

ESTUDIO GEOLÓGICO  
DE LA  
REGIÓN DE LOS CERROS QUITILIPÍ Y PIRGUA  
(DEPTO. DE GUACHIPAS, PROV. DE SALTA)

POR OSCAR J. RUIZ HUIDOBRO

INTRODUCCION

La región de los cerros Quitilipi<sup>1</sup> y Pirgua<sup>2</sup> ya fué objeto de estudios geológicos por parte de algunos investigadores que, en rápidos reconocimientos, dieron una idea general sobre las características geológicas de la misma. Brackebusch (1883), en uno de sus viajes de exploración, reconoció desde el sur de San Javier (Tucumán) hasta las Juntas de Alemania (Salta) el complejo que denominó Areniscas Inferiores. Frenguelli (1936) se ocupó de la quebrada de las Conchas, y en los alrededores de la estación Alemania estudió detalladamente las concreciones fitógenas (« fósil problemático » de Bonarelli) y la fauna del Horizonte Calcáreo-dolomítico. En sus observaciones stratigráficas en el norte argentino, Schlagintweit (1937) llega también hasta Alemania, donde observa « el reemplazo de casi todas las Margas Multicolores por areniscas ».

Esta región, si bien encuadra fisiográficamente en el sistema subandino de Bonarelli, representa geológicamente una transición entre este grupo y el de las sierras pampeanas de Stelzner, de la que forma parte la sierra de Anconquija, cuyas estribaciones más septentrionales estarían algo al sur del cerro Pirgua. Por otra parte, la composición y estructura del cerro Quitilipi permite relacionar esta comarca con el sistema de la prepuna de Keidel. Además, las características geológicas permitirán formarnos una idea más exacta acerca de las relaciones que existen con las regiones vecinas.

<sup>1</sup> Quitilipi o Quitilipe : voz vilela que nombra a *Noctua* sp (lechuza grande).

<sup>2</sup> Pirgua : composición k'éehua-española para designar a un troje o granero. El nombre alude a la forma del cerro.

El plano geológico adjunto, como así también los perfiles, es una reducción del original construido en escala 1:50.000, en base a un levantamiento taquimétrico expeditivo con teodolito-brújula Wild.

El presente trabajo, que se dió a conocer en la Reunión de Comunicaciones de la *Asociación Geológica Argentina* (2 de julio de 1948), es un resumen del estudio presentado en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, con la finalidad de optar al título de Doctor en Ciencias Naturales.

Es para mí un deber muy grato expresar mi reconocimiento a la Dirección General de Industria Minera de la Nación (ex Dirección de Minas y Geología) por los medios concedidos durante la ejecución de este trabajo y por la autorización para que se dé a publicidad. Además, deseo hacer constar mi agradecimiento al doctor Pablo Groeber, bajo cuyo asesoramiento terminé la tesis, y al doctor Félix González Bonorino por su ayuda y consejos prestados sobre el mismo terreno y en el gabinete.

## RASGOS GEOGRAFICOS Y FISIOGRAFICOS

En la zona estudiada, las serranías están representadas por cuatro líneas orográficas principales de rumbo submeridional y alturas medias crecientes de este a oeste. Entre estas elevaciones se extienden valles longitudinales o cuencas alargadas que, luego, debido a la acumulación de detritus fueron parcialmente rellenadas y niveladas, dando lugar a superficies casi horizontales denominadas «pampas».

Las sierras y los valles adyacentes se corresponden generalmente con los anticlinales y sinclinales. Ejemplo de lo expresado son los cordones subparalelos Carpintería-Pirgua y San Mateo-Luza; estructuras anticlinales que limitan la cuenca intermontañosa Copacabana-Las Juntas de Alemania, separada por una loma corta transversal denominada «Loma Larga». Esta cuenca tectónica sobreelevada, limitada por dos fracturas importantes, corresponde al sinclinal de Copacabana, cuyo eje posee un rumbo sinuoso que se adapta probablemente al rumbo del basamento.

Los macizos precámbricos de los cerros de San Mateo y Carpintería se hunden hacia el NNE y SSW respectivamente, debajo de las Areniscas Inferiores plegadas en anticlinal en los cerros Luza y Pirgua, continuación orográfica y tectónica de los primeros (lám. I, 2).

Este paisaje de formas suaves, que está en una etapa juvenil, diferente a la del sector occidental, es consecuencia del escaso desnivel (no llega al 120 por mil) existentes entre las cumbres y las quebradas vecinas. Ello se debe a que las cuencas intermontanas poseen una altura media absoluta de 1700 metros; considerable si se tiene en cuenta que las ele-



chas y sus colectores, parece indicar que estos cursos de agua son de una edad relativamente reciente. Según Groeber (1941, pág. 12) « el río Calchaquí está desarrollado en una zona que ha sido cuenca de recepción de los sedimentos pliocenos (y en el Campo del Arenal, etc. miocenos), de modo que su elaboración data del final del Terciario y es esencialmente Cuartaria ».

La cuenca imbrífera ubicada al este del cordón Pircua-Carpintería, tiene comunicación atlántica por medio del río de la Pampa Grande, tributario de la sección extracordillerana del largo colector calchaquí denominado Salado.

El río de la Pampa Grande tiene un curso más o menos rectilíneo mientras corre adosado al cono de deyección de la estancia homónima; cuando llega a los materiales duros del Horizonte Calcáreo-dolomítico y de las Areniscas Inferiores, elabora una garganta estrecha y profunda, con un curso tortuoso y accidentado. La naturaleza calcárea de las rocas del Horizonte Calcáreo-dolomítico, permite que la erosión vertical sea considerablemente mayor que la lateral, lo que da por resultado, en estas rocas resistentes, un canal con paredes casi paralelas cuya anchura corresponde a la superficie de la masa de agua.

La descomposición química es más eficaz, en este caso, que la destrucción mecánica. La solubilidad del calcáreo está favorecida por la infiltración en las diaclasas ensanchadas por la disolución química. Estos planos de debilidad desempeñan papel importante en la formación de los meandros, los que a veces llegan a juntarse dejando un islote calcáreo, como sucede en el arroyo Cara Huasi.

En el Horizonte Calcáreo-dolomítico tenemos rocas en las que se asocian el carbonato de calcio y el de magnesio: son las calizas dolomíticas o dolomías, que originan con sus componentes de diferente solubilidad, el paisaje descripto.

En Acosta, el río de la Pampa Grande, favorecido por el plegamiento, corre en un valle amplio elaborado sobre las arcillas coloradas del grupo de las Margas Multicolores (lám. III).

Los únicos antecedentes climáticos que tenemos de la zona, se refieren a observaciones pluviométricas efectuadas en la estación Alemania. El promedio de precipitación durante nueve años es de 320 milímetros. Los valores máximos corresponden a los meses de verano, los mínimos al invierno.

De la aplicación de los valores promedios registrados en la estación meteorológica de Coronel Moldes, distante 40 km de nuestra zona, resulta que el clima, según la clasificación de Knoche (1943), es templado y muy seco desde mayo a septiembre; en la primavera y verano, que es cálido, pasa bruscamente de muy seco a seco-húmedo y húmedo. El viento dominante es el norte. Los menos frecuentes soplan de los cuadrantes

que se refieren al sur. El viento Zonda, que a veces es dominante, adquiere sus máximos de frecuencia durante los meses de invierno.

Las características climáticas y la red de drenaje nos sugieren las limitadas posibilidades que tiene la región en lo que a agua subterránea se refiere. La región que nos ocupa ofrece dos zonas con características hidrogeológicas muy distintas, concordantes con la composición y estructura geológica. En la sección ubicada al naciente de la elevada línea de cumbres San Mateo-Quitilipi, que actúa como divisoria climática de la zona, las posibilidades de agua subterránea son favorables; así lo indican los manantiales que alimentan durante todo el año a los colectores de los ríos Pirgua y de la Pampa Grande. Este último, favorecido por las precipitaciones, posee un caudal considerable sobre todo en verano, estación que se aprovecha para represar sus aguas en un embalse que contiene alrededor de 750.000 metros cúbicos.

Por el contrario, en la sección occidental, las manifestaciones de agua subterránea son escasas. Prueba lo dicho, las raras vertientes permanentes y los pocos manantiales transitorios que aportan reducida cantidad de agua, la que por lo general, dada la elevada proporción de sales disueltas que contiene, es inapta para el consumo.

El análisis químico de una muestra del río de Las Conchas responde a un agua de mediana mineralización; sin embargo debe su inadecuada aptitud al exceso de sulfato de sodio (0,468 g/l.).

## GEOLOGIA

### I. Estratigrafía

Escasos son los antecedentes geológicos que ofrece, sobre nuestra zona de estudio, la amplia bibliografía que se refiere al noroeste argentino. Como ya dijimos, solamente Brackebusch (1883), Frenguelli (1936) y Schlagintweit (1937) dieron algunas ideas sobre la estratigrafía de la zona, la que es equivalente, en gran parte, a aquellas formaciones que se extienden por todo el norte argentino hasta cerca del Perú.

El cuadro estratigráfico comparativo ofrece un resumen de los principales antecedentes geológicos aportados hasta este momento por los geólogos que exploraron la zona Subandina de Argentina y Bolivia.

El núcleo de las líneas orográficas de esta parte de las Sierras Subandinas está constituido por esquistos precámbricos de metamorfismo relativamente débil sobre los cuales se apoya, en marcada discordancia y separado por un gran hiatus geológico, un potente complejo sedimentario compuesto por areniscas y arcillas generalmente de color colorado,

con intercalación de un horizonte guía : el Horizonte Calcáreo-dolomítico.

Esta serie concordante, de más de 6000 metros de espesor, incluye sedimentos cuya composición litológica es semejante a la de los sedimentos que pertenecen a las Areniscas Inferiores s. str., al Horizonte Calcáreo-dolomítico, a las Margas Multicolores y al Terciario Subandino ; complejo que en el esquema primitivo de Brackebusch forma parte de la « Formación Petrolífera ».

En la región abarcada en el presente estudio faltan por completo las rocas paleozoicas y un gran hiatus separa, pues, a los esquistos proterozoicos de los depósitos sedimentarios referidos al Cretáceo y Terciario.

En el cuadro siguiente se resume la composición estratigráfica de la región estudiada.

Edad		Espesor (en m)
Cuartario . . .	Aluviones antiguos	
	Discordancia	
Neoterciario..	Terciario Subandino	{ Areniscas muy finas de color castaño claro 650-700 { Areniscas finas de color rojo ladrillo con margas verdes intercaladas 950-1000
Eoterciario...	Margas Multicolores	{ Arcillas policromas (« Faja Verde ») 550-600 { Areniscas calcáreas 700-750
Cretácico....	Horizonte Calcáreo-dolomítico	
	Areniscas Inferiores s. str.	230-250
	Discordancia	3000 ?
Precámbrico ?	Pizarras, grauvacas, etc.	

