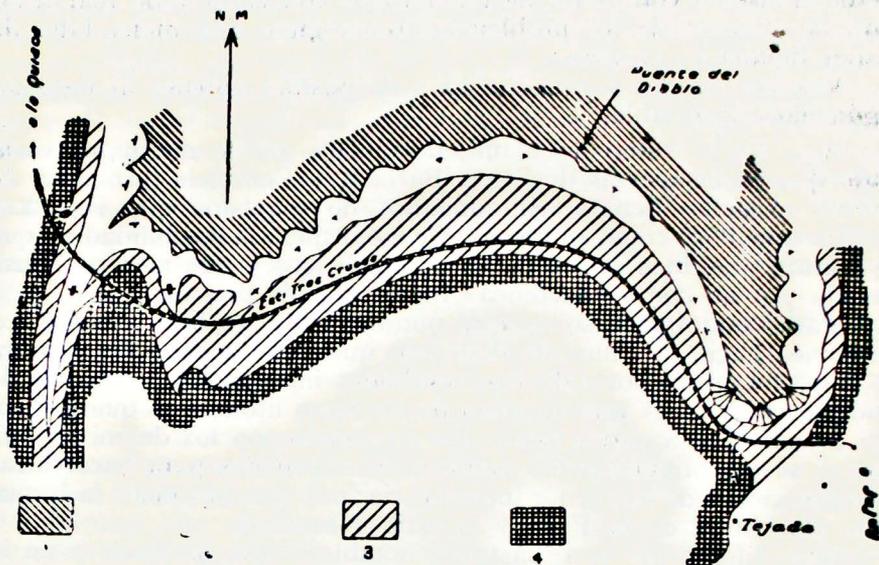


Figura 2
Estructura geológica alrededor de Tres Cruces (Puna de Jujuy) — (Escala aprox. 1 : 90.000)

1. — Areniscas inferiores
2. — Horizonte con «Melania».
3. — «Margas» abigarradas
4. — Areniscas superiores

B. — Las observaciones hechas en la Puna de Jujuy y en la Quebrada de Humahuaca confirmaban en todo mis vistas generales sobre el valor de la clasificación propuesta por mí para la serie subandina, en base a sus caracteres geognósticos; pero, en cuanto a la cronología de aquellos terrenos, quedaban en gran parte las dudas anteriores, sobre todo en lo que se refiere a la supuesta serie devónica.

Ha sido, pues, con el mayor agrado que, hallándome en comisión de estudio en Jujuy (agosto de 1913), recibí la carta siguiente, que con permiso del remitente, doy a la publicidad y cuyo contenido analizaré más abajo.

La casa «Thompson & Hunter» de Londres, había sido encargada para hacer algunas perforaciones en busca de petróleo en la región subandina sudoriental de Bolivia, por cuenta del Sindicato «Farquahr».

En la dirección del trabajo estaba el ingeniero T. G. MADGWICK y el estudio geológico del terreno en que debía de hacerse la exploración por medio de sondeos, estaba a cargo del señor J. ROMANES. Dada la vecindad de aquellas regiones con las estudiadas

poi mí, ya tenía fundadas razones para esperar la existencia de muchas analogías entre ellas, lo que precisamente vinieron a confirmar los estudios realizados por el señor ROMANES. He aquí la carta del señor MADGWICK, dando cuenta de los resultados de dichos estudios:

Conde GUIDO DE BONARELLI,
Buenos Aires.

15th. July 1913.

My dear Count: I am taking the opportunity of Messrs. Leachs carts returning from Cuevo to send you a tin containing the best specimens we have so far been able to obtain of paleontological remains among the rocks of this district. These have been packed by my colleague Mr. J. ROMANES who is most eager to know whether they are likely to be recognised by you as equivalent to any met with in the Argentine. They are not I am afraid easy recognizable in themselves but may be known to one acquainted with the fossils of South America. I hope you may find them of interest.

Mr. Hileman gave me a copy of your deeply interesting paper when I visited him at Aguaray on the road up to Bolivia and we have been comparing your description of the stratigraphy with the results of our own observations here.

The following is the classification which we are using in the field but we hope finally to be able to use the divisions you have already adopted.

- | | |
|-----------------|---------|
| Sacarigua Beds | } Upper |
| | |
| Mandiyuti Beds | |
| Sararenda Beds. | |

The Sararenda Beds consist of grey and yellowish green sandstones, very micaceous and often flaggy with intercalated bands of dark shales. It is from these beds that the Brachiopods and plant remains have been obtained. The base has not been seen and generally a thickness of not more than 200 m. is exposed to the west of the main strike faults. The Mandiyuti Beds consist principally of red and yellow sandstones with sometimes about the middle of the group a series of dark red clays and mudstones. The basal bed of this series is often conglomeratic but although there may be sometimes a slight local unconformity there is no important break between these sandstones and the Sararenda Beds. The Mandiyuti Beds appear to have a thickness of about 1300 m. but unfortunately do not contain any horizons persistent and distinct enough to use as key horizons. In places the top is marked by a horizon of lenticular limestones, dark blue and highly crystalline but these have no great extent (1).

In many cases the upper junction of the Mandiyuti Beds is hard to define and cannot be said to be a natural division.

(1) Capas de calizas muy oscuras, hasta negras, intercalándose a diferentes niveles con las Areniscas inferiores, las conozco *de visu* de Itange (Carapari) y de los alrededores de Ibo (Bolivia).

The beds included under the term Lower Sacarigua are in the main very soft sandstones of a rich red-brown colour and very highly false bedded; sometimes bands of red clay and white sandstone appear. This group which is about 500 m. thick but appears to be much thicker to the west contains one of the best marked horizons. This is a thin group of limestones about 20 m. thick (1). These are much altered to dolomite and chert being in places completely silicified. These calcareous rocks vary greatly in appearance, dark blue, red and pink being the commonest colours.

The false bedded sandstones occur above and below this band. The highest beds (Upper Sacarigua) are extremely well defined; they are separated from the lower group by a band of silicified sandstones sometimes conglomeratic. Above this band false bedding is rarely seen and the series consists of rather earthy brown sandstones and red clay bands. These beds are upwards of 2500 m. thick and cover most of the ground between the main ranges. They are to a certain extent saliferous and gypsiferous.

Now I think these last described beds are your Subandine Tertiary. The trouble begins in trying to draw the line below the beds which would correspond to your Upper Sandstones. You note the difficulty about the Limestones. Of course we hope to get further light on this matter as we extend the area of our observations but perhaps you will be so kind as to write us giving us your views?

..... with kind regards,

I remain, Your sincerely,

(fdo) T. G. MADGWICK.

Junto con la carta venían los fósiles de que en ella se hace mención. Por no estar dichos fósiles en perfecto estado de conservación, no me ha sido posible determinarlos específicamente, salvo uno que he podido identificar con la *Rensselaeria falklandica* CLARKE (2).

Entre los demás, pude reconocer los géneros siguientes:

Orthis sp. sp.

Derhyina (?) sp.

Leptocoelia (?) sp.

Como la edad devónica de tal complejo faunístico ya estaba demostrada por la presencia, en él, de la *Rensselaeria falklandica*, el descubrimiento de los señores ROMANES y MADGWICK es de considerarse de la mayor importancia, especialmente por el hecho de que las rocas que contienen dichos fósiles pertenecen al mismo (idéntico) tipo de las areniscas micáceas intercaladas con pizarras también micáceas observadas por mí, primeramente, en la región subandina al oeste de Orán y que por sus caracteres litológicos ya había determinado como devónicas.

En cuanto a los otros miembros de la serie, la única diferencia substancial entre mi clasificación y la de los señores ROMANES y MADGWICK consiste en que yo pongo mi «Horizonte calcáreo dolomítico» entre areniscas «inferiores» y areniscas «superiores», mien-

(1) Se trata precisamente de mi horizonte calcáreo dolomítico.

(2) Determiné primero este fósil como *Rensselaeria* cfr. *ovoides* (EATON), pero se trata en realidad de un individuo típico de la *Renss. falklandica* (CLARKE. Fos. Devon. do Paraná. Río de Jan. 1913, p. 267, Lám. XVII, fig. 29-31).

tras que, con mayor exactitud, como precisamente observan dichos señores, hay muchos puntos en que unas cuantas capas arenosas que están inmediatamente por debajo de las calizas y dolomitas de dicho horizonte, presentan mucha semejanza petrográfica con las areniscas que le siguen superiormente; sólo, es de lamentar que tales detalles no hayan hecho progresar en algo nuestros conocimientos sobre la edad de aquellos terrenos.

Los fósiles encontrados en las «Calizas con *Melania*» y en las «Margas abigarradas» de las regiones andinas no han sido objeto, hasta la fecha, de un estudio detenido por parte de algún especialista paleontólogo.

Tanto más es de sentir tal deficiencia en cuanto no cabe la menor duda de que tal estudio era el único medio para tener algún dato seguro sobre la cronología de una parte a lo menos de la serie petrolífera.

Sabemos que, en base a los fósiles recogidos en Miraflores, el profesor STEINMANN se inclinó a colocar dicha serie en el infracrétácico; pero, ya tenemos al respecto dos opiniones contrarias. En mi informe sobre Orán (1) expuse las consideraciones que me indujeron a considerar el horizonte calcáreo dolomítico como cenomaniaco.

El doctor KEIDEL fué de la misma opinión (2). Muy diferente es la opinión del profesor SCHUCHERT y doctor STANTON en base al estudio de algunos fósiles recogidos por PALMER en la Poma (provincia de Salta).

El geólogo norteamericano H. S. PALMER, formando parte de la expedición geográfica encabezada por el profesor I. BOWMAN (1913), atravesó el sistema andino con el itinerario siguiente: Tucumán, Salta, Poma, Abra de las Pircas, Salares de la Puna, San Pedro de Atacama, etc., hasta Calama. En la publicación con que este señor (3) dió a conocer los resultados obtenidos con tal viaje, es manifiesta su insuficiente preparación bibliográfica al ocuparse de una región que, en sus rasgos generales, ya conocemos por los trabajos de BRACKEBUSCH. A tal deficiencia debemos, con toda probabilidad, el hecho siguiente:

En los alrededores de La Poma, afloran capas de caliza cuya posición estratigráfica, según la descripción que PALMER da de ellas, sería precisamente la misma que la de las calizas con «*Melania*» en otros puntos de la Puna. Los fósiles recogidos por PALMER en dicha caliza, fueron determinados por SCHUCHERT y STANTON y resultaron ser:

Cerithinella armata (GLDF.) y

Cerithium sp.

La primera es una forma jurásica de la cual MOERICKE (4) indicó la presencia en capas bajocianas de Chile (Quebrada de Iglesia, cerca de Manflas). Así es que PALMER consideró como jurásico aquel horizonte calcáreo fosilífero y las areniscas con que está relacionado.

(1) Ob. cit. p. 23. 1914.

(2) Véase: HERMITTE, Geol. y Min. Arg., 1915; p. 42.

(3) Ob. cit., (Véase Bibliografía).

(4) *Verst. v. Chile*. Neu. Jahrb. f. Min. etc., B. B. IX; 1893, p. 32.

En el cuadro anexo he tratado de establecer el valor sinonímico de las numerosas denominaciones con que los diferentes autores han llamado a los diversos miembros de la serie petrolífera. Al mismo tiempo, muestra con claridad el desacuerdo reinante sobre la edad relativa de dicha serie. He aquí dos inconvenientes que por de pronto no podemos subsanar y que desaparecerán por sí mismos en cuanto se presente la oportunidad de resolver, con pruebas terminantes los problemas de que derivan. Otras diferencias son de notar, pero no se trata, en la mayoría de los casos, de verdaderos errores y cada una tiene su explicación. Así, por ejemplo, el hecho de que BODENBENDER no hace mención de calizas separando sus dos horizontes de areniscas, se debe a que, en la región recorrida por él, como yo mismo he podido comprobar, el «Horizonte calcáreo dolomítico» parece faltar por largos trechos (1).

Un verdadero error ha sido cometido por BRACKEBUSCH quien no ha visto areniscas arriba del Horizonte calcáreo dolomítico, por haberlas confundido con las «areniscas inferiores» (2); así que su clasificación resulta ser la más incompleta de todas.

En la del doctor KEIDEL (3) faltarían, por el contrario, mis «areniscas inferiores» («basale Sandsteine» de STEINMANN) y otros detalles hacen que esta clasificación sea la que más se aparta de las ideas dominantes. Veremos por qué y cómo se han producido tales diferencias.

Un primer viaje a la región de Iruya desde Humahuaca (4) y otro de más larga duración en la Quebrada del Toro, además sus estudios en Lules y Cadillal (provincia de Tucumán), sin contar una visita de inspección a los trabajos del Dique en Perico del Carmen, han formado los elementos de juicio en base a los cuales se ha fundado principalmente el doctor KEIDEL para tener una opinión personal sobre la serie petrolífera. Es evidente, por parte de mi distinguido colega, el deliberado propósito de limitarse, en lo posible, para las conclusiones generales de sus estudios, a la interpretación rigurosa de los hechos observados por él mismo.

No cabe la menor duda de que tal método sea bueno, pero no exento de algún peligro especialmente si, como en el caso que nos ocupa, se quiere trazar la geología de una región desconocida en base a lo que se ha visto en otra región muy diferente. En realidad, lo que el doctor KEIDEL ha visto en las quebradas andinas de Humahuaca y del Toro no es aplicable, a mi juicio, a la región subandina y otros lugares (altiplanicie boliviana, etc.), donde la misma serie petrolífera se presenta, como ya he dicho, mucho más completa.

Veamos, en todo caso cual sería, según KEIDEL, la sucesión estratigráfica de la serie petrolífera en los lugares estudiados por él. De abajo arriba, tendríamos:

(1) BONARELLI *Orán*, 1914; p. 23.

(2) Esto se deduce principalmente de la descripción que da el mismo BRACKEBUSCH (ob. cit.) del desarrollo de sus «Areniscas coloradas» en la región.

(3) Véase: HERMITTE *Geol. y Min. Arg.*, 1915; p. 40-42.

(4) KEIDEL. — *Estud. geol. en la queb. de Humahuaca y en la de Iruya* etc. *Anal. Minist. Agr. Secc. Geol. Min. etc. T.V.*; n.º 2 Buenos Aires, 1910 p. 76.

D'ORBIGNY Bolivia	BRACKEBUSCH Salta y Jujuy	EVANS Caupolican	STEINMANN Puna y Bolivia	BODENBENDER N. O. de Orán	BONARELLI Sistema suban.	ROMANES Y MAD- GWICK S. E. Bolivia	KREIDL Salta y Jujuy																											
Grés friables	Trisique	Conglom.	Congl.	Areniscas Superiores (Creta y Jura)	Terciario Jujeño pr. d.	Upper Sacarigua b.	Areniscas superiores																											
								Grés permians de Pissis, For- bes y Conry	Grés carb.	Calcareas	Margas, Dolomitas y Calizas	Hard Sandst.	Soft Sandst.	Sandige Merg.	Oberc Sandst.	Areniscas Inferiores (Permotrias)	Areniscas Inferiores (Permotrias)	(Sandst.) Lower Sacarigua b.	(Sandst.) Lower Sacarigua b.	Cal listog. Areniscas Inf. Margas	Horizonte cal. con Melania	Conglom. de base	Silático	Cambrico	Precámbrico									
Grés permians de Pissis, For- bes y Conry	Formación petrolifera	Hard Sandst.	Nube limestone	Keuper-arti- ge Merg.	Areniscas sup. Margas verdes	Mesozóico superior	Sacarigua inferior	Cretáceo	Grés carb.	Calcareas	Areniscas coloradas	Hard Sandst.	Basale Sandst.	Areniscas Inferiores (Permotrias)	Devón.	Siltr.	Cambr.	Precámbr.	Areniscas du- ras alternando con esquistos	Paleozóico	Paleozóico	Devónico	Sararenda beds	Mandiyuti beds	Conglom. (Sandst.)	(Limest.) Lower Sacarigua b.	Horizonte calcáreo dolomítico	Horizonte calcáreo dolomítico	Areniscas Inferiores (Permotrias)	Areniscas Superiores (Creta y Jura)	Terciario Subandino	Terciario Jujeño pr. d.	Upper Sacarigua b.	Areniscas superiores

A. — Un horizonte basal calcáreo, oolítico, con gastrópodos (*Melania*, etc.), «y algunos raros erizos de tipo neocomiano» (1);

B. — Una serie de «areniscas inferiores»;

C. — Un horizonte «fossilífero» compuesto por margas calcáreas, dolomitas y «calcáreo» de aspecto litográfico, presentando caracteres de depósitos «de agua salobre o agua dulce»;

D. — Una serie de «areniscas (o margas) superiores», no fossilíferas.

Las areniscas «inferiores» (B) y las «superiores» (D) serían depósitos continentales; las calizas con *Melania* (A) serían cenomanianas; el horizonte calcáreo superior (C) sería posterior al seponiano; las areniscas «superiores» (D) «podrían pertenecer, en parte, al Terciario». Todo esto, según KEIDEL.

Como he tenido ocasión de visitar una parte de los lugares andinos estudiados por KEIDEL, me resulta posible hacer las siguientes comparaciones e identificaciones:

Las calizas en parte oolíticas (A) con gastrópodos (KEIDEL) corresponden a mi horizonte calcáreo dolomítico. Sobre tal identidad tendré que detenerme largamente en otra parte del presente informe.

Inmediatamente por encima de dichas calizas descansan, en la Puna, las margas calcáreas (C) que no son otra cosa que las «*keuperartige Mergel*» de STEINMANN.

Las areniscas «inferiores» de KEIDEL corresponden con toda probabilidad a mis «areniscas superiores». Entonces, su ubicación estratigráfica sería arriba y no abajo del horizonte C.

Con mucha probabilidad es de esta arenisca que proceden los restos de pequeños «Dinosaurios» descubiertos por STEINMANN en 1903, en ocasión de su última expedición a Bolivia, junto con V. BISTRAM y HOEK. Este descubrimiento se efectuó en presencia de los señores F. MORENO, G. BODENBENDER, C. BRUCH, S. ROTH, J. KRAUSE, los cuales acompañaron la expedición hasta Abra Pampa. El punto exacto del hallazgo no lo conozco. Según informaciones verbales del doctor KEIDEL estaría al noroeste de Negra Muerta (Alta Quebrada de Humahuaca). En aquel punto no he visto aflorar areniscas «inferiores» (BONAR.).

Las areniscas «superiores» (D) representan precisamente mi «Terciario subandino», pero con espesores muy reducidos.

Como conclusión general de estos estudios el ingeniero HERMITTE, adhiriéndose a las ideas del doctor KEIDEL, las concreta afirmando que «los sedimentos petrolíferos del norte de la Argentina «constituyen un complejo estratigráfico de menor edad que el que «compone el geosinclinal andino y los alrededores de Comodoro Rivadavia, puesto que el nivel inferior calcáreo es *indudablemente* de «edad cretácica» (2). Todo esto estaría bien para una parte, a lo menos, de las regiones *andinas*, pero, en toda la región *subandina* donde se encuentran manifestaciones de petróleo, y en la misma región interandina, también petrolífera, de Tres Cruces, más

(1) Si se trata de los «erizos» recogidos por STEINMANN en Miraflores, es de notar que ni el género *Pseudodiadema*, ni el gen. *Cyphosoma* a los cuales han sido referidos, dudosamente, son de tipo neocomiano, sino que su distribución vertical va desde el Jurásico hasta el Terciario inferior.

(2) Ob. cit., 1915, p. 42.

abajo del nivel calcáreo con Melanias se encuentra otra formación que no existe en las regiones estudiadas por el doctor KEIDEL («Grés carboníferos» D'ORB., Areniscas permianas PISSIS, FORBES, COURTY, «Basale Sandsteine» STEINM., «Areniscas inferiores» BONAR., «Mandiyuti Beds» ROMANES y MADGWICK) midiendo en ciertos puntos hasta 2.500 metros de espesor y descansando sobre rocas devónicas y no solamente se ha encontrado petróleo en las Areniscas inferiores, sino también en la serie devónica.

ITINERARIOS

En base a los apuntes registrados en mis libretas de campaña me sería fácil reconstruir, hasta en sus pormenores, el parte diario de mis viajes al norte; pero no veo la utilidad inmediata compensando el trabajo que tal compilación me costaría, por eso, me limitaré aquí en dar a conocer muy resumidamente, los límites aproximados de las regiones afectadas por mis itinerarios, explicando, en algunos casos, el por qué de ciertas excursiones.

Campaña de 1911 — (Julio-October). — Distrito minero de Tartagal (1).

Campaña de 1912 — (Julio). — Alrededores de Salta.
(Julio-October). — Distrito minero de Orán (2).
(October-Noviembre). — Quebrada de Humahuaca y alrededores de Tres Cruces.

Campaña de 1913 — (Julio-Diciembre). — Distrito minero de San Francisco (prov. de Jujuy) y cortas excursiones en la Quebrada de Humahuaca, alrededores de Perico del Carmen, etc.

Campaña de 1914. — (Enero). — Departamento de Anta (provincia de Salta).

Campaña de 1915 — (Mayo-Septiembre). — En este último período he tenido que hacer algunas excursiones en los lugares petrolíferos al norte del paralelo 22°, hasta Cuevo y Charagua (Bolivia Meridional) para relacionar los hallazgos fosilíferos y los estudios realizados en aquellos lugares, por otros geólogos, con la estructura geológica de la contigua región subandina por el lado argentino. Además, he levantado perfiles detallados a lo largo del Caraparí-Ityuro (Distrito minero de Tartagal), del Río de Iruya (al oeste de Orán), del Río Zora (Departamento de Ledesma) y del Río Negro del Quemado (Departamento de San Pedro), buscando fósiles en las diferentes formaciones de la serie petrolífera.

Campaña de 1917 — (Junio). — Alrededores de San Pedro y El Quemado, en la provincia de Jujuy (Quebradas de Urbana, Pichanas, Saladillo, Morality, Sauce, etc.) y otros puntos más al norte.

(1) BONARELLI. — *Tartagal*, p. 8-9.

(2) BONARELLI. — *Orán*, p. 9-11.

Campaña de 1918.— (Mayo-Junio).— Serranía de Aguaragüe y lomas de Campo Durán, en el Distrito minero de Tartagal. Además, alrededores de Salta y valle del Juramento, entre las estaciones Juramento y Lumbreras.

BASE TOPOGRÁFICA

El plano que acompaña el presente estudio ha sido compilado tomando como base los mapas, publicados recientemente, de aquellas mismas regiones (1).

Estos mapas, como es sabido, no son exactos. Se trata de recopilaciones hechas en gran parte sobre mapas anteriores más o menos defectuosos, con algunas correcciones en los lugares beneficiados por levantamientos especiales, a lo largo de líneas férreas, construídas o proyectadas, caminos reales, itinerarios, delimitaciones fiscales, etc., etc.

Sobre esta base se han hecho ampliaciones, en cuanto a detalles y modificaciones o correcciones aprovechando planos parciales y croquis de itinerarios cuya lista figura a continuación:

— HOEK, H y STEINMANN, G. — *Routenkarte der Exped. STEINMANN, HOEK, V. BISTRAN, in d. Anden v. Boliv.* — Petermanns Mitt. 1906, Taf. I u. 2.

— HERZOG, TH. — *Reiseweg von Nordargentin. nach Santa Cruz.* Peterm Mitt. 1913, Taf. 30 (2).

— LAVADENS y MOUSNIER. — Croquis topográficos de la región petrolífera sudoriental de Bolivia. Buenos Aires, Comp. Sudam. de Billetes de Banco, 1913.

— Comisión de límites internacionales con Bolivia. Levantamientos efectuados bajo la dirección del coronel M. J. OLAZCOAGA, durante los años 1895-98.

— Plano catastral del Departamento de Orán en base a levantamientos parciales (o mensuras) de propiedades, recopilado por el Ministerio de Hacienda de la Provincia de Salta.

— Mensuras catastrales de propiedades rurales, en la parte sudoriental de la provincia de Jujuy, por los peritos agrimensores E. KAGE, J. CANEDI, L. NIELSEN, L. ARQUATI, etc.

RASGOS ORO-HIDROGRÁFICOS

Las sierras de Tilcara, Zenta y Santa Victoria (Jujuy-Salta) juntamente a la Cordillera de Cinti (Bolivia meridional), forman el tre-

(1) *Mapa de las prov. de Salta y Jujuy* etc. construído por el Ing. FELIGIANO LAVENAS. Buenos Aires; V. Danime, editor, 1900.

— *Mapa de la Rep. de Bolivia*, publicación de la « Mission de Créqui Montfort et Senechal de la Grange ». París; V. HUOT, editor; 1914.

(2) Los croquis topográficos de HERZOG son muy buenos.

cho mediano y el más alto también, de una hilera de serranías (1) que limitan en su borde oriental el llamado «bloque de la Puna».

Los perfiles transversales del terreno revelan, para tal límite, la fisonomía de un borde abrupto, dominando, hacia el naciente, otro paisaje también montañoso, pero mucho más bajo y se trata precisamente de mi «sistema orográfico subandino» (2).

En sus prolongaciones hacia el sud (Salta) y hacia el norte (Oruro), disminuyen las diferencias de altura entre dicha hilera y el contiguo sistema subandino y por tal motivo resulta menos distinto el límite que separa las dos estructuras.

Las relaciones (cotimétricas, etc.), del paisaje subandino con los demás elementos en que puede subdividirse la orografía de los Andes, se desprenden en sus rasgos generales de los esquemas siguientes: (Lám. 1) de los cuales el n. 2 (C-D) es el perfil de las regiones en que dicho sistema se presenta con su típico desarrollo, mientras que los n. 1 (A-B) y 3 (E-F) representan esquemáticamente las siluetas andinas, en trechos limítrofes, más al norte y más al sud de dichas regiones. Véase también a este respecto, el plano de lámina III en que, para cada elemento orográfico andino figuran los límites aproximados, extensiones superficiales y ubicación recíproca.

No quisiera detenerme en prolijas descripciones de la orografía e hidrografía subandina. No tendría objeto para los fines que me propongo en el presente trabajo y además que por falta de datos y detalles, no estaría por cierto en condiciones de hacer una cosa completa. Me limitaré, por lo tanto, muy brevemente, a presentar un cuadro general del paisaje subandino.

El esquema que acompaño (Lám. II) sirve para dar una idea de los grupos orográficos que forman tal complejo.

Un primer hecho de suma importancia que se evidencia con sólo mirar este gráfico, y en base al cual podemos establecer una subdivisión de la orografía subandina en cuatro grupos distintos (3), es la presencia de tres depresiones transversales que separan dichos grupos montuosos y por las que corren, en condiciones que casi no han

(1) Esperemos que el doctor KEIDEL en una próxima publicación, dando cuenta de los resultados de sus investigaciones al respecto, establezca para tal unidad orográfica una denominación más propia. En otras circunstancias yo la indiqué con el nombre de «Precordillera del Norte» o «Salto-Jujeña». Se me hace observar que tal denominación engendraría confusiones por haberse ya usado la denominación de «Precordillera» para otra parte del sistema andino (San Juan y Mendoza) y sin embargo se trata de una verdadera «precordillera».

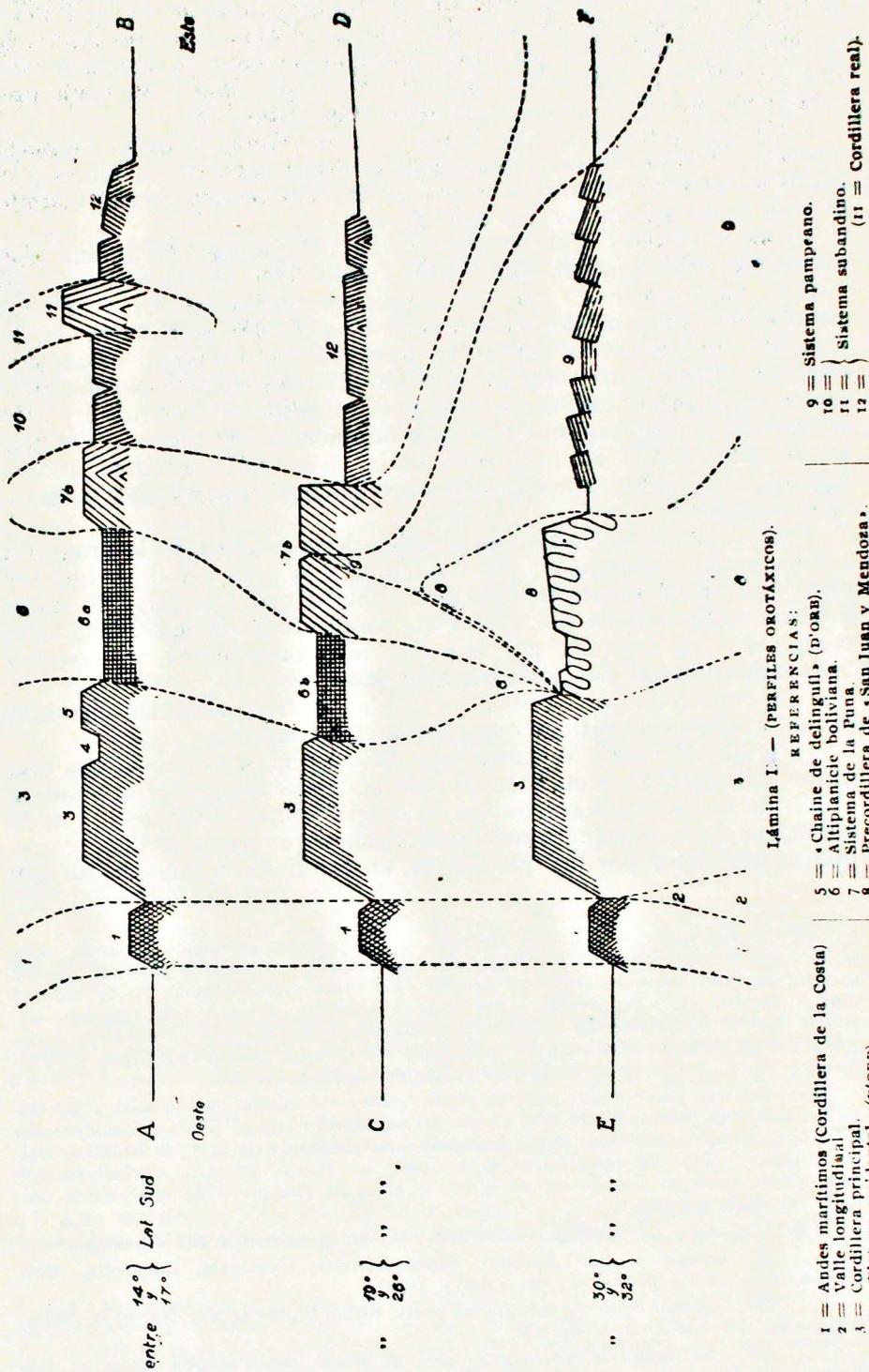
(2) En mis precedentes publicaciones reservé tal denominación sólo a las ondulaciones más orientales de este grupo, en sus límites con el Chaco, considerando a la otra mitad (occidental) como «últimos contrafuertes» de la «precordillera Salto-Jujeña». Esto se puede mantener desde un punto de vista exclusivamente descriptivo, pero en sentido morfológico, se trata de elementos de una misma unidad, sin duda alguna.

(3) I. Grupo de Medina, Candelaria etc., en la provincia de Tucumán.

II. Grupo de San Antonio, Santa Bárbara, Centinela, Lumbrera, Maíz Gordo, etc., en las provincias de Salta y Jujuy.

III. Grupo Alto-aguareguño entre orilla izquierda del Bermejo (Salta) y derecha del Río Cuevo (Bolivia).

IV. Serranía de Chanagra, etc., al norte del Parapetí hacia el Río Grande de Abapó.



- 9 = Sistema pampeano.
- 10 = Sistema subandino.
- 11 = Cordillera real.
- 12 =

- 5 = Andes marítimos (Cordillera de la Costa)
- 6 = Valle longitudinal
- 7 = Cordillera principal.
- 8 = Plateau occidental. (D'ORB).

- 1 = Andes marítimos (Cordillera de la Costa)
- 2 = Valle longitudinal
- 3 = Cordillera principal.
- 4 = Plateau occidental. (D'ORB).

LÁMINA I. — (PERFILES OROGRÁFICOS).

REFERENCIAS:

- «Chaine de delinguil» (D'ORB).
- «Altiplano boliviano».
- Sistema de la Puna.
- Precordillera de «San Juan y Mendoza».