#### A. BASAMENTO

En la zona estudiada aflora el basamento en los cerros San Mateo y Carpintería, los dos macizos precámbricos más importantes de la región. Estos núcleos de rocas poco metamorfoseadas, se hunden debajo del potente complejo sedimentario que, apoyado en discordancia, lo cubre en los cerros Luza y Pírgua, prolongaciones septentrional y meridional de

las elevaciones citadas en primer término. Además, asoman los esquistos en los reducidos afloramientos de las quebradas de las Chacras y del Hombre Solo (fig. 13).

Fuera del área marcada el basamento aflora al norte y noroeste de la quebrada del Talar, en el cerro La Cruz y en el km 33 de la ruta 68, en El Carrizal, afloramiento, este último, que probablemente es una dependencia del macizo del cerro San Mateo (fig. 4).

El carácter litológico de los afloramientos es uniforme; en todos se observan tres tipos de rocas donde dominan los componentes pelíticos. No parece ser que haya sucesión estratigráfica; de haber existido ha sido borrada por el plegamiento precámbrico y por los movimientos del final del Terciario.

Las rocas que predominan son pizarras de color chocolate, algo rojizo, gris y verdoso, con superficie lustrosa. La marcada esquistosidad que poseen permite que se separen en láminas, que los lugareños denominan «lajillas».

Entre éstas se intercalan grauvacas y areniscas arcósicas de colores gris y gris verdoso, débilmente esquistosas y, como las pizarras, con superficies lustrosas, que representan planos de esquistosidad donde se destacan pequeñas laminillas de mica. Poseen componentes de grano muy fino (0,200 mm) y están inyectadas por cuarzo, el que se dispone en venas que cruzan en todo sentido, lo que contribuye a que sean compactas y resistentes.

Las razones que permiten asignar una edad prepaleozoica a estos esquistos con metamorfismo casi nulo son, además de la aparente ausencia de fósiles, la semejanza petrográfica y estructural que presentan con las rocas que afloran entre Tucumán y Rosario de la Frontera, y que Stappenbeck (1921, pág. 17), junto con Bonarelli, comprobó la identidad que tienen con las que afloran en Tilcara y Maimará (Jujuy). Los perfiles en estas localidades de la quebrada de Humahuaca fueron estudiados por Keidel (1907), quien fué el primero que señaló la discordancia que separa estas rocas muy plegadas de las cuarcitas fosilíferas del Paleozoico inferior, lo que fué confirmado posteriormente por numerosos investigadores, como Hausen (1925, pág. 33), Feruglio (1931, pág. 8) y otros.

## B. CUBIERTA SEDIMENTARIA

Encima de los esquistos precámbricos descansa un potente complejo de sedimentos consolidados que forman un sólo grupo estratigráfico. Al este del cordón San Mateo-Luza tiene este complejo un desarrollo casi completo, y una disposición relativamente normal, sobre todo en los perfiles de los arroyos Carahuasi, Quesería y Pablo, colectores de izquierda

del río de la Pampa Grande. Por el contrario, en la quebrada de las Conchas y zonas vecinas, la tectónica ha suprimido en unos casos y repetido en otros, parte de la mencionada cubierta. Esta serie figura en el mapa de Brackebusch (1891) como perteneciente al « Sistema de Salta ».

1. *Las Areniscas Inferiores*. — Se agrupa bajo este nombre una serie de areniscas preferentemente coloradas, que corresponden a las que Hagerman (1933, pág. 460 y siguientes) denominó « Formación (Y) » del Departamento del Santa Bárbara (Jujuy).

Esta serie, que tiene su desarrollo más considerable en la quebrada de las Conchas, ha sido estudiada en los perfiles de la quebrada de las Chacras y en las quebradas que bajan del Abra del Barro Negro. Su espesor, que se puede calcular en unos 3000 metros aproximadamente, se reparte en dos secciones. El perfil, de arriba hacia abajo, es el siguiente :

a) Areniscas macizas de color pardo rojizo, de grano mediano a fino, entre los que se destacan pequeñas laminillas de mica; se intercalan bancos duros de arenisca cuarcítica de color rosado. La presencia de filones capas de andesita hornblendífera, que llegan hasta las arcillas policromas de las Margas Multicolores, es notable en este subgrupo.

b) Areniscas de color castaño oscuro, grano fino y estratificadas en bancos gruesos. Siguen areniscas de grano grueso, de colores rosado hasta blanquecino, conglomerádicas, con rodados pequeños, en su mayoría de cuarzo, y bien cementadas; razón por la cual son compactas y tenaces. A menudo se presentan con textura entrecruzada. Entre éstas se intercala, a veces, un conglomerado brechoso pardo colorado, compuesto por rodados subredondeados de dimensión que por lo general no excede del decímetro. Este horizonte no es continuo; se acuña sobre cortas distancias y desaparece.

Entre las areniscas conglomerádicas de color rosado se destacan bancos de arenisca de grano mediano a fino, de color colorado vivo y otra de color rosado, bien estratificada, con los planos de estratificación indicados por numerosas laminillas de mica. Sobresalen, en el perfil, bancos duros de arenisca cuarcítica y de calcáreo.

Son característicos en esta sección inferior, mantos de basalto.

El espesor de la Areniscas Inferiores es variable y disminuye, como se puede ver en el perfil IV, de oeste a este. En la quebrada de las Conchas, donde afloran las dos primeras unidades, alcanza los 2300 metros. Al naciente del cordón San Mateo-Tordillos dominan las areniscas macizas de color pardo-rojizo, y su espesor es de 1800 metros en la cuenca comprendida entre los cerros Carpintería y Luza, y de sólo 800 metros en el cerro Cámara.

En la quebrada de las Chacras se puede estudiar la sección inferior

de este grupo. En las proximidades de Las Chacras, el ascenso del basamento ha facilitado en el horizonte conglomerádico la formación de una estructura anticlinal. La discordancia que media entre los esquistos precámbricos y estas areniscas conglomerádicas se puede observar en la figura 4.

Los niveles de conglomerado brechoso, que se intercalan entre los de conglomerado rosado, son notables en el tramo medio de la quebrada de las Chacras y en el km 7 del camino de Alemania a Cafayate. Los roda-

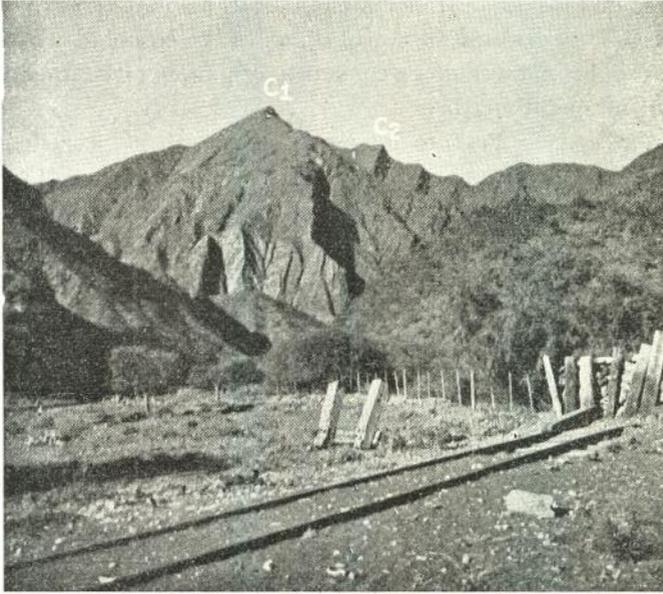


Fig. 2. — Vista que presenta el cerro Quitilipi desde la Estación Alemania hacia el SSW. Las dos crestas que más sobresalen, C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, pertenecen al Horizonte Calcáreo-dolomítico repetido por corrimiento. (Ver perfil V y VI).

dos subredondeados de dimensión variable, aunque dominan los tamaños comprendidos entre 5 y 10 centímetros, están amalgamados en una mátrix arenosa de escasa coherencia y sus componentes proceden de las rocas precámbricas vecinas, es decir son : pizarras, grauvacas, arenisca de tipo cuarcítico, etc. El color pardo rojizo es debido a los minerales ferruginosos que abundan en el cemento y que manchan a los rodados.

Estos conglomerados ya fueron reconocidos por Frenguelli (1936, pág. 299) quien los incluyó en la sección inferior de su sistema de Salta.

La distribución de las areniscas conglomerádicas de color rosado hasta blanquecino es más considerable, lo mismo que su espesor, que representa cerca de las 3/4 partes del total de la sección inferior.

Además de los afloramientos de la quebrada de las Conchas, se encuentra en la cumbre de los cerros Luza-Tordillos, del Alizar, Bolsa, Cámara y, son notables, en el cerro Pirgua, donde presentan estructura anticlinal ( lám. I).

En esta sección inferior se intercalan mantos de basalto amigdaloides, de colores generalmente gris hasta casi negro, a veces con tonos rojizos o verdosos. Está muy alterado y a menudo presenta textura brechosa y tobácea. Los afloramientos más importantes se observan entre Las Curtiembres y las Abritas, en las vecindades de la quebrada de las Conchas. Entre estas dos localidades, los mantos están plegados; gran parte del anticlinal ha sido erosionado por el río en las proximidades de Morales. El espesor de los mantos no es constante, y por partes se puede apreciar una magnitud de 30 metros.

El doctor Franco Pastore ha estudiado muestras procedentes de la quebrada de las Conchas que Frenguelli (1936) coleccionó. Las descripciones figuran en las páginas 367 y siguientes de su trabajo sobre el Valle de Santa María.

Algunas muestras pertenecen a los mantos basálticos que afloran entre Las Curtiembres y Morales; y según las descripciones del doctor Pastore, son rocas basálticas con fenocristales de olivina, muy alterados y con reemplazo de sílice criptocrystalina; con labrador básico y piroxeno por lo común ausente, y, a veces, con formación de calcita, calcedonia y partículas ferruginosas. La estructura puede ser intersertal, ofítica o dolerítica; en algunos casos es más fluidal que intersertal y la olivina es una forsterita.

Además de los importantes afloramientos de la quebrada de las Conchas, encontramos otros en la quebrada de los Sauces, al noroeste de Las Curtiembres, y en las quebradas que bajan, tanto hacia el este como hacia el oeste, de las abras de Luza y de Barro Negro.

Las areniscas macizas de color pardo rojizo y de grano mediano a fino, que constituyen la sección superior, pueden ser estudiadas en su desarrollo completo en las quebradas afluentes del río Pirgua-Alemania.

En la estructura sinclinal de Copacabana se reconoce el siguiente perfil de arriba hacia abajo :

*Horizonte Calcáreo-dolomítico.* Espesor 250 m ; R : 352 W ; I : 25°E.

1. Arenisca blanquecina con estratificación entrecruzada entre las que se intercalan areniscas margosas y calcáreas duras. Sigue un banco calcáreo blanquecino muy tenaz, con gasterópodos y con capas de arcilla policroma intercaladas. En la base areniscas calcáreas amarillentas, duras, con restos mal conservados de gasterópodos; se intercalan areniscas blancas friables con estratificación entrecruzada. Siguen bancos de arenisca margosa amarillenta, muy dura, con ripple-marks, entre las que se intercalan areniscas blancas y

grisáceas friables y areniscas rosadas con finas capas de arcilla morada y verde con estratificación entrecruzada.

*Areniscas Inferiores.* Espesor 750 m ; R : 352 W ; I 30°E.

2. Arenisca roja de grano mediano con puntos blanquecinos. En la base es conglomerádica, con rodados de cuarzo y feldespato en una mátrix arenosa. Sigue un manto basáltico de 1 m de espesor.
3. Arenisca y arenisca margosa micácea de color rojo, con intercalaciones de un conglomerado con rodados pequeños y angulosos, cementados por arenisca del mismo color ; siguen areniscas coloradas con nódulos cuarcíticos.

A continuación se describe una muestra de arenisca (nº 26 en mi colección) de las Juntas de Alemania, que pertenece a la sección superior de las Areniscas Inferiores.

Roca de color rojizo y de grano fino ; en su masa homogénea y compacta, se destacan pequeñas laminillas de mica. Al microscopio presenta granos de cuarzo, angulosos, mal seleccionados y de forma irregular. Tienen una longitud comprendida entre 0,08 y 0,32 mm. El cemento, muy escaso, está constituido casi en su totalidad por óxido de hierro, que es el que mancha y aglutina los granos. Se observan rastros de sílice criptocristalina. Están presentes también, pero en pequeña proporción, cristales de feldespato potásico (ortosa y microclino) y de andesina ácida. Las hojuelas de biotita, en bandas bien marcadas, están flexionadas. Hay secciones pleoeroicas y otras con halos pleoeroicos.

Gran parte del hierro existente en el cemento de las Areniscas Inferiores es probablemente de origen volcánico, y proviene de las erupciones ocurridas durante el tiempo de la sedimentación de las mismas.

Próximo a la cumbre de los cerros Luza, del Alizar, Bolsa y Cámara, las areniscas de esta sección superior alojan filones capas de andesita hornblendífera, la que generalmente se presenta alterada. Esta roca, que está mejor conservada en la quebrada del Acheral, se describe en capítulo aparte (fig. 3).

Podremos dar la última palabra sobre las condiciones genéticas y las vinculaciones que tienen estas rocas volcánicas con la cubierta sedimentaria, una vez que se conozcan las condiciones estratigráficas y estructurales en que se encuentra la quebrada de las Conchas, desde Morales hasta su nacimiento, unos 40 km al sur.

La tarea resultará más sencilla, pues este trabajo da una idea de las relaciones geológicas que existen entre el tramo de la quebrada por nosotros estudiada y las zonas adyacentes.

2. *El Horizonte Calcáreo-dolomítico.* — Sobrepuesto a las Areniscas Inferiores, y en concordancia, yace el llamado Horizonte Calcáreo-dolo-

mítico, complejo que es equivalente, en este caso, a los estratos (X) de Hagerman (1933); es decir aquellas capas que, además de los restos orgánicos relacionados al grupo de los estromatolitos descritos por Steinmann con el nombre de *Pucalithus* y por Bonarelli como *fósil problemático*, poseen gasterópodos entre los que domina el que d'Orbigny determinó como *Chemnitzia* o *Melania potosensis*.

Este importante horizonte guía, que tiene un espesor de 230-250 metros, está formado por calizas tenaces fosilíferas y bancos gruesos de caliza fitógena del tipo estromatolítico, subdivida en estratos finos, subparalelos y ondulados, que en la superficie se presentan en forma mamelonar. Además, se intercalan bancos de arenisca margosa amarillenta, dura, con ripple-marks y arcillas o areniscas a veces con estratificación entrecruzada y « mud-craks ».

Las concreciones fitógenas están bien desarrolladas en la zona, particularmente en la quebrada del Acheral y Talar; lugares donde se observa una variedad de forma en la que domina el tipo *Stromatolithi* de Kalkowski, que adquiere un tamaño considerable. Se observan también formas, pero más escasas, como *Gymnosolen saltensis* Freng. y otra con superficie mamelonada, que probablemente corresponda, según Frenguelli, a la familia *Solenoporaceae*.

Detalles sobre estos restos de algas incrustantes y las calizas fosilíferas los da Frenguelli (1936, pág. 305 y siguientes).

Acerca de la composición química de las calizas, son pocos los datos que se tienen. Stappenbeck (1918), cuando se refiere a *Los yacimientos minerales y rocas de aplicación de la República Argentina*, da dos análisis de calizas provenientes de Burruyacú (Tucumán) y del cerro Curu-Curu (Salta). Más detalles aporta Herrero Ducloux<sup>4</sup> en el apéndice de su tesis, donde figuran resultados analíticos de cinco muestras extraídas de diferentes niveles del Horizonte Calcáreo-dolomítico de la quebrada de Juella (Jujuy). De acuerdo con la composición química, son areniscas calcáreas y calizas algo arenosas, algunas ligeramente dolomíticas. Solamente las muestras de la sección superior del Horizonte Calcáreo-dolomítico pueden llamarse calizas dolomíticas o dolomías. En ellas la relación entre los carbonatos de calcio y magnesio es la siguiente:  $\text{CO}_3\text{Ca} : \text{CO}_3\text{Mg} = 1 : 0,30 = 1 : 0,58$ .

Los afloramientos más normales de este horizonte, y los que están relacionados con él, se encuentran en aquella región ubicada al naciente del cordón San Mateo-Luza donde la estructura sencilla ha dado lugar a un relieve de formas simples.

<sup>4</sup> HERRERO DUCLOUX, A. (1940). Sobre los fenómenos de corrimientos en ambos lados de la quebrada de Juella (Jujuy). Tesis Museo La Plata, n° 2, Univ. Nac. La Plata.

Muy diferentes son las condiciones que se encuentran en la quebrada de las Conchas y zonas vecinas, donde los afloramientos son difíciles de estudiar y relacionar, pues los movimientos del final del Terciario han creado un relieve complicado que dificulta y entorpece el estudio de las formaciones allí presentes.

Como veremos más adelante, por la descripción del perfil de la quebrada del Talar, la serie sedimentaria está repetida por fractura y corrimiento. Estas pasan por el Talar Chico, el Talar Grande y los Bayos; lugar donde los bancos del Horizonte Calcáreo-dolomítico están repetidos debido a un pliegue isoclinal (ver perfil VI y fig. 6). Por esta razón, los diferentes grupos estratigráficos no poseen el desarrollo completo que tienen en Carahuasi y Acosta; sin embargo, es posible reconocerlos gracias a los horizontes característicos de cada grupo, que representan, por su variedad de color y composición mineralógica y orgánica, verdaderos horizontes guías. De esa manera el levantamiento taquimétrico de la quebrada del Talar permitió conocer la estructura que domina al noroeste del cerro Luza, y hacernos sospechar que los dos horizontes calcáreos del cerro Quitilipi, que son visibles desde la estación Alemania (fig. 2), no representan una sucesión estratigráfica normal como lo supuso Frenguelli (1936, págs. 300 a 305), sino que, por el contrario, se trataba de un mismo y único horizonte que estaría repetido por corrimiento.

El levantamiento geológico de la zona comprendida entre la quebrada del Talar y cerro Luza reveló que esa conjetura era acertada, pues la presencia de dos crestas calcáreas en el cerro Quitilipi se debe al corrimiento del horizonte calcáreo de Los Bayos contra el Morro Chico; bancos que pasan entre el Km 0 y 4 del camino a Cafayate (ver perfil V y VI).

Otro afloramiento del Horizonte Calcáreo-dolomítico que resulta importante, pues nos permite relacionar este horizonte con los niveles más bajos de las Areniscas Inferiores, es aquél que se observa desde el pie de la Cuesta de Barro Negro. En el nacimiento de la quebrada que cruza a la ruta 68 en el Km 23, bancos que pertenecen al Horizonte Calcáreo-dolomítico están apoyados contra el basamento del Cerro San Mateo. Por efectos de la fractura inversa, sus capas que inclinan 25° hacia el este, han sido volcadas. Debajo de este horizonte calcáreo siguen areniscas gruesas de color rosado conglomerádicas entre las que se observan mantos de basalto. Este horizonte arenoso conglomerádico pertenece, como sabemos, a la sección inferior de las Areniscas Inferiores.

3. *Las margas multicolores.* — Este grupo sigue directamente, sin límite marcado, sobre el Horizonte Calcáreo-dolomítico con *Melania potosensis*

d'Orb. Está integrado por unos 1.150-1.250 metros de sedimentos que, en consideración a las características litológicas, y para facilitar el levantamiento geológico, he subdividido en dos subgrupos, a saber: uno inferior, compuesto esencialmente por areniscas calcáreas que corresponde a la serie W de Hagerman; otro superior, equivalente a la serie V del mismo autor, limitado por dos horizontes arcillosos de color pardo colorado entre los que se intercalan arcillas fragmentosas de color violáceo y azul oscuro, las que están cruzadas por vetas calcáreas que determinan secciones poligonales. Un examen microscópico, realizado por el doctor F. González Bonorino, ha revelado que son arcillas bentoníticas con vidrio volcánico. Los componentes, que pertenecen al grupo de la montmorillonita, son seguramente productos de la devitrificación o alteración de materiales de origen volcánico.

Son característicos en este horizonte los restos de insectos y la presencia de un banco bituminoso con escamas de peces, que tiene por lo general dos metros de espesor. Este subgrupo policromo pertenece a la « Faja Verde ».

En el techo de las Margas Multicolores encontramos, por última vez, un banco de 40 centímetros de concreciones fitogénicas, debajo de la arenisca rojo-ladrillo, base del Terciario Subandino.

El desarrollo de las Margas Multicolores es considerable y llega a 1250 metros en el perfil del río Carahuasi, donde tenemos la siguiente sucesión:

*Terciario Subandino.* Espesor 1700 m. R: N 25° E; I: 25° W.