LA OROGRAFIA SUBANDINA

(BOSQUEJO ESQUEMATICO)

REFERENCIAS

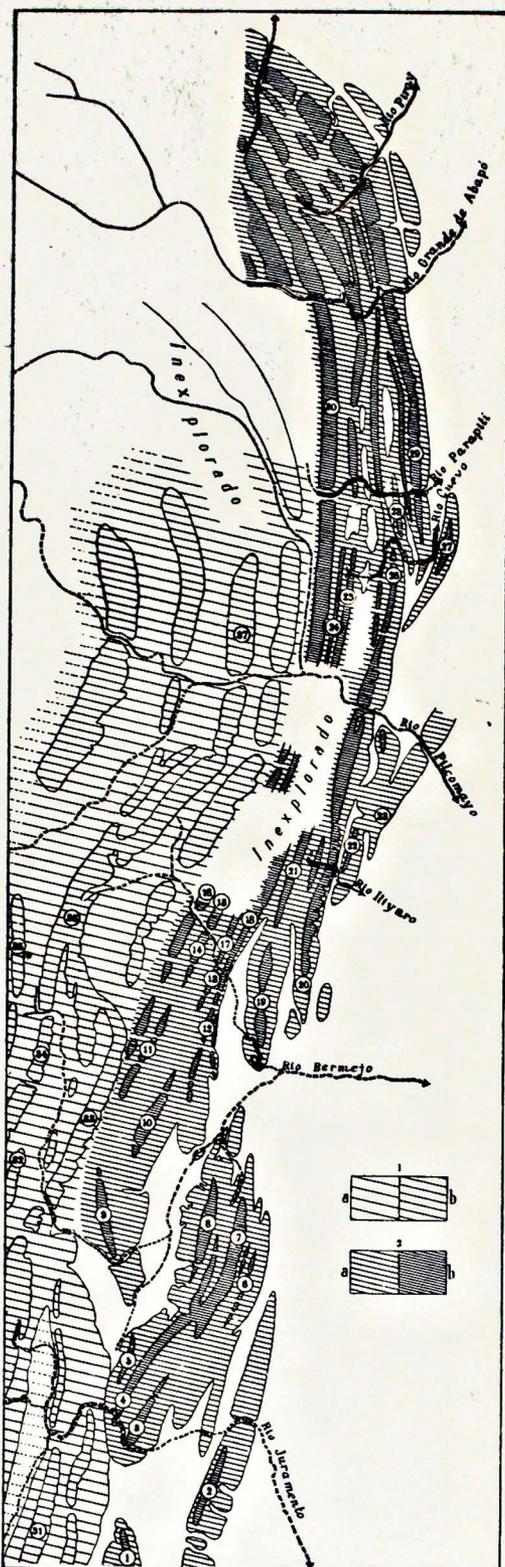
- 1 a — estructura preandina.
2 a — " subandina.
1 b — cordones orográficos.
2 b — " "

SISTEMA SUBANDINO

1. Serranía de Candelaria.
2. Cerro Colorado.
3. Sierra de la Lumbera.
4. " de San Antonio.
5. " del Gallo.
6. " del Maíz Gordo.
7. " de Centinela.
8. " de Santa Bárbara.
9. " de Zapla.
10. Cerro de Calilegua.
11. Serranías de San Andrés.
12. Sierra baja de Orán.
13. " del Pescado.
14. Cerro del Porongal.
15. Serranía de San Ignacio.
16. Cerro de las Conchas.
17. Serranía de San Telmo.
18. " de Las Juntas.
19. Cerro de Miraflores (Río Seco).
20. Serranía de Aguaragüe.
21. Sierra del Alto.
22. Lomadas del Lapachal.
23. " de Ipaguazu.
24. Serranía de Itiranti.
25. " de Sararenda.
26. " Orontiva (Aguaragüe).
27. " de Toay.
28. " de Tacuarandé.
29. " de Charagüe.
30. " de Incahuasi.

SISTEMA PREANDINO (Precordillera Salto-jujeña)

31. Sierra Calchaquí.
32. Sistema del Chañi.
33. Serranía de Tilcara.
34. " del Aguilar.
35. Cordillera de Escaya.
36. Sistema de Zenta y Santa Victoria.
37. Sistema de Cinti.



cambiado desde que se efectuó su diastrofismo, tres de las principales arterias fluviales que desaguan la región (Juramento, Bermejo y Cuevo - Parapetí).

La más meridional de dichas depresiones es la planicie de Metán al naciente del pueblo homónimo (prov. de Salta) en cuyo límite septentrional corre el Río Juramento. Sigue más al norte el llamado «llano de las Juntas» al sudeste de Orán y Embarcación, por donde pasan y se juntan el San Francisco y el Bermejo antes de entrar en el Chaco (1). Más al norte todavía, en Bolivia meridional, la planicie al norte de Ibo constituye un tercer elemento negativo transversal en que, por la erosión de sus sedimentos superficiales, se han borrado profundamente los rasgos característicos de la hidrografía primordial, tanto que su desagüe se efectúa actualmente por cauces formados por desviaciones (Absenkungen) o comunicaciones sucesivas de valles «insecuentes» (DAVIS). No será fácil reconstruir en sus detalles el proceso formativo de tales cauces sintéticos.

El sistema subandino es un ambiente orográfico cuya glíptica (textura y relieve) representa con evidencia un predominio de elementos subsecuentes, así como se producen, por lo general, durante la fase inicial de un ciclo de erosión.

Se trata, en otras palabras, de un paisaje juvenil y se parece mucho a los paisajes bien conocidos del Jura, litoral dalmato, etc.

Sus formas dominantes conservan todos los rasgos generales del paisaje primordial en relación genética con su estructura, poco complicada, y que en ciertos trechos es el producto de un plegamiento sencillo (estructuras plegadas) mientras que en otros trechos predominan fallas (estructuras de bloques).

En la provincia de Tucumán, los relieves orográficos (sierras de Medina, Ramada, Burruyaco, Candelaria, etc.), que pertenecen al sistema subandino (*sensu lato*) presentan condiciones peculiares que los diferencian notablemente del resto del sistema.

Es evidente que en dichos relieves (KEIDEL, RASSMUSS, BONARELLI, PASTORE), la superposición de dos estructuras y la tectónica sencilla de la serie mesoceno-zoica que forma en gran parte el subsuelo tucumano se puede considerar como resultante de un proceso (tardío) de un mayor arrugamiento en su base precámbrica. No cabe duda, pues, que genéticamente dichos relieves forman parte del «borde plegado de la Puna». Añadiré de paso que no me ocuparé ulteriormente de ellos, en el presente informe, puesto que no presentan las condiciones favorables para poder esperar en sus entrañas algún yacimiento petrolífero de importancia.

Al norte del Río Juramento, en la parte meridional de la provincia de Salta y sudoriental de la provincia de Jujuy, la depresión longitudinal del Río Lavayen - San Francisco divide el sistema subandino en dos partes: la occidental está formada por los contrafuertes de la gran serranía de Tilcara y de Zenta (Sierra de Zapla,

(1) Según PIERRE DENIS (Annal. de Géogr., XXII, 1913; p. 337) el Río San Francisco «s'unit au Río de Tarija pour former le Bermejo». Según STEINMANN (Peterm. Mitt. 1906, I, p. 5) el Río Tarija «durchbricht unterhalb des Ortes Concepción in grossartiger Klamm den östlichen Berg-Kamm, um dann seine Wässer dem Pilcomayo zuzuführen». El hecho es que el Río Tarija es un afluente izquierdo y el San Francisco derecho, respectivamente, del Río Bermejo.

Cerro de Calilegua, Serranía de San Andrés y Porongal, Sierra baja de Orán, etc.); la oriental está formada por el sistema orográfico de Lumbreira-Santa Bárbara.

El geógrafo P. DENIS ha tenido ocasión de visitar una parte de este sistema.

En la publicación con que este autor resumió (1) los resultados principales de las investigaciones realizadas en la región, se encuentran reunidos muchos datos importantes, los que sería superfluo reproducir aquí, aunque sea brevemente. Lo que sí, vale la pena corregir algunos errores que contiene el croquis que acompaña tal trabajo (p. 339).

La Sierra de Calilegua se extiende al oeste y noroeste de Ledesma y no al norte.

Los relieves orográficos del oeste y noroeste de San Pedro forman la Sierra de Zapla y no la de Zenta. (La Sierra de Zenta está mucho más lejos hacia el noroeste).

La Sierra del Maíz Gordo está como dos leguas al este del trecho en que figura su nombre en dicho croquis. Entre dicha sierra y la de Santa Bárbara corre con el mismo rumbo la Sierra de Centinela que, tal vez, DENIS confunde con la del Maíz Gordo y que, con mucha probabilidad, es el grupo orográfico más alto de todo aquel sistema. En el croquis de DENIS no figura el nombre de esta sierra.

Lo que el citado autor llama Sierra de la Lumbreira más bien se conoce con el nombre de Sierra de San Antonio; una estribación secundaria de esta sierra en su límite occidental mediano es la Sierra del Gallo (2).

El nombre de Sierra de la Lumbreira hay que reservarlo para el relieve orográfico que se levanta sobre la izquierda del Juramento en dirección noreste desde la estación Río Piedras. Este relieve no lleva nombre en el croquis del señor DENIS.

La fisonomía general del relieve en las sierras de Zapla, Santa Bárbara y Centinela, presentando pendientes escarpadas hacia el poniente y menos inclinadas con cuestras escalonadas hacia el nacimiento, revela al simple vistazo sus íntimas relaciones con la estructura. Son «bloques» limitados por fallas y levantados hacia el oeste.

Los otros relieves orográficos son núcleos sobreelevados de anticlinales simétricos (Lumbreira, San Antonio, Maíz Gordo), o asimétricos (Calilegua, San Andrés, Sierra Baja de Orán). En fin, «la sécheresse relative du climat» y sobre todo el hecho de no estar muy adelantado el ciclo de erosión «a permi la conservation des caracteres structuraux dans la topographie» (3) con predominio de formas longitudinales tanto en el relieve (serranías paralelas) como en la escultura (valles interiores, etc.), lo que permite reconstruir con relativa facilidad, en sus rasgos más característicos, las formas primordiales de aquel paisaje.

El curso superior del Río Bermejo, aguas arriba de la junta de San Antonio, presenta las características de un valle transversal.

(1) *La Sierra de la Lumbreira (Rep. Arg.)* Annal. de Géogr. XXII, 1913, París.

(2) Este es el nombre con que me indicaron tal sierra unos pobladores de la región.

(3) DENIS. — Ob. cit. p. 347.

Corta cuatro serranías principales cerca de sus extremos meridionales (serranías del Cerro Bravo, de Porongal, del Pescado y de Agua Blanca), dejando sobre su izquierda los trozos más elevados de dichas serranías (Huandacay, Concha, San Elmo y Juntas) cuyo desarrollo, en territorio de Bolivia, no se conoce todavía (1).

Entonces la depresión transversal a que aludimos en párrafos anteriores separando el distrito subandino ya descrito del que describiremos a continuación, no sigue el curso del Río Bermejo hasta sus nacimientos, sino que (al oeste de Orán) dicha depresión pasa más al sud, es decir, más o menos por la región en que corre actualmente el Río Blanco o de Iruya.

De los relieves orográficos subandinos situados entre Bermejo y Pilcomayo, los que mejor se conocen son las sierras del Alto y del Río Seco y la de Aguaraquí. Las lomadas de Lapachal y de Ipaguazu, al este de Yacuiba, representan ondulaciones secundarias de este grupo.

El Río Pilcomayo en la región subandina corre ortogonalmente a la estructura en un valle transversal. La serranía de Aguaraquí se prolonga más al norte de este río hasta el de Cuevo, y en este trecho la acompañan con rumbo más o menos igual de norte a sud, otras serranías (Tutiati, Sararenda, Itiranti) de las que sólo sabemos que, genéticamente representan una estructura de bloques homoclinales limitados por fallas en sus pendientes más escarpadas hacia el este. Más al norte de Cuevo y de Ibo sobre la orilla derecha del Río Parapetí, el paisaje se ensancha en forma de cuencas intermontáneas, más al norte de las cuales se levantan otras serranías paralelas entre sí y que se prolongan hacia el norte al otro lado del Río Grande de Abapó para continuarse en los relieves orográficos de la región de Santa Cruz de la Sierra. La gran serranía de Incahuasi en su límite occidental y la sierra de Charagua en su límite oriental, son los cordones más altos en aquel trecho de la unidad subandina.

Nuestras observaciones personales se limitan en tal región hasta el mismo pueblo de Charagua, así todos los detalles que figuran en el croquis que representamos correspondiente a la región del norte de dicho pueblo, son sacados de informaciones verbales y sobre todo de los trabajos de HERZOG (2).

Hemos tenido ocasión de mencionar varias veces el paralelismo de los cordones orográficos que forman parte del sistema subandino.

Como excepción de este carácter general son de notar la serranía de Toay (entre 20° y 21° de latitud) y las lomadas de Ipaguazu al norte del paralelo 22°. Ambas presentan una dirección incidente con respecto a la dirección general de los otros relieves. La primera forma una especie de dique frente al desagüe de las cuencas intermontáneas en las que corre el Río Cuevo con sus afluentes. La segunda cruza el Río Pilcomayo unas pocas leguas

(1) A lo largo de la senda que conduce de Yacuiba a Tarija, el camino sube y baja varias veces a través de una serie de cordones (Aguaraquí, Nancaguazu, Santa Rosa, Itau, Suaruru, San Luis, San Diego, Marvais, Tambo y Cóndor), cuyas relaciones con los de más al Sud no conocemos.

(2) *Vom Urwald zu den Gletschern d. Kordill.* Stutg. Strecker y Schroeder 1913. *Die Boliv Kordill.* Peterm. Mitth. LIX, I, 1913.

al este de Villamontes y se pierde paulatinamente en las regiones, completamente desconocidas, del Gran Chaco.

Otro carácter general de la orografía subandina es que los relieves presentan casi todos en sus extremos meridionales otros tantos cortes de erosión en que actualmente, por desviación, corren ríos que en condición primordial debían dar grandes vueltas para evitar aquellos relieves para seguir su curso hacia el Chaco a lo largo de las depresiones tectónicas primitivas. De los cauces antiguos abandonados por estos ríos es posible, en ciertos casos, encontrar sobre el terreno los residuos de indicios evidentes (Orán, etc.).

COMPOSICIÓN GEOLÓGICA

PRELIMINARES

La unidad subandina en sus grandes rasgos y sus correlaciones.

En este capítulo trataremos en detalle los caracteres geológicos de la región subandina, es decir, su composición y su estructura.

Después de alguna hesitación en la elección del orden a preferirse para la exposición de la materia, opté para su división en dos partes; la primera, a su vez, subdividida en párrafos dedicados respectivamente a la descripción de cada elemento de que se compone la serie subandina y la segunda tratando, en conjunto, de su tectónica.

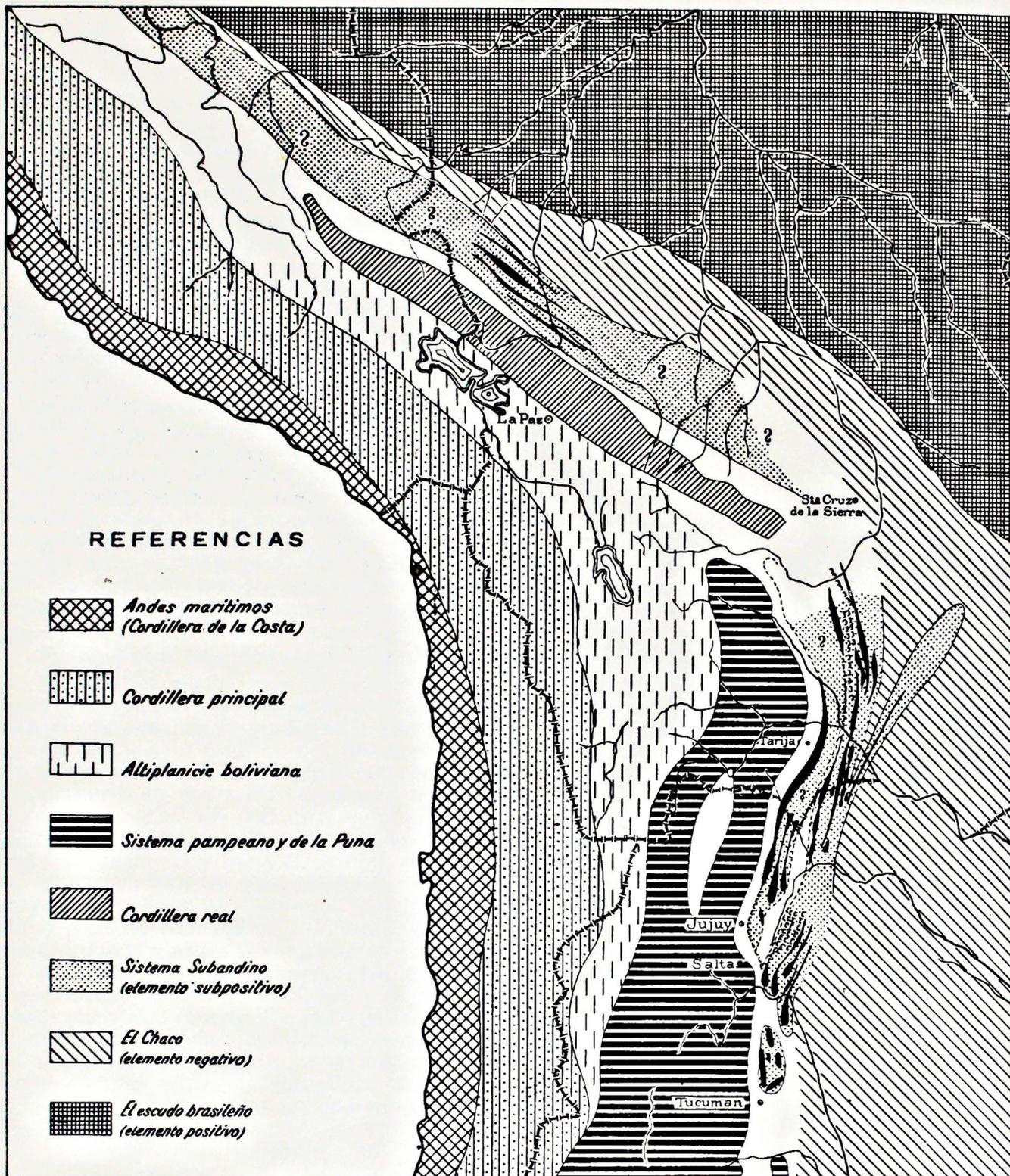
Pero, antes de entrar en el tema será bueno fijar previamente algunos caracteres generales del ambiente subandino y, sobre todo, de sus límites laterales.

El sistema subandino se interpone con su tectónica sencilla, formando un paisaje juvenil poco modificado en sus rasgos generales por los procesos epigénicos, entre dos estructuras muy diferentes a saber: la estructura uniforme horizontal del Chaco, en su límite al naciente y la estructura muy complicada de la cordillera «oriental» en su límite al poniente.

El Chaco representa un área de inmersión y sedimentación, más o menos permanente (salvo algunas oscilaciones que afectaron sus bordes) del «escudo brasileño» en su límite sudoccidental. Es un ambiente de acumulación desde el precámbrico; en otras palabras, un elemento negativo de la corteza terrestre. ✕

La cordillera «oriental» representa una antigua área continental cuya base estratigráfica está formada por esquistos precámbricos fuertemente plegados por plegamientos regionales hurónicos, arriba de los cuales y en discordancia marcada con los mismos, se halla una serie transgresiva (cambrosilúrica) que empieza desde abajo con algunos conglomerados a los que siguen por arriba areniscas cuarcíticas del cámbrico medio-superior y esquistos del silúrico inferior-medio.

Se puede admitir que durante el epiciclo activo caledónico el «bloque punar» sólo haya sido afectado por movimientos radiales positivos a los que debemos, muy probablemente, la inmersión definitiva del mismo bloque como elemento positivo de la corteza terrestre. Hasta la fecha no se han observado sedimentos devónicos



La unidad subandina en sus grandes rasgos y correlaciones

formando parte de su estructura lo que quiere decir, muy probablemente, que no ha sido afectado por la transgresión postcaledónica.

He aquí una primera diferencia fundamental entre el bloque de la Puna y la contigua unidad subandina cuya base estratigráfica está formada precisamente por capas devónicas.

Tampoco se tienen indicios que autoricen la suposición de que dicho bloque haya sido afectado por movimientos « hercínicos » (*sensu lato*).

He aquí una diferencia entre el « bloque de la Puna » y el sistema pampeano cuya mitad occidental es casi seguro que ha sufrido dislocaciones debido a repercusiones laterales de los movimientos a que se debe el diastrofismo inicial de la precordillera mendocina y sanjuanina.

Directamente sobre la serie cambrosilúrica salto - jujeña, o sobre algunos conglomerados y areniscas de exiguo espesor que tienen en gran parte el significado de formaciones basales de una nueva serie sedimentaria, descansan calizas, dolomitas (1) y margas fosilíferas acompañadas más arriba por areniscas blandas (2). Esta serie es homóloga de las formaciones sedimentarias más jóvenes de la región petrolífera subandina. Pero ahí, en la región subandina, entre la serie devónica basal y el horizonte calcáreo dolomítico se halla una formación arenosa (mis « areniscas inferiores ») cuyo espesor alcanza a veces los 2.500 metros y que falta por completo en gran parte de la Puna.

He aquí otra diferencia *fundamental* entre las dos unidades.

Durante los movimientos orogénicos del Terciario, ambas unidades (andina y subandina) estuvieron afectadas por los procesos diastróficos, pero, en forma y grado muy diferente. En la estructura de la Puna es evidente que durante una fase preparatoria se originaron grandes fallas longitudinales con subdivisión de la unidad primitiva en una serie de bloques homoclinales inclinados al oeste. Durante la fase definitiva de tal proceso diastrófico, las presiones tanguenciales empujaron a cada uno de dichos bloques hacia arriba del contiguo y hacia el este (3). En la Sierra Zenta se realizó el máximo esfuerzo y así resultó la formación de una estructura análoga a la llamada « ímbrica » (4). Más al sud (cordilleras al este y oeste de Humahuaca y Tilcara), los diferentes trozos conservan una mayor autonomía en el sentido que dicha estructura ímbrica es menos estrecha o más abierta. Más al sud todavía, en el trecho meridional de la Sierra de Tilcara y en la Quebrada de Reyes, el mayor empuje se concentró a lo largo del borde oriental de la « precordillera salto - jujeña » con formación de un « charriage » verdadero o deslizamiento hiperolístico de los sedimentos antiguos arriba de la contigua estructura subandina. Ahí precisamente es donde la Serranía de Tilcara domina con borde abrupto y casi rectilíneo el contiguo paisaje subandino.

(1) « Horizonte calcáreo dolomítico » BONAR.

(2) « Terciario subandino » BONAR.

(3) KEIDEL. — « Physis » III, 13, p. 112.

(4) KEIDEL. — *Est. geo. en la quebr. de Humahuaca y en la de Iruya*, 1908, p. 76.

A tales interpretaciones he llegado después de una excursión que hice en la Quebrada de Reyes (Baños de aguas calientes) al oeste de Jujuy y persisto en ellas a pesar de las opiniones contrarias que algunos colegas me manifestaron verbalmente. Dichas «aguas calientes» suben por la línea de límite del «charriage» entre la serie (devónica ?) subandina y la serie precámbrica superpuesta. En otros tiempos las aguas termales brotaban desde puntos más elevados de la misma línea de límite, como se ve por una faja de mineralizaciones salinas de color blanco, rojo y otros colores muy vivos, que siguen tal límite en los costados de la montaña, entre Reyes y la estación Yala. A medida que la erosión profundizó aquellos valles, se fueron bajando los puntos de salida de dichas aguas, a lo largo de dicha línea.

Muy diferente es la estructura subandina. Aquí se trata de un plegamiento sencillo en toda la extensión de la palabra, como veremos en su lugar.

LA SERIE DEVÓNICA

BIBLIOGRAFÍA ESPECIAL

- 1842) D'ORBIGNY, A. — *Voyage dans l' Amer. merid.*, t. III, 3^e part. Geol.; 4^e part. Paléont., 1842.
- 1856) PISSIS, M. — *Recherches sur le Syst. de soulèvem. del 'Amer. du Sud.* Annales des Mines, 1856.
- 1860) IORBES, D. — *Geol. of Bolivia*, etc. Qu. Journ. Geol. Soc. London, 1860.
- 1860) SALTER, J. W. — *On the Fosils from t. High Andes*, etc. Qu. Journ. Geol. Soc. London, 1860.
- 1873) PISSIS M. — *Mem. sur la const. géol. de la chaine des Andes.* etc. Annales des Mines, t. III, 1873.
- 1892) URRICH, A. — *Pal. Verstein, ans Bolivien.* Men. jalub. fur min., etc., VIII. B-B, Stuttgart, 1893.
- 1897) KAYSER, E. — *Beitr. z. K. einig. pal Faun. Süd - Amer.* Zeitsch. d. d. g. G., 1897, p. 274.
- 1903) EVANS, J. W. — *Exped. to Caupolican.*, Geogr. Journ., XXX, London, 1903.
- 1906) LAKE, P. — *Trilob, from Boliv., collected*, etc. Qu. Journ. Geol. Soc., London, LXII, 1906.
- 1907) COURTY. — *Explor. géol. dans l'Amér du Sud.* Mission Scient. de G. De Crequi Monffort et E. Sénéchal de la Grange. París, Impr. Nation., 1907.
- 1908) KNOD, R. — *Devon. Faun. Boliv.*, Neu. Jahrb, fur Min., etc., XXV. B.-B.; Stuttgart, 1908, p. 493.
- 1912) HAUTHAL, R. — *Reisen in Boliv. u. Peru* (1908). Leipzig, verl. v. Duncker u. Humblot, 1911.
- 1911) SALFELD, H. — *Verst. a. d. Devon v. Boliv.*, etc. (apéndice del trabajo precedente), Leipzig, 1911.
- 1912) STEINMANN, G. u. HOEK, H. — *Silur u. Cambr. i. Hochland. v. Boliv.*, etc. Neu. Jahrb. XXXIV, B.-B., p. 176.
- 1913) CLARKE, J. M. — *Foss. devon do Paraná.* Monogr. do Serv. geol. e min. do Brasil; vol. I, Río de Janeiro.
- 1913) KOSLOWKY, R. — *Foos. dévon. de l'état de Paraná.* (Brésil). Ann. de Pal.; t. VIII, fasc., III-IV, París, Novembre 1913.
- 1914) DOUGLAS, J. A. — *Sections thr. t. Andes of Peru and Boliv.* Qu. Journ. Geol. Soc., LXX, London, p. 1, (con Bibliografía).
- 1912) GROTH, J. — *Sur quelq. Trilobit. du Dévon. de Bolivie.* Bull. Soc. Géol. de Tr. IV. Sér.; t. XII.

LA SERIE DEVÓNICA

Las primeras noticias sobre existencia de formaciones devónicas en la estructura andina las tenemos por D'ORBIGNY. En la obra de

este sabio (1), dando cuenta de los resultados de más de tres años de investigaciones prolijas del subsuelo boliviano, el autor dedica unas cuantas páginas en describir minuciosamente paisajes y perfiles, rocas y puntos fosilíferos y los mismos fósiles descubiertos por él en dichas formaciones.

Sobre la base de dichos fósiles le fué posible a D'ORBIGNY definir (2) con la mayor aproximación la edad de los yacimientos fosilíferos bolivianos (entre Devónico inferior, parte superior y Devónico medio, parte inferior), sincronizándolos con la entonces llamada «serie de Eifel». Las observaciones posteriores confirmaron en todo esta determinación cronológica.

Es muy probable que no todas las rocas bolivianas consideradas por D'ORBIGNY como devónicas pertenezcan a este período y puede ser muy bien, como algunos estiman, que hayan equivocaciones, hasta errores, en lo que dejó escrito el gran paleontólogo francés sobre la serie devónica boliviana. En todo caso, no me parece justificado el olvido despreciativo con que algunos quisieran menospreciar la obra del sabio, bajo el pretexto de que se trata de «cosas viejas», hasta el punto de inventarse nuevos nombres específicos para los fósiles devónicos bolivianos sin preocuparse de hacer siquiera comparaciones con el material paleontológico descrito y figurado por D'ORBIGNY.

En vista de esta tendencia que, por ser sistemática en ciertas escuelas, tanto más es de lamentar, será bueno dejar sentado, desde un principio, todo lo bueno, o mejor dicho, lo seguro que podemos sacar de la obra de D'ORBIGNY.

Este autor divide la serie devónica boliviana en dos horizontes: un horizonte inferior, fosilífero, formado por areniscas micáceas esquistosas («phylladifères») de color gris oscuro, o azul negruzco, a veces ferruginosas; un horizonte superior sin fósiles, formado por areniscas gris blanquecinas, a veces amarillentas o coloradas y más o menos duras, en bancos y capas.

Pasaremos en reseña los diferentes lugares en que D'ORBIGNY pudo observar esta serie devónica.

I. En la alta planicie boliviana y cordillera oriental:

a) entre Santiago de Menchaca y La Paz;

1.º en dos cordones orográficos, dirigidos de N.N.O. a S.S.E. entre Santiago de Menchaca y San Andrés; — formados por areniscas duras de grano muy fino; — sin fósiles (3). Las capas del cordón más occidental buzarían al E.N.E. (*fide* D'ORB.), las del cordón oriental buzarían en sentido contrario; entonces, formarían probablemente un sinclinal y no un anticlinal como se observa en el perfil correspondiente publicado por el mismo autor (4). (Notaré de paso que en muchos puntos de su obra, D'ORBIGNY usó equivocadamente los dos términos Este y Oeste («Est» y «Ouest») en sustitución uno de otro),

(1) *Voyage*, etc.

(2) *Ob. cit.*

(3) D'ORB. *ob. cit.*, p. 118 (véase también el mapa y los perfiles).

(4) *Ibidem*, Pl. VIII, fg. 1.

- 2.º en los cordones más o menos continuos y dirigidos de N.N.O. a S.S.E. desde la orilla meridional del Lago Titicaca (al este de Taraco, Tiahuanaco y Collocollo y al oeste de Viacha, Ayoayo, etc.), hasta Viscachani en la provincia de Sicasica (1);—constituídos por areniscas duras, análogas a las del n. 1;—sin fósiles.
- b) al norte de La Paz;
- 3.º en la península de Santiago de Huala (ribera oriental del Lago Titicaca) (2);—areniscas grises muy duras;—sin fósiles.
- 4.º en el Morro de Achacache (3);—las mismas areniscas grises con *Orthis pectinatus* D'ORB.
- c) al este de La Paz;
- 5.º en los alrededores de Palca (4);—areniscas grises cuarcíticas;—sin fósiles. (El gran espesor de la formación observado por D'ORBIGNY en este punto (5) me hace pensar que este autor ha englobado en su Devónico, también la serie cambro-silúrica, cuya presencia en dichos lugares ha sido confirmada por investigaciones posteriores).
- d) al sudoeste de La Paz, hacia Oruro;
- 6.º en varias lomadas aisladas de la altiplanicie y en la misma cordillera oriental, aflorando en grandes trechos (6);—sin fósiles.
- e) entre Oruro y Potosí;
- 7.º a los dos lados del camino real, en varios puntos (Cóndor, Apacheta, etc.), hasta Tala Palca (7).
- f) en los alrededores de Potosí;
- 8.º entre Yocalla y la quebrada de Santa Bárbara (8);—en un sinclinal sumamente estrecho;
- g) en las pendientes orientales de la cordillera real;
- 9.º sobre la orilla derecha del Río de la Reunión (sierras de Yanacaca o Seyéruma (9) y Cumbrecilla (10));—areniscas grises muy duras. (En varios puntos de aquellas pendientes Circuata, Tutu Lima (11), etc.), grandes afloramientos de areniscas cuarcíticas, descansando en discordancia sobre esquistos que D'ORBIGNY llama «silúricos», (pero que también podrían ser precámbricos) y formando «tablerías» (12) han sido observados por D'ORBIGNY y referidos todos al Devónico. Es muy probable que parte a lo menos de estos afloramientos sean de edad cámbrica o silúrica).

(1) *Ibidem* p. 120; pl. VIII, fig. 1.
(2) *Ibidem* p. 125.
(3) *Ibidem* p. 125.
(4) *Ibidem* p. 122.
(5) y en otros lugares que más adelante se indicarán.
(6) Ob. cit. p. 127 - 129.
(7) *Ibidem* p. 135 - 138.
(8) *Ibidem* p. - pl. VIII, fig. 3.
(9) *Ibidem* p. 160, pl. VIII, fig. 4.
(10) *Ibidem* p. 163 pl. IX, fig. 1.
(11) *Ibidem* p. 148 - 158; pl. VIII fig. 4.
(12) *Ibidem* p. 152. La palabra «Tablería» (portug. «Taboleiros») corresponde tal vez, geológicamente, al término «Mesetas».

h) entre Cochabamba y Santa Cruz de la Sierra;

10 Varios grandes afloramientos (Baca, Totorá, Duraznillo, Viña Perdida, Quebradas del Río Challuani, Río Chillón y Pulguina, Pampa Grande, Samaypata, Río Piray, etc., (1). En diferentes puntos de la región la serie devónica inferior presenta capas de areniscas «phylladiféres» micáceas y negruzcas, que se separan en láminas y en que D'ORBIGNY recogió los fósiles siguientes (2):

Actinocrinus f. (Challuani)

Orthis inca D'ORB. (Viña perdida)

» *laticostata* D'ORB. (?)

Terebratula peruviana D'ORB. (Challuani)

» *antisiensis* D'ORB. (alred. de Cochabamba)

Spirifer boliviensis D'ORB. (Duraznillo).

i) entre Samaypata y Potosí;

11 en varios puntos a lo largo del camino, formando a veces «tablerías» (3). En Tomina y Tacopaya (departamento de Chuquisaca) se encontraron en estado de moldes:

Spirifer boliviensis D'ORB.

» *quíchua* D'ORB.

II. En el departamento del Beni (País de Moxos) dos pequeños afloramientos aislados (Carmen y Magdalena); — sin fósiles (4).

III. En la provincia de Chiquitos; a lo largo de las serranías de San José, Santiago y Sunsas; — varios afloramientos (5); — sin fósiles (6).

Entre los fósiles «devonianos» recogidos por D'ORBIGNY este autor distinguió y descubrió (7) ocho formas distintas figurando en sus atlas sólo siete de ellas.

Los tipos correspondientes se conservan en el Museo de Historia Natural de París y están seguramente a completa disposición del que quiera estudiarlos. Es sabido que las ilustraciones que acompañan las monografías del gran paleontólogo francés son a veces defectuosas por haberse querido, con retoques, reconstrucciones y añadiduras, remediar a las deficiencias o imperfecciones (por roturas, deformaciones, etc.), que presentaban varios de los originales. Pero, esto no justifica de ninguna manera las conclusiones extremistas a que llegan algunos que, en vista de las mencionadas deficiencias, se creen con derecho de no tomar en cuenta las obras de D'ORBIGNY e inventan nuevos nombres específicos para las especies d'orbignyanas. Precisamente es lo que aconteció con las ocho especies «devónicas» bolivianas de D'ORBIGNY, las que más bien se conocen con otros nombres que les han sido dados posteriormente por otros autores, como resulta en la sinonimia que a continuación reproducimos:

(1) *Ibidem* p. 164-172.

(2) *Ibidem* p. 167.