1. Limos de color castaño claro con superficie de estratificación irregular, paralela. Se intercalan bancos más duros, algo margosos, de 0,50 m de espesor.
2. Idem 1, pero algo más arenoso; numerosas laminitas de mica se observan en la superficie de estratificación.
3. Idem 1, pero con estratificación entrecruzada y con intercalaciones de margas de color castaño, desleznables, con estratificación marcada, indicada por inclusiones arcillosas de color pardo oscuro.
4. Bancos de arenisca muy fina rosada, estratificada, con intercalaciones, en capas delgadas, de arcilla de color castaño oscuro con estratificación ondulada.
5. Horizonte arenoso de color rojo ladrillo claro, estratificado en bancos gruesos con intercalaciones de margas verdosas bien estratificadas, algunas limoníticas, conteniendo los planos de estratificación arcilla amarillo-verdosa; otras con costras calcáreas de brillo sacaroide y con ripple-marks.
6. Banco ídem 4, con intercalaciones de margas verdosas y amarillentas de 2,1 y 0,50 m de espesor.
7. Arenisca rojo-ladrillo, muy fina, más clara que las anteriores,

con un banco cuarcítico grisáceo de 0,30 m de espesor; se intercalan margas del mismo color.

8. Idem 7, pero con un banco rosado, duro, con la estratificación indicada por inclusiones arcillosas.

*Margas Multicolores.* Espesor 1.250 m. R : N 25°E ; I : 25°W.

9. Margas moradas, con intercalaciones de margas verdes y arenisca margosa, amarilla de 2 m de espesor. En el techo un banco de concreciones estromatolíticas de 0,40 m de espesor.
10. Arcillas fragmentosas superiores de color pardo-rojizo.
11. Arcillas violáceas, fragmentosas, cruzadas por costras calcáreas. Espesor 1,50 m.
12. Arcillas fragmentosas de color azul verdoso con manchas limoníticas. Espesor 0,50 m.
13. Esquisto bituminoso de 2 m de espesor con escamas de peces; por debajo un banco margo arenoso de color verde claro de 2,50 m de espesor.
14. Arenisca de grano fino, friable, de color rosado. En el techo un banco de arenisca cuarcítica grisácea.
15. Arcillas fragmentosas inferiores, de color pardo-rojizo, con pequeños nódulos calcáreos.
16. Arenisca blanquecina de grano fino, ídem 14, mejor estratificada y manchada por óxido de hierro.
17. Arenisca de grano mediano a grano grueso, de color rosa oscuro, friable; cruzada por inclusiones arcillosas oscuras. Se intercala una veta arenosa de color blanquecino.
18. Arenisca calcárea blanquecina, compacta; bien estratificada y con superficie de estratificación oscura y brillante, la que posee pequeños nódulos calcáreos.
19. Arenisca calcárea, compacta, de color verde claro.
20. Arenisca amarillenta friable, se desmenuza fácilmente bajo la presión de los dedos.
21. Arenisca de color amarillo verdosa claro, más bien friable, con estratificación entrecruzada y con finas inclusiones, probablemente de sales de manganeso.
22. Arenisca verdosa, grano más grueso que la anterior y más compacta; posee inclusiones arcillosas finas de color carmín.
23. Arenisca de color gris plomo, grano mediano, algo calcárea; posee vetas de arenisca verde.
24. Arenisca ídem 23, pero con mayor cantidad de calcáreo.
25. Arenisca roja compacta y densa; se intercala calcáreo verdoso duro, arenisca grisácea con vetitas verdosas que la cruzan en todo sentido.
26. Arenisca rosada con estratificación entrecruzada y con inclusiones de calcáreo, y una veta de marga pardo colorada, dura, con las capas yuxtapuestas concéntricamente.
27. Arenisca pardo colorada, compacta y densa, con pequeñas laminillas de mica.

28. Arenisca rosada, bien estratificada, con estratificación entrecruzada y capitas de arcilla parda colorada.

*Horizonte Calcáreo-dolomítico.* R : 25°E ; I : 25°W.

29. Horizonte calcáreo, grisáceo, limonítico muy duro y areniscas calcáreas finamente estratificadas y plegadas.

30. Bancos calcáreos con concreciones estromatolíticas y gasterópodos, muy duros ; se intercalan finas capas de margas multicolores con restos indeterminables.

El espesor de las Margas Multicolores disminuye hacia el oeste, y en la estación Alemania es reducido. Sin embargo, no obstante las complicaciones que ha traído aparejada la tectónica, a lo que se suma el exceso de vegetación, se la puede reconocer por los bancos típicos de la sección

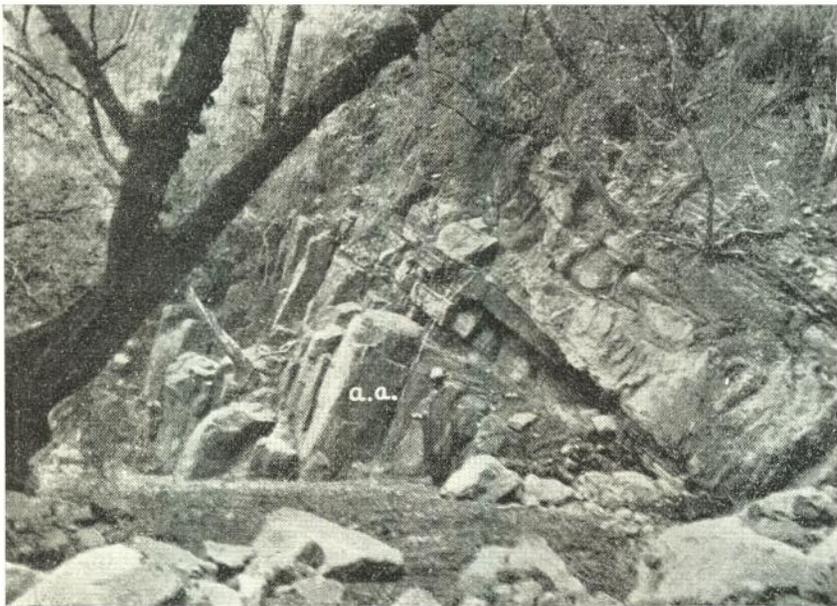


Fig. 3. — Filones capas de andesita antibólica (a. a.) intruidos en las areniscas calcáreas de las Margas Multicolores. Vista tomada en la quebrada del Acheral

superior (Faja Verde) y por las arcillas pardo-coloradas con yeso, que afloran en el corte del ferrocarril que va a Salta y aguas arriba del río Alemania, en la Encrucijada. Este afloramiento de arcilla fragmentosa con yeso, junto con las areniscas macizas de color rojo-ladrillo, que tienen intercalaciones de bancos muy duros cuarcíticos, y que representan la base del Terciario Subandino, fué considerado por Frenguelli (1936, pág. 293 y fig. 71) como pertenecientes a la sección superior de su Sistema de Paganzo, y ubicado, por lo tanto, debajo del Horizonte Calcáreo-dolomítico.

El reemplazo de casi todas las Margas Multicolores por areniscas ya fué reconocido por Schlagintweit (1937, 29 a 32) en varias localidades de Salta, entre las que figura Alemania.

La presencia de escamas de peces y élitros de insectos en las arcillas policromas, hace tiempo que se conoce. Brackebusch (1883) fué el primero en reconocer estos fósiles en los afloramientos del río de las Piedras, en Santa Bárbara, cerca de la laguna La Brea, etc.

En todos aquellos niveles en que aflora la «Faja Verde», he encontrado el horizonte bituminoso que contiene gran cantidad de escamas de peces, sobre todo en los bancos de Carahuasi, Simbolar y Acosta. No he tenido la misma suerte cuando traté de localizar el horizonte o los horizontes que contienen élitros de coleópteros; sin embargo, he encontrado algunos en el nivel que corresponde a las arcillas policromas.

Cuando tratamos de las Areniscas Inferiores, hemos indicado la presencia de filones capas de andesita anfibólica. Estos plutones concordantes se alojan en la quebrada del Acheral, entre las capas del Horizonte Calcáreo-dolomítico y en las areniscas calcáreas de la base de las Margas Multicolores. Además, se intercalan entre las arcillas policromas que afloran en el río Alemania.

4. *Terciario subandino*. — A las Margas Multicolores sigue una serie potente cuyo límite superior no es observable en la zona estudiada. El espesor medido en el arroyo Carahuasi es de 1700 metros.

La característica litológica de este grupo, que se ha dividido en dos subgrupos, corresponde a aquellos sedimentos que Bonarelli estudió en la zona subandina y que Hagerman, en Santa Bárbara, denomina estratos *Ti* y *Ts*.

El subgrupo inferior, de unos 950-1000 metros de espesor, tiene en su base areniscas finas de color rojo-ladrillo, macizas, estratificadas en bancos gruesos, que constituyen, como dice Schlagintweit (1937), «una característica de la parte basal del Terciario Subandino». Entre éstas se intercalan bancos de margas y areniscas margosas, de colores verde y amarillento, a menudo con «ripple-marks».

El pasaje entre las areniscas macizas de color rojo-ladrillo y las arcillas fragmentosas con vetas de yeso, se puede ver en el perfil de Acosta, que de arriba hacia abajo está integrado por:

1. Calizas pardo-rojizas duras, con estratificación definida, ondulada y rugosa (concreciones fitógenas). Espesor 4 metros.
2. Areniscas blandas de colores blanquecino y rosado. Espesor 9,70 metros.
3. Calizas grises, duras, de espesor muy regular, con superficie de estratificación bandeada y ondulada algo concrecional y con costuras de formas indeterminables. Espesor 1,70 metros.

4. Areniscas grano fino, color rojo-ladrillo, estratificada en bancos gruesos, con intercalación de margas verdes, deleznales bien estratificadas y areniscas muy blandas del mismo color. Espesor 6,60 metros.
5. Horizonte amarillento de areniscas calcáreas, muy plegadas y bancos con concreciones fitógenas con superficie mamelonada. Espesor 0,35 metros.
6. Arenisca calcárea, dura, de color gris claro.
7. Banco de arenisca grano fino ídem 4. Espesor 0,80 metros.
8. Margas limoníticas, estratificadas. Espesor 0,60 metros.
9. Arenisca, ídem 4 con intercalación de margas verdosas y amarillentas, bien estratificadas y blandas. Espesor 4,80 metros.
10. Margas deleznales, amarillentas. Espesor 3,20 metros.
11. Areniscas blanquecinas, blandas, grano mediano, con motas amarillentas, limoníticas. Espesor 3,20 metros.
12. Margas duras, amarillentas, cruzadas por vetas calcáreas. Espesor 2,30 metros.
13. Arcillas fragmentosas, de color verde, bien estratificadas. Espesor 0,80 metros.
14. Horizonte margoso-arenoso, gris pardusco con intercalación de calcáreo amarillento. Espesor 3,50 metros.
15. Arcillas fragmentosas, superiores de color pardo-colorado, con vetas de yeso. Espesor 4,50 metros.

Este complejo de 40 metros, que está por encima de las arcillas bentónicas superiores, representaría el límite entre las Margas Multicolores y el Terciario Subandino.

Sobrepuestas a las areniscas finas rojo-ladrillo, tenemos areniscas muy finas de color castaño claro con intercalaciones de bancos margosos, de color castaño oscuro. El conjunto, que pertenece al subgrupo superior, tiene un espesor de 700 metros en el perfil del río Carahuasi, donde está en contacto por falla con el basamento.