(3) *Ibidem* p. 175-180.

(4) *Ibidem* p. 200-201.

(5) *Ibidem* p. 185-199.

(6) Habrá que tomar en cuenta lo que dice EVANS (Quart. Jour. of Geol. Soc. London, vol. 50, 1894; p. 96-97) sobre las rocas del «sistema chiquiteano» descritas por D'ORBIGNY en comparación con la «serie de Matto Grosso».

(7) Ob. cit., tm. III 4.º Part. (Paléontologie), 1842.

1) *Terebratula antisiensis* D'ORB. (= *Clintonella antisiensis* (D'ORB.)).

Syn:

- 1849) *Terebratula antisiensis*, D'ORB. *Voyage* III, p. 36, pl. II, fig. 26-28. (Silur. sup. y no Devón. de Cochabamba).
1892) *Rynchonella* *cfr. antisiensis*, (D'ORB.), ULRICH, *Pal. Verst. a Bolv.*, p. 57, Taf. IV, fig. 1-7 (= *Wilsonia* f. ind. del siluriano sup. de Tarabuco).
1897) *Liorhynchus Bodenbenderi*, KAYSER, *ein. pal. Faun. Süd-Am.* p. 292, Taf. VIII, fig. 1-10 (*excl. 7a. ?*) (Silúr. sup. y no Devónico de Jachal).
1905) *Liorhynchus Bodenbenderi*, (KAYSER), THOMAS, *dev. Faun. Argent.*, p. 265, Taf. XIV, fig. 31-34, (silúr. sup. y no Devón. del Cerro del Fuerte y Cerro de Agua Negra).
1908) *Liorhynchus antisiensis*, (D'ORB.), KNOD, *Dev. Faun. Bol.*, p. 495 y p. 555, (*cum. syn.*), (Silúr. sup. y no Devón. de Tarabuco, Río Mataral y Finca Constancia).
1913) *Clintonella Bodenbenderi*, CLARKE, *Foss. dev. do Paraná*. p. 341, p. 343.

La identidad específica de la *Terebratula antisiensis* D'ORB. con el *Liorhynchus Bodenbenderi* KAYSER ha sido primeramente constatada por KNOD. Su colocación en el género *Clintonella* es un resultado de las investigaciones de CLARKE. Informaciones verbales del doctor KEIDEL confirman la edad silúrica superior de las capas (de jáchal, etc.), que contienen este fósil.

Entonces las capas («harte, gelbe Sandsteine») de Tarabuco, Río Mataral, Finca Constancia y alrededores de Cochabamba (1), conteniendo este fósil en abundancia, son de referir al silúrico superior.

He aquí un resultado muy importante desde el punto de vista estratigráfico. Comprueba la existencia del silúrico superior en la serie paleozóica boliviana que aflora en dichos puntos.

D'ORBIGNY, dijo «J'ai recueilli cette espece dans les gres devoniens inférieurs» lo que demuestra que D'ORBIGNY englobó formaciones supra silúricas en su serie devónica.

2) *Terebratula peruviana*, D'ORB. (= *Leptocoelia flabellites*, (Conr).

Syn:

- 1842) *Terebratula peruviana*, D'ORB., *Voyage*, III, p. 36, pl. II, fig. 25-27, (de Challuani).
1846) *Atrypa palmata*, MORRIS and SCHARPE, *Falkland*, p. 276, pl. X, fig. 3.
1860) *Orthis* (!) *Aymara*, SALTER, *Bolv. foss.*, p. 68, (Upp. Silur. !!), pl. IV, fig. 14.
1897) *Leptocoelia flabellites*, (COUR), KAYSER, *ein. pal. Faun. Süd-Am.*, p. 304, (*cum. Syn.*), Taf. XII, fig. 5-6.
1907) *Lepto. flabellites*, (CONR.), COURTY, *Expl. geol. dans l'Amér. du Sud*, (*ex. p. ?*), p. 117, pl. V., fig. 1, pl. VI, fig. 10, 13, 14, pl. VII, fig. 4-5.

(1) STEINMANN. — Ob. cit. (KNOD).

- 1908) *Leptoc. flabellites*, (CONR.), KNOD., *dev. Faun. Boliv.*, p. 553. (cum. Syn).
1912) *Leptoc. flabellites*, (CONR.), STEINMANN und HOEK, *Silur. u. Cambr. d. Hochl. v. Bol.*, p. 207.
1913) *Leptoc. flabellites*, (CONR.), CLARKE, *Foss. dev. do Parana*, p. 269, (cum. Syn), Est. XXII, fig. 13-32.
1913) *Leptoc. flabellites*, KOSLOWSKY, *Foss. dev. de Paraná*, p. 9, pl. II, fig. 1-2.

CONRAD describió, sin figurar, su *Atrypa flabellites*, en 1841, (Fifth Ann. Rep. N. Y. Geol. Surv. 1841, p. 55). Un año más tarde salió la obra de D'ORBIGNY en que se da la descripción y la figura de su *Terebratula peruviana*. KOSLOWSKY ha podido examinar los ejemplares típicos de la *Terebratula boliviana* D'ORBIGNY y compararlos con *Leptoc. flabellites* CONR. y dice que se trata indudablemente de la misma «especie»; de no ser así no cabría la menor duda que, por lo menos, deben referirse a la «especie» de D'ORBIGNY los ejemplares de *Leptoc. flabellites* procedentes de Bolivia. De todos modos, queda *sub judice* la cuestión de si se debe adoptar el nombre específico de D'ORBIGNY o el de CONRAD para la misma especie, según la ley de prioridad.

3) *Spirifer boliviensis* D'ORB.

Syn:

- 1842) *Spirifer boliviensis*, D'ORB., *Voyage*, III, p. 37, pl. II, fig. 8-9.
1846) *Spirifer antarcticus*, MORRIS and SHARPE, *Falkland*, p. 276, pl. XI, fig. 2.
1846) *Spirifer orbignii*, MORRIS and SHARPE, *Falkland*, p. 276, (ex. p.), pl. XI, fig. 3 a, (nom fig. 3 b, 3 c = *Spirifer Quichua* D'ORB.).
1892) *Spirifer chuquisaca*, ULRICH, *pal. Verst. a. Boliv.*, p. 65, t. IV, fig. 19-20.
? 1893) *Spirifer Vogeli*, AMMON, *Lagoinha*, p. II, fig. 6.
1897) *Spirifer antarcticus*, KAYSER, *ein. pal. Faun. Süd-Am.*, p. 297, Taf. IX, fig. 1-4.
? 1903) *Spirifer clarkei*, KATZER, *Amazon.*, p. 194, t. XI, (p. 197), fig. 2, (icon *pesimum*).
1905) *Spisifer antarcticus* THOMAS, *dev. Faun. Argent.*, p. 261, Taf XII, fig. 22-24 (25 ?).
1907) *Spirifer chuquisaca*, COURTY, *Expl. géol. Amér. du Sud*, pl. V, fig. 3 y 5; pl. VI, fig. 1, 3, 5, 6, 7.
1908) *Spirifer arrectus*, var. *acuticostata*, KNOD, *dev. Faun. Bol.*, p. 547, Taf. XXVIII, fig. 2, (coet. excl., fig. 1 = *Sp. Hawkinsi* M. y S.; fig. 3, = *Sp. quichua* D'ORB., fig. 4 = *Sp. cfr. Kayserianus* CLARKE, ex. p.).
1913) *Spirifer antarcticus*, CLARKE, *Foss. dev. do Paraná*, p. 258, (ex. p.), Est. 18, fig. 1-7, 9-13, 15-16, (non fig. 8, 14 = *Sp. quichua* D'ORB.).
1913) *Spirifer arrectus*, KOSLOWSKY, *Foss. dev. de Paraná*, p. 7, pl. II, fig. 6-10.

El mismo CLARKE se adhiere a la opinión de SCHWARZ (1) de que *Sp. boliviensis* y *Sp. antarcticus* sean sinónimos y sin embargo usa este último nombre en lugar del primero que por la ley de prioridad tiene derecho a ser conservado.

4) *Spirifer quichua* D'ORB.

Syn:

- 1842) *Spirifer quichua*, D'ORB., *Voyage*, III, p. 37, pl. II, fig. 21.
1846) *Spirifer Orbignii*, MORRIS and SHARPE, *Falkland*, p. 276 XI, fig. 3 b, 3 c, (nom fig. 3 a. = *Sp. boliviensis*, D'ORB.).
? 1903) *Spirifer duodenarius*, KATGER, *unt. Amaz.*, p. 194, Taf. X, p. 195, fig. 3 a, b.
? 1905) *Spirifer antarcticus*, THOMAS, *dev. Faun. Argent.*, p. 261, (ex. p.), t. XIII, fig. 25.
1908) *Spirifer arrectus* var. *antarctica*, KNOD, *dev. Faun. Bol.*, p. 549, (excl. syn), Taf. XXVIII, fig. 3.
1913) *Spirifer antarcticus*, (LARKE, *Foss. dev. do Paraná*, p. 258. (ex. p.), Est. 18, fig. 8 y 14, (caet. excl.).

Esta forma es muy distinta de la precedente por su ornamentación paucicosta y rectilínea, su forma trapezoidal, el apex de la valva ventral (molde interior) mucho menos prominente, etc., etc.

5) *Orthis inca*, D'ORB., (= *Schuchertella inca*, (D'ORB.)).

Syn:

- 1842) *Orthis inca*, D'ORB., *Voyage*, III, p. 38, pl. II, fig. 10-12.
? 1846) *Orthis Sullivani*, MORRIS and SHARPE, *Falkland*, p. 275, (ex. p.), pl. X, fig. X, fig. 1 b, 1 c (nom. fig. 1 a. = *Schuchertella Suvillane* typ. nec. fig. 1 d = *Schuchert. Santae Crucis*, CLARKE).
? 1860) *Orthis Sp.*, SALTER, *Boliv. foss.*, p. 69, pl. IV, fig. 15-16, (icon. pessimum).
cfr. 1903) *Orthotetes Agassizi*, (HARTT u. RATHBUN), KATZER *unt. Amaz.*, p. 194, Taf. XI, (p. 197), fig. 6 c (nom fig. 6 a, 6 b).
1908) *Orthis subcarinata*, (HALL.), KNOD., *dev. Faun. Bol.*, p. 495 y 542, Taf. XXVII, fig. 8; Taf. XXVI, fig. 9-12.
cfr. 1913) *Schuchertella Agassizi*, CLARKE, *Foss. dev. do Paraná*, p. 276 Est. 23, fig. 5-12. Podría ser una forma silúrica superior.

6) *Orthis pectinatus*, D'ORB. (= *Orthis* (?) *pectinata*, (D'ORB.)).

Syn:

- 1842) *Orthis pectinatus*, D'ORB., *Voyage*, III, p. 39, pl. II, fig. 13-15.
1908) *Orthis cfr. pectinata*, KNOD., *dev. Faun., Boliv.*, p. 495 y 544, Taf. XXVI, fig. 15.

De esta forma tengo un ejemplar procedente de Mandiyuti, cerca de Cuevo.

7) *Orthis laticostata*, D'ORB.

- 1842) *Orthis laticostata*, D'ORB., *Voyage*, III, p. 39 (no figurada). (1).

La diagnosis que da D'ORBIGNY para esta forma no es suficiente para poder saber de qué se trata. Sería necesario, para eso, poder examinar los originales tipos de la colección d'orbignyana.

(1) *Records of t. Albany Mus.*, I, p. 367, 1906.

(2) KNOD. — (Ob. cit. p. 495) expresó las dudas que esta forma sea sinónimo de *O. Euryone* HALL.

8) *Actinocrinus* sp. (= *Actinocrinus* (?) f. ind.).

Syn:

- 1842) *Actinocrinus* sp. D'ORB., *Voyage*, III, p. 40, pl. II, fig. 3.
cfr. 1892) «Crinoidenreste», ULRICH, *pal. Verst. a Bol.*, p. 83, (exp.),
T. V., fig. 15-16.
cfr. 1903) *Actinocrinus* sp., KATZER, *unt. Amaz.*, p. 192, Taf. XII,
(p. 201), fig. 17, (nom., fig. 18).
1907) *Actinocrinus* ? (D'ORB.), COURTY, *Expl. geol. Amér. du
Sud.*, pl. V, fig. 9, pl. VIII, fig. 6.
1908) *Ctenocrinus* sp., KNOD., *dev. Faun. Bol.*, p. 566, (ex. p.),
Taf. XXIX, fig. 8.

De las ocho especies sólo seis o siete serían devónicas; la que por seguro no es tal es la primera, *Clintonella antisimensis*, la que más comúnmente se conoce bajo el nombre de *Liorhynchus Bodgenbenderi* KAYS. Otra especie que, tal vez, pertenece al silúrico superior es la *Schuchertella* (?) *inca* (D'ORB.).

PISSIS (1856, 1873) y FORBES (1860) siguieron a D'ORBIGNY en estudiar geológicamente la altiplanicie boliviana y las cordilleras limítrofes, pero, los resultados de sus exploraciones en lo que atañe a cronología sistemática de los terrenos antiguos que allí afloran, representan, a mi juicio, un verdadero retroceso en comparación de los resultados alcanzados por D'ORBIGNY, PISSIS y FORBES; fueron a Bolivia guiados, más bien, por el propósito de estudiar sus minas a lo que dedicaron, según parece, su preferente atención; — es casi seguro que no se han dado mucha pena en buscar fósiles, tan sólo limitándose a recoger algunos de los que casualmente encontraron por el camino. PISSIS tuvo, a lo menos, el tino de mencionar sólo de paso a los que él recogió. FORBES encomendó a SALTER el estudio de los recogidos por él, o que le fueron regalados por otros, y SALTER hizo una confusión deplorable y la separación más arbitraria de dichos fósiles, especialmente de los silúricos y devónicos.

PISSIS había reunido casi toda la serie antigua de la altiplanicie boliviana en una única formación «carbonífera». No he podido consultar su publicación de 1856 y creo que en la copia, que tengo, de su segunda publicación (1873), los perfiles que la acompañan, coloreados a mano, deben contener muchas inexactitudes debidas a falta de cuidado del dibujante; así que, por ejemplo, el perfil de la altiplanicie que tengo a la vista no se asemeja en nada a la copia publicada por FORBES, en 1860, y que seguramente será una producción fiel del perfil publicado por PISSIS en 1856.

FORBES, a su vez, distinguió, en dicha serie, sedimentos pérmicos, carboníferos, devónicos y del silúrico superior. Pero, parte de estas distinciones no fueron hechas sobre el terreno, sino posteriormente. El mismo FORBES así se expresa al respecto (1): «The «rock's which in Sections Nos. 1 and 2 are represented as of Devonian age, have only been so coloured since my arrival in England: when these sections were made in Bolivia I had always regarded them as forming part of the Upper Silurian Series, and coloured them accordingly. I have been induced by Mr. Salter to look upon them as possibly Devonian, although far from being convinced of their being so in reality».

(1) Ob. cit. p. 51.

Se me ocurre la posibilidad de que lo acontecido en Bolivia con respecto a los terrenos silúricos y devónicos de la altiplanicie tenga mucho parecido con lo que recientemente puso CLARKE de manifiesto con referencia a la serie contemporánea de la precordillera sanjuanina y mendocina. Al estudiar los fósiles que BODENBENDER, STAPPENBECK y otros habían recogido en los alrededores de Jáchal (San Juan) y en otros puntos (Rioja, etc.) y procedentes de terrenos que hasta hace poco se consideraban, todos, devónicos, le resultó a CLARKE (1) que sólo en parte eran devónicos, constituyendo los demás un conjunto faunístico típicamente suprasilúrico. A raíz de esta constatación quedó confirmada la presencia de sedimentos suprasilúricos en la serie paleozoica de la precordillera. Y como no se conoce una verdadera discordancia entre silúrico y devónico en aquellas regiones, se tiene derecho a pensar que no hayan sido afectadas por las actividades diastróficas del epiciclo caledónico (S. I.).

Análogamente, entre los fósiles bolivianos llevados a Inglaterra por FORBES y procedentes de terrenos que este autor había referido, todos, al suprasilúrico, SALTER reconoció «especies» suprasilúricas y otras devónicas, aunque se haya equivocado con respecto a la verdadera edad de algunas entre ellas; así que bien o mal, le debemos a SALTER el mérito de haber, por primera vez, comprobado la presencia del suprasilúrico en la serie paleozoica de la altiplanicie boliviana. Tanto más importante es la cosa, puesto que, posteriormente a SALTER no se tiene conocimiento de que otros autores hayan confirmado la presencia del suprasilúrico en la serie paleozoica boliviana.

Un primer examen crítico del material descrito y figurado por SALTER me inducen a formular la suposición de que serían de referir al silúrico sup. (2) las «especies» siguientes:

Homalonotus Linares Salt. (= *Homalonotus* [*Trimerus*] *Linaresii* (Salt.)).

Homalonotus sp. (= ?).

Beyrichia Forbesii SALT.

Tentaculites sp.

Tentaculitis supremus SALT. (3).

Ctenodonta sp.

Además, un coral («Cup-coral»); — mientras que las «especies» siguientes son las que con mayor seguridad pertenecen al Devónico.

Spirifer boliviensis D'ORB. (4) (ob. cit., p. 64).

Orthis sp. (*ibid.*, p. 64).

(1) *Foss. dev. do Paraná* (1913), p. 336.

(2) SALTER. — (Ob. cit., p. 64, Nota) usa el término «supra-silurian» en lugar de «post-silurian» y no con el significado que actualmente se le atribuye.

(3) De ser sinónimo con *I. Bellulus* HALL, como pretende KNOD (1908, ob. cit. K p. 559), el nombre de SALTER tiene la prioridad.

(4) SALTER cita esta forma (ob. cit. p. 64) en la lista de sus fósiles carboníferos (1) bolivianos.

En la misma lista figura la *Ter. peruviana* D'ORB., en sinonimia con *Athyris subtilita* HALL. Es un error. D'ORBIGNY figuró (ob. cit. pl. 3, fig. 17-19) como *Ter. peruviana* una forma carbonífera que en el texto de la misma obra (p. 45) ha sido descrita como *Tere Rossiyi* LEVEILL. Además (ob. cit. p. 45) describió como *Ter. Gaudryi* D'ORB. otra forma que en la misma lámina (pl. 3, fig. 16) figura bajo el nombre de *Ter. antisimensis*.

Orthis Aymara SALT. (*ibid.*, p. 68, Pl. IV, fig. 4 = *Leptocoelia flabellites* (CONR.).

Orthis sp. (*ibid.*, p. 69).

Strophonema sp. (*ibid.*, p. 69).

Cucullella sp. (*ibid.*, p. 69).

Ctenodonta (*Nucula* sp. (*ibid.*, p. 69 = *Palaeoneilo* ? sp., según ULRICH).

Arca ? *Brownii* SALT. (*ibid.*, p. 69, pl. IV, fig. 19 = algún Grammyside ?).

Arca ? *Brownii* SALT. (*ibid.*, p. 69, pl. IV, fig. 20 = algún Ambo-nychide ?).

Bellerophon sp. (*ibid.*, p. 70).

Patella o *Pileopsis* ? (*ibid.*, p. 70).

Phacops latifrons BRONN. (*ibid.*, p. 65, pl. IV, fig. 8 = *Phacops orurensis* n. f.).

Cryphaeus Pentlandi SALT. (*ibid.*, p. 65, pl. IV, fig. 9 = *Dalmanites Pentlandi* (SALT.)).

Tentaculites Sainzii SALT. (*ibid.*, p. 67, pl. IV, fig. 2).

Favosites sp. (*ibid.*, p. 66, pl. IV, fig. 10).

En cuanto a la procedencia de los fósiles arriba mencionados damos a continuación la lista de los lugares correspondientes:

«Aygatchi» (S. E. Titicaca);

Alrededores de Oruro;

Cotaña, Millepaya y Capara (pendientes occidentales de Illampu), a lo largo del camino entre Sorata y La Paz.

En la descripción de su perfil n. 2, el que más o menos sigue la misma línea del perfil fig. 1 (pl. VIII) de D'ORBIGNY (1), FORBES coloca en el Devónico los terrenos que afloran entre Coniri y Viacha. En esto está de acuerdo con D'ORBIGNY, pero, en el trecho del mismo perfil entre Santiago de Menchaca y San Andrés, donde, según D'ORBIGNY (2), afloran areniscas duras grises, probablemente devónicas, formando dos lomadas paralelas con inclinaciones opuestas, FORBES no ha visto sino inclinaciones al este (de 15° a 16°) en ambas lomadas, siendo formadas por areniscas blandas coloradas y margas coloradas y blandas (3). Hay contradicción evidente entre las afirmaciones de D'ORBIGNY y las de FORBES, sobre este punto; — conviene esperar que por nuevas observaciones se resuelva tal discrepancia. Es muy probable que en dichas lomadas estén presentes tanto las rocas devónicas (areniscas duras grises D'ORB.), como también las areniscas «inferiores» («Pucasandstein» *ex p.* STEINM.), permo-mesozoicas y arriba de todo una formación margosa que en aquel punto reemplazaría el horizonte calcáreo dolomítico.

En 1884 realizó STEINMANN su primer viaje de estudios geológicos en la República de Bolivia, recogiendo muchos fósiles devónicos en varios afloramientos. Este material paleontológico, juntamente con algunos fósiles recogidos por STÜBEL, BARRANCA, DAGINCOURT y otros, le fué entregado por STEINMANN a ULRICH el que en 1892 publicó al respecto una importante monografía con la

(1) Ob. cit.

(2) Ob. cit., p. 118.

(3) FORBES. — Ob. cit., p. 39.

descripción de 54 «especies» entre trilobitos, gastrópodos, lamelibranchios, braquiópodos, etc.

He aquí la lista de los lugares de donde proceden los fósiles descritos por ULRICH (1):

Icla, Chahuarani, Huamampampa y Cuesta del Rincón, en Provincia de Tomina (ribera izquierda del Pilcomayo).

Tarabuco, en Provincia de Yamparaez (Sucre).

Copachunchu - Duraznillo, Pocona, Totora - Challuani y Challuani-Oconi, en Provincia de Totora.

Oconi - Pulquina y Pulquina - Agua Blanca, en Provincia de Vallegrande.

Isla Coati (Titicaca).

Ruinas de Tiahuanaco (STÜBEL).

Río Sicasica (Oruro).

En la misma obra de ULRICH, sobre la base de los datos de STEINMANN, los dos tramos en que D'ORBIGNY había dividido el Devónico boliviano reciben nuevos nombres, a saber: «Icla-Schiefer» para la serie inferior (con conularias, etc.) o «Huamampampa - Sandstein» para la serie superior, sincronizando la primera con «Oriskany» y «Upper Helderberg» y la segunda con «Hamilton» de Norte América.

En el trabajo de KAYSER (1897), sobre faunas paleozoicas de Sud América (1) se da la figura y descripción de tres (o cuatro?) «especies» devónicas bolivianas (2), a saber:

Homalonotus f. (ob. cit., p. 303, Taf. XII, fig. 4)

Homalonotus f. (ob. cit., p. 303, Taf. XII, fig. 3 = alguna *Dipleura* ? procedentes de Coloolo); además:

Leptocoelia flabellites (CONR. (ob. cit., p. 304, Taf. XII, fig. 5, 6), y *Retzia* ? f. procedentes de Chililaya (S. E. del Titicaca).

Los fósiles recogidos por EVANS en Caupolicán (1902-1903) fueron estudiados por LAKE (3). Entre ellos figuran tres formas devónicas:

Phacops cfr. *arbutus* LAKE

Dalmanites Paituna HAKTT. y RATHB.

Dalmanites Maecurua (CLARKE)

procedentes de algún afloramiento entre Apolo y San José de Chapiamonas (4).

Algo escasos son los datos que podemos sacar de la obra de COURTY (1907) sobre fósiles y rocas devónicas de la altiplanicie boliviana; sin embargo, presentan cierto interés por tratarse de material inédito o poco conocido (5).

En los alrededores de Tiahuanaco hacia Huaqui donde el Devónico aflora en grandes extensiones, COURTY recogió:

Cryphaeus convexus ULR. (ob. cit., p. 116, pl. V, fig. 7-8).

Acaste devónica ULR. (ob. cit., p. 116, pl. V, fig. 2-4).

Actinocrinus (?) D'ORB. (ob. cit., p. 117, pl. V, fig. 9).

(1) Men. Jahrb. B. B. VIII, 1892.

(2) Zeitschr. d. g. S.; 1897.

(3) Recogidas por HETTNER.

(4) Ob. cit., véase Bibliogr. esp.

(5) Quart. Journ. 62.

(6) Ob. cit. véase Bibliogr.

En los alrededores de Achacachi:

Leptocoelia flabellites (CONR), (ob. cit., p. 117, pl. V, fig. 1) en abundancia y en estado de imprentas.

Además, COURTY tuvo noticias de que la región de Sicasica es muy rica en fósiles devónicos, (ob. cit., p. 126).

También, según DEREIMS, abundan los fósiles devónicos en la loma de Hampturi, unas tres leguas al noroeste de Caracollo.

Otros puntos en que según publicaciones de la Sociedad Geográfica, de La Paz (1) deberían encontrarse fósiles devónicos, son los alrededores del Cerro Chorolque. En caso de verificarse tal hallazgo, el lugar indicado sería el único punto, conocido hasta la fecha, en que afloran rocas devónicas al oeste del Sistema antiguo de la Puna.

Entre los fósiles devónicos recogidos en los alrededores de Tarija por A. DE MORTILLET, COURTY pudo reconocer las formas siguientes:

Cryphaeus cfr. *giganteus* ULR. (ob. cit., p. 50, pl. VII, fig. 1, 2, 6, 7, 8, 10).

Conularia cfr. *acuta* ROEM. (ob. cit., p. 51, pl. VII, fig. 3, 9).

Conularia quichua STEINM. (ob. cit., p. 51).

Nuculites Reneckeii ULR. (ob. cit., p. 51, pl. VI, fig. 2, 4).

Leptocoelia flabellites CONR. (ob. cit., p. 51, pl. VI, figs. 10, 13, 14).

Meristella Riskowskyi ULR. (ob. cit., p. 53, pl. VI, fig. 8, 9 = *Cryptonella* (?) *Biani* SHARPE (2)).

Spirifer Chuquisaca ULR. (ob. cit., p. 54, pl. VI, fig. 1, 3, 5, 6, 7, pl. V, fig. 3, 5 = *Spirifer boliviensis* D'ORB.).

Vitulina pustulosa HALL. (ob. cit., p. 54, pl. VI, fig. 11, 12 = ?).

Actinocrinus cfr. *muricatus* GOLDF. (ob. cit., p. 55, pl. VIII, fig. 2, 4).

Actinocrinus (?) f. D'ORB. (ob. cit., pl. VIII, fig. 6).

En 1903-1904, STEINMANN tuvo ocasión de volver a Bolivia en compañía de HOEK y V. BISTRAM. En esta circunstancia el aludido geólogo recogió muchos fósiles devónicos en diferentes afloramientos; entre ellos, algunos no conocidos anteriormente, a saber:

Al sudoeste de La Paz (50 km.): Yaco.

Al sudeste de La Paz (80 km.): Altoroma - Malla - Yaco.

Al sud de La Paz (90 km.): Ayoayo.

Al norte de Oruro (80 km.): Abra de Quime.

Entre Oruro y Cochabamba: Challa (4 km. al S. O. de la cuesta de Tapacari).

Al sudoeste de Cochabamba (34 km.): Capinota Orcoma.

Al norte de Sucre (100 km.): Aiguile - Montecillos y (60 km.): La Barca.

Al este de Potosí (90 km.): Mollecasa - Incatambo.

Al este de Tarija (20 km.): Hacienda el Cóndor, Santa Ana.

El estudio paleontológico de este material fué llevado a cabo por KNOD (3) y resultó, en conjunto, una fauna de más o menos

(1) *Sinopsis estadística y geográfica de la República de Bolivia*; t. I. La Paz, 1903, p. 22 a 25.

(2) Ob. cit. véase Bibliogr.

(3) Según CLARKE *Foss. dev. do Paraná*, p. 208, Est. XVII, fig. 10-17.

105 «especies», sin embargo, ya podemos anticipar que algunas de ellas no son devónicas sino suprasilúricas como en su lugar veremos.

En la subdivisión del Devónico boliviano sobre la base paleontológica y los datos proporcionados por STEINMANN, KNOD llegó a las conclusiones siguientes:

La serie estaría formada, desde arriba hacia abajo por:

f. — Areniscas estériles.

e. — Areniscas «superiores» (de Huamampampa, etc.), con *Vitulina pustulosa*, *Liorhynchus antisiensis*, *Actinopteria Eschwegii*.

d. — Esquistos superiores (de Icla) con conularias.

e. — Esquistos inferiores (de Icla) con conularias, *Leptocoelia flabellites* y *Spirifer boliviensis*.

b. — Areniscas «inferiores» con *Scaphiocoelia*, *Rensellaeria* y *Leptocoelia flabellites*.

a. — Areniscas cuarcíferas estériles.

En cuanto a su edad y en comparación con la serie devónica de Norte América, KNOD sincroniza la serie *b* con «Helderberg inferior», la serie *c-d* con «Oriskany» y la serie *e* con «Helderberg superior». Sobre este último punto y en contra de la opinión de ULRICH, el que había referido las areniscas de Huamampampa al grupo de «Hamilton», KNOD nos lleva más bien a las mismas conclusiones a que había llegado D'ORBIGNY hace más de 70 años.

Pero, desgraciadamente, la subdivisión hecha por KNOD resulta ser, principalmente, un trabajo de mesa. Podemos dar por seguro que muchas de sus areniscas «superiores» (de Aiguiles, Montecillos, La Barca, Challa, Chuquiaguillo, Finca Constancia, Incacaray, Nataral y otras, tal vez), con *Liorhynchus*, *Beyrichia*, *Athrypina acutiplicata*, etc., pertenecen, más bien al silúrico superior. En la mayoría de los lugares citados, tal vez que no haya sido posible definir con seguridad la relación de dichas areniscas con la serie devónica propiamente dicha y su identificación con las verdaderas areniscas de Huamampampa (con *Amnigenia*, *Ctenodonta*, *Sphenotus*, *Actinopteris*, etc.), es del todo arbitraria.

Los fósiles devónicos recogidos por HAUTHAL en ocasión de su viaje a Bolivia y Perú (1) fueron determinados, por H. SALFELD (2) como sigue:

De Chuquiaguillo cerca de La Paz (al Noreste) (3):

Tentaculites sp.;

Leptocoelia flabellites (CONR.);

Orthis subcarinata HALL;

Orthothes chemmugensis (CONR.).

De Chalcataya, al Noreste de La Paz (4):

Pleurodictyon Petrii (?) MAMER (Taf. 2, fig. 2, 4, 5);

Tentaculites sp.;

Loxonema cfr. *attenuata* HALL (Taf. 2, fig. 1);

Sphenotus Gorceixi HALL (Taf. 1, fig. 2);

(1) *Reisen in Boliv.* etc. (1918).

(2) Ob. cit. (Erster Anhang). — Verst. a. d. Devon etc. (1911).

(3) Ob. cit., p. 207.

(4) Ob. cit., p. 208.

Cintraria cfr. *Karsteni* HALL;
Palaeoneilo (?) cfr. *pondiana* HALL;
Leptocoelia cfr. *flabellites* (CONR.);
Orthothetes chemmugensis (CONR.);
Orthis subcarinata HALL;
Cyrtoceras sp.;
Gyroceras Hans Meyeri «n. sp.» (Text. fig. und, Taf. I, fig. 1);
Orthoceras sp.;
Chenocrinus sp.;
Rhodocrinus sp.;
Crinoides ind. (Taf. 2, fig. 3);
Dalmanites Maecurua CLARKE;
Acaste cfr. *perplana* KNOD;
Acidaspis tuberculatus CONR. (Taf. I, fig. 5);
Proetus sp. (Taf. I, fig. 3).
Conularia sp.

La presencia de *Homalonotus Kayseri* THOMAS en areniscas cuarcíticas que afloran en el mismo lugar indicarían una edad suprasilúrica para estas rocas.

De Milluni (al Noreste de La Paz) (1):

Orthothetes chemmugensis CONR.

De Calatacata (?) (2):

Ctenocrinus f.;

Acaste cfr. *perplana* KNOD.;

Phacops sp.;

Además, «de Salta» (sin mayores detalles en cuanto a su procedencia (3) un pigidio de *Dalmanites* sp. (Taf. I, fig. 4) que «podría ser» del Devónico inferior.

Así llegamos, por fin, al final de esta revisión con citar los dos últimos trabajos en que se mencionan afloramientos y fósiles «devónicos» de Bolivia:

El trabajo de STEINMANN y HOEK (4) en que se citan:

Dalmanites Maecurua CLARKE, (ob. cit., p. 205, T. IX, fig. 1-3);

Acidaspis aracana STEINM. (n. sp., p. 206, T. XI, fig. 1-2);

Conularia undulata CONR.;

Trochoceras bolivianum STEINM. (n. sp., p. 206, T. VI, fig. 3);

Orthoceras f. ind.;

Loxonema gregaria KNOD.;

Nuculites cfr. *nyssa major* CLARKE;

Paracyclus rugosa Gf. ?;

Leptocoelia flabellites (CONR.);

Chonetes falklandicus (M. a SH.);

precedentes de la mina Viloco, cerca de Araca, al Sudeste de La Paz; y el trabajo de DOUGLAS (5) en que se da la lista siguiente de los fósiles recogidos a lo largo del ferrocarril entre Coniri y Viacha:

Liorhynchus Bodenbenderi KAYS. (= *Clintonella antisimensis* (D'ORB.));

(1) Ob. cit. p. 209.

(2) Ob. cit. p. 210.

(3) Ob. cit. p. 210.

(4) Ob. cit., véase Bibliogr. (1912).

(5) Qu. Journ. 1914 (véase Bibliogr.).

Leptocoelia acutiplicata HRLL. (= *Athrypina*);
Leptocoelia flabellites (CONR.);
Schaphiocoelia boliviensis WHITE;
Schizophoria sp.

Los dos primeros son del Silúrico superior y los tres últimos son verdaderamente devónicos.

Los datos bibliográficos que anteceden nos autorizan a formular, en forma de resumen, las conclusiones siguientes:

— En la altiplanicie boliviana y en la Cordillera oriental afloran en grandes trechos, rocas fosilíferas del Silúrico superior y arriba de ellas, otras rocas también fosilíferas del Devónico inferior-medio. Entre ambas series no se ha notado una discordancia, al contrario, han sido confundidas una con otra y consideradas como partes de una misma formación.

— La serie devónica boliviana, entre capas fosilíferas y no fosilíferas, comprende en su casi totalidad el Devónico inferior y el Devónico medio.

— Hasta la fecha, faltan indicios del Devónico superior.

Hemos tenido que ocuparnos con detalle de la serie devónica boliviana puesto que en las regiones subandinas petrolíferas del norte argentino, la base visible de la serie estratigráfica está formada, precisamente, por sedimentos que por sus caracteres petrográficos corresponden sin duda alguna a los «Esquistos de Icla» y a las «areniscas de Huamampampa».

Para poderme cerciorar de tal identidad hice algunas excursiones en el sudeste boliviano hasta llegar a Mandiyuti y Tucuru que son los puntos más meridionales en que se había constatado la presencia de capas devónicas fosilíferas por el geólogo inglés J. ROMANES, y el ingeniero T. G. MADGWICK (1). Precisamente, es la misma localidad de Mandiyuti donde los mencionados caballeros habían recogido:

Rensellaeria falklandica CLARKE;
Orthis f. ind.;
Derbyna ? f. ind.;
Leptocoelia flabellites (CONR.);

yo mismo he podido dar con otros fósiles, a saber:

Orthis pectinata D'ORB., lám. V, fig. 7 a, b;
Rhynchonella (?) f. ind.;
Schizobolus f. (*Discina* ULRICH), lám. VI, fig. 1.

Mandiyuti se encuentra a la altura del paralelo 20° 30'. Más al Sud de este punto se conocía otro lugar fosilífero de la serie devónica, alrededores de Tarija, más bien dicho, de Santa Ana (2) y Patquia (3), al este y sudeste de Tarija.

(1) Véase la carta que he publicado más arriba en la « Bibliografía ».

(2) STEINMANN.

(3) BODENBENDER.

Durante mis investigaciones en el sudeste boliviano, tuve la suerte de encontrar un trilobites: *Dalmanites* (?) *Pentlandi* (SALT.), lám. VI, fig. 4-9, en la «quebrada de los Monos» pequeño afluente derecho del Pilcomayo a poca distancia de Villamontes.

De la misma localidad procede un ejemplar de

Nuculites f. ind., lám. VI, fig. 3

recogido por un señor N. N. ingeniero de minas norteamericano. Este ejemplar se conserva en las colecciones del Museo anexo a nuestra Oficina.

Además, en el Museo de Historia Natural de Buenos Aires se conservan unos cuantos braquiópodos procedentes de la provincia de Méndez, un poco al norte de Tarija, sobre la orilla derecha del Río Camblaya.

Previo estudio del material me ha sido posible identificarlo como sigue:

Spirifer boliviensis D'ORB. (abundante). Lám. V, fig. 1, 2, 3, 4.

Spirifer Hawkinsi M. a. SH (raro). Lám. V, fig. 5, 6.

Leptostrophia f. ind. (moldes en mal estado).

Cryptonella (?) *Baini* SHARPE (frecuente). Lám. VI, fig. 2.



Figura 3

Orthis laticostata D'ORB

Hasta hace pocos meses todos mis esfuerzos en buscar fósiles en los afloramientos devónicos de las regiones subandinas del norte argentino no habían dado resultado. Por fin, a mediados del pasado mes de mayo, en ocasión de una corta excursión entre Estación Perico y Mendieta en compañía de un geólogo norteamericano, el señor ingeniero R. W. PACK, este señor tuvo la suerte de encontrar un primer fósil en el material extraído para balasto, de las canteras abiertas por la Dirección de los F.F.C.C. del Estado en la Angostura del Río Grande de Jujuy, sobre la orilla izquierda de este río, entre San Juancito y Mendieta. Se trata de un lindo braquiópodo que, con toda probabilidad, puede referirse a la

Orthis (?) *laticostata* D'ORB. (Fig. 3).

La diagnosis que da D'ORBIGNY para el tipo de esta especie concuerda bastante bien con los caracteres presentados por el ejemplar de Mendieta del que damos aquí una reproducción fotográfica.

Es el primer fósil devónico encontrado en el norte de la República Argentina. El hecho de que mis precedentes investigaciones buscando fósiles en el mismo lugar de su procedencia no han dado resultado se explica por cuanto, probablemente, las capas que lo contenían, por ser las más altas entre las que afloran en las mencionadas canteras, sólo últimamente han sido afectadas por la explotación. Ahora que tenemos un primer fósil de dicho lugar, abrigo la esperanza de que futuras investigaciones en el mismo sitio podrán dar con otros restos orgánicos de la misma capa fosilífera.

LAM. IV.

FÓSILES DEVÓNICOS (1/1)

Fig. 1. *Cylindrites* (?) f. — Mandiyuti, cerca de Cuevo.

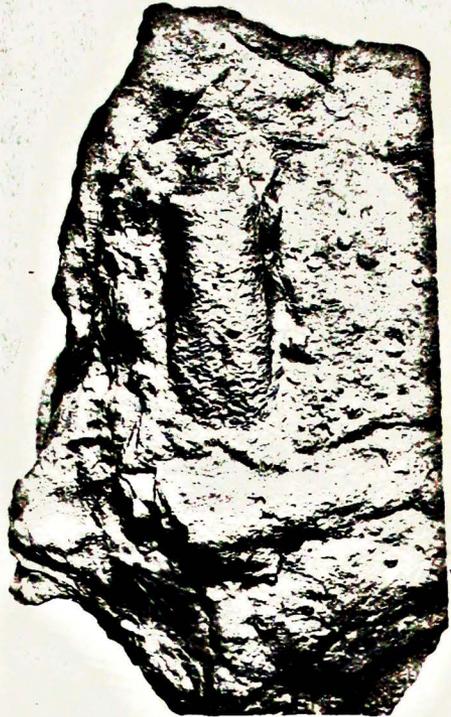
Fig. 2. *Cylindrites* (?) f. — Machareti, Bolivia meridional.

Fig. 3. *Cruziana* (?) f. — Mandiyuti, cerca de Cuevo.

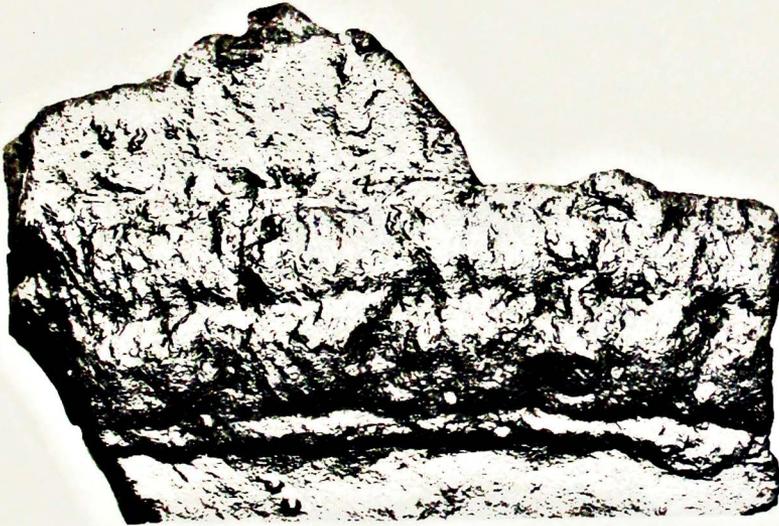
N. B. Los originales de las figuras se conservan en el Museo de la Dirección Gral. de Minas, en Buenos Aires.



1



2



3

LAM. V.

FÓSILES DEVÓNICOS (1/1)

- Fig. 1. *Spirifer boliviensis* d'Orb. — Rio Camblaya, Prov. de Mendez, Bolivia meridional.
- Fig. 2. *Spirifer boliviensis* d'Orb. — Rio Camblaya, Prov. de Mendez, Bolivia meridional.
- Fig. 3. *Spirifer boliviensis* d'Orb. — Rio Camblaya, Prov. de Mendez, Bolivia meridional.
- Fig. 4. *Spirifer boliviensis* d'Orb. — Rio Camblaya, Prov. de Mendez, Bolivia meridional.
- Fig. 5. *Spirifer Hawkinsi* M a Sh. — Rio Camblaya, Prov. de Mendez, Bolivia meridional.
- Fig. 6. *Spirifer Hawkinsi* M a Sh — Rio Camblaya, Prov. de Mendez, Bolivia meridional.
- Fig. 7. a, b, *Orthis pectinata* d'Orb. — Mandiyuti, cerca de Cuevo.

N. B. Los originales de las figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, se conservan en el Museo de Historia Natural; los de la figura 7 en el Museo de la Dirección Gral. de Minas, en Buenos Aires.



1



2



3



4



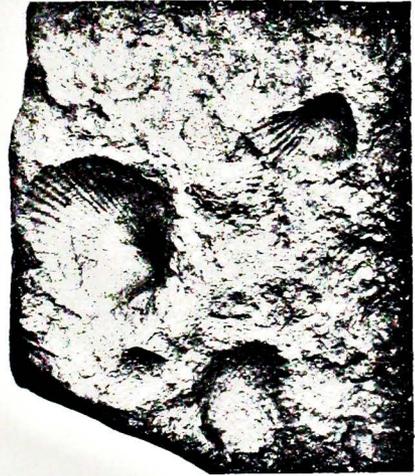
5



6



7a.



7b.

LAM. VI.

FÓSILES DEVÓNICOS (1/1)

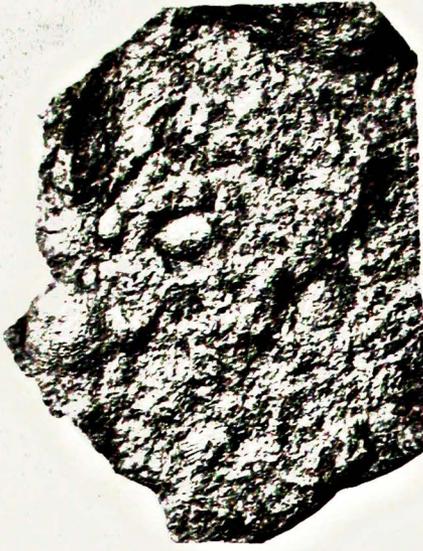
Fig. 1. *Schizobolus* f. ind. — Mandiyuti, cerca de Cuevo.

Fig. 2. *Cryptonella* (?) *Baini* Sharpe. — Rio Camblaya, prov.
de Mendez, Bolivia meridional.

Fig. 3. *Nuculites* f. ind. — Quebrada de los Monos, cerca de
Villamontes (Pilcomayo).

Fig. 4.5 *Dalmanites* (?) *Pentlandi* Salt. — Quebrada de los Monos,
cerca de Villamontes (Pilcomayo).

N. B. Los originales de las figuras de esta lámina se conser-
van en el Museo de la Dirección Gral. de Minas, en
Buenos Aires, menos uno (fig. 2) que pertenece al Mu-
seo Nacional de Historia Natural.



1



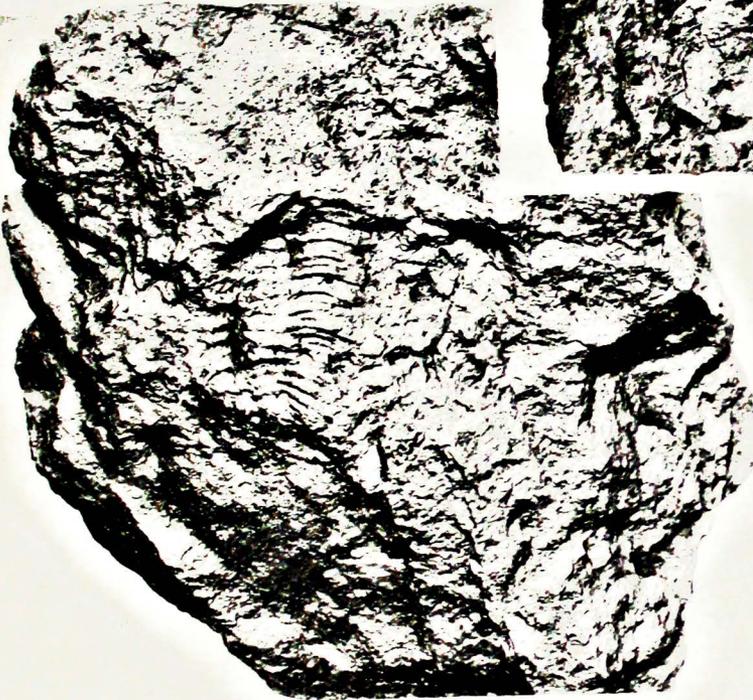
2



3

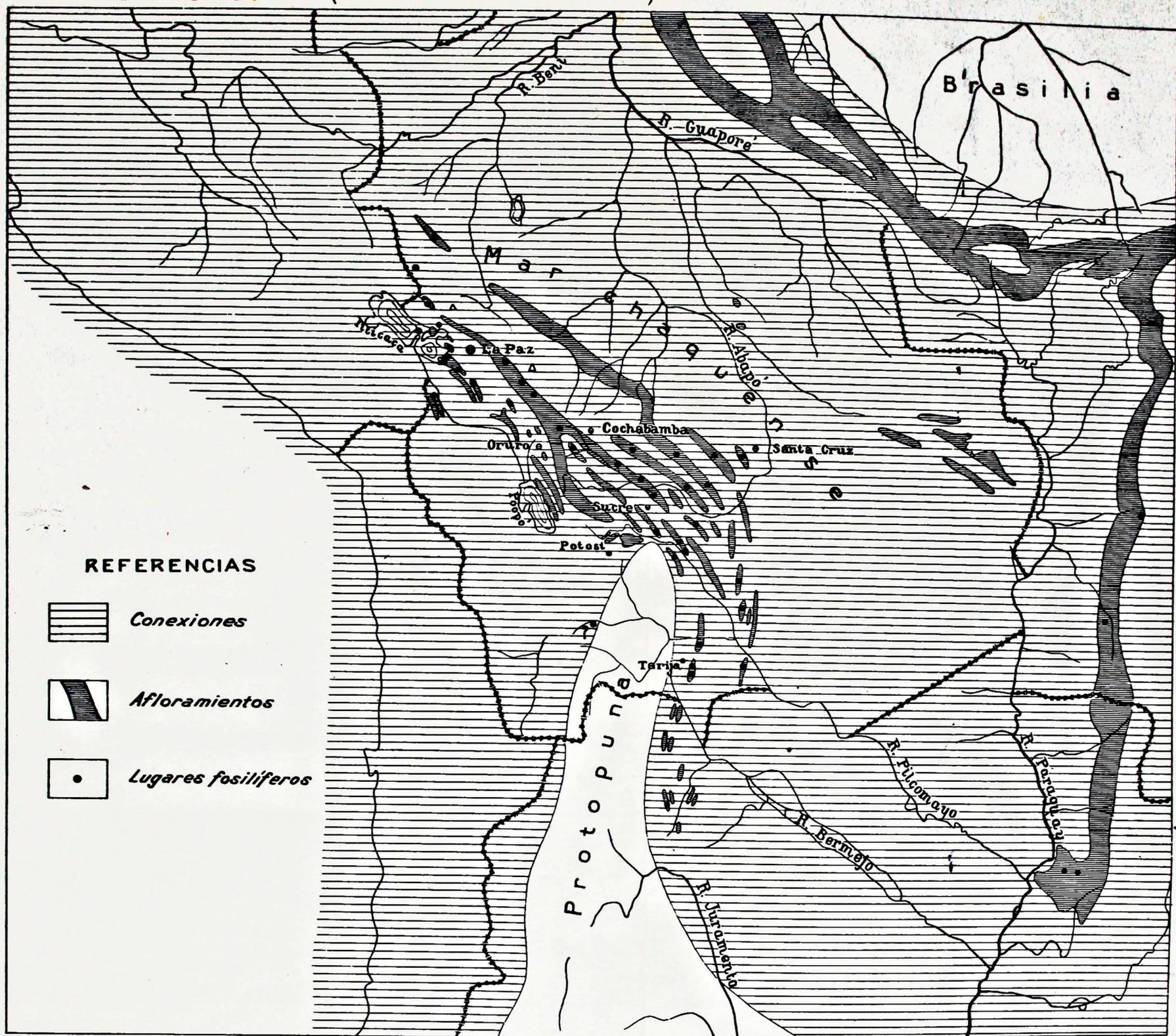


5



4

Ensayo paleogeográfico (durante el Devónico medio)



La identidad litológica de los sedimentos subandinos (de Salta y Jujuy) que refiero al Devónico, con la serie contemporánea, típica, de Bolivia, es absolutamente perfecta. No pueden haber discusiones en cuanto a la determinación cronológica de dichos sedimentos a pesar de que, hasta la fecha, el único dato paleontológico en que podemos fundar tal identidad es el fósil que acabamos de mencionar.

He aquí la nómina de los lugares en que he podido observar a la serie devónica, en territorio argentino:

— Al Oeste de Orán, en los alrededores de San Andrés, al naciente y poniente de este pueblo y en la quebrada del Río de Iruya;

— En el Cerro de Calilegua, formando un núcleo de aquel relieve tectónico, según muestras de roca encontradas en el Río Zora;

— En la Sierra de Zapla, formando la parte central de aquel relieve y además un afloramiento aislado a lo largo de sus pendientes orientales (Cordón del Cerro Negro, entre Garrapatal y Aibal);

— En la Sierra de Santa Bárbara;

— En la Sierra de Centinela;

— En la Sierra del Gallo;

sobre la orilla derecha del Río Lavayen.

Esquistos arcilloso-micáceos, plumizos, negruzcos, más o menos lustrosos, muchas veces cargados de limonita y hematita terrosa, con esquistosidad que en la mayoría de los casos se presenta muy irregular (ondulada) formando capas más o menos delgadas entre las cuales se intercalan a menudo capas y bancos de una arenisca cuarcítica, a veces micácea y por lo general muy fracturada, de colores variables entre rojo, amarillo y hasta gris blanquecino; son los tipos litológicos dominantes en la serie «inferior» («de Icla»). En la serie «superior» («de Huamampampa») prevalecen areniscas, a veces cuarcíticas, más o menos compactas y en gruesos bancos.

El punto más cómodo en la región subandina, del norte, para estudiar la serie devónica, es la angostura de Mendieta, al naciente de Perico, a los dos lados del Río Grande de Jujuy, donde pasa, precisamente, la línea férrea del «Central Norte» a Embarcación.

El único lugar, de los que yo conozco en el norte argentino, donde se puede estudiar la condición de asiento de la serie devónica sobre sedimentos más antiguos, es la región de San Andrés al oeste de Orán. En la mayoría de los otros puntos el Devónico basal no está a la vista, mientras el espesor total de los sedimentos visibles no sobrepasa el centenar de metros. Sólo en la extremidad meridional de la Sierra de Zapla, siguiendo la barranca izquierda del Río Grande de Jujuy, el perfil natural revela un espesor mayor (tal vez, unos 300 metros), aunque no representa la serie completa, quedando las capas basales por debajo del nivel del río.

Según estimaciones de D'ORBIGNY y STEINMANN el espesor medio de la serie devónica boliviana oscilaría entre 450 y 700 metros, término medio, en los lugares donde dicha serie se presenta más o menos completa en el sentido de estar presente la serie inferior o «esquistos de Icla» y la serie superior o «areniscas de Huamampampa».

Ahora bien, cabe aquí notar que solamente en los afloramientos de la Sierra de Zapla (Mendieta, etc.), y en los de San Andrés a lo largo del sistema subandino, hemos podido comprobar la existencia de areniscas cuarcíticas, mientras que en los afloramientos de la Sierra de Aguarañe (Quebrada de los Monos, Mandiyuti, etc.), sólo hemos visto rocas (micáceas) esquistoso-arcillosas. Además, en los afloramientos de la Sierra de Zapla las areniscas cuarcíticas no están *superpuestas* sino que se intercalan a los esquistos arcillosos («de Icla»).

En vista de todo eso no sabemos todavía qué pensar con respecto a las mencionadas areniscas cuarcíticas. De ser identificables con las de «Huamampampa» sería el caso de sospechar que no representa un horizonte aparte sino una *facies* de la serie devónica, en vista de que, como ya dijimos se intercalan a los esquistos «de Icla». De todos modos, el hecho es que a lo largo de la serranía de Aguarañe dichas areniscas faltan y el Devónico sólo está allí representado por los «Icla-Schiefer».

Estos esquistos de Icla, en los lugares donde a STEINMANN le fué posible medir su espesor, no llegan nunca a los 300 metros en total. Por lo general, en los perfiles medidos, se le atribuye un espesor medio de 200 metros.

Este dato será para nosotros de la mayor importancia práctica, como veremos al final del presente trabajo. Por de pronto, adelantamos la opinión de que el Devónico de Bolivia y del norte argentino, presente heteropías de lugar a lugar, ya sea relacionadas con la batimetría del mar en que se depositó, ya sea con la mayor o menor distancia de la costa, teniéndose por resultado cierta variabilidad en los espesores y en las *facies*.

LA SERIE PERMOTRIÁSICA

(«Areniscas inferiores» BONAR.)

Ya hicimos en parte (véase la introducción) una reseña retrospectiva de los resultados de estudio a que llegaron los diferentes autores que se ocuparon de esta serie.

Vale la pena, sin embargo, insistir por segunda vez sobre algunos datos por tratarse del punto más dudoso y más discutido de la geología estratigráfica subandina.

D'ORBIGNY había observado (1) que arriba de su serie devónica, o en discordancia sobre otras rocas más antiguas, en varios puntos de la altiplanicie boliviana, cordilleras orientales y sistema chiquitano, descansa una serie de areniscas blandas o medianamente compacta, no arcillosas y sin fósiles, generalmente rojizas pero a veces también amarillentas y gris blanquecinas.

El mismo D'ORBIGNY también había observado que en varios puntos de la alta planicie alrededor del Lago Titicaca y en algunas de sus islas (Pariti, Amasapani, Quebaya, Yarbichambi, etc.), formando la base de esta formación y en concordancia perfecta con la misma, afloran calizas grises azuladas nodulosas o areniscas calcáreas compactas rojizas o amarillentas intercaladas con esquistos arcillosos y con fósiles carboníferos.

(1) Ob. cit. p. 231.

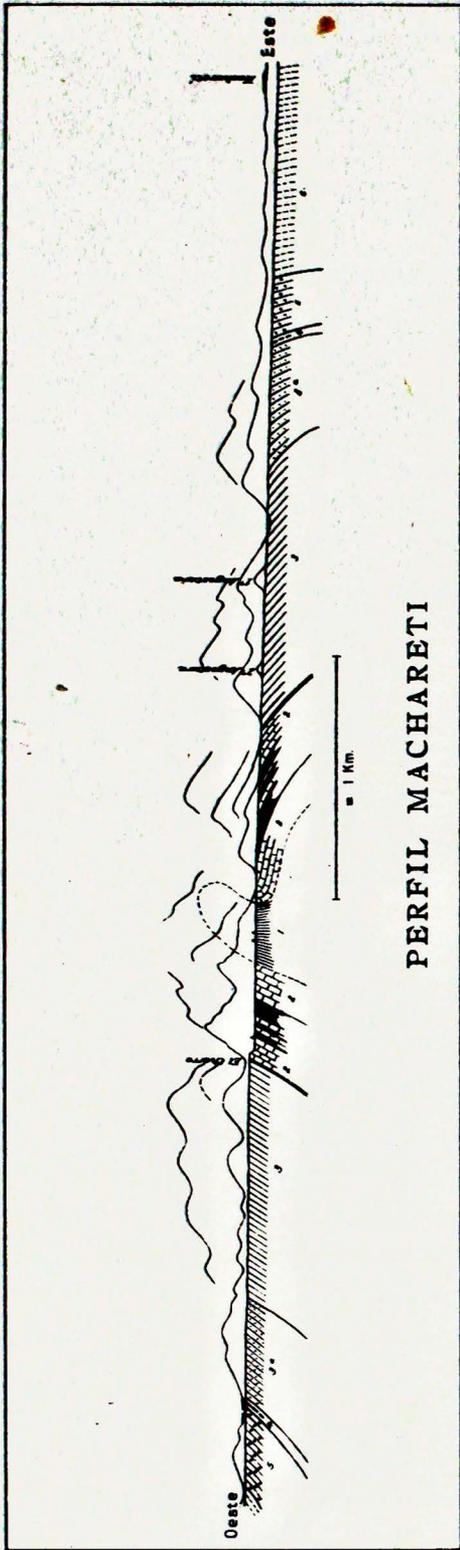


Fig. 4.

REFERENCIAS

- 1.—Devónico. 2.—Permo Carbón. 3.—"Areniscas inferiores".—Serie gris. 3a.—"Areniscas inferiores".—Serie colorada. 4.—Horizonte caláreo-dolomítico. 5.—"Areniscas superiores". 6.—Terciario subandino. • Manifestaciones de petróleo.

Sobre la base de tales hallazgos paleontológicos, confirmados posteriormente por otros investigadores, el sabio francés se indujo a considerar como carboníferas tanto las rocas fosilíferas como también las areniscas que les suceden hacia arriba.

Lo más lógico hubiera sido, a mi juicio, considerar como carboníferas a la parte basal de aquella serie, o más precisamente, a las capas arenosas más o menos directamente relacionadas con los calcáreos y areniscas fosilíferas y considerar como posteriores a las demás areniscas que le suceden hacia arriba.

Sobre espesores de su serie «carbonífera» D'ORBIGNY no tuvo ocasión de concretarse con datos seguros y, en cuanto a su extensión, lo que más le llamó la atención fué que sólo en la alta planicie pudo dar con fósiles aflorando allí la serie calcárea basal que no tuvo ocasión de encontrar, durante sus exploraciones, más al este, en las cordilleras orientales y en el sistema chiquiteano.

Ya dijimos que D'ORBIGNY coloca inmediatamente encima de su serie «carbonífera», a los calcáreos con *Chenmitzia potosensis* y arcillas (o margas) abigarradas que él considera de edad triásica junto con otras areniscas más recientes.

El primero que se preocupó de calcular los espesores de tal serie ha sido FORBES (1) que los estimó, como máximo en 2.000 metros o poco más. El mismo FORBES, desde un principio se resistió terminantemente en adoptar las subdivisiones cronológicas propuestas por D'ORBIGNY para esta serie. Según FORBES, el carbonífero boliviano sólo se reduce al horizonte fosilífero del Titicaca y otros pocos afloramientos, también fosilíferos de las provincias de Arque, Oruro y Santa Cruz de la Sierra. Las demás rocas arenosas superpuestas a las capas fosilíferas que D'ORBIGNY consideraba también como carboníferas, FORBES las considera, de acuerdo con PISSIS, como pérmicas o triásicas, pero más bien pérmicas, junto con las calizas, margas y areniscas superiores las que en la clasificación de D'ORBIGNY serían, precisamente, triásicas.

Los criterios en que se fundó FORBES para tal determinación son que dicha serie es más joven, evidentemente, del carbonífero de Titicaca, porque le está encima y más antigua que la «Oolitic Series» de la cordillera principal, que según FORBES descansaría sobre ella.

Ni los «mamíferos» y restos de plantas, encontrados en diferentes puntos, (Portezuelo, Corocoro, etc.), ni los restos de «reptilios» recogidos en Corocoro por un señor RAMÓN DUC y otros restos recogidos por GRANIER y regalados al Museo de Avignon (Francia) (2) hubieran podido ser utilizados en tal tentativa de determinación cronológica por no conocerse su determinación específica.

En la base de su serie pérmica FORBES coloca (3) los «conglomerados de Coniri». De estos mismos conglomerados trataremos más adelante.

En 1869 apareció un corto estudio de TOULA (4) sobre algunos fósiles carboníferos recogidos en los alrededores de Cochabamba

(1) Ob. cit. 1860, p. 50.

(2) FORBES. — Ob. cit. p. 39.

(3) Ob. cit. (1860) p. 38, segundo párrafo.

(4) TOULA FRANZ. — *Ub. ein Foss. d. Kohlenk. v. Boliv.* Sitz. K. Ac. Wiss.

y con tal publicación se cerró el primer período de los estudios realizados en la serie carbonífera andina.

El segundo período se inicia con los viajes del DEREIMS (1902-1905) en la alta planicie boliviana y de STEINMANN (1904) en varios trechos de las cordilleras orientales y de la misma altiplanicie.

Los fósiles carboníferos recogidos por STEINMANN fueron descritos por MEYER (1) recién en 1914 y casi contemporáneamente ha salido la monografía descriptiva de los braquiópodos recogidos por DEREIMS, hecha por KOSLOWSKY (2).

Como resultado general de tales estudios se obtuvo que las rocas de que proceden los fósiles pertenecen al Carbonífero sup. o permocarbón («Ouralien» o «Stephanien» de los geólogos franceses).

Vale la pena indicar los puntos en que fueron recogidos los fósiles descritos por MEYER y los descritos por KOSLOWSKY.

— Al noreste de Yarbichambi, en una lomada que pasa por Peñas, Ancoraimes, Italaque, Mocomoro; en varios puntos al este de Titicaca, hasta la frontera de Perú.

— Al noroeste de La Paz en una segunda lomada que sale de Aigachi dirigiéndose a Copa-Cabana y pasando por Titicaca y Coati (Islas del Lago Titicaca).

— Al sudoeste de Cochabamba, en los alrededores de Capinota, Apilapampa, Cerro Lamarani y Cuesta de Tapacari.

— Al oeste (139 km.) de Cochabamba, en las angosturas de Yaco.

— Al norte de Cochabamba, en los alrededores de Morochata
Además:

— Ambo y Tarma, en Perú.

Por las descripciones de STEINMANN y DEREIMS resulta bastante claro que la condición de asiento de la serie carbonífera boliviana sobre la serie devónica, en la mayoría de los casos, es con aparente concordancia y se trataría, en realidad, de una pseudoconcordancia; en todo caso se deduce de esto que aquellas áreas de sedimentación no han sido afectadas por las actividades diastólicas del verdadero epiciclo hercínico y que la falta de una serie intermediaria sería debida a exondación.

En el mismo año 1914, es decir, contemporáneamente con los trabajos de MEYER y KOSLOWSKY, apareció otro trabajo, el de J. A. DOUGLAS (1) en que con respecto al carbonífero de Titicaca y de las areniscas, que le están arriba, el autor llega, más o menos, a las mismas conclusiones de FORBES. DOUGLAS pudo comprobar que en la parte basal de la serie arenosa figuran conglomerados (los mismos conglomerados «de Coniri» ya observados por FORBES) formados por diferentes tipos litológicos entre los cuales también figuran fragmentos de rocas del carbonífero fosilífero (1). Sin embargo, habría *continuidad* o mejor dicho *transición* según el mismo autor (2), entre la serie carbonífera fosilífera y los conglomerados de la serie arenosa superpuesta.

De los datos que anteceden se resume: que la serie arenosa de que estamos hablando es *posterior* a una sedimentación fosilí-

(1) Neu. Jahrb. f. Min. B. B. XXXVII.

(2) *Les brachiop. du carbón sup. de Boliv. avec une notice géol de A. DEREIMS.* — Ann. de Pal. t. IX., fasc. I, II, París 1914.

(3) Ob. cit. véase: Bibliogr.

(4) «My reason» etc., ob. cit., p. 30.

fera del Permo-carbón. Es claro que, si conseguimos formar una opinión sobre la edad, aunque fuera aproximada, de la formación sedimentaria inmediatamente superpuesta a dicha serie arenosa, tendremos con eso un criterio de base para poder definir los límites entre los cuales oscilaría su propia edad relativa.

Precisamente, arriba de las areniscas en cuestión (mis «areniscas inferiores») y en concordancia con las mismas (en la mayoría de los casos), yace una serie sedimentaria de poco espesor de la cual forman parte de las calizas y dolomitas (1) y en que, precisamente, encontró D'ORBIGNY, por primera vez, su *Chemnitzia potosensis* D'ORB.

Las investigaciones muy posteriores de STEINMANN en los mismos yacimientos estudiados por D'ORBIGNY, dieron por resultado el descubrimiento de otros fósiles considerados por él como cretácicos (2) y años más tarde PALMER recogió en la misma formación, pero en un punto muy distante (3) unos gastrópodos que fueron determinados por SCHUCHERT y STANTON y resultaron ser «*suggestives of lower jurassic age*».

Como tendremos que volver sobre la edad de este horizonte «calcáreo-dolomítico con *Melania*» (4) en el capítulo a continuación, por de pronto, lo que interesa dejar sentado es que mis «areniscas inferiores» forman un complejo sedimentario en cuya base habría concordancia con una serie fosilífera del Permo-carbón (Titicaca, Cochabamba, etc.), y cuyas capas más altas presentarían evidente concordancia con la serie inmediatamente superpuesta, del «horizonte calcáreo-dolomítico» fosilífero. Ahora, como la edad de las capas basales de este último horizonte resulta ser, como veremos más adelante, triásica superior o liásica inferior, queda demostrado, aunque por vía indirecta, que las «areniscas inferiores» deben considerarse, en cuanto a su edad relativa, como intermedias entre Carbonífero y Liásico y tratándose de una formación que en ciertos puntos presenta espesores verdaderamente notables y no habiéndose comprobado la existencia de alguna discordancia entre los diferentes miembros de que se compone, podemos inferir de todo eso que, por lo menos en los puntos mencionados, debe tratarse de una serie completa, permotriásica.

En otros lugares, donde la misma serie mide espesores muy reducidos, será tal vez el caso de admitir que hayan lagunas o «*hiatus*» cuya existencia, en todo caso, habrá que averiguar y confirmar con ulteriores estudios, sobre todo, fijándose en la composición petrográfica y colocación, en la serie, de los sedimentos alotígenos de tipo conglomerádico que en ella se intercalen.