5. *Las Andesitas Intrusivas.* — Ya hemos hecho mención, en párrafos anteriores, de la presencia de cuerpos intrusivos concordantes («sills») en la sección superior de las Areniscas Inferiores. Además, hemos visto que se disponen entre las areniscas calcáreas y las arcillas polieromas del grupo de las Margas Multicolores.

Los filones capas de andesitas anfibólicas comienzan a aflorar al naciente del cordón San Mateo-Quitilipi, y son particularmente importantes en la quebrada del Acherál. Es muy probable que estas rocas mesosilíceas formen parte de la masa andesítica del Cebilar (localidad ubicada unos 5 km al nordeste del Cerro del Alisar) que Brackebusch (1891) señala en su mapa.

De la quebrada del Acherál son las muestras que se describen a continuación :

Muestra N° 32. La roca de color claro es de textura porfírica, densa, con fenocristales subedrales blanquecinos de plagioclasa que miden alrededor de 3 milímetros. El anfíbol, en fenocristales alargados de 3 milímetros término medio y de color negro azabache, es característico en esta roca por su abundancia en relación a los otros componentes. Este mineral alcanza, posiblemente, a constituir el 20 por ciento del total. Concentraciones del mismo, dan lugar a nidos de hasta 1 centímetro de diámetro.

Vistos al microscopio los fenocristales de plagioclasa, abundantes, se distribuyen en la pasta como secciones tabulares, cortas, que poseen una longitud término medio de 1 milímetro. Están muy alteradas, y en aquéllas más límpidas se observa que han sufrido albitización a lo largo de venas subparalelas. La alteración avanzada, que se manifiesta como grumos opacos de naturaleza dudosa, impide el reconocimiento de las maclas y por lo tanto su composición.

El anfíbol, que corresponde a una hornblenda, se presenta en secciones frescas de hábito prismático y rómbico, que tienen una longitud que oscila entre 3,4 milímetros y 80 micrones. El pleocroísmo es mediano, con la siguiente absorción:  $\alpha$  = amarillo verdoso <  $\beta$  =  $\gamma$  = verde pardo oscuro. Aunque el número de fenocristales es menor que el de las plagioclasas, se puede apreciar que representan un 20-25 por ciento del total.

La pasta es de grano fino, muy sucia, con gránulos gruesos de magnetita; su estructura es intersertal.

Se observan numerosos cristales euedrales de titanita, algunos como inclusiones y otros, de 0,6 mm término medio, maclados y con débil pleocroísmo. En mucha menor proporción, y con pleocroísmo pardo verdoso a pardo rojizo, está representada la biotita.

Muestra n° 3. Es una roca densa y dura, de color gris oscuro, con fenocristales subedrales de plagioclasa muy alterados que miden, término medio, 2 a 4 mm de longitud y 1 a 2 mm de ancho. Son característicos los bastoncitos de anfíbol que se destacan por su brillo y color negro; miden entre 3 y 5 mm. Los hay, sin embargo, hasta de 1,5 cm.

En la pasta afanítica, de color gris verdosa oscura, se observan pequeños cristales de plagioclasa y mineral félico. Son comunes agrupaciones de este último componente en cristales más pequeños.

Al microscopio los fenocristales de plagioclasa, de hábito tabular, y más bien cortos, aparecen muy alterados. En muy pocos individuos se observan maclas que son del tipo Carlsbad-Albita, y cuya medida da como resultado una *Andesina básica*. La alteración sericitica, muy intensa, ataca preferentemente las zonas externas; en muchos casos llega al centro del cristal. En menor cantidad se observa calcita.

La hornblenda, en secciones rómbicas y prismáticas, tiene una longitud media de 0,9 mm y ocupa aproximadamente el 25 por ciento del preparado. El pleocroísmo es mediano, con tonos: amarillo para  $\alpha$ , amarillo verdoso para  $\beta$  y verde pardusco para  $\gamma$ . Hay secciones

macladas y otras que muestran zonalidad, las que poseen un ángulo de extinción de  $15^\circ$  que aumenta hacia el centro. En algunos casos la hornblenda está reemplazando al piroxeno.

El piroxeno está presente en cristales cuedrales de color verde pálido, y a menudo maclado. Posee un ángulo  $Z : c = 40^\circ$ . Se lo observa también aglomerado en cristalitas de 0,06 mm de largo.

La pasta, que es gruesa, está compuesta por un conjunto de microlitas cortas y anchas de plagioclasa y de piroxeno, con estructura intersertal. Se observa magnetita y calcita; ésta ha englobado tablitas de plagioclasa.

Como accesorios están dispersos numerosos cristales subedrales de magnetita.

Como vemos, se trata de andesitas hornblendíferas con andesina básica. La pasta es en un caso fina y en otro gruesa, con microlitas cortas y anchas de plagioclasa y piroxeno, dispuestas en estructura intersertal.

6. *Los sedimentos cuartarios.* — Los sedimentos cuartarios, en comparación con las otras formaciones, ocupan una superficie reducida. Están distribuidos, parte en la quebrada de las Conchas, como remanentes de acumulaciones detríticas que se han conservado en los recodos de los ríos; y parte en las cuevas ubicadas al naciente del cordón San Mateo-Tordillos, donde encontraron, gracias a la estructura, condiciones favorables para su deposición.

Estas acumulaciones cuartarias cubren una superficie considerable que llega, aproximadamente, a las 3.500 hectáreas en la Pampa Grande y a las 1.500 en las Juntas de Alemania. El cono de deyección de la Pampa Grande se extiende hacia el nordeste como una larga franja de depósitos casi horizontales que son cortados por los arroyos que bajan del cordón Cristal-Carpintería.

En la quebrada de las Conchas los depósitos, que son notables en las proximidades de las Curtiembres, en el km 5 (« Piedra Colgada ») y en Alemania, pertenecen a acumulaciones detríticas de diferente composición y edad.

El depósito de Piedra Colgada está compuesto por materiales psamíticos angulosos, de color colorado, que derivan de la alteración y destrucción de las rocas más antiguas, sobre todo de las Areniscas Inferiores. Están adosados al flanco del cerro Quitilipi en forma de pilares de erosión, que llegan hasta considerable altura. En la quebrada de las Chacras hay depósitos similares.

Un acarreo más joven es el de las terrazas de las proximidades de las Curtiembres y de Alemania, que corresponden al Holoceno según la opinión de Frenguelli (1936), quien da detalles de su composición en las páginas 356 y siguientes.

Depósitos igualmente terrazados, y probablemente coetáneos, son los que han sido cortados por el río Pirgua en Copacabana. Allí recubren parcialmente la estructura sinclinal que seguramente ha estado tapada en tiempos anteriores, y que hoy está a la vista gracias a los colectores tributarios que drenan las laderas vecinas, donde todavía se distingue el nivel de terraza. En su composición entran sedimentos arenosos muy finos, silticos, con abundantes restos de vegetales y algunas diatomeas.

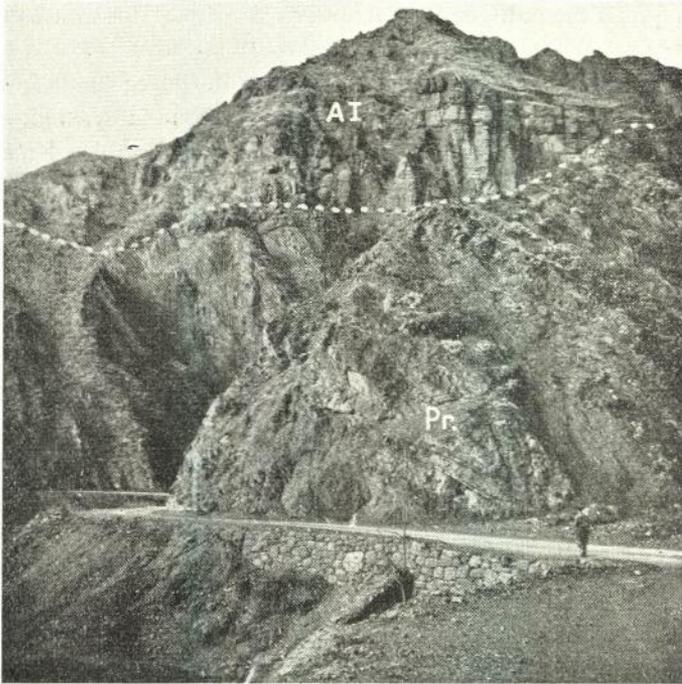


Fig. 4. — Discordancia entre los esquistos plegados del Precámbrico (Pr) y las Areniscas Inferiores (A. I.) a la altura del km 33 del camino de Alemania a Cafayate (Ruta 68). Nótese los pliegues decapitados por la erosión.

De la misma edad son, probablemente, los depósitos de pie-de-monte que cubren las Areniscas Inferiores en las Juntas de Alemania y los bancos del Terciario Subandino, inclinados hacia el oeste, en la Pampa Grande y Carahuasi.

El arroyo Acherál ha cortado depósitos, también terrazados, compuestos esencialmente por trozos de andesita hornblendífera, que proceden de los filones que afloran aguas arriba.

La altura considerable en que se encuentran los retazos de los antiguos conos, como el del km 5 (« Piedra Colgada ») que se destaca sobre la ladera occidental del cerro Quitilipi, sería una evidencia de que los movimientos que elevaron los bloques y plegaron la cubierta, se han

continuado como ligeros movimientos tectónicos durante el Cuartario.

En la actualidad, la acumulación y removimiento de los depósitos, relativamente importante en la quebrada de las Conchas, obedece a las características climáticas de la región. Como sabemos, las precipitaciones se manifiestan en forma de aguaceros copiosos. En estos casos el agua de lluvia remueve los escombros de falda, los que son transportados por los colectores tributarios a la quebrada principal, donde fluyen las aguas torrenciales cargadas de materiales de tamaño y constitución diversos que, a menudo, dada la excesiva cantidad llegan a convertirse en torrentes de barro (« mud flows »).

La magnitud de estas pseudo-avalanchas de barro la puede apreciar a los pocos días de una violenta creciente. En aquella ocasión, el arroyo de las Abritas dejó acumulada una cantidad considerable de materiales que obstruyeron el camino carretero a Cafayate.

7. *Edad y correlación de la serie sedimentaria.* — En lo que se refiere a la posición cronológica de este complejo sedimentario, diremos que en razón de no haberse hallado nuevas especies fósiles, hay que aceptar la edad establecida por Schlagintweit (1941), en base a las correlaciones que hizo con las calizas de Miraflores que, como se sabe, son portadoras de los equinoideos encontrados por Steinmann y atribuidos por Fritzsche al Cretáceo Superior. De esa manera, el Horizonte Calcáreo-dolomítico queda referido al Cretáceo alto junto con las Areniscas Inferiores « s. str », complejo que forma con las Margas Multicolores, según la opinión de algunos autores, una serie continua. Ahora bien, la presencia de restos de insectos y peces en las Margas Multicolores indican para éstas una edad eoterciaria, según la opinión de Cockerell (1925) que estudió los fósiles de « El Sunchal » de Santa Bárbara.