Los datos que anteceden nos sirven de introducción al estudio de las areniscas inferiores subandinas del norte argentino.

Esta formación igualmente a la serie boliviana que acabamos de describir se halla interpuesta entre Devónico y Mesozoico superior, es decir, entre la serie de areniscas y esquistos micáceos

(1) Mi «horizonte calcáreo-dolomítico»

(2) Véase pág. 18 del presente informe.

(3) Ob. cit., p. 324.

(4) Considerado por STEINMANN como cretácico. Según el mismo autor, constituiría junto con los «*Keuperartige Mergel*» el horizonte mediano de sus «*Pucasandsteine*» (*Corocoro*, 1906; p. 340).

idénticas a las «Huamampampa sandsteine» e «Iclaschiefer» de la Cordillera Real y un horizonte calcáreo dolomítico que consideramos como sincrónico del que en la Puna presenta fósiles (*Chemnitzia potosensis*, etc.).

El espesor de dichas areniscas («inferiores» BONARELLI) en ciertos puntos alcanza sólo en caso excepcional (y que merece confirmarse) a 2.500 metros, pero disminuye en otros hasta 400 o 500 metros. Los tipos litológicos de que está formada son bastante variables uno de otro (1) siendo posible, en la serie, una subdivisión en grupos sucesivos la que al presente no tendría gran valor en vista de que faltan los fósiles, es decir, los elementos de juicio indispensables para poderse definir la edad relativa de cada grupo.

Ya dije en otras ocasiones (2) que en la quebrada del Río Caparará, Itiyuro, cerca de Yacuiba, se presenta a la vista el perfil más hermoso y más completo de mis «areniscas inferiores». Sin embargo, en tal quebrada la base de esta serie no es visible y su condición de asiento sobre la serie devónica sólo tuve ocasión de observarla en la quebrada de Macharetí, en la de los Monos y en otros puntos de Bolivia meridional. De la quebrada de Macharetí, visitada por el doctor SCHILLER este autor ha publicado (3) un perfil geológico bastante exacto en sus detalles, pero discutible, a mi juicio, en sus rasgos generales.

La quebrada de Macharetí corta transversalmente la Sierra de Aguaraquí a la altura del paralelo 20° 50' revelando por tal corte la estructura de un anticlinal muy sencillo, salvo algunas complicaciones en las capas que forman su núcleo. Tal núcleo está formado por la serie de los estratos de Icla («Icla-Schiefer») devónicos.

Vale aquí notar que todas las capas que afloran en la quebrada de Macharetí pertenecerían, según SCHILLER al cretáceo (1). En el perfil de SCHILLER las rocas que pertenecen a dicha serie devónica llevan número y son las número 2 hasta número 14, inclusive. He aquí las determinaciones petrográficas dadas por SCHILLER para cada capa:

- N.º 2 — Pizarras arcillosas oscuras, Esp. 8 m.
- N.º 3 — Areniscas claras (micáceas), Esp. 4 m.
- N.º 4 — Pizarras arcillosas, arenoso-muscovíticas oscuras, Esp. ca. 10 m.
- N.º 5 — Areniscas (micáceas) gris claras, hasta amarillentas, Esp. ca. 4 m.
- N.º 6 — Pizarras arcillosas, arenosas y con muscovita, color oscuro, Esp. 10 m.
- N.º 7 — Areniscas pardas («Grober Sandstein») con petróleo, Esp. 4-5 m.
- N.º 8 — Arcillas pizarreñas oscuras, arenoso micácea (*ex parte*, especialmente en las capas basales y superiores), Esp. 20-25 m.
- N.º 9 — Areniscas (y conglom.) dura, gris con estratificación «cruiforme» (entrecruzada), Esp. 1-5 m.

(1) *Tartagal*, p. 18-20; *Orán* p. 20.

(2) BONARELLI. — *Tartagal* p. 18-19.

(3) *Contrib. etc.*, (véase Bibliogr.), 1913.

- N.º 10 — Arcillas pizarreñas y areniscas finas (micáceas) color oscuro, Esp. 3 m.
N.º 11 — Areniscas pardas, Esp. 4-5.
N.º 12 — Pizarras arcillosas oscuras, Esp.
N.º 13 — Areniscas morenas y pardas, Esp. 6-8 m.
N.º 14 — Pizarras arcillosas «flojas» rojo morenas y verdes, etc. (descubiertas algunos metros), en un trecho de más o menos 10 metros, cubierto por «escombros».

Varias muestras de estas rocas recogidas por el doctor SCHILLER se conservan en el Museo de La Plata. Su perfecta identidad con las rocas devónicas de la serie de Icla es incoatestable. Son los «schistes phylladifères micaceux» de D'ORBIGNY.

Los «escombros» que cubren la superficie de afloramientos de las capas N.º 14, impiden cerciorarse sobre las relaciones estratigráficas de estas capas con las que le suceden más al oeste y que forman el N.º 15 del perfil de SCHILLER. Estas últimas presentan el espesor de un centenar de metros y están formadas por areniscas pardas-amarillas y rojo-morenas con estructura entrecruzada. No presentan ni semejanza con las verdaderas areniscas de Huamampampa; sin embargo, ocuparían, tal vez, en la serie, el mismo nivel estratigráfico.

Arriba de estas areniscas, siguiendo el perfil hacia el oeste, descansan pizarras arcillosas azul oscuras, rojo morenas (y verdosas), duras o «flojas» (blandas) con raras intercalaciones de areniscas rojo verdes con clivaje transversal (N.º 16 de SCHILLER) y espesor de ca. 40-60 m.

Estos esquistos son a veces micáceos muy oscuros y petrográficamente idénticos a los que en Tarija y en la cuesta de Lipeon (como veremos más adelante) presentan restos de plantas fósiles.

No se ve bien el contacto de las areniscas N.º 15 con los esquistos N.º 16 y por lo tanto no me atrevo a decir nada en cuanto a las relaciones estratigráficas entre las dos series, aunque parecen ser concordantes.

Lo que se puede decir con fundamento paleontológico es que los esquistos de la serie N.º 16 pertenecen, con toda probabilidad, al permocarbón y que a la misma edad deberán referirse las capas que le siguen por arriba en la parte más occidental del perfil, hasta la N.º 24 (SCHILLER) al otro lado del «Chorro».

La presencia de una serie del Permocarbón en otros lugares alrededor de la región que nos ocupa, ha sido comprobada aisladamente en varios puntos. En 1904 STEINMANN (*Sudöstl. Boliv.* p. 2) habló de la presencia de yacimientos carboníferos en los alrededores de Tarija. Se trata probablemente de los esquistos arcillosos negruzcos de Patquia, etc., con hojas de plantas fósiles. En 1906, el doctor BODENBENDER trajo de su viaje de exploración al norte de Orán «restos carbonizados de plantas» procedentes de unas pizarras que afloran en las inmediaciones de Lipeon. En las colecciones de nuestro Museo se conservan dos fragmentos de tales esquistos en que se notan impresiones de

Equisetites f.

Phyllothea f.

y otras, es decir, de géneros ya identificados en la flora inferior de «Gondwana».

En la perforación de *Alhuampa* (Chaco santiaguense) fueron recogidos restos vegetales de

Schizoneura y
Phyllothea (1)

Igualmente, según informaciones verbales del doctor STAPPENBECK, se encontraron depósitos análogos en las inmediaciones de Cuyabá (alto Paraguay).

El «Chorro» es un gran salto que forma el Río Macharetí debido a la resistencia a la erosión que oponen las rocas de las capas N.º 21, 22 y 23 de que, en aquel punto, está formado su cauce.

En la serie N.º 24 compuesta como ya he dicho de esquistos arcilloso-pizarreños algo arenosos grises verdosos y color vino, se encuentran bolas de 10 y más centímetros de diámetro que al romperse dejan ver una estratificación concéntrica y resultan formadas de material tobífero melafírico. Arriba de tal serie sigue la serie prevalentemente arenosa, presentando un millar de metros de espesor y serían las verdaderas areniscas inferiores, sin embargo, hasta la fecha he comprendido con tal nombre también a los sedimentos inferiores (N.º 15 a 24 del perfil de SCHILLER) y como estos últimos forman un conjunto estratigráfico en que predomina el color gris, mientras que en la serie superior predomina el color rojo, me había acostumbrado a dividir mis areniscas inferiores en una serie *gris inferior* y una serie *colorada superior*, sin tener esta división otro alcance que el de un puro criterio geognóstico.

En la serie gris inferior se presentan con desarrollo notable unas tobas «de meláfiro» formando intercalaciones de varios metros de espesor entre bancos de areniscas grises o amarillentas, algunas de las cuales pasan en sus partes basales a verdaderos conglomerados.

En varios puntos, a lo largo de la serranía de Aguaraque (Zanja Honda, Yacuy, Iquirá, Capiazuti, Caraparí, Aguiarrenda, Peima) dichas tobas contienen, aisladamente, unos guijarros más o menos redondos, a veces bastante grandes (15 a 20 cm. de diámetro) de rocas cristalinas; entre ellas un granito rojo cuya posible procedencia queda para mí inexplicable hasta el presente.

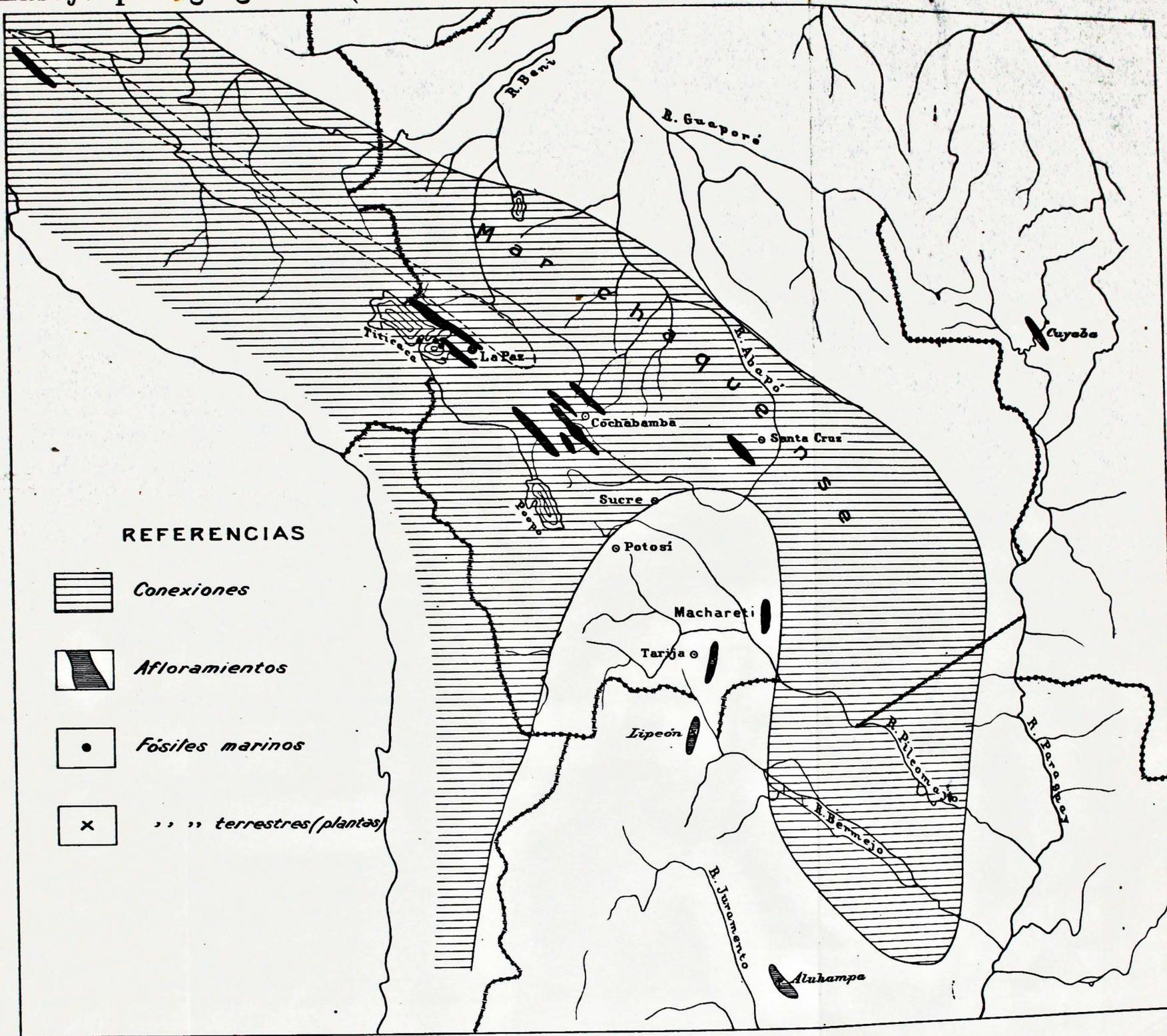
Los otros tipos litológicos que forman la serie de mis «Areniscas inferiores» los he mencionado y descrito parcialmente en mis informes precedentes. En el trabajo del doctor SCHILLER (1) se encuentran descripciones muy buenas de algunos perfiles geognósticos de dicha serie, tomados en las quebradas de Peima y Aguiarrenda.

En cuanto al espesor total de la formación que nos ocupa, ya he dicho que en ciertos casos parece llegar a los 2.500 metros; me refiero al espesor, que sobre la base de mis itinerarios, he calculado para dicha formación a la altura del paralelo 22º, en la Sierra del Alto. Sin embargo, como de dicho punto sólo tengo itinerarios levantados con brújula y reloj y como en la única ocasión en que visité dicha sierra en aquella altura no tenía todavía conocimiento de la existencia de una serie devónica en las regiones subandinas del

(1) Determinados por GOTHAN.

(2) Ob. cit.

Ensayo paleogeográfico (durante el Permo-Carbón)



norte, creo que sería conveniente volver a hacer las mediciones oportunas que confirmaran o corrigieran el resultado de aquellos cálculos.

Lo cierto es que en ningún otro punto se observó para dicha formación un espesor mayor que los 1.500 metros. Según ROMANES y MADWICK en las regiones meridionales de Bolivia (Mandiyuti, etc.), su espesor sería de 1.300 metros. En el perfil de Machareti (véase pág. 60 del presente informe) llega a 1.600 metros incluyendo en el total las capas referidas al Permo-Carbón.

En la provincia de Jujuy, el espesor de las «Areniscas inferiores» disminuye paulatinamente desde el N.E. hacia el S.O. hasta llegar a los 400 ó 500 metros en la Sierra de Zapla.

EL «HORIZONTE CALCÁREO-DOLOMÍTICO»

Mi mayor empeño, en ocasión de mis últimos viajes al Norte, ha sido el de buscar elementos de juicio que permitiesen establecer con cierta seguridad las relaciones posibles entre este horizonte calcáreo-dolomítico y las calizas y dolomitas con «*Melania*» (1) de las regiones andinas. La literatura anterior no ofrece datos suficientes para tal objeto. Sin embargo, sacaremos de ella algún provecho, aunque fuera de valor informativo, para el fin que nos proponemos. Saldremos por lo tanto de lo ya conocido para consignar al final de este capítulo los resultados de nuestras investigaciones personales.

En su descripción de la serie mesozóica boliviana D'ORBIGNY había considerado como miembro basal de tal serie a un horizonte observado por él, por vez primera, en Lagunillas «sur les coteaux du Pilcomayo» y más tarde en los alrededores de Potosí y formado precisamente por calizas, dolomitas y arcillas abigarradas con raras intercalaciones arenosas. En estas capas el mencionado sabio había recogido varios fósiles que se perdieron solo quedando en su poder algunos ejemplares de un gastrópodo que describió en la parte paleontológica de su clásica obra bajo el nombre de *Chemnitzia potosensis* (2).

En los mismos alrededores de Potosí y en otros afloramientos bolivianos del mismo horizonte le llamó la atención a D'ORBIGNY la presencia de capas calcáreas a propósito de las cuales hubo de expresarse en los siguientes términos: «petites couches d'un calcaire «compacte magnésifère, souvent divisé en feuilles très-minces, ondulés ou mamelonnés» (3) «calcaires a feuilles très-minces, très ondulés et comme mamelonnés des plus curieux, par des ondulations de quelques centimètres, qui se remarquent en lignes parallèles á chaque feuille, et qui forment en dessus des mamelons «trés prononcés» (4).

Lo que D'ORBIGNY llama aquí «calcaires ondulés» representa, sin duda alguna, un fósil problemático muy frecuente en las capas

(1) BRACKEBUSCH, STEINMANN, KEIDEL, etc.

(2) Ob. cit., IV part., pág. 60, Pl. VI, fig. 1-3. (Sous le nom de *Melania potosensis*).

(3) Ob. cit., 3 me. part., p. 138.

(4) Ob. cit., 3 me. part., p. 141-142.

del horizonte en cuestión, como veremos más adelante. Le debemos entonces a D'ORBIGNY y sobre todo a la sorprendente y esmerada exactitud en sus observaciones, la primera noticia con respecto al mencionado fósil.

En cuanto a los caracteres estratigráficos de la serie que compone el horizonte calcáreo-dolomítico se desprende de las observaciones de D'ORBIGNY (lo que ha sido comprobado por las investigaciones hechas por otros, posteriormente) que las calizas y dolomitas ocupan con preferencia la parte inferior de la serie, mientras que las arcillas abigarradas con mayores espesores forman la parte superior. Pero, también en la parte más alta de estas arcillas, D'ORBIGNY observó, en las cercanías de Lagunillas (Pilcomayo) (1) la presencia de capas calcáreas, fosilíferas.

Tal hecho es de mucha importancia para nosotros, como veremos más adelante.

Ya dijimos repetidas veces que, en la opinión de D'ORBIGNY, el horizonte calcáreo-dolomítico debería considerarse como Triásico.

En sus descripciones del piso «superior» (dolomitas, calizas y «margas») de su «formación petrolífera» o «sistema de Salta», BRACKEBUSCH mención a menudo varios fósiles (melanias, paludinas y restos de «Pescados») recogidos por él en varios afloramientos. A propósito de estos fósiles cabe aquí recordar que, en cuanto a los primeros, se trata de la misma *Chemnitzia potosensis* (D'ORB.) a la que, por un equívoco, BRACKEBUSCH llama «*Melania*» debido al hecho, tal vez, de que el mismo D'ORBIGNY figuró con tal nombre genérico el tipo de dicha especie, error que después el mismo autor rectificó repetidas veces, en el texto (2) de su obra. (Semejante error se ha perpetuado en casi toda la literatura posterior). Los otros fósiles nunca han sido descritos;—en las colecciones de la Universidad de Córdoba no figuran los materiales recogidos por BRACKEBUSCH durante su viaje al Norte, así que, hasta poderse dar con su paradero, debemos considerarlos como perdidos. Sólo quedan los pocos datos (y muy vagos) que de ellos dió el mismo BRACKEBUSCH en sus trabajos (3) entre los cuales cabe aquí mencionar una frase con que este autor, al tratar de los caracteres petrográficos de los diferentes tipos litológicos que componen esta serie (4) habla de «calizas» que «muestran una estructura ondulada».

Se trata indudablemente del mismo «fósil problemático» cuya descripción haremos más adelante.

En ocasión de su viaje en el sudoriente boliviano, del que dió cuenta en una publicación ya mencionada en otros capítulos del presente informe (5) el doctor SCHILLER tuvo ocasión de recoger unos cuantos tipos litológicos de aquellas regiones, que actualmente se conservan en el Museo de La Plata, entre ellos unas calizas «con dibujos blancos que recuerdan a conchas» así determinadas y mencionadas por el mismo autor en pág. 194 de su trabajo.

Se trata indudablemente del «fósil problemático».

(1) Ob. cit., 3 me. part. p. 138 - nota; p. 142.

(2) Ob. cit. 4 me. part. p. 60 etc.

(3) *Estudios*, 1883, p. 40.

(4) Véase Bibliogr.

(5) Véase pág. 60.

De los datos que anteceden se desprende que en varios puntos de Bolivia meridional y Argentina septentrional, ya sea en las regiones andinas, ya en las subandinas, ha sido observada por varios investigadores la presencia de este «fósil problemático», pero, sin darse cuenta de su verdadera naturaleza o atribuirle la importancia que realmente merece, como veremos en seguida.

En mis viajes al Norte he podido comprobar la presencia del mencionado fósil en otros varios puntos, fuera de los ya mencionados.

Además, en nuestro Museo se conservan muestras de dicho fósil recogidas en diferentes lugares por los doctores STAPPENBECK y FENTEN.

En fin: su dispersión es bastante notable en toda la región. Pero lo más importante es que no solamente ha sido encontrado en las calizas (con «*Melania*» *auct.*) de las regiones andinas, sino también, en varios afloramientos del «horizonte calcáreo-dolomítico» subandino, de lo cual inferimos, desde un principio, la contemporaneidad de estas dos formaciones.

En cuanto a la verdadera naturaleza del fósil en cuestión (1), faltame todavía completar el acopio de los elementos de estudio en que podré fundar mis conclusiones al respecto y sobre todo los libros indispensables para tal objeto.

El «fósil problemático» nos ha servido de base para dar como casi segura la contemporaneidad del «horizonte calcáreo-dolomítico» subandino con las «calizas y margas» con «*Melania*» de las regiones andinas. A la misma conclusión nos llevan las analogías petrográficas de las rocas que constituyen ambas formaciones y sobre todo su colocación estratigráfica con respecto a los demás miembros de la «formación petrolífera» andina y extraandina.

Ahora, se tratará de saber cual es la verdadera edad geológica del «horizonte calcáreo-dolomítico» subandino. Para tal objeto, en vista de no haberse encontrado en dicho horizonte otros fósiles que el mencionado «problemático», deberemos acudir a un medio indirecto y, precisamente, se nos ofrece tal oportunidad, en cuanto las capas con *Melania* que le serían contemporáneas ya han dado fósiles en cantidad suficiente para determinar su edad con la mayor exactitud.

Ya dijimos que de los fósiles recogidos por D'ORBIGNY en algunos afloramientos bolivianos de esta formación (considerada por él como triásica) el gran sabio francés sólo pudo describir uno: la *Chemnitzia potosensis* D'OR. Damos aquí (fig. 6) la reproducción del tipo de esta forma figurado por D'ORBIGNY.

(1) El «fósil problemático».

BIBLIOGRAFÍA:

1894 THOMPSON (BEEBY) *Landscape Marble* «Qu. Journ. Geol. Soc.», 50, p. 393-410.

1906 KALKOWSKY *U. Oolith u. Stromatol. im Nordd. Buntsandst.* Zeitsch. deutsch. geol. Ges., 60.

1908 REIS — Resumen del trabajo preced. (KALK.) en: *Neu. Jahrb. f. Min. etc.* 11/1908, p. 114-138.

1914 WALCOTT C. D. *Precamb. algonk. algal. Flora.* Smithson. Misc. Collect. 64/2, 1914.

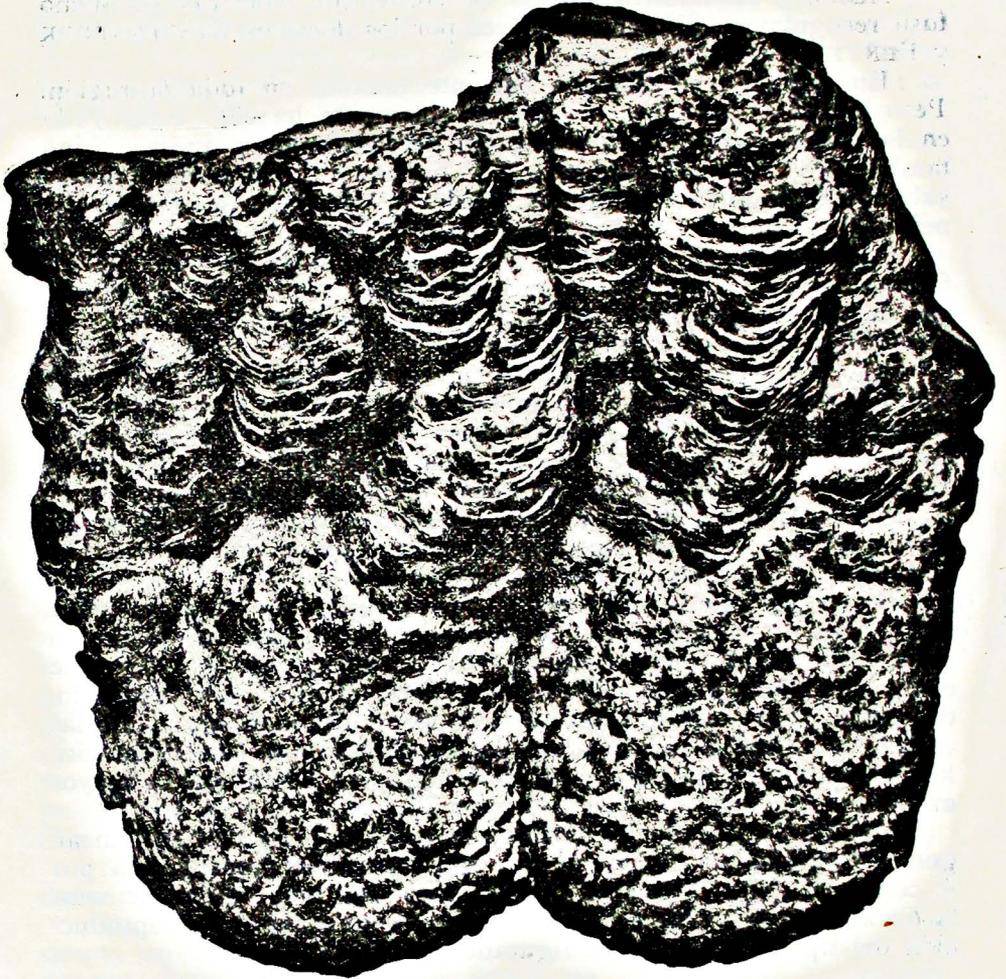


Figura 5
El fósil problemático

En su primer viaje a Bolivia y en el mismo lugar de Miraflores, cerca de Potosí, ya explorado por D'ORBIGNY, el profesor G. STEINMANN recogió unos cuantos fósiles cuyas determinaciones figuran en otras partes del presente informe (1). Sobre la base de estas determinaciones paleontológicas, STEINMANN declaró terminantemente, de acuerdo con las ideas de BRACKEBUSCH, que los pocos fósiles recogidos en dichas capas «schliessen ein höheres Alter als Jura vollständig aus und sprechen zu Gunsten der BRACKEBUSCH'SCHEN ANSICHT, welche die «Formación petrolífera» der Kreide zurechnet» (2). Lo que quiere decir en todo caso que si pudiera compararse con ulteriores investigaciones paleontológicas, la edad jurásica y no cretácica de dichas capas, el mismo STEINMANN no debería tener dificultades en aceptar sin mayores reservas estas vistas aunque modifiquen radicalmente sus ideas generales sobre la geología de Sud América.



Figura 6

La *Chemnitzia potosensis* D'ORB. (—typ. según D'ORB)

Ahora bien, se trataría de saber si los fósiles aludidos han sido hallados por STEINMANN en las calizas basales del horizonte calcáreo-dolomítico o en las intercalaciones calcáreas ya observadas por D'ORBIGNY (2) en la mitad superior de dicho horizonte formada, según ya sabemos, por arcillas abigarradas (o «keuperartige Mergel» STEINMANN).

Se impondría la aclaración de este punto por razones que daremos a conocer más adelante.

Tuvimos ocasión de mencionar el hallazgo hecho por PALMER en La Pomá de unos gastrópodos que STANTON y SCHUCHERT determinaron como sigue:

Cerithinella armata (Gldf) (= *Xystrella*).

Cerithium sp. (= ? *Procerithium* ?).

En base a tales determinaciones quedaría demostrada la edad jurásica de las capas en que los fósiles correspondientes han sido recogidos y que pertenecen a la misma formación «con *Melania*» de otros lugares.

De lo antedicho se desprende que según los diferentes autores que estudiaron sus fósiles, la edad de dicho horizonte oscilaría entre Triásico, Jurásico y Cretácico y cumplo con el deber de recordar

(1) Véase pág. 18.

(2) Ob. cit., 1904 p. 3 del tiraje aparte.

(3) Ob. cit. p. 142; p. 136-nota.

aquí que, por haberme, en esto, adherido a las ideas que «dominaban», etc., también yo incurri en el grave error de considerar como cretácico el horizonte en cuestión.

Me encuentro, por fin, en condición de resolver este punto dudoso en la geología argentina en la forma más acertada, es decir, sobre la base de las determinaciones hechas por mí de numerosos fósiles recogidos en varios puntos de las provincias de Salta y Jujuy y en varios niveles de la llamada formación «con *Melania*».

El material paleontológico a que aludo forma parte de tres diferentes colecciones que tuve a mi disposición para su estudio. Una de ellas pertenece al Museo de Historia Natural de La Plata y se trata de material recogido en su casi totalidad por un señor G. F. GERLING, creo que en 1896. Procede este material de dos lugares diferentes situados al sud de la misma ciudad de Salta, y son: los alrededores de Carbajal (Rosario de Lerma) y los del pueblo Alemania (Departamento de Guachipas). Otra colección muy valiosa es la que el señor E. DE CARLES, en su condición de naturalista viajero del Museo Nacional de Historia de Buenos Aires, realizó en la Puna de Jujuy (1906-1913) en varios afloramientos situados al Sud y Sudeste de la Estación Tres Cruces. El material que la compone a sido en parte examinado por el doctor IHERING, el que lo devolvió sin determinarlo y otra pequeña parte la tuvo en su poder, durante algún tiempo, el doctor E. L. HOLMBERG quien, después de haber averiguado que en dicho material no habían *Melania*s no tuvo mayor interés en ocuparse de su estudio. En la misma colección figuran unos cuantos ejemplares procedentes de los alrededores de Carbajal, pero que el mencionado coleccionista obtuvo de segunda mano, no teniéndose mayores datos en cuanto a su procedencia exacta. La tercera colección estudiada por mí, es la que se conserva en el Museo de nuestra Dirección General de Minas y que, a parte de unos pocos ejemplares recogidos por el doctor STAPPENBECK en el Cerro Colorado (al este de la planicie de Metán) y por el señor GRAEF en la cumbre del Cerro Bayo, al oeste de Salta, está formada principalmente por material recogido por mí en varios puntos de la Puna de Jujuy y Quebrada de Humahuaca (Tres Cruces, Tilcara, Maimará, etc.). Además, tuve ocasión de tener a mano unos pocos ejemplares procedentes de la Poma y que se conservan en el llamado Museo de Salta.

Señalaré, por fin, otra colección, muy interesante, realizada por el señor G. SENILLOSA en la región de Alfarcito al este de Tilcara de cuyo estudio se ocupará oportunamente el mismo señor SENILLOSA.

Al iniciar el estudio paleontológico del material de las tres colecciones, dos hechos principalmente llamaron mi atención: el primero es que, manteniendo separado dicho material según los diferentes lugares de que procede, son muy pocas las especies que no sean exclusivas de un solo lugar o de una sola región; el segundo es que el estado de mineralización de los fósiles es también muy diferente de lugar a lugar y a veces de capa a capa en un mismo lugar. Veremos más adelante que tales diferencias se deben en parte a diferencias de *facies* entre capas contemporáneas, pero también, en parte, a diferencia de edad entre capa y capa.

Al poco tiempo de haber iniciado mi estudio, es decir, en cuanto pude llegar a tener la determinación genérica de los fósiles en cuestión, como primer resultado (absolutamente inesperado) obtuve que de los 17 géneros reconocidos entre los gastrópodos que forman parte de dicha colección solamente uno (*Pseudomelania*) se conoce *dubitativamente* del Cretáceo.

Ninguno de los demás alcanza a tal período, todos pertenecen a terrenos más antiguos y algunos tienen una distribución vertical muy limitada en la serie mesozóica inferior, entre Triásico superior y Liásico inferior, haciendo excepción a esta regla un solo género (*Xystrella*) que sólo se conoce del Liásico superior y Jurásico inferior-medio!

Según la distribución, por localidades, de los 17 géneros mencionados y fundándose en la distribución vertical de los mismos en la serie mesozóica de otros países, me fué posible separar las diferentes faunas y clasificarlas, en cuanto a la edad de cada una, del modo siguiente:

— Cerro Bayo, Quebrada del Toro, La Poma y alrededores de Carbajal (provincia de Salta, Departamento de Rosario de Lerma). Fósiles sueltos, en gran parte gastrópodos, de tamaño mediano silicificados, de color rojo-violáceo, en estado bastante bueno de conservación. Algunos de ellos pertenecen a los géneros *Hypsipleura*, *Stephanocosmia*, *Tyrsoecus*, etc., que sólo se conocen del Triásico superior, mientras otros se conocen del Triásico superior y Liásico inferior. Es muy probable que la roca fosilífera que contiene esta fauna sea formada por un calcáreo muy duro, silíceo y se halla inmediatamente por debajo de la serie calcáreo dolomítica pr. d. También es muy probable que deba referirse al Triásico superior (Colecciones GERLING y DE CARLES, Museos de La Plata y Nacional de Buenos Aires).

— Puna de Jujuy al Sud y Sudeste de Tres Cruces (Prov. de Jujuy, Dep. de Humahuaca). Fósiles, — en gran parte gastrópodos, — incluidos en un calcáreo dolomítico amarillento claro, siendo bastante difícil poderlos extraer de la roca con golpes de martillo o con cinceles evitando que se rompan. Algunos de ellos pertenecen a los géneros *Spirostylus*, *Heligmostylus*, que sólo se conocen del Triásico superior hasta Liásico inferior. Otros (*Purpudinae*) tienen muchas afinidades con gastrópodos característicos del Infraliásico o Rético, siendo muy probable que las capas fosilíferas en cuestión deban referirse a este período (colección DE CARLES, Museo Nac.).