Aunque no se han encontrado fósiles que aclaren definitivamente la edad del Terciario Subandino, se le ha asignado una edad miocena-pliocena, pues los Estratos Jujeños que los recubren han sido afectados por los últimos movimientos del final del Terciario, ubicados al final del Plioceno.

Las subdivisiones y correlaciones propuestas por Frenguelli (1936, págs. 337 a 354), en base a sus observaciones en la quebrada de las Conchas, no corresponden a las consideradas por nosotros en el trazo de la quebrada comprendido entre Morales y Alemania.

Frenguelli distingue en la quebrada de las Conchas dos complejos separados por discordancia angular: el sistema de Paganzo (inferior) y el sistema de Salta (superior). En la sección superior del sistema de Paganzo, que considera equivalente a las « Areniscas Inferiores » de Bonarelli y al « Bermejo Series » de Head y Mather, incluye arcilloesquistos rojos y areniscas arcillosas y tobáceas polieromas que observó

en el río Alemania. En nuestra opinión, estos sedimentos abigarrados pertenecen a la sección superior de nuestro grupo III, es decir, a la «Faja Verde» (Margas Multicolores) de la que son equivalentes la serie V de Hagerman, la formación Tacurú de Mather y otras.

Además, de acuerdo con las observaciones que realizó en el Cerro Quitilipi, en la sección superior de su «Sistema de Salta», Frenguelli considera dos niveles calcáreo-dolomíticos separados por areniscas rosadas. Como hemos visto, estas dos crestas calcáreas representan el corrimiento del Horizonte Calcáreo-dolomítico de Los Bayos contra el del Morro Chico; y las areniscas coloradas que lo separan pertenecen, por lo tanto, al grupo I, que es equivalente a las Areniscas Inferiores «s. str.» o sea la formación Y de Hagerman.

Indudablemente, las Areniscas Inferiores de la quebrada de las Conchas y zonas vecinas están relacionadas íntimamente con el Horizonte Calcáreo-dolomítico; en nuestra opinión no deben ser correlacionadas con las areniscas gondwánicas que en el norte argentino son productoras de petróleo. Estas últimas son equivalentes a la serie que, en Bolivia, Mather denominó formaciones «Oquita» y «Mandiyutí». Ya Groeber (1933, págs. 6 y 7) y Schlagintweit (1937, pág. 11) han expuesto la misma idea para otras regiones de las provincias de Salta y Jujuy.

Cuando nos referimos a las Areniscas Inferiores citamos la presencia de rocas eruptivas básicas, dispuestas en forma de mantos entre las capas arenosas de la sección inferior de este potente complejo referido al Cretácico superior. También indicamos que, en la sección superior, son notables los filones capas de andesita anfibólica, que llegan hasta el techo de las Margas Multicolores.

Si aceptamos que el Horizonte Calcáreo-dolomítico corresponde, junto con las Areniscas Inferiores, al Cretácico superior, los mantos de basalto incluidos en ella pertenecen a la misma edad.

Por otra parte, en las cordilleras centrales de Bolivia, hasta Orán, existen rocas eruptivas de un tipo generalmente diabásico o basáltico, agrupadas por Steinmann bajo la denominación de «Formación andina de diabasas-meláfiro». Estas intrusiones, entran en contacto en el Perú, según observaciones de Steinmann (Ahlfeld, 1946, pág. 190), con capas marinas cretácicas; por lo tanto, su edad queda fijada con bastante exactitud.

Muy probablemente los basaltos de la quebrada de las Conchas son equivalentes a estas rocas que tienen gran difusión en Bolivia, donde son más recientes que los meláfiro de la cuenca del Paraná, cuyas erupciones corresponden al Triásico superior.

La presencia de filones-capas de andesita anfibólica en el techo de las Margas Multicolores es una prueba de que estas efusiones volcánicas son posteriores al Eoceno. Probablemente corresponden a las últimas

efusiones de andesita básica del Mollelitense de Groeber (Serie andesítica oligocena).

En el cuadro de la página siguiente se pueden ver las relaciones estratigráficas que existen entre los grupos por nosotros considerados y los estudiados por otros investigadores.

## II. Tectónica

Las características estructurales de la región estudiada son el resultado de dos ciclos diastróficos de distinta edad, que han actuado sobre dos grupos estratigráficos diferentes: el basamento y la cubierta sedimentaria.

El primer ciclo, probablemente precámbrico, creó la estructura interna de la sierra; el segundo, con movimientos que pertenecen a la tectónica terciaria, provocó la fracturación del basamento en bloques, a la vez que plegó la cubierta sedimentaria depositada en el Mesozoico alto y durante el Terciario.

### A. ESTRUCTURA INTERNA DEL BASAMENTO

Las rocas precámbricas, que constituyen el núcleo de estas sierras, son pizarras, grauvacas, etc., que se han comportado en forma diferente durante los movimientos que plegaron el conjunto.

Las pizarras, que poseen una esquistosidad de plano axial muy marcada, están plegadas muy fuertemente. En ellas los pliegues son cerrados, es decir, con longitud de onda pequeña. Por el contrario, en las grauvacas y areniscas arcósicas, a menudo inyectadas por cuarzo, y por lo tanto menos competentes, se observan pliegues más abiertos. En la figura 4, que ilustra la forma en que está plegado el basamento, se observan los pliegues decapitados por la erosión que precedió a la deposición de las Areniscas Inferiores.

Los esquistos poseen un rumbo general NNE-SSW y una inclinación variable que oscila entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$ . Sin embargo, al norte y noroeste de la región estudiada, hasta cerca de la quebrada de Escoipe, el rumbo que domina es E-W.

En los cerros San Mateo y Carpintería, los dos núcleos de basamento más importantes de la zona, la inclinación de los esquistos es opuesta a la pendiente de sus respectivas laderas; es decir, las pizarras que en el flanco occidental buzan hacia el este, después de pasar por la posición vertical observable en la cumbre, se inclinan hacia el oeste en la ladera oriental. Por lo tanto, los ejes de los pliegues tendrían inclinaciones

comprendidas entre  $45^{\circ}\text{E}$ ,  $90^{\circ}$  y  $45^{\circ}\text{W}$ ; tal como se observa en un pliegue en abanico.

El clivaje de fluidalidad o clivaje de plano axial es paralelo a la estratificación y posee, por lo tanto, su rumbo e inclinación. Es paralelo a los planos axiales de los pliegues, donde domina el rumbo N 20 E.

La similitud que presentan estas rocas con las que afloran entre Tucumán y Rosario de la Frontera, que Stappenbeck (1921) considera algonkianas, en base a las correlaciones que hizo con las que en la quebrada de Humahuaca yacen en discordancia debajo de las cuarcitas cámbricas, permite suponer que el intenso plegamiento que originó la estructura interna del basamento fué debida a movimientos precámbricos y muy posiblemente proterozoicos.

## B. ESTRUCTURA TERCIARIA

1. *Carácter general de la deformación.* — La fisonomía general del relieve, en esta zona de las Sierras Subandinas, revela las íntimas relaciones que tiene con la *estructura en bloques*; es decir, trozos del basamento limitado por fallas e inclinados indistintamente hacia el este o el oeste.

Las fuerzas de compresión que fracturaron en bloques al basamento, junto con el movimiento diferencial de los mismos, dieron lugar a que el complejo sedimentario que lo recubre se plegara en forma más o menos sencilla.

Las fracturas poseen por lo general un rumbo concordante con el de los esquistos, que como vimos es NNE-SSW. Su carácter inverso se pone en evidencia en la ladera oeste del cerro San Mateo, donde los estratos del Horizonte Calcáreo-dolomítico, al ser arrastrados, están ligeramente volcados en el contacto con los esquistos (fig. 5).

Las dos grandes fallas que permitieron la elevación de los cerros San Mateo y Carpintería tienen un rumbo paralelo N 20 E y una longitud considerable que sobrepasa los 25 kilómetros. Sus planos, si bien no se alejan mucho de la posición vertical, han dado lugar a que los bloques se inclinen en sentido contrario y convergente.

De una magnitud algo menor es la fractura que ha originado el ascenso del Cerro Quitilipi, en cuya cumbre por corrimiento se destacan crestas calcáreas separadas por areniscas coloradas pertenecientes al grupo de las Areniscas Inferiores. Esta fractura de rumbo N-S, y la que pasa por Las Curtiembres con rumbo NW-SE, es interceptada por la gran falla San Mateo-Tordillos.

Al oeste de la quebrada de las Conchas, en Las Chacras, el ascenso del basamento fué debido a una fractura de rumbo N-S. Aunque hemos

CUADRO ESTRATIGRAFICO COMPARATIVO

HATHER (1922) Bolivia y N. de Salta		HAGERMAN (1933) Sur de Jujuy y Salta		SCHLAGINTWEIT (1936-1941) Nomenclatura de YPF		FRENGUELLI (1936) Quebrada de las Conchas y zonas límitrofes (Sur de Salta)		(Según el Autor) Zonas adyacentes cerros Quitilipi y Pirgua (Sur de Salta)	
	Tatarenda formation	Ts	Arenisca micácea conglomerádica		Estratos Jujeños				
		Tc	Aren. fina, polic. yesif.		Terciario Subandino			Grupo IV. Terciario Subandino a) Areniscas muy fin. col. castaño claro. b) Ar. fina, rojo ladrillo, etc.	
		Ti	Aren. marg. rojo claro y rosado						
Cretácico	Tacurú formation	U	Arenisca blanca silicificada		Areniscas superiores		c) Areniscas rosadas (corresp. al grupo I. Areniscas Inf.) con intercalaciones de capas pol- lic., incluy. calizas fitógenas, oolíticas y Gasterópodos (Cor- responden al grupo II. Hor. Calc. dol.).	Grupo III. Margas Multicolores a) Arcillas policromas con restos de insectos y peces. b) Areniscas calcáreas	
		Y	Arenisca colorada muy fina	Margas coloradas con faja verde					
		W	Rocas arcillosas policromas con margas	Margas verdes Margas coloradas inferiores			b) Areniscas y areniscas arcil- losas coloradas (Corresp. al grupo I. Areniscas Inferiores).		
Triásico-Liásico	Vitiacna limestone and Chert	Xs	Calizas y dolomitas		El Calcáreo propiamente dicho	Horiz. Cal. dolom. Margas Mult. Sistema de Salta	a) Conglomerados basales colo- rados y pardos (corresponden al grupo I. Areniscas Inferio- res).	Grupo II. Horizonte Calcáreo- dolomítico.	
		Xi	Areniscas calcáreas o conglomerádicas		Areniscas calcáreas				
Areniscas inferiores (Permo-triásico)	Nacharetí Mandiyuti Oquita	Bermejo series	Y	Areniscas coloradas y con- glomerados poco consolida- dos	Areniscas inferiores s. str.  Gondwana superior Gondwana inferior	Sistema de Paganzo	c) Arcillas pizarrosas grises y arcillo-esquistos, aren. arcill. y tobáceas polic. (corresp. al grupo III. a. M. Multicolores). Serie melaf. inter. (corresp. al grupo I. A. Inferiores).  b) Aren. y aren. arcill. pardo roj. (corresp. grupo I. A. Infe- riores).  a) Arcillo-esq. aren. de color pardo-roj. oscuro.	Grupo I. Areniscas inferiores s. str.	
			Zs	Arenisca cuarzosa, en parte silicificada					
	Totora series Arani		Zc	Roca pizarrosa oscura y bancos de arenisca verde					

observado que tiene una longitud considerable que seguramente pasa los 15 kilómetros, el relevamiento topográfico no permite representarla en toda su extensión. Posee un plano de falla cuya posición se aproxima a la vertical, que es la que poseen los esquistos. Este carácter parece que se acentúa a medida que nos acercamos al bloque de la Puna, ambiente donde predomina dicho fenómeno.