— Quebrada de Humahuaca (Alfarcito, Tilcara, Maimará). — Calcáreos cristalinos y calcáreos dolomíticos impuros, a veces terrosos con numerosas *Zygopleuras* que mucho se parecen a las de la fauna sinemuriana de Sicilia (Casale y Bellampo) estudiada por GEMMELLARO (1). Quizás deban referirse, precisamente, al Lias inferior. Otros calcáreos de los mismos lugares difieren de los ya mencionados por sus fósiles y sus caracteres petrográficos, siendo posible que en la misma región estén representados otros horizontes quizás más antiguos y más jóvenes que el Sinemuriano. (Colección BONARELLI. Museo de la Dir. Gral. de Minas).

(1) *Faune Giuresi e liasiche di Sicilia*. Palermo, 1873-1882.

— Cerro Colorado (Provincia de Salta, Dep. de Metán). — Calcáreos muy impuros, cavernosos con Pseudomelancias, etc. Las dos formas determinables de esta procedencia tienen mucho parecido con otras del Lias medio europeo. (Colección STAPPENBECK, Museo de la Dirección Gral. de Minas).

— Cercanía de Alemania (Departamento de Guachipas). «Unas seis cuadras de la desembocadura del Arroyo de Alemania en el Río Conchas». — Fósiles, — en gran parte gastrópodos, — parte silíceos, parte calcáreos en un calcáreo impuro pasando a tobas porfirificas de color blanquecino violáceo. Según las etiquetas que acompañan estos fósiles proceden de capas intercaladas en una serie arcillosa (tal vez la serie superior de la formación «con Melania»). Figuran en tal fauna ejemplares típicos de *Xystrella armata* (Goldf.), un fósil que se conoce del Lias superior y Jurásico inferior (Bajociano) de Europa. Los demás ejemplares pertenecen en su mayoría a *Procerithium* y *Pseudomelania*. Queda para resolverse si esta fauna pertenece al Liásico superior o al Jurásico inferior (Bajociano). Se trata, tal vez, del mismo nivel fosilífero observado en Miraflores, cerca de Potosí (Bolivia meridional) por D'ORBIGNY y STEINMANN y en los alrededores de la Poma (Provincia de Salta) por PALMER. En los alrededores mismos de la Poma deben existir afloramientos fosilíferos más antiguos, según fósiles del Museo de Salta, algunos de los cuales son idénticos a los de Carbajal, mientras que otros se parecen mucho a los de Maimará (sinemurianos). También se me ha dicho que en la mencionada región deben de haberse encontrado algunos ejemplares de *Vola alata* (V. Buch).

Damos a continuación una lista descriptiva provisoria de las formas que hasta la fecha se han podido identificar, solo faltando algunas (cuyo estudio podrá hacerse pudiéndose disponer de mayores recursos en cuanto a libros y materiales de comparación) para que resulte en completo y definitivo este elenco paleontológico:

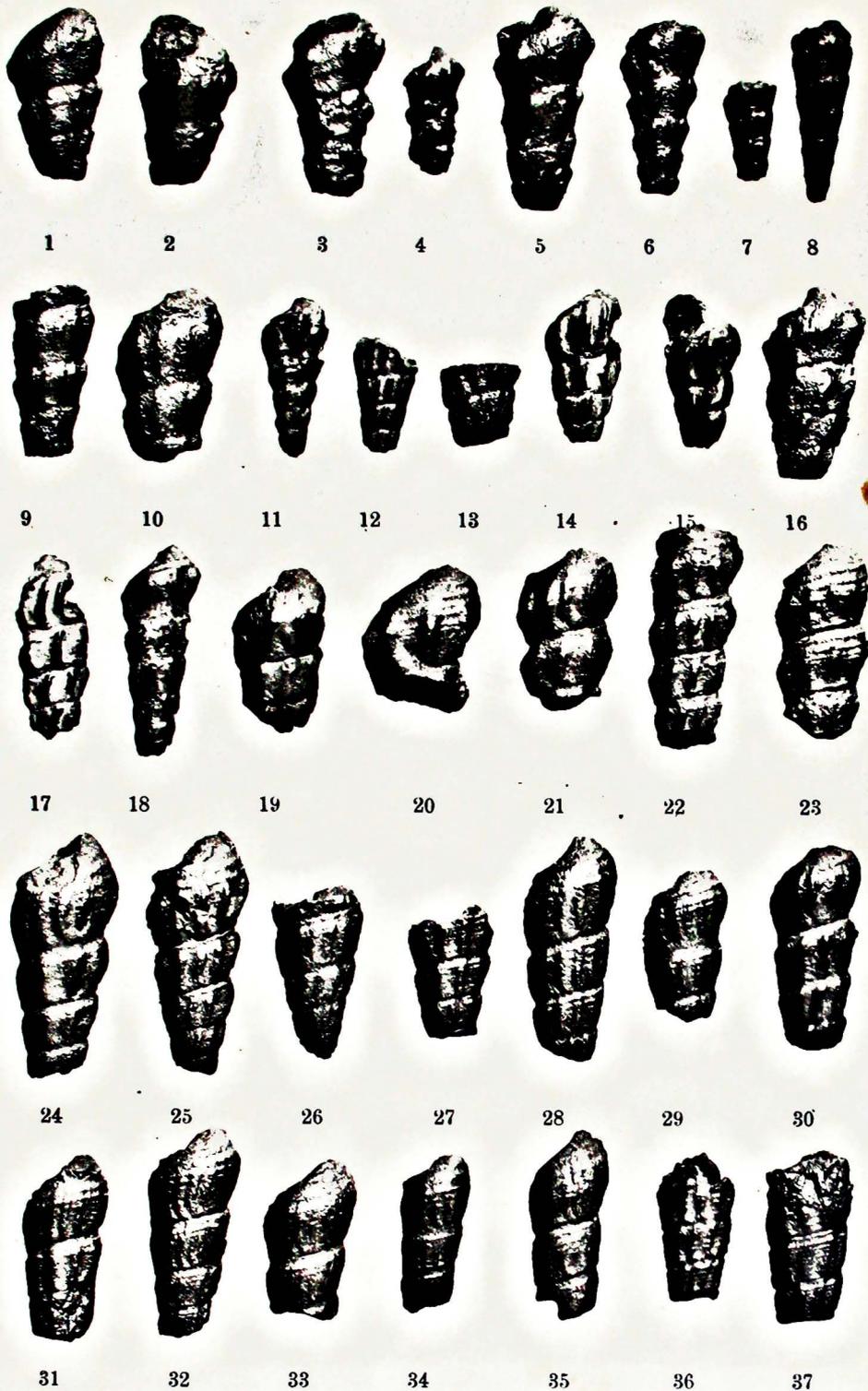
I. *Gen. Zygopleura* KOKEN 1892. Once formas distintas:

1. *Zygopt. turgida* n. f. Carbajal. Lám. IX, figs. 1-2.
2. » *paucinodosa* n. f. Maimará. Lám. IX, fig. 3.
3. » Cfr. *nodulosa* (D'ORBIGNY) Maimará. Lám. IX, fig. 4. Carbajal. Lám. IX, fig. 5.
4. » *spinicosta* n. f. Carbajal. Lám. IX, fig. 6, y Maimará. Lám. IX, fig. 7.
5. » Cfr. *verrucosa* (D'ORBIGNY) Carbajal. Lámina IX, figuras 8-9.
6. » Cfr. *ondulada* (D'ORBIGNY) Carbajal. Lám. IX, fig. 10. Maimará. Lámina IX, fig. 11.
7. » *multicosta* n. f. Maimará. Lám. IX, fig. 12. Carbajal. Lám. IX, fig. 13.
8. » Cfr. *Ethra* (GEMM.) Maimará. Lám. IX, figs. 14-15.
9. » *pustulosa* n. f. Maimará. Lám. IX, fig. 17. Carbajal. Lám. IX, fig. 16.
10. » *maimarensis* n. f. Maimará y Carbajal. Lám. IX, figura 18.
11. » *argentina* n. f. Carbajal. Lám. IX, fig. 19.

LAM. IX.

1. *Zygopleura turgida* n.
2. » »
3. » *paucinodosa* n.
4. » *cfr. nodulosa* (d'ORB.).
5. » »
6. » *spinicosta* n.
7. » »
8. » *cfr. verrucosa* (d'ORB.).
9. » »
10. » *cfr. undulata* (d'ORB.).
11. » »
12. » *multicosta* n.
13. » »
14. » *cfr. Ethra* (Gemm).
15. » »
16. » *pustulosa* n.
17. » »
18. » *maimarensis* n.
19. » *argentina* n.
20. *Katosira zygopleuroides* n.
21. » »
22. » » *var. elatior* n.
23. » » *var. n.*
24. » *communis* n.
25. » »
26. » *rapidecrescens* n.
27. » *concoidea* n.
28. » *pseudovetusta* n.
29. » »
30. » *recticosta* n.
31. » »
32. » *carvajalensis* n.
33. » »
34. » »
35. » *baculoides* n.
36. » *clathrata* n.
37. » »

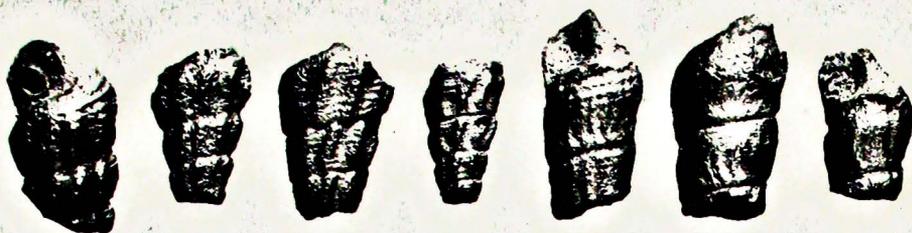
N. B. Aumento de todas las figuras — 1 1/2 del original.



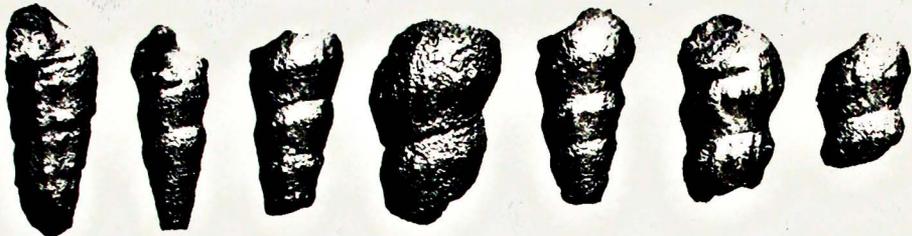
LAM. X.

1. *Katosira reticosta* n.
2. » *brachyspira* n.
3. » *obliquicosta* n.
4. » »
5. *Hypsipleura* (?) *alta* n.
6. » (?) *angulicosta* n.
7. » »
8. » (?) *binotata* n.
9. *Anoptychia* (?) f.
10. *Stephanocosmia disputabilis* n.
11. » »
12. » *tyrscecina* n.
13. » *frecuens* n.
14. » »
15. » »
16. » *microcantha*
17. *Tyrsoecus andinus* n.
18. » *monoliformis* n.
19. » *perarmatus* n.
20. *Rhabdoconcha* (?) *dubia* n.
21. » » » »
22. » *subcontracta* n.
23. *Spirostylus elegans* n.
24. » »
25. » »
26. » »
27. *Heligmosylus* cfr. *columnaris* (Munst.)
28. » »
29. » »
30. *Pseudomelonia* cfr. *Seignettei* (Dum. et FONT.).
31. *Conia* (?) f. ind.
32. » (?) » »
33. *Gonioconcha striata* n.
34. » »
35. » *striato-spinata* n.
36. » »
37. » »
38. » *spinata* n.
39. » »

N. B. Aumento de todas las figuras — 1 1/2 del original.



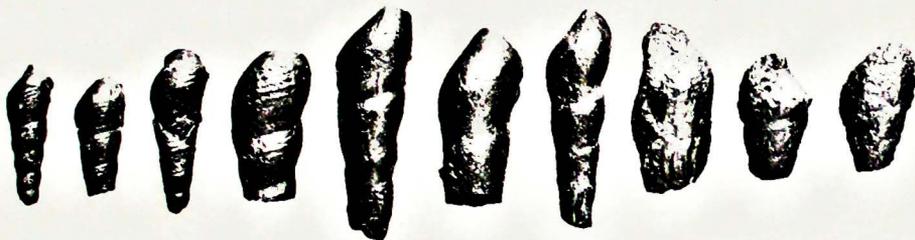
1 2 3 4 5 6 7



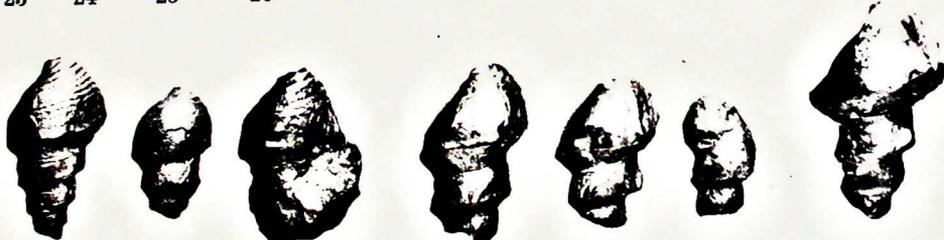
8 9 10 11 12 13 14



15 16 17 18 19 20 21 22



23 24 25 26 27 28 29 30 31 32



33 34 35 36 37 38 39

LAM. XI.

1. *Gonioconcha spinata* n.
2. » »
3. » »
4. » var. *brachyspira* n.
5. » *nodosa* n.
6. » var. *evolutior* n.
7. *Brachycerithium majus* n.
8. » »
9. » »
10. » »
11. » *lacrymigerum* n.
12. » »
13. » *elycoideale* n.
14. » *hornatissimum* n.
15. » *dupliciornatum* n.
16. » »
17. » »
18. » *paucornatum* n.
19. » *elegans* n.
20. » *recticosta* n.
21. » »
22. » *minor* n.
23. » (?) *seminudum* n.
24. » » *microstoma* n.
25. » » *intermedium* n.
26. » » *evolutum* n.
27. » »
28. » *carvajalensis* n.
29. *Protofusus saltensis* n.
30. » »
31. » *andinus* n.
32. » »
33. » *convexigyus* n.
34. » »
35. *Amauropsis* (?) *andina* n.
36. » »
37. *Vértebras de reptil.*

N. B. Aumento de todas las figuras = $1\frac{1}{2}$ del original, menos la figura 37 (= $\frac{1}{1}$).



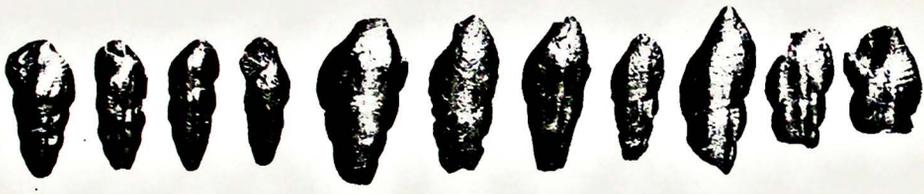
1 2 3 4 5



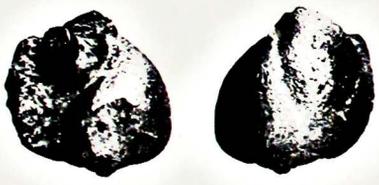
6 7 8 9 10 11 12 13



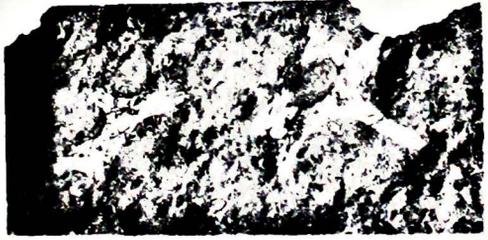
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23



24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34



35 36



37

II. Gen. *Katosira* KOKEN 1892. Catorce formas distintas:

1. *Katosira zygopleuroides* n. f. Carbajal. Lám. IX, figs. 20-21.
2. » » var. *elatior* n. Carbajal. Lám. IX, fig. 22.
3. » » *zygopleuroides* var. n. Carbajal. Lám. IX, fig. 23.
4. » » *communis* n. f. Carbajal. Lám. IX, figs. 24, 25.
5. » » *rapidecrescens* n. f. Carbajal. Lám. IX, fig. 26.
6. » » *conoidæa* n. f. Carbajal. Lám. IX, fig. 27.
7. » » *pseudovetusta* n. f. Carbajal. Lám. IX, figs. 28, 29.
8. » » *recticosta* n. f. Carbajal. Lám. IX, figs. 30, 31.
9. » » *carbajalensis* n. f. Carbajal. Lám. IX, figs. 32, 33 y 34.
10. » » *baculoides* n. f. Carbajal. Lám. IX, fig. 35.
11. » » *clathrata* n. f. Carbajal. Lám. IX, figs. 36, 37.
12. » » *recticosta* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 1.
13. » » *brachyspira* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 2.
14. » » *obliquicosta* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 3. Maimará. Lám. X, fig. 4.

III. Gen. *Hypsipleura* (?) KOKEN 1892. Tres formas que sólo dudosamente se refieren a este género:

1. *Hypsipl. alta* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 5.
2. » » *angulicostata* n. f. Carbajal. Lám. X, figs. 6, 7.
3. » » *binotata* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 8.

IV. Gen. *Anoptychia* (?) KOKEN 1892. Una forma de la cual tengo ejemplares en tal estado de conservación que no permiten su determinación exacta:

- I. *Anoptychia* f. ind. Carbajal. Lám. X, fig. 9.

V. Gen. *Stephanocosmia* COSSM. 1895. Cuatro formas:

1. *Stephanoc.* *disputabilis* n. f. Carbajal. Lám. X, figs. 10, 11.
2. » » *tyrsoecina* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 12.
3. » » *frecuens* n. f. Carbajal. Lám. X, figs. 13, 14, 15.
4. » » *micracantha* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 16.

VI. Gen. *Tyrsoecus* KITTL 1892. Unos pocos ejemplares pertenecientes a tres formas distintas:

1. *Tyrsoecus andinus* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 17.
2. » » *moniliformis* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 18.
3. » » *perarmatus* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 19.

VII. Gen. *Spirostylus* KITTL 1894. Una sola forma muy semejante al tipo de este género:

1. *Spirostylus elegans* n. f. Puna de Tres Cruces. Lám. X, figs. 23, 24, 25, 26.

VIII. Gen. *Heligmostylus* COSSM 1909. Ejemplares que tal vez correspondan al tipo de este género.

1. *Heligmost.*, cfr. *columnaris* (Munst.) Puna de Tres Cruces. Lám. X, figs. 27, 28, 29.

IX. Gen. *Rhabdoconcha* GEMM. 1878. Dos formas distintas siendo dudosa la determinación genérica de una de ellas:

1. *Rhabdoconcha* (?) *dubia* n. f. Carbajal. Lám. X, figs. 20, 21.
2. » » *subcontracta* n. f. Carbajal. Lám. X, fig. 22.

X. Gen. *Pseudomelania* PICT. et CAMP. 1862. Una forma del grupo de la Ps. *Seignettei* (DUM. et FONT.) y otra del grupo de la Ps. *coantata* (D'Orb.).

1. *Pseudomelania* gr. *Seignettei* (DUM et FONT.) Cerro Colorado (Coll. STAPPENBECK). Lám. X, fig. 30.
2. » » *subandina* n. (ibiden.). (Fig. 7).

XI. Gen. *Oonia* GEMM. 1878. Unos pocos ejemplares específicamente indeterminables.

1. *Oonia* f. ind. Carbajal. Lám. X, figs. 31, 32.



Figura 7 $\frac{1}{4}$
Pseudomelania subandina n. f. (cfr. *Pseudomel. coarctata* D'ORB)

XII. Gen. *Gonioconcha* n. (Fam. *Purpurinidae*). Seis formas:

1. *Gonioconcha striata* n. f. Puna de Tres Cruces. Lám. X, figs. 33, 34.
2. » *striato-spinata* n. f. Puna de Tres Cruces. Lám. X, figs. 35, 36, 37.
3. » *spinata* n. f. (*typ. gen.*) Puna de Tres Cruces. Lám. X, figs. 38, 39. Lám. XI, figs. 1, 2, 3.
4. » *spinata* var. *brachyspira* n. Puna de Tres Cruces. Lám. XI, fig. 4.
5. » *nodosa* n. f. Puna de Tres Cruces. Lám. XI, fig. 5.
6. » *nodosa* n. f. var. *evolutior* n. Lám. XI, fig. 6.

XIII. Gen. *Brachycerithium* n. (Fam. *Procerithidae*) Catorce formas diferentes:

1. *Brachycerith. majus* n. f. (*typ. gen.*) Tilcara. Lám. XI, figs. 7, 8, 9, 10.
2. » *lacrymigerum* n. f. Tilcara. Lám. XI, figs. 11, 12.
3. » *elycoideale* n. f. Tilcara. Lám. XI, fig. 13.
4. » *ornatissimum* n. f. Tilcara. Lám. XI, fig. 14.
5. » *duplicior natum* n. f. Tilcara. Lám. XI, figs. 15, 16, 17.
6. » *paucior natum* n. f. Tilcara. Lám. XI, fig. 18.
7. » *elegans* n. f. Tilcara. Lám. XI, fig. 19.

De los últimos dos géneros que figuran en este gráfico no se hizo mención en los párrafos precedentes, donde sólo se citaron los géneros presentes en las diferentes faunas del horizonte calcáreo-dolomítico pr. d., es decir, de las capas basales (calcáreo-dolomíticas) de tal horizonte. Los dos géneros *Xystrella* COSSM. 1906 y *Procerithium* COSSM. 1902 no se encuentran entre los fósiles que componen dichas faunas y sólo se ha comprobado su existencia en el material paleontológico procedente de las intercalaciones calcáreas situadas en la parte *más alta* de las arcillas abigarradas o «Keuperartige Mergel» que forman la parte superior del horizonte en cuestión.

Son varias las formas referibles a estos dos géneros pero hasta la fecha no ha sido posible identificar más que una sola de ellas y es la *Xystrella armata* (Gldf) de la que tenemos ejemplares típicos (fig. 8).



Figura 8
Xystrella armata (Gldf.)

Esta forma, según ya se ha dicho ha sido encontrada en el Liásico superior y Jurásico inferior (Bayociano de Europa).

De lo antedicho se deduce que el «horizonte con *Melania*» (s. l.) no es cretáceo como hasta ahora hemos creído, sino que sus capas basales pertenecen al Triásico y las demás al Liásico siendo posible que sus capas más altas pertenezcan al Jurásico más inferior.

No anduvo entonces muy equivocado el sabio D'ORBIGNY el que hace cosa de más de 80 años lo había considerado como Triásico.

Ahora, como admitimos que dicha formación sea contemporánea del «horizonte calcáreo-dolomítico» subandino tendremos que rectificar las conclusiones a las que llegamos en nuestros informes precedentes con respecto a la edad de este último horizonte colocándolo definitivamente en el Mesozóico medio.

Entre las condiciones típicas de la «formación con *Melania*» y las del «horizonte calcáreo-dolomítico» subandino no existe una separación neta sino una serie de transiciones las que (como ya dijimos) constituyen otra prueba de que son contemporáneas.

En primer lugar, la «formación con *Melania*» no está limitada al sistema orográfico de la precordillera «salto-jujeña» sino que, a la altura de Metán sale de los límites propios a dicha estructura y en el mismo Cerro Colorado (límite oriental de la planicie de

Metán) se hallan en descubierto importantes afloramientos de dicha formación fosilífera. También en los alrededores de Rosario de la Frontera deben de haber afloramientos de la misma según fósiles (*Pseudomelania* y otras formas específicamente indeterminables) algunos de los cuales me fueron regalados por el doctor LILLO de Tucumán.

Las condiciones típicas de esta formación son las siguientes:

- | | | |
|-----------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------|
| —parte superior | } | d. Intercalaciones calcáreas a veces tobíferas, en arcillas a menudo esquistosas. |
| | | c. Arcillas abigarradas («Margas verdes», «Keuperartige Mergel» etc.) |
| —parte inferior | } | b. Dolomitas y calizas fosilíferas. |
| | | a. Sedimentos basales arenosos y conglomerádicos, a veces fosilíferos. |

El «fósil problemático» ha sido encontrado en las capas *a*, *b* y *c* de esta serie; no tengo noticia, hasta el presente, de que se haya encontrado en las capas *d*.

En la Puna de Tres Cruces, en la quebrada de Humahuaca, en la de las Conchas, lo mismo que en la alta planicie boliviana, las condiciones típicas que acabamos de bosquejar se conservan en largos trechos con bastante uniformidad salvo algunas heteropías locales de secundaria importancia, sobre todo en lo que respecta a los espesores de cada uno de los tramos en que se divide la serie.

En las Sierras de San Antonio y Lumbreras, a lo largo del Río Juramento, tenemos una primera diferencia que merece mencionarse.

Las capas *d* en lugar de ser calcáreas están sustituidas por una serie de areniscas rojas, como se puede observar en un corte a lo largo de la línea férrea entre las estaciones Lumbreras y Juramento (F. C. C. N.); con espesor de más o menos 40 metros y pasando insensiblemente, hacia arriba, a otras areniscas más blandas (del Terciario).

Con esta única diferencia, pasando por alto otras pequeñas heteropías más o menos locales y de importancia muy secundaria, se observa la serie en cuestión en casi todos los lugares en que aflora a lo largo de los relieves orográficos subandinos de la provincia de Jujuy, ya sea al naciente, ya sea al poniente del Río San Francisco (Lavayen).

Más al Norte todavía, el primer punto en que pudimos observar el «horizonte calcáreo dolomítico» éste se presenta en condiciones heterópicas tan excepcionales que, en un principio, lo interpreté de una manera que actualmente debo rectificar. Me refiero a las Quebradas Galarce y Tartagal en el Distrito minero de Tartagal. Lo que se observa en estas quebradas es lo siguiente:

Ambas son transversales con respecto a la dirección del plegamiento (anticlinal con doble eje) formando la serranía de Aguaraquí. El núcleo de la plegadura está formado por areniscas en bancos gruesos y con una estructura entrecruzada muy semejantes a las areniscas que por hallarse encima del horizonte calcáreo-dolomítico, en varias otras partes de la región, las llamé des-

de un principio «Areniscas superiores». Arriba de los bancos arenosos descansa otro banco de más o menos doce metros de espesor, formado por una caliza muy impura, arenosa, en que con un simple vidrio de aumento se divisan unos granitos de cuarzo hialino, muy abundantes en la roca, tanto que en ciertos puntos prevalecen sobre el material calcáreo pasando a areniscas. Arriba de tal banco calcáreo descansan unas arcillas blandas muy arenosas con espesor que tal vez alcance a los cien metros. Y, por fin, arriba de estas arcillas, se observan otras areniscas rojas o de color pardo oscuro que serían verdaderamente mis «areniscas superiores». Cuando visité por primera vez la Quebrada Galarce creí que toda esta serie representaría condiciones heterópicas de las «Areniscas superiores» considerando como tales a las que se hallan allí, en bancos gruesos debajo de las calizas, formando el núcleo de aquella plegadura (1).

Pero, en ocasión de nuevos viajes a la región y después de más detenidas investigaciones en varios otros puntos, pude cerciorarme que tal interpretación debía de rectificarse de acuerdo con lo que los señores ROMANES y MADGWICK habían observado en Bolivia meridional (2) y en que se fundaron los mencionados geólogos al trazar los límites, inferior y superior, de sus «Lower Sacarigua beds».

En la caliza de la Quebrada Galarce, además de los granos arenosos se observan también verdaderos rodados de tamaño variable, hasta un máximo, según mis observaciones, de 4 a 5 cm.

En las mismas condiciones que en las quebradas Galarce y Tartagal, se hallan los sedimentos del «horizonte calcáreo-dolomítico» más al Norte, en la misma región, en las quebradas de la Zanja Honda y de Yacuy. Pero, ya en la quebrada del Río Caraparí y de sus afluentes, el río Macueta y el San Francisco, en la Sierra del Alto, los caracteres de este horizonte se presentan muy diferentes. En dichos lugares las calizas, en capas y bancos, presentando en conjunto un espesor muy reducido, se hallan intercaladas entre dos series arenosas. Más al Norte todavía, en la quebrada de Aguairenda (Bolivia meridional) en lugar de calcáreos predominan las dolomitas en el mismo horizonte.

Un hecho muy importante se observa en la misma quebrada del Río Caraparí, al poniente de Playa Ancha un poco antes de llegar a Itaque, es decir, en las pendientes occidentales del principal anticlinal de Aguaragüe. El banco calcáreo que representa en aquel punto el horizonte en cuestión se puede subdividir en dos partes: la parte inferior intacta mostrando sus caracteres originarios de sedimentación, la superior brechosa es decir formada por fragmentos más o menos angulosos hasta redondos, como verdaderos rodados, y formados por el mismo calcáreo o por la silex (pirómaca) que en forma de nódulos se encuentra diseminada en la masa calcárea del nivel inferior (fig. 9).

El límite entre las dos partes está formado por una superficie irregular, ondulada, mientras que los límites superior e inferior del banco calcáreo son perfectamente planos. Las areniscas que des-

(1) *Tartagal* p. 21.

(2) Véase: Carta de pág. 23 del presente informe.

cansan directamente arriba del banco calcáreo pertenecen a la formación de las «areniscas superiores» y en parte son conglomerádicas.

En resumen, tenemos que, desde el Sud hacia el Norte, y desde el Oeste hacia el Este, las condiciones geognósticas del horizonte en cuestión varían notablemente de punto a punto, pero, con transiciones paulatinas, substituyéndose poco a poco una serie arenosa a los niveles *c d* que constituyen los tramos superiores de esta serie en las cuencas interandinas.

¿Se trata en realidad, de diferencias de *facies* de un mismo conjunto sedimentario? o ¿debemos considerar a las areniscas como cronológicamente posteriores al horizonte calcáreo-dolomítico?

Me parece que las condiciones observadas en la quebrada de Caraparí hablarían, más bien, en favor de esta última interpretación.

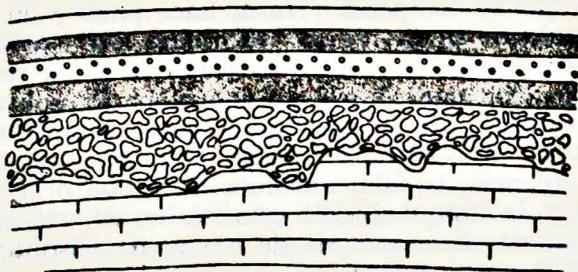


Figura 9
(Esquemática)

Así que seguiremos considerando como un grupo sedimentario independiente a las «Areniscas superiores» siendo posible que posteriores investigaciones lleguen a identificar, en la serie que referimos a tal formación, dos distintos grupos; uno verdaderamente posterior y *superior* con respecto al horizonte calcáreo-dolomítico y el otro con caracteres de una serie heterópica, pero sincrónica, de una parte a lo menos, de dicho horizonte.

LAS «ARENISCAS SUPERIORES» (BONAR.)

Con respecto a mis «Areniscas superiores» tengo muy poco que decir además de lo que ya he consignado en mis informes precedentes.

Sólo me queda recordar aquí que en la quebrada del Río Caraparí un poco al oeste del Chorro ha sido constatada la presencia de huesos fósiles incluidos en un banco arenoso que forma parte de esta serie. Debemos tal hallazgo a un geólogo norteamericano, el señor ingeniero R. W. PACK. Se trata probablemente de restos del esqueleto de un solo individuo y, por lo visto, según fragmentos actualmente en mi poder de un hueso muy esponjoso, se trata de un reptilio.

Este hallazgo deberá relacionarse tal vez con el realizado por STEINMANN en Negra Muerta (1).

(1) Véase pág. 28 del presente informe.

En cuanto a la edad de las «Areniscas superiores» no tenemos razones para modificar la opinión ya expresada al respecto.

Las nuevas observaciones tendrían por el contrario a corroborar la edad cretácica de estas areniscas pudiéndose admitir, en base a las condiciones observadas en Caraparí, un *hiatus* de sedimentación entre Jurásico inferior y Cretácico.

En la provincia de Jujuy las «Areniscas inferiores» se presentan con espesores muy reducidos en comparación de lo que se observa, más al Norte, en los distritos mineros de Orán y Tartagal y sudoriente boliviano.

EL «TERCIARIO SUBANDINO» (BONAR.)

En la serie del «Terciario Subandino» sería posible ensayar una subdivisión, tomando como base los caracteres litológicos de las capas de que se compone. Hasta hace poco y en vista de que mis investigaciones en la región subandina del Norte debían responder, principalmente, a fines prácticos, no había tenido ocasión de realizar observaciones dignas de mencionarse, sobre este punto. Se trata en realidad de un conjunto bastante uniforme aunque su espesor, como ya se ha dicho en varias ocasiones, sea verdaderamente notable. Además, la falta absoluta de restos orgánicos no permite establecer la cronología de esta serie, así que toda tentativa para identificar en ella una serie de horizontes distintos no tendría una importancia que justifique su oportunidad.

Sin embargo, en ocasión de mis últimos viajes, he visto perfiles más o menos completos de esta serie, en que se puede distinguir fácilmente cierto número de horizontes bien caracterizados por la presencia de algunos tipos litológicos peculiares a cada horizonte.

La parte más inferior está formada por una serie de capas de diferentes colores, grises, coloradas, amarillentas, negruzcas y blanquecinas, predominando areniscas, arcillas y mantos tobíferos, en repetida alternación una con otra.

Las rocas de esta serie abigarrada son más compactas y más resistentes que las que forman los horizontes superiores. Estos últimos están caracterizados en su parte media por la presencia de diferentes tipos de mantos tobíferos (tobas andesíticas, etc.) En fin, la parte más alta de la serie es más uniforme en sus caracteres litológicos, predominando areniscas arcillosas blandas de un color rojo ladrillo claro muy uniforme. Sin embargo, ya se notan en esta serie superior algunas heteropías locales de cierta importancia. Por ejemplo, en la parte más meridional del sistema orográfico subandino, sobre todo en las extremidades de las Sierras de San Antonio y Lumbrera, cortadas por el Río Juramento, dicha serie se presenta con colores grises y violáceos claros y con intercalaciones de unas calizas terrosas u oolíticas que en varios puntos se explotaban para cal. Estas calizas oolíticas no tienen ni parecido con las del «horizonte calcáreo-dolomítico» pr. d. y, por lo visto, no contienen fósiles.

Hasta la fecha no encontré ni rastros de sedimentos gruesos conglomerádicos en la serie pr. d. del Terciario subandino. Tal circunstancia es digna de tenerse en cuenta por razones que a continuación se detallarán.

Hasta la fecha, todos mis esfuerzos para encontrar fósiles macroscópicos en esta formación, no han dado resultado. Igualmente infructuosas resultaron las investigaciones microscópicas que se hicieron de varias rocas típicas que la componen. Sin embargo, me parece oportuno recordar aquí el hallazgo de algunos lamelibranquios realizados en esta misma formación por los ingenieros ROMANES y MADGWICK, aunque se tratase de lugares muy lejanos, es decir, del territorio de Santa Cruz de la Sierra, en la República de Bolivia. En algunos de aquellos afloramientos situados sobre la orilla izquierda del Río Grande de Abapó (Guapey), dichos investigadores observaron la presencia de unas capas de color gris, arcilloso-arenosas, algo calcáreas, que contenían con extrema abundancia individuos de un pequeño lamelibranquio del cual podemos decir que mucho se parece, si no es idéntico, a ciertos lamelibranquios ya observados por STELZNER, BODENBENDER y otros, en las regiones interandinas de las provincias de Tucumán, Catamarca y La Rioja, en varios puntos.

La presencia de tales fósiles en la región de Abapó fué confirmada, en 1915, por un geólogo holandés, el señor ingeniero WITTEVEEN, y debo a la amabilidad de este señor el dato muy importante de que las capas fosilíferas en cuestión forman la base de la potente serie de mi terciario subandino.

Se trataría, entonces, de sedimentos paleocenos, lo que confirmaría la contemporaneidad de dichas capas con otras similares observadas en varias regiones argentinas como veremos más adelante.

LOS «ESTRATOS JUJEÑOS» (STEINM.)

En ocasión de mis primeras investigaciones en el Distrito minero de Tartagal, no estuve en condiciones de apreciar desde un principio, el valor de ciertas diferencias que se notan entre las capas más altas y las más inferiores, que forman la serie terciaria de aquel distrito.

Ya me había fijado (1) en la presencia de «algunos bancos de conglomerados gujarreños poligénicos que constituyen la parte más alta y más joven de la formación», «en el punto llamado Angostura» al este de Campo Durán sobre la orilla derecha del Río Itiyuro; pero no se me ocurrió que debieran separarse de los demás sedimentos terciarios que allí afloran.

Sólo después de mis viajes al oeste de Orán, me dí cuenta que se trataba en realidad de otra distinta formación y fué precisamente en los alrededores de Oculito (unas tres leguas al oeste de Orán en la última angostura del Río Zenta) que por primera vez pude apreciar los espesores y la importancia de aquellos sedimentos.

En cuanto tuve oportunidad de volver a visitar el Distrito minero de Tartagal, realicé las investigaciones del caso para imponerme debidamente sobre extensión, espesor y demás caracteres de tal formación en diferentes puntos de aquel territorio. Los

(1) *Tartagal*, p. 26.

resultados así obtenidos se concretan y evidencian en el mapa adjunto en que figuran varios afloramientos de los «estratos jujeños» en lugares que en mi mapa anterior (1) habían sido coloreados con el tinte amarillo adoptado para el Terciario en general.

El más grande de dichos afloramientos forma la pendiente occidental de las lomadas de Lapachal al este de Yacuiba, entre Yacuiba y Caiza. Está formado, preferentemente, por areniscas y sedimentos arcillosos arenosos con numerosas intercalaciones de capas y mantos conglomerádicos. La abundancia de estos conglomerados, cuya ausencia en la serie más antigua de mi «Terciario subandino» ya hemos mencionado, es un rasgo característico que permite identificar a primera vista las dos formaciones terciarias, mientras los caracteres fanerómeros de los otros tipos litológicos, comunes a ambas series, no ofrecen tal posibilidad por tratarse de sedimentos muy parecidos por su color y composición.

Fuera de los lugares arriba mencionados y de los que indiqué en mi precedente informe sobre el «Distrito minero de Orán» (2), los sedimentos del «Terciario jujeño» ocupan grandes extensiones en la provincia de Jujuy y en los distritos meridionales de la provincia de Salta, según puede verse en el mapa adjunto.

En estos sedimentos todavía no se han encontrado fósiles, en los lugares estudiados por mí. Tal vez que procedan de sus capas más altas los restos de proboscídeos y otros mamíferos descubiertos en Nap-ña (3) a la altura de Carandaiti (Chaco boliviano). Un viejito francés que vive en Cuevo me mostró, hace cosa de tres años, un fémur de mastodonte encontrado por él, más al norte de Cuevo, en dirección al camino que conduce a Lagunillas.

Todo induce a creer que la parte superior de los «Estratos jujeños» corresponda a los «gravel-terrace deposits of the Desaguadero» en que DOUGLAS confirmó (4), con nuevos hallazgos, la presencia de toda una fauna de tipo pampeano.

Los espesores de dichos «estratos» son muy variables de punto a punto y creemos que donde la formación es más potente (más completa) su parte inferior deba referirse al Mioceno, sincronizándose con los de Santa María (Valles Calchaquíes) que ya se conocen por los trabajos de AMEGHINO, MERCERAT, ROVERETO (5), y otros.

RESUMEN ESTRATIGRÁFICO

Podemos resumir lo que ya se ha dicho sobre estratigrafía de la región subandina del Norte en el cuadro que a continuación reproducimos, en que también figura la serie estratigráfica (parte sup.) de la «precordillera salto-jujeña», con el fin de facilitar las comparaciones entre las dos unidades que, por estar en contacto inmediato una con otra, ofrecen, como se ha visto, unos cuantos caracteres comunes.

(1) *Tartagal*, 1913.

(2) *Ob. cit.*, 1914.

(3) SCHILLER *ob. cit.*, p. 180.

(4) *Ob. cit.*, p. 41.

(5) *Anal. Mus. Nac. de Buenos Aires*, 1914.

REGIONES INTERANDINAS («Precordillera salto - jujeña»)	REGIONES SUBANDINAS Y ALTIPLANICIE BOLIVIANA
-----------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

VI. Supraterciario:	«ESTRATOS JUJEÑOS» (discordancia)
V. Infraterciario:	«TERCIARIO SUBANDINO» (concordancia)
V. Cretácico:	«ARENISCAS SUPERIORES» (seudoconcordancia)
Horizon. calcáreo dolomítico (s. l.)	sup.: «Arcillas abigarradas» o «keuperartige Mergel» (STEINM). «Márgas verdes» (BONAR).
	(concordancia)
	inf.: «Horizonte calcáreo-dolomítico con Melanías» (KEIDEL) etc.
	(concordancia)
	inf.: «Horizonte calcáreo-dolomítico» (BONAR).
	(concordancia)

Areniscas inferiores	sup.: Pocas capas arenosas fósilíferas y conglomerado de base descansando sobre Silúrico, Cámbrico y Precámbrico.	sup.: «Serie colorada» (Arenisca etc.) (concordancia)
		inf.: «Serie gris» (Arenisca etc.) (hiatus, con pseudoconcordancia).
Devónico		«Areniscas de Huamampampa» «Esquistos de Icla», arcilloso - micáceos, fósilíferos.

Añadiré de paso que los diferentes miembros de que se componen ambas series figuraban con un solo color (el de la «formación petrolífera» o «sistema de Salta») en los mapas geológicos de BRACKEBUSCH (1).

Entre los diferentes miembros que componen la serie subandina, las relaciones mútuas se pueden conjeturar sobre la base de observaciones ya consignadas al hacer la descripción detallada de varios perfiles.

De abajo hacia arriba, tendríamos:

1. Un *hiatus* con pseudoconcordancia entre Devónico medio y Permo-triásico; lo que quiere decir que los movimientos orogénicos del «epiciclo hercínico» (s. l.) no afectaron a las regiones subandinas y que el *hiatus* a que aludimos se debe únicamente a la emergencia del territorio subandino durante el carbonífero y parte, por lo menos, del Devónico superior.

Hay puntos, sin embargo (pero, se trata en todo caso de lugares aislados y de extensión más o menos limitada) en que la tectónica parecería revelar los efectos locales de un plegamiento suave prepérmico. Así, por ejemplo, la condición absolutamente vertical (SCHILLER, BONARELLI) de las capas devónicas en el núcleo del anticlinal de Aguargüe a la altura de Machareti (Bolivia meridional), en contraste con las inclinaciones mucho menores de

(1) Ob. cit., 1882, *Estudios* y 1888, *Mapa Geol.*

las rocas más jóvenes que formaban ambas alas de aquel anticlinal, podría autorizar la sospecha de que se deba a una condición «diapira» de aquel anticlinal en el trecho mencionado, atribuyendo a tal adjetivo no el significado teórico con que primeramente ha sido utilizado por MRAZEC, sino el significado concreto de su misma etimología, es decir, de superposición de dos estructuras en un mismo pliegue positivo.

En fin, se trata de cuestiones que sólo podrán resolverse a raíz de investigaciones detenidas y muy detalladas, lo que deberá hacerse antes que se inicien los trabajos de exploración buscando yacimientos petrolíferos en dicha región, por medio de perforaciones.

2. Arriba del mencionado límite entre Devónico medio y Permiano-triásico hay concordancia perfecta entre los varios miembros que componen la serie inferior de la «formación petrolífera» hasta las «Areniscas superiores». Estas últimas también, en la mayoría de los casos, descansan en concordancia sobre el «Horizonte calcáreo-dolomítico», pero, las condiciones observadas recientemente en la quebrada del Río Caraparí y la naturaleza detritica, con *facies* a menudo conglomerádica, del mismo «Horizonte calcáreo-dolomítico» en las Quebradas Galarce, Tartagal, etc., (Distrito minero de Tartagal), permiten suponer que no se trata de una verdadera concordancia y que pueda existir (debido a la emergencia de las regiones subandinas durante el Jurásico medio-superior e Infracretácico) un *hiatus* en la serie, siendo liásico hasta jurásico inferior el «horizonte calcáreo-dolomítico», y cretáceas las «Areniscas superiores».

3. Las «Areniscas superiores» pasan superiormente al «Terciario subandino» con transición paulatina y concordancia perfecta. En cuanto a la discordancia señalada entre «Terciario subandino» y «Estratos jujeños» debemos hacer notar que solamente se observan en los bordes laterales y no en las áreas centrales de sus mayores afloramientos, es decir, aquellos en que es evidente que conservan todavía sus límites originarios representando otras tantas cuencas o depresiones tectónicas, las que durante el diastrofismo andino pr. d. han sido rellenadas por las acumulaciones detriticas formadas a expensas de las nuevas «cordilleras». Todo esto significa que la sedimentación supraterciaria, en las regiones subandinas del Norte, es contemporánea del epiciclo «activo» a que se debe el diastrofismo del sistema andino principal y, como reflejos laterales, la tectónica actual de la precordillera salto-jujeña y del mismo «Sistema subandino».

LA TECTÓNICA

Las condiciones estructurales del territorio subandino en los distritos mineros de Tartagal y Orán, ya han sido descritas con detalle en mis informes precedentes (1). Las observaciones hechas posteriormente a la publicación de dichos informes no modifican las conclusiones en ellos formuladas y sólo me han proporcionado algunos detalles de que haré aquí mención por tener cierta importancia práctica para las futuras exploraciones petrolíferas.

(1) 1913. — Tartagal; 19.

Lo que llamé « Anticlinal de Caiza - Campo Durán » me ha resultado más complicado de lo que me pareció en un principio. No se trata de un anticlinal propiamente dicho sino de cuatro cúpulas distintas, una de las cuales, la más meridional, la llamaré cúpula de Campo Durán, estando su centro situado a lo largo de la Quebrada de San Antoñito, al Norte de dicho pueblo.

En cuanto al mismo anticlinal de Aguarañe, en vista de los resultados obtenidos recientemente con respecto a la cronología de los terrenos que afloran en las Quebradas Galarce y Tartagal y a raíz de nuevas exploraciones a lo largo de las Quebradas de la Zanja Honda y Yacuy, he llegado a la conclusión que la altura notable de aquel trecho de la serranía homónima, formando el llamado Cerro de Tartagal, no se debe a razones estructurales, como lo expliqué anteriormente (1), sino a razones tectónicas. El Cerro de Tartagal ocupa, más o menos el centro de un elipsoide o ensanche cupuliforme del anticlinal aguarañeño, en cuyo núcleo afloran por largos trechos los mantos tobíferos de la serie *gris* (parte inferior de las « Areniscas inferiores » BONARELLI).

Quédame todavía dar a conocer en rasgos ligeros las condiciones tectónicas de las regiones subandinas en la provincia de Jujuy, y parte meridional de la provincia de Salta, además de lo que ya he consignado al respecto en otros capítulos del presente informe.

Al oeste de la cuenca hidrográfica del Río San Francisco-Lavayen, tenemos:

- El Cerro de Calilegua, formado por un anticlinal sobreelevado y cortado, en su núcleo, por una falla longitudinal.
- La Serranía de Zapla, formada por un anticlinal profundamente cortado por una gran falla longitudinal, siendo su ala oriental más alta que la occidental.
- Un relieve tectónico cupuliforme (del Quemado), al oeste del Quemado y de San Pedro.
- Entre la Serranía de Zapla y el relieve del Quemado hay otro relieve tectónico formado por un bloque alargado, en sentido de N. N. O. a S. S. E., y limitado lateralmente por dos (?) fallas con que la serie devónica que compone dicho bloque está en contacto con capas, mucho más jóvenes, del Terciario y del « Sistema de Salta ». En el mapa que acompaña el presente informe, este bloque no está indicado por haberse constatado su existencia después de terminar la confección del mismo y no siendo posible por falta de buena base topográfica, determinar su ubicación exacta.

Al este de la mencionada cuenca hidrográfica, tenemos:

- El Anticlinal de Santa Bárbara y
- el Anticlinal de Centinela, ambos cortados por fallas longitudinales con mayor rechazo de sus alas orientales.
- Una falla entre los dos anticlinales mencionados.

(1) Tartagal, p. 32.

— El Anticlinal de Ronda.

— El Anticlinal del Maíz Gordo y, por fin, unas ondulaciones secundarias, más al Este (Yeso, Algarrobal, etc.).

En la parte meridional de la Provincia de Salta (Departamentos de Anta y de Metán), tenemos:

— La Serranía del Gallo que parece estar situada en una prolongación meridional de la Sierra Jujeña de Zapla, prestando también una falla en su núcleo que determinó un mayor rechazo de su ala oriental.

— La Sierra de San Antonio con carácter de anticlinal «con doble eje» en todo su largo.

— El relieve cupuliforme sobreelevado de la Lumbrera.

— El anticlinal del Cerro Colorado al Sud del Río Juramento (estudiado por el Dr. STAPPENBECK (1)).

El esquema tectónico adjunto (Lám. XIII) me exige de dar mayores explicaciones sobre la estructura subandina en la región que nos ocupa. Así que sólo nos queda bosquejar un resumen tectónico del sistema subandino.

Cada uno de los relieves orográficos (sierras y lomadas) de este sistema tiene valor tectónico, constituyendo alas o ejes de otros tantos anticlinales.

La estructura tectónica del terreno es la resultante de un plegamiento sencillo, en el sentido de no presentar un gran estrechamiento de las unidades morfológicas que lo constituyen y que no deja por eso de ser un plegamiento en el verdadero sentido de la palabra.

Los anticlinales que atraviesan los distritos mineros de Tartagal y de Orán se presentan por largos trechos rebatidos sobre sus alas orientales (Ipaguazu, Aguara güe, Sierra Baja de Orán, Sierra del Pescado) (2). Los anticlinales del sistema de Santa Bárbara presentan, al contrario, mayor complicación en las alas occidentales, debido a fallas. Los anticlinales de Aguara güe, de San Antonio y Lumbrera, se presentan por largos trechos con doble eje.

La razón de estas diferentes fisonomías tectónicas deberá de buscarse, principalmente, con un estudio detenido, en la estructura de la antigua precordillera salto-jujeña, muy variable de lugar a lugar, y en la manera con que los plegamientos (terciarios) de la serie petrolífera se han apoyado hacia el límite oriental del borde plegado de la Puna.

La condición curvilínea y no rectilínea de ese borde, adoptando los criterios que nos sugiere el estudio de otros plegamientos arqueados, podría considerarse como la causa principal de la heteropía tectónica del sistema subandino en sus diferentes trechos.

En el sentido transversal de los plegamientos subandinos, se observa una gradual disminución en la intensidad del fenómeno días

(1) Informe en vía de publicarse.

(2) En las prolongaciones de estas sierras, al norte, en territorio boliviano, se han observado hasta sobreescurrimientos, por ejemplo al oeste de Cuevo. Debo esta información a los señores ROMANES y MADGWICK (F. G. S.) a quienes agradezco por haberme facilitado muchos datos importantes sobre la Geología de aquellos parajes.

REPÚBLICA ARGENTINA

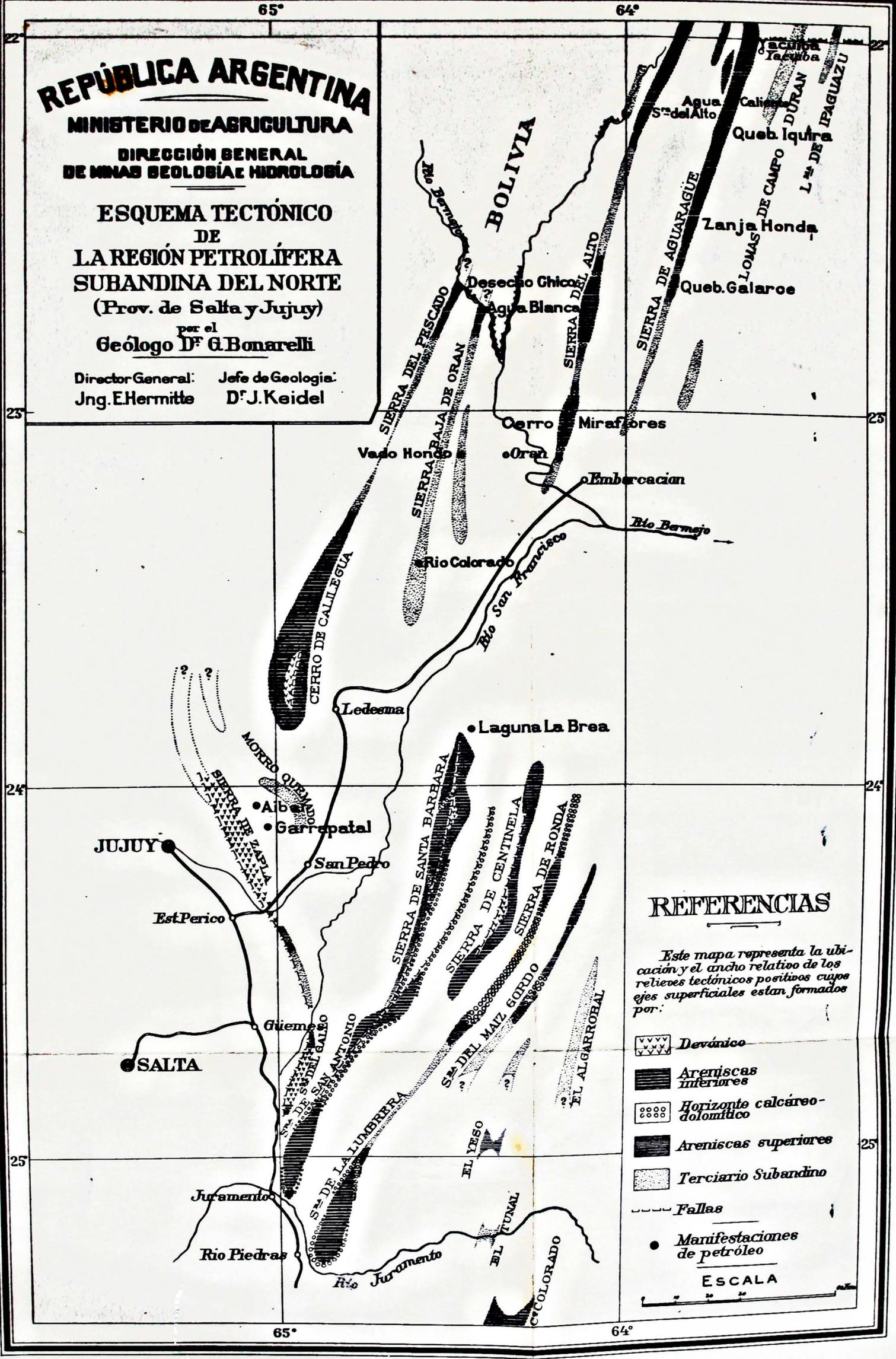
MINISTERIO DE AGRICULTURA

DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA

ESQUEMA TECTÓNICO DE LA REGIÓN PETROLÍFERA SUBANDINA DEL NORTE (Prov. de Salta y Jujuy)

por el Geólogo D^o G. Bonarelli

Director General: Jng. E. Hermitte Jefe de Geología: D^o J. Keidel



REFERENCIAS

Este mapa representa la ubicación y el ancho relativo de los relieves tectónicos positivos cuyos ejes superficiales están formados por:

- Devónico
- Areniscas inferiores
- Horizonte calcáreo-dolomítico
- Areniscas superiores
- Terciario Subandino
- Fallas
- Manifestaciones de petróleo

ESCALA

tráfico de oeste hacia el este, presentándose, en la región chaqueña, las últimas repercusiones del movimiento orogénico en forma de ondulaciones muy suaves tapadas en parte por sedimentos cuaternarios. Esto demuestra precisamente, que el plegamiento se efectuó por la acción de un empuje unilateral del oeste.

El diastrofismo de la región subandina tuvo lugar durante el ciclo activo de los plegamientos alpinos (Terciario superior, hasta el Cuaternario); sin embargo, es probable que el zócalo paleozóico de la «formación petrolífera» se presentara ya suavemente plegado como repercusión lateral y compensadora de otros movimientos (hercínicos s. l.) que determinaron el diastrofismo de otras unidades andinas (Precordillera, etc.), antes de recibir los depósitos de la serie posterior. Me fundo en la condición «diapira» de algunos anticlinales que forman parte de aquel sistema (Machareti, Centinela, Zapla, etc.), presentando núcleos de rocas devónicas más fuertemente inclinadas o, mejor dicho, levantadas en comparación con las capas del restante complejo petrolífero, pero, se trata probablemente de una tectónica «subacuacea», sin mayor trascendencia.

EL PETRÓLEO

Mis precedentes publicaciones (1) sobre la «formación petrolífera» del Norte argentino tenían carácter de informes preliminares. El propósito de la Dirección General al publicarlos ha sido dar a conocer los resultados inmediatos de las investigaciones hechas sobre el terreno y que motivaron la ejecución de un primer sondeo, explorando el subsuelo de aquellas regiones en un punto apropiado para poder alcanzar, posiblemente, algún nivel petrolífero (quebrada de Capjazuti; Distrito minero de Tartagal).

Los resultados que se obtuviesen con tal perforación en caso de ser favorables, debían servir de criterio o punto de partida para justificar y motivar nuevas investigaciones y, sobre todo, los estudios de detalle destinados a sugerir el mejor modo de realizar la exploración y explotación petrolífera de la región subandina del Norte.

Pero, debido a diversas causas, «no se ha llegado todavía al punto de que la mencionada perforación nos proporcione datos precisos y definitivos en lo referente a presencia, extensión y riqueza de yacimientos petrolíferos en aquella región, a causa de que, con tal trabajo, no se ha podido, hasta ahora, alcanzar la profundidad necesaria» (2).

Quedó entonces postergada la iniciación de los mencionados estudios de detalle y al mismo tiempo se tomó la resolución de seguir con los estudios de exploración sumaria de los otros distritos mineros (en las provincias de Salta y Jujuy) donde se extiende la «formación petrolífera» y donde existen manantiales de petróleo.

Es preciso por lo tanto reconocer que las presentes páginas no tienen el carácter de un informe definitivo sobre el asunto, lo que sólo será posible hacer a raíz de los mencionados estudios

(1) Véase Bibliogr.

(2) BONARELLI, *Orán* (1913), p. 5.

de detalles, sino que tiene únicamente el propósito de dar a conocer los resultados obtenidos con ulteriores viajes de estudios, posteriormente a la impresión de las publicaciones mencionadas. Estos resultados confirman en gran parte los obtenidos anteriormente y en parte los amplían sobre todo en lo referente a las regiones más meridionales del territorio petrolífero subandino que no habían sido estudiadas durante los viajes anteriores.

Así que, sin volver a repetir lo ya dicho con respecto a los distritos mineros de Tartagal (1911) y Orán (1913) daré a conocer aquí unos cuantos datos inéditos, después de lo cual estaré en condiciones de formular en un corto resumen mis opiniones generales sobre las regiones petrolíferas del Norte.

PROVINCIA DE JUJUY

— Distrito minero de San Francisco (Departamento de San Pedro, Ledesma y Santa Bárbara).

Los resultados de mis estudios en la provincia de Jujuy los tengo reunidos como sigue:

1. — Manifestaciones superficiales de petróleo observadas en la provincia de Jujuy

Hasta la fecha sólo se conocían en la región de referencia, las manifestaciones siguientes:

A) — *Laguna de la Brea*, a la derecha del río San Francisco, a unos 20 kms. al sudeste de la estación Yuto (F. C. C. N., ramal a Embarcación), departamento de Santa Bárbara.

B) — *Aibal*, o arroyo de la Brea, a unos 20 kms. al O. N. O. de la estación «El Quemado» (F. C. C. N. ramal a Embarcación), departamento San Pedro.

C) — *Garrapatal*, a unos 20 kms. al O. S. O. de dicha estación, en la quebrada del Sauce, departamento San Pedro.

D) — *Barro Negro*, a unos 25 kms. al sur de la estación «Tres Cruces» (F. C. C. N., ramal a La Quiaca), departamento Humahuaca, a 3500 mts. sobre el nivel del mar.

E) — *Yavi Chico*, a unos 20 kms. al este de La Quiaca, departamento de Yavi.

Podemos completar la lista indicando la presencia de:

F) — Filtraciones de petróleo asfáltico en una capa arenosa que aflora en el cauce de una pequeña quebrada al oeste de la estación «El Quemado», a lo largo del camino que conduce a Piquillinal, entre el Puesto Viejo y el Pueblo o Nido de las Garzas, a unos 5 o 6 kms. de dicha estación.

BRACKEBUSCH había indicado la presencia de manifestaciones de petróleo en el cerro de Calilegua (1), pero todas mis tentativas para encontrar dichas manifestaciones no tuvieron éxito; y el señor Francisco Leach, actual propietario de aquellos terrenos.

(1) «Estudios sobre la formación petrolífera de Jujuy», Bol. Acad. Nacional Cienc. Córdoba. T. V. 1885, pág. 8.

me aseguró que él y su personal han recorrido la región en todos sentidos con igual resultado negativo (1).

En el planito anexo, figura 10, se da la ubicación más o menos exacta de las manifestaciones A, B, C, F. (2).

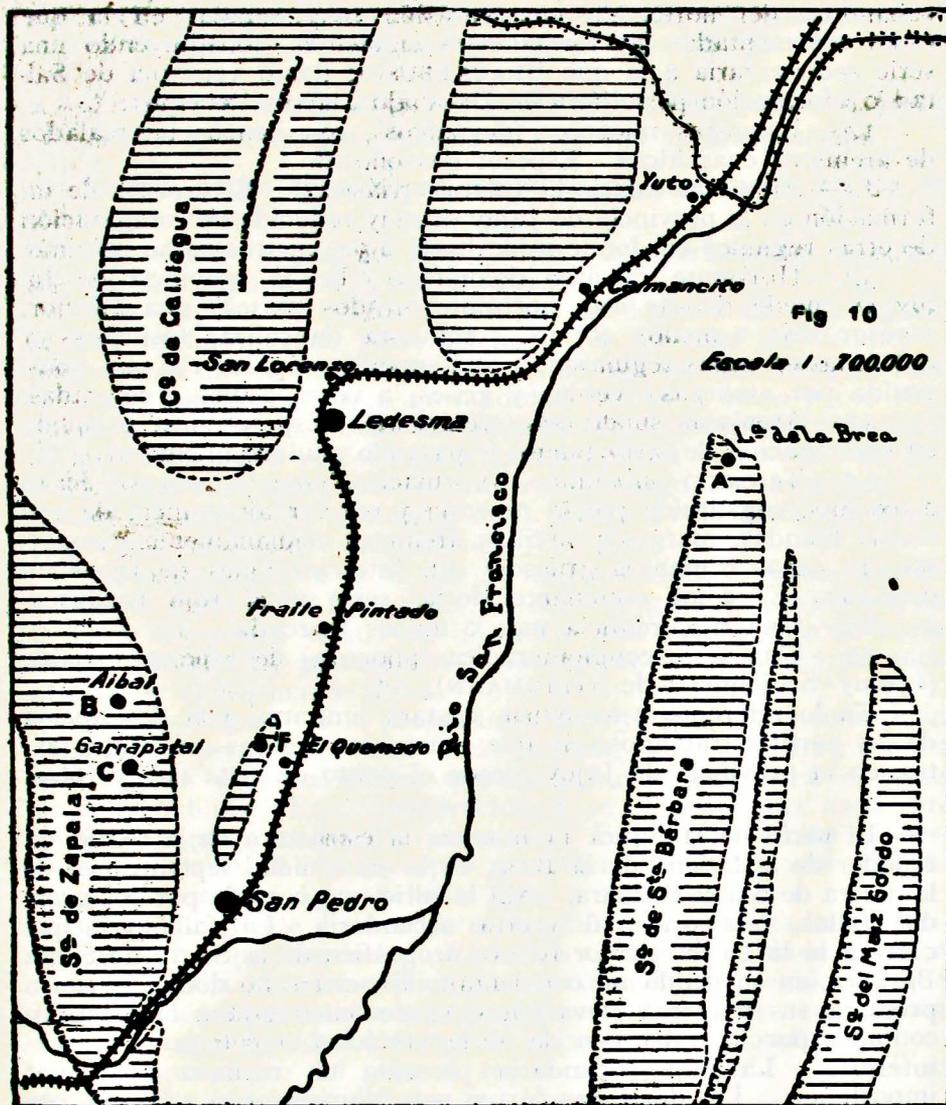


Figura 10

Manifestaciones de petróleo en la parte sudeste de la provincia de Jujuy

(1) En realidad BRACKEBUSCH habló de rocas bituminosas, dejando entender con eso que a su juicio este hallazgo constituía una prueba de la existencia positiva del petróleo (*sic*) en aquel sistema orográfico.

(2) Las manifestaciones D y E no tienen, por lo pronto, una importancia industrial.

2. — *Sus relaciones con la estructura geológica del terreno*

Los perfiles geológicos, fig. 11 y Lám. XIII a través de los lugares petrolíferos más importantes, muestran sus condiciones tectónicas y estratigráficas.

Se trata como en cualquier otro punto de la región petrolífera subandina del norte, de una sucesión muy regular en la que están representadas las formaciones siguientes, constituyendo una serie sedimentaria a la que BRACKEBUSCH llamó «sistema de Salta» o «formación petrolífera». De abajo a arriba tenemos:

1.º — Esquistos micáceos (devónicos), con bancos intercalados de areniscas cuarcíticas. Espesor desconocido.

2.º — Areniscas inferiores (permo-triásicas). El espesor de tal formación en la provincia de Jujuy es muy reducido en comparación de otras regiones en donde mide hasta 2.500 metros como máximo.

3.º — Horizonte calcáreo dolomítico. En la provincia de Jujuy se puede dividir este horizonte en dos partes: una inferior, espesor más o menos 40 ms. compuesta de calizas fosilíferas y dolomitas en capas regulares; y una superior, espesor 150 mts. constituida por «margas» verdes y grises, a veces azules o coloradas.

4.º — Areniscas superiores (cretácicas). Espesor muy reducido en comparación de otros puntos y pasando paulatinamente al

5.º — Terciario subandino. Formación potente, espesor hasta 2.500 mts. constituida por la repetida y regular alternancia de areniscas blandas, margas y arcillas arenosas medianamente compactas (en capas o mantos gruesos) con intercalaciones de tobas andesíticas. El color dominante de tal serie es el rojo pardusco.

6.º — Una discordancia más o menos marcada.

7.º — Una serie conglomerádica (pliocena) de espesor variable («Jujuy-Schichten», de STEINMANN).

En lo referente a tectónica, bastará limitarse a la descripción de los perfiles tratándose de que cruzan los lugares más importantes, en la provincia de Jujuy, desde el punto de vista del petróleo.

El perfil de la figura 11 muestra la estructura de la región alrededor de la laguna de la Brea, en la extremidad septentrional de la Sierra de Santa Bárbara. Allí la serie está cortada por dos grandes fallas, una principal y otra secundaria. La falla principal corre a lo largo del mayor relieve orográfico de la Sierra de Santa Bárbara, en su pendiente occidental. En el trecho donde la sierra presenta sus mayores elevaciones, el devónico está a la vista, en contacto por la falla con la serie cretácica o con las areniscas inferiores. La falla secundaria presenta un rechazo de menor importancia. Las dos fallas corren paralelamente una a la otra, con rumbo N. S. Un poco más al norte de la laguna de la Brea desaparecen paulatinamente los relieves orográficos, al este de San Francisco, hundiéndose por debajo del cuaternario chaqueño. La laguna del Agua Caliente, al sudeste de la laguna de la Brea, está situada sobre la falla principal.