Entre Carahuasi y Simbolar, al este del cerro Carpintería, se advierte la existencia de una fractura oblicua al rumbo de las capas que hacia Guaico Hondo pasa a ser subparalela al mismo rumbo. Esta dislocación de menor magnitud se pone en evidencia, en Simbolar, por el apreciable



Fig. 5. — Vista hacia el SSW del contacto por falla entre el Precámbrico (Pr) y el Horizonte Calcáreo-dolomítico (H. C.), donde se evidencia el carácter inverso de la fractura por la posición vertical y hasta volcada de sus capas.

cambio de rumbo e inclinación de las arcillas abigarradas que pertenecen a la «Faja Verde».

La presencia del complejo sedimentario permite medir con relativa exactitud el apreciable rechazo vertical de los bloques, que alcanza un valor máximo de 4000 metros en los Cerros San Mateo y Carpintería. Esta dimensión disminuye hacia el NNE en el cerro San Mateo y hacia el SSW en el cerro Carpintería; direcciones con que se hundan los bloques debajo de la cubierta.

El rechazo vertical de la fractura que pasa por Guaico Hondo disminuye hacia Simbolar, donde es de un valor escaso. En el mismo lugar es más evidente el desplazamiento horizontal que contribuyó a la formación del pliegue volcado de Acosta.

En la quebrada de las Chacras aflora el basamento merced a una fractura bien visible, pero menos importante que la del cerro San Mateo.

La sucesión estratigráfica de los dos horizontes calcáreos del cerro Quitilipi es sólo aparente, pues, como sabemos, en todo el espesor del com-

plejo sedimentario tenemos un solo Horizonte Calcáreo-dolomítico que hemos ubicado entre las Areniscas Inferiores y las Margas Multicolores.

La presencia de dos niveles calcáreo-dolomíticos en el cerro Quitilipi es el resultado del corrimiento del Horizonte-Calcáreo-dolomítico de los Bayos contra el del Morro Chico. Estos afloramientos se pueden estudiar mejor en la quebrada del Acheral (al oeste de Alemania), lugar donde la cubierta sedimentaria está repetida por fracturas (ver perfiles V y VI, y fig. 2). El efecto de las presiones terciarias se puede apreciar en el siguiente perfil, que es un detalle de los afloramientos que se observan desde La Leñera hasta Los Nacimientos :

*Terciario Subandino*. R : 350° ; I : 32° E (« La Leñera »).

1. Horizonte de arenisca de color rojo ladrillo, estratificadas en bancos gruesos, con intercalaciones de bancos muy duros de calcáreo blanquecino de 1,20 ; 0,80 y 0,20 metros de espesor.
2. Arenisca margosa micácea, grano fino, color pardo claro, con intercalación de areniscas margo-arenosas de colores verde claro, pardo oscuro y violáceo.

*Margas Multicolores*. R : 0°-10° ; I : 35° E.

3. Arcillas fragmentosas superiores de color pardo colorado. Arcillas fragmentosas, policromas con intercalación de un banco bituminoso con restos de insectos y escamas de peces.
4. Arcillas fragmentosas inferiores de color pardo-colorado ; y arenisca blanquecina, grano mediano a fino, con superficie rosada, con estratificación entrecruzada y con intercalación de bancos margo-arenosos de color amarillo limonítico y verdoso. Poseen restos indeterminables (Insectos?).
5. Arenisca rosada, estratificada con bancos gruesos, de grano mediano y con intercalación de margas oscuras policromas, sobre todo verde-azulada, cruzadas por vetitas duras de calcáreo blanquecino que determinan secciones poligonales.
6. Margas arenosas violetas con manchas verdosas y bancos duros, grises, de 0,80 metros. Se intercalan bancos rosados de arenisca de grano grueso.
7. Bancos margo-arenoso, fragmentoso, de color azul oscuro con pequeñas vetas verdosas y grises ; se intercalan areniscas de color rosado-pardo, micácea.

*Horizonte Calcáreo-dolomítico*. R : 5° ; I : 35° E (Morro Chico).

8. Horizonte policromo de areniscas margosas, arcillas y areniscas calcáreas, con intercalaciones de calizas tenaces con gasterópodos y concreciones fitógenas del tipo estromatolítico y otras con superficie mamelonada.

*Areniscas Inferiores*. Rumbo e inclinación muy variable.

9. Arenisca colorada, estratificada en bancos gruesos de grano mediano a grueso ; conglomerádica con rodados angulosos de cuarzo. Se intercalan bancos muy duros, cuarcíticos.

*Horizonte Calcáreo-dolomítico.* R: 34° ; I: 75° E.

10. Idem 9.

*Margas multicolores.* R: 350°-355° ; I: 35°-60° W.

11. Bancos ídem 7, 6 y 5.

12. Bancos ídem 4 y 3.

*Terciario Subandino.* R: 355° ; I: 35° W.

13. Arenisca ídem 2 y 1.

*Margas Multicolores.*

14. Arcillas fragmentosas ídem 3 y 4 ; R: 35° ; I: 85° W.

15. Arcillas fragmentosas ídem 3 y 4 ; R: 35° ; I: 85° E.

16. Areniscas y margas ídem 5, 6 y 7.

*Horizonte Calcáreo-dolomítico.* R: 10°-15° ; I: 45°-53° E (Los Bayos).

17. Bancos ídem 8 (Pliegue isoclinal).

18. Areniscas y margas ídem 7 y 6.

*Areniscas Inferiores.* R: 45° ; I: 45° SE.

19. Arenisca ídem 9.

Este considerable rechazo horizontal que llega a los 4 km, distancia que separa Los Bayos de La Escalera, es debido seguramente a una fractura de pequeño ángulo (« corrimiento ») que tendría un rumbo E-W. Es interesante hacer notar que este mismo rumbo posee el basamento al noroeste de la zona.

Por la descripción que antecede salta a la vista la estrecha relación que existe entre las líneas de fractura y el rumbo de los esquistos. Es evidente el control estructural que ejerce la posición de éstos. Es así, que desde el noroeste de la zona relevada hasta la quebrada de Escoipe los esquistos poseen rumbo E-W, dirección que presentan numerosas líneas de fractura y de corrimiento.

2. *Comportamiento de la cubierta sedimentaria.* — Las fuerzas de compresión, a la vez que fracturaron el basamento, plegaron a la cubierta sedimentaria cuya deformación está condicionada a la estructura de aquél.

El movimiento diferencial de los bloques que, en los cerros San Mateo y Carpintería, se inclinaron en sentido contrario y convergente, permitió la formación de la estructura sinclinal asimétrica La Pirgua-quebrada del Acheral, y la de los anticlinales de los cerros Luza y Pirgua, prolongaciones septentrional y meridional de las elevaciones citadas en primer término (perfil I a IV y lám. I).

El sinclinal asimétrico, que se extiende desde la Pirgua hasta más allá del Abra del Rodeo, tiene un rumbo sinuoso que se adapta probablemente al del basamento, y una longitud de onda variable que aumenta desde la Pirgua hasta las Juntas de Alemania, lugar donde alcanza un valor de unos 14 km. Esta magnitud disminuye en la quebrada del

Acheral, donde es cortada por la fractura del cordón San Mateo-Tordillos.

Las estructuras anticlinales de los cerros Luza y Pírgua están cortadas por las fallas de rumbo paralelo que limitan la cuenca tectónica central.

La presencia de estas estructuras anticlinales es una evidencia de que los bloques San Mateo-Luza y Carpintería-Pírgua, a la vez que se inclinaron hacia el E y W, se hundieron hacia el NNE y SSW respectivamente, direcciones en que la cubierta cubre el basamento.



Fig. 6. — Pliegue isoclinal con la charnela bien visible en el Horizonte Calcáreo-dolomítico de los Bayos (Qda. del Talar). El plano axial, inclinado  $55^\circ$  hacia el E, tiene eje con rumbo  $N 10^\circ E$ . Vista tomada hacia el nordeste.

Como ya dijimos, entre Simbolar y Cara Huasi pasa una fractura que se manifiesta por el cambio de rumbo e inclinación de las arcillas abigarradas, que pertenecen al grupo de las Margas Multicolores. La variación del rumbo, que en Simbolar es E-W, se debe a un desplazamiento horizontal considerable («corrimiento») de menor magnitud que el estudiado al noroeste de la zona, aunque suficiente para facilitar el pliegue de Acosta.

La pendiente suave existente entre Simbolar y el cerro homónimo contrasta con la abrupta caída que hay desde su portezuelo hasta Acosta. Este paisaje es el resultado de un pliegue volcado que se observa, no obstante el exceso de vegetación, en las Areniscas Inferiores de la

Cueva. Los limbos del pliegue tienen inclinaciones de  $8^{\circ}$ - $12^{\circ}$  y  $75^{\circ}$ - $80^{\circ}$  hacia el oeste; el plano axial está inclinado  $45^{\circ}$ - $50^{\circ}$  y el eje, de rumbo N  $12^{\circ}$ E, se hunde hacia el norte.

El desarrollo y la posición del pliegue fueron estudiados en detalle en la quebrada de La Cueva, lugar donde se pudieron apreciar los cambios graduales de inclinación y comprobar la posición volcada de las capas, indicada por la estratificación diagonal, los mud-craks y las concreciones fitógenas.

En Acosta, por el contrario, el movimiento se manifiesta como una suave ondulación de las arcillas coloradas y de las capas basales del Terciario Subandino (lám. III).