El perfil al pie de la Lám. XIV muestra las condiciones tectónicas en la región del Quemado, muy sencilla por tratarse de una bóveda en cuyo eje la serie terciaria subandina sólo tendrá unos 300 mts. más o menos, de espesor; descansando sobre las are-

niscas superiores y éstas a su vez sobre las «margas verdes» que formarían la cubierta impermeable por debajo de la cual puede existir un yacimiento petrolífero, a lo largo de dicho eje, ya sea relacionado con las mismas capas del horizonte subyacente («calcareo-dolomítico») ya sea con las más altas de las areniscas inferiores, las que presentan caracteres de verdaderos conglomerados (BRACKEBUSCH) a poca distancia de aquel punto, es decir, en Garrapatal (manifestaciones superficiales de petróleo).

3.—Trabajos de exploración por medio de sondeos ejecutados hasta la fecha. Resultados obtenidos y causas de los fracasos.

Se han hecho hasta ahora tentativas de exploración en los siguientes puntos:

A) — *Barro Negro*, de Tres Cruces; una perforación de pocos metros, sin importancia y sin resultados.

B) — *Laguna de la Brea*: En los alrededores de esta laguna se han hecho muchas perforaciones. No conozco los detalles y pormenores de los trabajos antiguos, los que en todo caso no han sido sino sondeos de poca profundidad hechos a mano o con maquinaria inadecuada. Sólo vale la pena de conocerse el resultado de las últimas dos perforaciones hechas por la compañía «El Petróleo Argentino», estando el trabajo a cargo del ingeniero C. Schuel. En el perfil geológico de la figura 11 se da la ubicación respectiva de dichas perforaciones A y B.

La perforación A es la que se hizo en Santa Cornelia, a unos 7 kms. al norte de la laguna de la Brea. (Figura, en *proyección*, en la línea del perfil, siendo su ubicación real mucho más al norte de esa línea). La perforación B fué ejecutada a unos 1.500 mts. al este de la laguna de Brea.

Ambas llegaron a la profundidad de 735 mts. sin encontrar un yacimiento petrolífero. Sin duda alguna, son las perforaciones más hondas y mejor hechas que se hayan ejecutado en el norte de la República. En la perforación A se encontró una napa surgente de agua apta para el consumo. En la perforación B, después de atravesadas unas capas petrolíferas relativamente superficiales, se encontró agua caliente (60°) y sulfhídrica.

Geológicamente hablando, no extrañan los resultados negativos de dichas perforaciones. El hecho de no haber dado petróleo ni la una ni la otra, se explica por tratarse de una región en que las condiciones tectónicas no son favorables para la acumulación de ese mineral líquido en forma de yacimientos explotables.

El agua dulce del pozo A representa el desagüe subterráneo de la cuenca (sinclinal) del alto San Francisco.

Las aguas calientes del pozo B encontradas en las areniscas inferiores, están ciertamente relacionadas con el mismo régimen hidrotermal de que la próxima laguna del Agua Caliente y muchos otros manantiales (sulfhídricos, etc.) en toda la región subandina del norte, sería y los vestigios superficiales.

Las capas con indicios de petróleo encontradas en el pozo B serían la prolongación subterránea del horizonte calcáreo dolomítico, el que aflora más al oeste, precisamente en la Laguna de la Brea y del cual brota petróleo en cierto número de manifestaciones naturales alrededor de la misma Laguna.

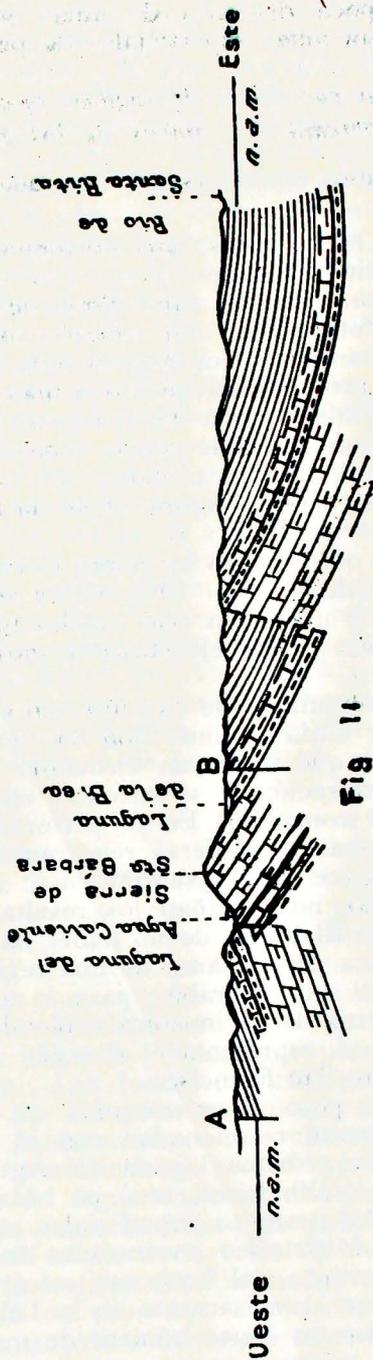


Fig II

Escala 1 : 200.000

Terciario subandino

Horizonte calcareo dolomítico

Devónico

Areniscas inferiores I-I

Areniscas superiores



Figura II

En cuanto a la procedencia de este petróleo, debiéndose excluir por lo antedicho, en base al resultado de las perforaciones, que se trate de escapes verticales, quedo en duda si se trata de escapes laterales o longitudinales, por faltarme elementos de juicio para precisar la ubicación, extensión y profundidad de su yacimiento originario.

C) — *Aibal*. Ampliando las noticias dadas por JEKS, me consta que se hicieron en Aibal cierto número de perforaciones, a mano, de poca hondura. Después de haberse traspasado en algunas de esas perforaciones las mismas capas petrolíferas (horizonte calcáreo dolomítico) de la que existen en dicho lugar dos pequeños afloramientos a los dos lados del Río, no se encontró más petróleo.

D) — *Garrapatal*. El mismo resultado que en Aibal obtuvieron las perforaciones hechas en Garrapatal por la Compañía Mendocina de Petróleo, sección Jujuy. Con la historia de esta tentativa de exploración están ligados los nombres de BRACKEBUSCH y de ZUBER; el uno, por haber sido el primer geólogo que visitó aquel paraje (1882) y el otro por haberse hecho cargo de dirigir los trabajos de sondeo de dicha compañía.

E) — *Morro Quemado*. La «Hould's S.S. Co» al emprender los trabajos de perforación en Aibal, mandó un experto para que estudiara las condiciones geológicas de estos parajes. Tal experto fué C. M. HUNTER, notable especialista en petróleo, quien en compañía de otro muy conocido especialista, A. BEEBY THOMPSON tiene un consultorio con anexo taller de maquinaria para exploraciones y explotaciones petrolíferas.

El resultado más importante de los estudios de HUNTER fué el descubrimiento del anticlinal del Quemado. En un informe, el señor HUNTER dió cuenta de tal hallazgo a la compañía, aconsejando que se hiciera una perforación sobre el eje de dicho anticlinal. Efectivamente, se aceptó tal consejo y se inició el sondeo en el lugar llamado Pueblo o Nido de las Garzas, a poca distancia de la orilla del Río Negro. Desgraciadamente por razones que no conozco, a la profundidad de cincuenta metros quedaron abandonados los trabajos de referencia y los señores Leach Hnos., después de algún tiempo compraron la cañería y los útiles destinados al sondeo en cuestión, trasladándolo todo a San Pedro.

4. — *Resultados de mis estudios en cuanto a la posibilidad de la existencia de yacimientos petrolíferos explotables en la provincia de Jujuy; y, especialmente, cuáles serían las perspectivas de un nuevo sondeo en las vecindades del Quemado.*

El río de San Francisco divide la región petrolífera en dos partes.

A la derecha del río (departamento Santa Bárbara) se levantan las sierras altas de Santa Bárbara, Centinela y Maíz Gordo. La condición sobreelevada de aquellos relieves tectónicos, la presencia de fallas complicando su estructura, los resultados mismos de las perforaciones hechas en la laguna de la Brea, no permiten abrigar la esperanza de que existen allí yacimientos petrolíferos explotables.

A la izquierda del río San Francisco (departamentos San Pedro y Ledesma), podemos distinguir tres grupos montañosos constituidos en su mayor parte por la serie «petrolífera» y son: la sierra de Zapla, el cerro de Calilegua y un sistema de lomadas bajas al oeste de Yuto y Caimancito, en continuación meridional de la serranía (C-C) del río Colorado y Agua Blanca, de la cual se hace mención en mi citado informe geológico sobre el distrito minero de Orán. Entre estas últimas lomadas y su prolongación al norte, existe una perfecta identidad morfológica y geológica, lo que me ahorra trabajo, pudiéndose consultar mi citado informe para mayores detalles al respecto.

El cerro de Calilegua es un relieve cupuliforme sobreelevado, cuyo núcleo está cortado por una falla longitudinal. No veo la posibilidad de que pueda existir algún yacimiento petrolífero explotable por debajo de aquel relieve montañoso.

También la sierra de Zapla, como ya he dicho, es un relieve tectónico sobreelevado y además cortado por una gran falla en su ala occidental, siendo el Morro Quemado, un pliegue secundario de ese relieve, en su borde oriental.

La cúpula del Quemado es, por de pronto, el único lugar en la provincia de Jujuy en que se presentan reunidas las condiciones que por lo general se conceptúan indispensables para justificar una racional tentativa de exploración, con medios adecuados, para averiguar la posible existencia de un yacimiento petrolífero explotable.

La condición muy regular y «surbaissée» de su tectónica, la honda erosión de la serie terciaria a lo largo de su eje, disminuyendo el espesor de la serie estéril que habría que atravesar con sondeos para llegar a una serie impermeable y posiblemente petrolífera, el fácil acceso a la región servida por un cercano ferrocarril (Central Norte, ramal a Embarcación) y buenos caminos carreteros, son todos caracteres muy favorables.

Las mismas manifestaciones superficiales de Aibal y de Garrapatal, que indudablemente deben considerarse como *escapes laterales*, hablan en favor de la cercana existencia de un yacimiento petrolífero. Y, finalmente, por lo que pueda valer, me es grato dejar constancia de que mis convencimientos al respecto, se formaron sobre el terreno en base a estudios personales, cuando todavía no tenía noticia de los estudios hechos anteriormente por HUNTER, de los cuales sólo me informaron algún tiempo después en ocasión de mi regreso a Buenos Aires.

Naturalmente, nada podemos adelantar sobre el éxito económico de una primera perforación en la cúpula del Quemado (importancia del yacimiento, calidad del producto, características del sondeo, etc., etc.). Lo único que podemos afirmar terminantemente es que, si la geología del petróleo hubiese llegado unos treinta años ha, a su estado actual de adelanto, ningún geólogo hubiera aconsejado perforaciones en Garrapatal, Aibal, ni Laguna de la Brea, y todos hubieran estado conformes en reconocer las condiciones propicias para un ensayo explorativo en la cúpula del Quemado.

El resultado de la perforación hecha en Pueblo de las Garzas por la Houlder's Co. no puede tenerse en cuenta al formular las previsiones en cuanto al éxito de un nuevo sondeo en aquellos parajes. Ya he dicho que tal perforación sólo alcanzó una profundi-

dad de 50 metros. Pero, hay más. El plano, Lámina XIV, sirve para dar esquemáticamente una idea de los parajes en cuestión. Está indicado, en dicho plano, el lugar en que se inició la perforación aconsejada por HUNTER. No cabe la menor duda de que tal punto está sobre el eje del anticlinal; sólo es de observar que allí, según los resultados de mis estudios, estaríamos muy cerca de la extremidad septentrional de aquel relieve cupuliforme. En vista de ello y por razones obvias sería oportuno elegir para un nuevo sondaje un lugar más céntrico con respecto al desarrollo total de la cúpula, más o menos en el punto indicado con un triángulo en el plano que agregamos.

PROVINCIA DE SALTA

Distritos mineros de Anta y Metán (Departamentos homónimos)

Las condiciones geológicas del terreno en estos distritos no son tales como para autorizar la esperanza de que puedan existir yacimientos petrolíferos en algún punto de las mismas. Sin embargo, cabe aquí mencionar que hace cosa de 7 años se quiso hacer una perforación en busca de petróleo en la finca Miraflores, sobre la orilla izquierda del Río Juramento, en las últimas estribaciones orientales de la Sierra de la Lumbrera, a pesar de la opinión contraria expresada previamente, por nosotros a los interesados. Como se había previsto, el resultado de esta tentativa fué completamente negativo.

Más al este de los distritos mencionados (Algarrobal, etc.) se han observado manifestaciones de petróleo; pero el estudio geológico de aquellas comarcas del Chaco austral está todavía por hacerse.

Desde mis primeros viajes a la región petrolífera del norte formé una opinión favorable sobre perspectivas mineras en varios puntos de la misma (1). De acuerdo con los criterios fundamentales adoptados universalmente en las exploraciones geológicas de lugares petrolíferos, las razones en que he fundado mi optimismo con respecto a los puntos mencionados son los siguientes:

—Primero, las condiciones estructurales, tectónicas del terreno, en forma de anticlinales no complicadas por fallas y que se originaron a raíz de un plegamiento suave (2).

(1) Véase pág. 6 del presente informe. Además mis informes precedentes: (1913) *Tartagal*, (1914) *Orán*.

(2) Nota de la Dirección General. — Estudios recientes han demostrado que el carácter de la estructura tectónica del Norte difiere mucho de este cuadro tan sencillo. En la Bolivia austral la falda de la Cordillera compuesta por la «formación petrolífera» ha sido corrida intensamente hacia el Este, según resulta de las exploraciones geológicas efectuadas por el sindicato Braden. En la región de Yacuiba estos sobreescurrecimientos continúan. El perfil de la perforación de Capiazuti revela una estructura imbricada alternando la formación petrolífera con el Terciario Subandino y reapareciendo este último en unos 500 m. de profundidad debajo de la parte inferior de las areniscas inferiores para seguir hasta 630 m., donde se paró la perforación.

En la región anticordillerana por otra parte, en la cual predomina una estructura más regular de anticlinales suaves, como en el Morro Quemado, el Terciario subandino asume un espesor muy considerable, sobrepasando los 1.000 metros, de lo que resulta la necesidad de un estudio preliminar detenido para ubicar una perforación en el lugar, donde la cubierta terciaria haya sido más removida por la erosión.

—Segundo, el número de las manifestaciones petrolíferas observadas hasta la fecha.

—Tercero, las calidades físico-químicas de los petróleos que brotan o exudan de dichas manifestaciones y que a pesar de ser variables de punto a punto, presentan entre sí afinidades genéticas, pudiéndose considerar como diferentes estadios (en serie) de polimerización de un petróleo primario (muy liviano) relacionado con la serie devónica.

De los caracteres tectónicos de la región ya me ocupé precedentemente. Fáltame agregar todavía algunos datos sobre las manifestaciones petrolíferas, dejando para otra ocasión la tarea de sacar algún provecho de los resultados analíticos publicados (1) o inéditos todavía, de los petróleos correspondientes.

LAS MANIFESTACIONES PETROLÍFERAS

Ya alcanzan a un total de 41 los lugares en que se ha constatado la presencia de petróleo en las regiones subandinas del Norte y más de setenta suman las manifestaciones observadas en dichos puntos, según el cuadro que a continuación reproducimos (2).

Bolivia	}	1 Río Muchariapó	}	Caupolicán	}	21 Quebr. San Roque
		2 Kerosimnayo				22 » de Pocitos
		3 Tumupasa				23 Sierra del Alto
		4 D'Orbigny (alto Isidoro)	*24 Caraparí	*25 Quebr. Aguas Calientes		
		5 Espejo (Sta. Cruz de la S.)	26 Tunkan	*27 Iquira (2)		
		6 Abapó (Guapey)	*28 Zanja honda (2)	*29 Galarza-Minatobar (4)		
		7 Tacurú	30	}		
		8 Oquitas (3) (3)	31			Sierra del Río Seco
		9 ? (al Norte de Cuevo)	32	Argentina		
		10 ? (» » » »)	*33 Desecho Chico (Orán)			
		*11 Mandiyuti (Cuevo)	*34 Aguas Blancas »			
		*12 Vitiacua	*35 Vado Hondo »			
		*13 Machareti (4)	*36 Río Colorado			
		14 Caigua	*37 Laguna de la Brea (4)			
		15 Pilcomayo	*38 Aibal			
		*16 Quebr. de los Monos (5)	*39 Garrapatal (3)			
		*17 Peima (2)	40 Algarrobal			
		*18 Aguairenda	41 Laguna de las Perlas			
		19 Cuarazuti				
		*20 Agua Salada (5)				

(1) Véase Bibliogr.

(2) Con asterisco he señalado los lugares en que conozco *de visu* las manifestaciones allí existentes.

(3) Los números entre paréntesis corresponden a las manifestaciones observadas, cuando son más de una, en cada lugar.

He aquí algunos datos más sobre los puntos de la región subandina (lado Argentino) en que se han encontrado, con toda seguridad, manifestaciones o indicios superficiales de petróleo, o en que se podría encontrar petróleo en profundidad:

DISTRITO MINERO DE TARTAGAL

A). Anticlinal de Ipaguazu. En la continuación septentrional boliviano de este primer anticlinal (frente al Chaco) se han observado siete manifestaciones en la pequeña quebrada de Agua Salada.

B). Anticlinal de Campo Durán. En la región que forma parte de este anticlinal no se han observado verdaderas manifestaciones superficiales de petróleo, ni tampoco impregnaciones bituminosas en sus capas arenosas. Prácticamente, este anticlinal, se encuentra en las mejores condiciones para buscar allí un yacimiento petrolífero secundario más o menos relacionado con el «horizonte calcáreo-dolomítico». La falta de manifestaciones superficiales a lo largo de aquel anticlinal, más bien habla en favor que en contra de la existencia y riqueza de un yacimiento petrolífero, porque autoriza a suponer que no existen complicaciones tectónicas, como fracturas y fallas, las que facilitarían al petróleo escaparse de su lugar de almacenamiento, disminuyendo así la importancia del depósito.

C). Anticlinal de Aguaragüe. Numerosas manifestaciones en las quebradas de San Roque y Pocitos (cerca de Yacuiba), Carapari y Aguas Calientes (al oeste de Campo Durán), Tunkán e Iquirá (al oeste de Aguaray), Zanja Honda (al norte de Tartagal), Galarce (al Sud de Tartagal).

D). Anticlinal de la Sierra del Alto y de Río Seco. No conozco *de visu* las tres o cuatro manifestaciones descubiertas a lo largo de este anticlinal.

DISTRITO MINERO DE ORÁN

A). Anticlinal de Vado Hondo. Una manifestación.

B). Anticlinal de Agua Blanca (Alto Río Bermejo). Una manifestación.

C). Anticlinal de Desecho Chico (Alto Río Bermejo). Una manifestación.

D). Anticlinal del Río Colorado, al sud de Orán. Otra manifestación

DISTRITO MINERO DE SAN FRANCISCO

A). Garrapatal, al nor-oeste de San Pedro. Tres manifestaciones.

B). Quebrada de la Brea, cerca de Aibal. Al oeste del Morro Quemado. Una manifestación.

C). Laguna de la Brea, en la extremidad septentrional de la Sierra de Santa Bárbara (orilla derecha del San Francisco) al Este de Yuto. Cierta número de manifestaciones (más de cuatro), alrededor de la laguna.

Las manifestaciones que acabamos de mencionar están relacionadas con los diferentes miembros de la serie «petrolífera». Las de San Roque, Pocitos, Carapari, Aguas Calientes, Tunkán, Iquirá, Zanja Honda (Sierra de Aguaragüe) y de la Sierra del Alto, brotan desde las «Areniscas inferiores»; las de Galarce (Aguaragüe), Laguna de la Brea, Aibal y Garrapatal (provincia de Jujuy) desde el «horizonte calcáreo-dolomítico»; las de Agua Blanca y Desecho Chico (alto Bermejo) desde las «Areniscas superiores»; las de Ipaguazu (paralelo 22°). Vado Hondo y Río Colorado (Distrito de Orán), desde el Terciario subandino.

En los distritos de Tartagal y Orán, dichas manifestaciones están ubicadas sobre los ejes anticlinales. En la provincia de Jujuy brotan, al contrario, en las alas orientales de anticlinales sobre elevados abiertos y complicados por fallas, en cuyo núcleo afloran por largos trechos, sedimentos paleozóicos.

En base de lo antedicho, se puede admitir desde ya, que a más de existir un yacimiento primario u originario de petróleo, también deben de existir yacimientos secundarios. El yacimiento primario se podrá alcanzar con perforaciones solamente en la sierra de Aguaragüe y tal vez en la del Río Seco, por estar allí a la vista, sobre el eje del anticlinal, la serie más profunda de las «Areniscas inferiores». Yacimientos secundarios (atribuyendo a tal palabra un significado exclusivamente tóxico), se pueden esperar con fundamento en los anticlinales de Campo Durán (Distrito de Tartagal), Vado Hondo, Río Colorado y Río Piedras (Distrito de Orán) y Quemado (Distrito de San Francisco).

En cualquier otro punto de la región por mí estudiada, faltan las condiciones tectónicas para esperar yacimientos petrolíferos explotables.

Las perforaciones hechas por particulares en Quebrada Galarce (Tartagal), Laguna de la Brea (Santa Bárbara), Aibal y Garrapatal (San Pedro) y Miraflores (Anta), aún en caso que hubieran alcanzado mayor profundidad, no habrían podido dar resultado satisfactorio porque al ubicarlas no se ha tenido en cuenta la estructura tectónica de la región, limitándose tan sólo a perforar en las cercanías de las manifestaciones superficiales, sin pensar que las relaciones de estas últimas con los yacimientos pueden ser escapes laterales o longitudinales, tan a menudo como escapes verticales.

Sólo en el «Pueblo de las Garzas» extremidad septentrional del relieve cupuliforme del Quemado (provincia de Jujuy), se había iniciado una perforación bastante bien ubicada, aunque a mi juicio habría sido mejor hacerlo un poco más al sud. Es de lamentar que con tal trabajo sólo se haya llegado a una profundidad insuficiente, parándose la perforación a sólo 50 metros desde la boca del pozo.

Con la perforación aconsejada por mí en Capiazuti, Sierra de Aguaragüe (entre Iquita y Aguas Calientes), se tiene el propósito de alcanzar posiblemente a un yacimiento petrolífero primario.

INDICE

	<u>PÁGINAS</u>
INTRODUCCIÓN.....	5
BIBLIOGRAFÍA.....	II
Fig. 1. Perfil geológico de Tlrcara.....	22
Fig. 2. Estructura geológica alrededor de Tres Cruces.....	29
ITINERARIOS.....	30
BASE TOPOGRÁFICA.....	30
RASGOS ORO-HIDROGRÁFICOS.....	30
Lám. I. Perfiles orotácicos.....	32
Lám. II. Orografía subandina.....	36
COMPOSICIÓN GEOLÓGICA.....	36
Preliminares.....	39
Lám. III. Unidades geológicas.....	39
1. La serie devónica.....	54
Fig. 3. <i>Orthis laticostata</i> D'ORB.....	54
Lám. IV, V y VI. Fósiles devónicos.....	56
Lám. VII. Ensayo paleogeográfico (Devón).....	56
2. La serie permotriásica.....	63
Fig. 4. Perfil geológico de Machaseti.....	66
Lám. VIII. Ensayo paleogeogr. (Permo-Carbón).....	66
3. El «Horizonte calcáreo-dolomítico».....	67
Fig. 5. El fósil problemático.....	67
Fig. 6. <i>Chemnitzia potosinensis</i> D'ORB.....	72
Lám. IX, X y XI. Fósiles de la formac. petrolífera.....	72
Fig. 7. <i>Pseudomelania subandina</i> n. f.....	74
Fig. 8. <i>Xystrella armata</i> (GLDF.).....	74
Fig. 9. (Esquemática).....	77
Lám. XII. Ensayo paleogeogr. (Triás. sup. Liás.).....	77
4. Las «Areniscas superiores» (BONAR.).....	78
5. El «Terciario subandino» (BONAR.).....	79
6. Los «Estratos jujeños» (STEINM.).....	80
Resumen estratigráfico.....	82
LA TECTÓNICA.....	82
Lám. XIII. Esquemático.....	85
EL PETRÓLEO.....	85
Fig. 10. Manifestaciones de petr. en la prov. de Jujuy.....	87
Fig. 11. Perfil geológico (Laguna de la Brea).....	90
Lám. XIV (Mapa) Cúpula del Quemado.....	90
MAPA GEOLÓGICO—al final del informe.....	90

ANALES DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA DE LA NACIÓN

SECCIÓN GEOLOGÍA, MINERALOGÍA Y MINERÍA

(Publicaciones de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología)

NÚMEROS PUBLICADOS

* Indica que la edición está agotada.

- * **Tomo I, N° 1** — «Informe sobre máquinas perforadoras — Carbón, petróleo y agua en la República Argentina — Reconocimiento geológico del Territorio de Misiones» — por el Comisionado Ingeniero Pablo Nogués; el Jefe de la Comisión de Estudios de Napas de Agua y Yacimientos Carboníferos, Ingeniero Civil y de Minas Enrique M. Hermitte; y el Ingeniero de Minas Adolfo Fourous.
- * **Tomo I, N° 2** — «La Sierra de Córdoba — Constitución geológica y productos minerales de aplicación» — Por el Dr. Guillermo Bodenbender.
- * **Tomo I, N° 3** — «Padrón Minero de los Territorios Nacionales (1890-1905)».
- * **Tomo II, N° 1** — «Padrón Minero de los Territorios Nacionales (1906)».
- * **Tomo II, N° 2** — «Los Yacimientos de Boratos y otros productos minerales explotables del Territorio de Los Andes (Puna de Atacama)» — Por el Dr. Fritz Reichert.
- * **Tomo II, N° 3** — «Petrografía» — Por el Doctor Guillermo Bodenbender, Catedrático de Mineralogía y Geología de la Universidad de Córdoba, Geólogo *ad-honorem* de la División de Minas, Geología e Hidrología.
- * **Tomo III, N° 1** — «Estudios de Seismología» — Los movimientos sísmicos en Mendoza» — Por el Dr. P. A. Loos, Encargado de la Estación Seismológica de Mendoza.
- * **Tomo III, N° 2** — «Padrón Minero de la República (1907)».
- * **Tomo III, N° 3 a 5** — «Memoria de la División de Minas, Geología e Hidrología (1905-1908)».
- * **Tomo IV, N° 1** — «Informe preliminar relativo a la parte Sudeste del Territorio del Chubut y al Análisis Químico del Petróleo de Comodoro Rivadavia» — Por los Dres. Richard Stappenbeck, Geólogo de la División de Minas, Geología e Hidrología; y Fritz Reichert, Profesor del Instituto Superior de Agronomía y Veterinaria.
- * **Tomo IV, N° 2** — «Padrón Minero de la República» — Año 1908.
- (1) * **Tomo IV, N° 3** — «La Precordillera de San Juan y Mendoza» — Por el Dr. Richard Stappenbeck Geólogo de la División de Minas, Geología e Hidrología.
- * **Tomo IV, N° 4** — Informe sobre el estado de la Minería en la Provincia de San Luis» — Por el Inspector Nacional de Minas, Gastón Barrié.
- * **Tomo V, N° 1** — «Informe sobre el estado de la minería en los Distritos Mineros de Famatina y Guandacol de la Provincia de La Rioja» — Por el Inspector Nacional de Minas Pablo Vitteau.
- * **Tomo V, N° 2** — «Memoria de la División de Minas, Geología e Hidrología (1908)».
- * **Tomo V, N° 3** — «Recopilación de Leyes, Decretos y Resoluciones referentes a materia minera y a asuntos que se relacionan con las funciones de la División» — Por Juan R. Montes de Oca, Secretario — Segundo Jefe de la División de Minas, Geología e Hidrología.
- * **Tomo V, N° 4** — «Estado de la Industria Minera en el Distrito Minero de Milla-Mí-chi-co y Malal-Caballo, del Territorio del Neuquén» — Por los Inspectores de Minas, Julio Vatin y Gastón Barrié.
- * **Tomo VI, N° 1** — «Memoria de la División de Minas, Geología e Hidrología (1909)».
- * **Tomo VI, N° 2** — «Padrón Minero de la República — Año 1909».
- * **Tomo VI, N° 3** — «Estadística Minera de la República — Año 1909».
- * **Tomo VII, N° 1** — «Informe sobre el estado de la minería en el Territorio de Los Andes» — Por el Ingeniero Luciano Caplain.
- * **Tomo VII, N° 2** — «Memoria de la División de Minas, Geología e Hidrología—Año 1910».
- * **Tomo VII, N° 3** — «Parte Meridional de la Provincia de La Rioja y Regiones Limítrofes — Constitución geológica y Productos Minerales» — Por el Dr. Guillermo Bodenbender, Catedrático de Mineralogía y Geología de la Universidad de Córdoba; Geólogo honorario de la División de Minas, Geología e Hidrología.

(1) Existen planos correspondientes a este informe.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA DE LA REPUBLICA
- Tomo VII, N° 4 — «Informe sobre el estado de la minería en los Distritos Mineros de Los Buitres y Valle Hermoso de la Provincia de Mendoza» — Por el Ingeniero Juan Mena Inspector Nacional de Minas.
 - Tomo VII, N° 5 — «La Alta Cordillera de San Juan y Mendoza y parte de la Provincia de San Juan» — Por el Dr. Walther Schiller, Geólogo *ad-honorem* de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología.
 - Tomo VIII, N° 1 — «Estudio Químico del Agua Surgente de «Argerich» (F. C. S.) y sus aplicaciones» — Por el Ingeniero Pablo Lavenir y el Dr. Mauricio de Thierry.
 - Tomo VIII, N° 2 — «El Devoniano de la Argentina Occidental (Sobre la base de los materiales recogidos por los Dres. Bodenbender y Stappenbeck)» — Por el Profesor Dr. J. M. Clarke.
 - Tomo VIII, N° 3 — «Composición y Estructura Geológica del Cajón del Cadillal» — Por el Doctor J. Keidel.
 - Tomo VIII, N° 4 — «Las Sierras Sub-Andinas del Alto y Aguaraquí y los Yacimientos Petrolíferos del Distrito Minero de Tartagal — Departamento de Orán (Provincia de Salta)» — Por el Dr. Guido Bonarelli, Geólogo.
 - Tomo VIII, N° 5 — «El Agua Subterránea al Pie de la Cordillera Mendocina y Sanjuanina» — Por el Dr. Richard Stappenbeck, Geólogo; Jefe de Hidrogeología.
 - Tomo IX, N° 1 — Memoria de la Dirección de Minas, Geología e Hidrología, 1911.
 - Tomo IX, N° 2 — Aguas termominerales de la provincia de Salta, por M. de Thierry.
 - Tomo IX, N° 3 — «Padrón minero de la República» — Año 1910.
 - Tomo IX, N° 4 — «Memoria de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología» — Año 1912.
 - Tomo X, N° 1 — «Contribución al conocimiento geológico de los Territorios del Río Negro y Neuquén», con un estudio de la región petrolífera de la parte central del Neuquén, por el Dr. Anselmo Windhausen.
 - Tomo X, N° 2 — «Constitución geológica, hidrogeología y minerales de aplicación de la provincia de San Luis», por el Dr. Enrique Gerth.
 - Tomo X, N° 3 — «Ensayo de clasificación de las aguas minerales de la República Argentina», por el Dr. Mauricio de Thierry.
 - Tomo X, N° 4 — «Informe sobre el distrito Minero de Tinogasta (Provincia de Catamarca)» por el ing. Juan F. Barnabé, Inspector Nacional de Minas.
 - Tomo X, N° 5 — «Los yacimientos minerales de la Puna de Atacama», por el ingeniero Juan F. Barnabé.
 - Tomo XI, N° 1 — «Memoria de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología» Año 1913.
 - Tomo XI, N° 2 — «Estudio geológico y petrográfico de la Sierra del Morro», por el Doctor Franco Pastore.
 - Tomo XI, N° 3 — «La geología de las sierras de la Provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas de Sud-Africa y los Andes», por el Dr. J. Keidel.
 - Tomo XI, N° 4 — «Memoria de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología» — Año 1914.
 - Tomo XII, N° 1 — «Geología de la falda oriental de la Cordillera del Plata (Provincia de Mendoza)», por el Dr. R. Stappenbeck.
 - Tomo XII, N° 2 — Memoria de la Dirección General de Minas Geología e Hidrología Año 1915.
 - Tomo XII, N° 3 — «Tierra del Fuego y sus turberas», por el Dr. Guido Bonarelli.
 - Tomo XII, N° 4 — «Sobre la nieve penitente en los Andes Argentinos», por el Dr. Juan Keidel.
 - Tomo XIII, N° 1 — «Geología e Hidrología de Bahía Blanca y sus alrededores (Provincia de Buenos Aires)», por el Dr. Ricardo Wichmann.
 - Tomo XIII, N° 2 — «Estudio petrográfico de algunas rocas argentinas», por el Dr. José M. Sobral.
 - Tomo XIII, N° 3 — «Estudios geológicos e hidrogeológicos de la región comprendida entre Boca del Río Negro, San Antonio y Choel-Choel», por el Dr. Ricardo Wichmann.
 - Tomo XIII, N° 4 — «Contribución a la Geología de la región comprendida entre el Río Negro y Arroyo Valcheta», por el Dr. Ricardo Wichmann.
 - Tomo XIII, N° 5 — Memoria de la Dirección General Minas, Geología e Hidrología. Año 1916.
 - Tomo XIV, N° 1 — «La Sierra Baya», por el Dr. Juan José Nágera.
 - Tomo XIV, N° 2 — «Memoria de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología» Año 1917.
 - Tomo XIV, N° 3 — «Memoria de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología» Año 1918.
 - Tomo XIV, N° 4 — «Memoria de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología» Año 1919.
 - Tomo XIV, N° 5 — «Estudios Geológicos e Hidrogeológicos en la zona subandina de las Provincias de Salta y Tucumán», por el Dr. R. Stappenbeck.
 - Tomo XV, N° 1 — «Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del norte (provincias de Salta y Jujuy)», por el Dr. Guido Bonarelli.
 - Tomo XV, N° 2 — «Observaciones geológicas en la precordillera de San Juan y Mendoza», por el doctor Juan Keidel.