En la quebrada de Las Conchas, a la altura del km 19, del camino a Cafayate, sedimentos duros y mantos basálticos que pertenecen a las Areniscas Inferiores están plegados en sinclinal y anticlinal. Sus ejes poseen un rumbo N  $10^{\circ}$  E que pasa a N  $25^{\circ}$  E en Las Curtiembres, donde son interceptados por la fractura noroeste (lám. II).

El escaso ascenso que sufrió el basamento en la quebrada de las Chacras se manifiesta en el limitado afloramiento que se observa gracias a que el río ha cortado la cubierta sedimentaria. Este movimiento, junto con los movimientos de compresión, permitió que las areniscas conglomerádicas del grupo de las Areniscas Inferiores se plieguen en anticlinal asimétrico de rumbo N-S.

Al noroeste de Alemania, donde las perturbaciones tectónicas se evidencian por la repetición de los estratos por fractura, las capas del Horizonte Calcáreo-dolomítico de Los Bayos se han comportado como estratos competentes, ya que han dado lugar a que se forme un pliegue isoclinal donde la charnela es bien visible (perfil VI y fig. 6). El plano axial inclinado  $50^{\circ}$ - $55^{\circ}$  hacia el este, tiene un eje con rumbo N  $10$  E. Comportamiento similar han sufrido los mismos bancos en la región vecina al abra de Luza.

Como podemos ver, la zona presenta una notable simetría en su estructura; razón por la que se distinguen dos secciones tectónicas bien diferentes. Su separación se identifica por la sobreelevada cuenca La Pirgua-Las Juntas de Alemania limitada por las dos líneas tectónicas más importantes de la zona. En la región ubicada al naciente, que presenta una estructura sencilla, las capas de la cubierta sedimentaria se inclinan, con excepción del pliegue volcado de Acosta,  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$  hacia el oeste. Los planos de falla buzan en la misma dirección y poseen el labio hundido hacia el este. Por el contrario, en la sección occidental, las perturbaciones tectónicas han dado lugar a que las capas se inclinen de preferencia hacia el este con un valor superior a los  $25^{\circ}$ , y que las fracturas, más numerosas y con rechazos considerables, presenten el labio hundido hacia el oeste.

Esta posición que adquieren los planos de falla está condicionada a la inclinación que poseen los esquistos de los diferentes afloramientos. Esta particularidad fué observada, entre otros, por González Bonorino<sup>1</sup> en las sierras del grupo del Anconquija, donde comenta: « Así como el rumbo de los esquistos han influido en la posición de las fallas, su inclinación ha debido ser el factor que condicionara la posición del plano de deslizamiento. Es razonable pensar que los planos de falla se forman con una inclinación si no igual, al menos en el mismo sentido que la esquistosidad ». El análisis estructural nos revela, pues, que las fracturas inversas y los corrimientos se produjeron debido a fuerzas de compresión,

La presencia de sedimentos que pertenecen al Terciario Subandino, afectados por los movimientos que ocasionaron la fracturación del basamento y el plegamiento de la cubierta, es una evidencia de que este acontecimiento diastrófico es de edad neoterciaria. Según la mayoría de los investigadores, estos movimientos, que afectan más al norte a los conglomerados de Jujuy, pertenecen a la tercera fase tectónica de movimientos andinos que Groeber ubica sobre todo en el Plioceno y con manifestaciones tardías en el Cuartario.

#### CONCLUSIONES

De la descripción que antecede, se desprenden las siguientes conclusiones:

1<sup>a</sup> El rumbo e inclinación de las rocas del basamento ha controlado la estructura tectónica de la región.

2<sup>a</sup> Las fuerzas de compresión, a la vez que plegaron la cubierta, elevaron en bloques al basamento, merced a fracturas de tipo inverso.

Los bloques se inclinaron en el sentido de los planos de falla; los que buzan, a partir de la cuenca tectónica La Pirgua-Las Juntas de Alemania, en sentido contrario y convergente hacia el núcleo de la sierra.

3<sup>a</sup> Es notable la simetría que presenta la estructura a ambos lados de la mencionada cuenca, donde el eje de simetría estaría representado por el eje del sinclinal.

4<sup>a</sup> Como lo pone en evidencia el perfil IV, salta a la vista la presencia de una fuerza tangencial que operó desde el oeste, pues se observa una gradual disminución del fenómeno diastrófico hacia el este.

5<sup>a</sup> Las fuerzas de compresión, en el centro y este de la zona, han plegado en forma sencilla y asimétrica la cubierta sedimentaria, mas siempre bajo el control estructural del basamento.

<sup>1</sup> GONZÁLEZ BONORINO, F. (1947), *Geología de las hojas 130* (Villa Alberdi, Tucumán. Buenos Aires (inédito).

6ª La estructura de corrimiento es indudable en el extremo noroeste de la región.

#### RESUMEN

Las sierras de la región estudiada, que fisiográficamente forman parte del Sistema Subandino de Bonarelli, se hallan constituidas por pizarras, grauvacas, etc., muy plegadas, sobre las que se extiende, en marcada discordancia y separado por gran hiato geológico, un potente complejo de rocas sedimentarias de más de 6.000 metros de espesor.

Sobre una superficie de erosión, elaborada en estas rocas, cuya estructura es probablemente el resultado de movimientos proterozoicos, se depositaron areniscas, areniscas conglomerádicas y arcillas generalmente de color rojo, con intercalación de un horizonte guía: el Horizonte Calcáreo-dolomítico. El período de sedimentación de esta serie concordante, que en el esquema primitivo de Brackebusch forma parte de la Formación Petrolífera, abarcó desde el Cretácico superior hasta el Neoterciario inclusive.

La ausencia de rocas paleozoicas y del Mesozoico inferior y medio no es una prueba de que durante ese lapso no se hayan depositado sedimentos; lo más probable es que la erosión haya eliminado las rocas paleozoicas que alcanzan gran difusión y desarrollo al norte de nuestra región.

El ciclo de sedimentación comenzó con la formación de las Areniscas Inferiores s. str. que se depositaron sobre un antiguo relieve de erosión cortado en las pizarras plegadas.

El espesor considerable, y a la vez variable, de las Areniscas Inferiores, parece indicar que una fuerte erosión precedió a su deposición, la que se efectuó en una región tectónicamente negativa, sometida a un régimen de clima cálido y probablemente semi-desértico.

Mientras se depositaron materiales clásticos, por lo general arenosos — entre los que se observan depósitos brechosos que se asemejan a las acumulaciones de los volcanes de barro actuales (« mud flows ») — tuvieron lugar efusiones basálticas que se consolidaron como mantos. Hemos supuesto que estas rocas básicas son equivalentes a las que aparecen en el Perú en contacto con capas marinas cretácicas; de esa manera la edad de las Areniscas Inferiores, que pasan sin hiato al Horizonte Calcáreo-dolomítico, referido al Cretácico superior (Daniano?), puede corresponder al Cretácico medio o superior. Por lo tanto, estas areniscas que son equivalentes a las areniscas de la Formación Y de Hagerman, no deben de ser correlacionadas con las areniscas gondwánicas portadoras de petróleo de la zona de Tartagal, las que, en Bolivia, Mather denominó formaciones « Oquita » y « Mandiyuti ».

El Horizonte Calcáreo-dolomítico constituye, junto con las arcillas bentoníticas policromas de las Margas Multicolores, un horizonte guía de considerable desarrollo en nuestra zona. El carácter continental de su contenido paleontológico, además de la presencia de los restos de organismos terrestres y lacustres, puede deducirse, según la opinión de Frenguelli, de la ausencia de Lamellibranquios en general y de Lamellibranquios marinos, en particular. Mucho más al norte, en Miraflores (Bolivia), se estaría en presencia de una facies litoral marina, con sedimentos de elementos faunísticos de habitat diferente.

La edad del Horizonte Calcáreo-dolomítico es Cretácico superior de acuerdo a las correlaciones que hizo Schlagintweit con las calizas de Miraflores, portadoras de los equinoideos atribuidos por Fritzsche a dicha edad.

Después de la deposición de las Margas Multicolores, cuyos fósiles indican una edad eoterciaria, sobrevino la intrusión de filones-capas de andesita hornblendífera.

En discordancia regional, pero localmente en pseudo-concordancia, yacen sobre las Margas Multicolores areniscas finas a muy finas de color rojo ladrillo con margas verdes intercaladas, y areniscas muy finas de color castaño claro; este complejo, estratificado en bancos gruesos, pertenece al Terciario Subandino.

Las fuertes dislocaciones terciarias, que corresponden a la tercera fase tectónica de movimientos andinos de Groeber, ubicada en el Plioceno y con manifestaciones tardías en el Cuartario, produjeron la fracturación del basamento y su ascenso en bloques merced a fracturas de tipo inverso cuyo rechazo, en algunos casos, llega a los 4.000 metros.

La posición que presentan las líneas de fracturas (rumbo e inclinación del plano de falla), asimismo como el rumbo y buzamiento de los estratos de la cubierta sedimentaria, demuestran que existe un control estructural por parte de los esquistos del basamento.

Es característica la simetría que presenta la estructura a partir de la cuenca tectónica La Pirgua-Las Juntas de Alemania, donde los bloques San Mateo y Carpintería, al inclinarse en sentido contrario y convergente contribuyeron, junto con las fuerzas de compresión, a la formación de las estructuras sinclinal y anticlinales correspondientes. Al este del sinclinal La Pirgua-Las Juntas de Alemania los planos de fallas y las capas de la cubierta buzan hacia el oeste. Posición contraria adquieren las líneas estructurales al poniente de la mencionada cuenca.

La formación de bloques del basamento, conjuntamente con las fuerzas de compresión que determinaron su ascenso, ha dado lugar a que la cubierta sedimentaria se pliegue en forma más o menos sencilla y asimétrica en el centro y Este de la región. Por el contrario, la fuerza

tangencial que actuó desde el oeste ha originado la formación de una estructura de corrimiento en la zona adyacente al cerro Quitilipi.

Después del ascenso de los bloques sobrevino un período de erosión, tal vez, como consecuencia de una etapa lluviosa posterior a la glaciación del Pleistoceno. De esa manera, las cuencas intermontañas fueron rellenadas por los productos del acarreo procedentes de las elevaciones vecinas. Un claro ejemplo de lo dicho lo constituye la cuenca tectónica de Copacabana (Lám. 1) donde la estructura sinclinal terciaria está a la vista gracias a que hoy los colectores drenan su zona de influencia, que fué sometida a un período de deposición suficientemente largo, como para que las acumulaciones taparan la estructura citada.

En la quebrada de las Conchas se pueden distinguir dos acumulaciones de distinta edad, que se conservan en los recodos del río.

La más vieja está adosada al flanco del cerro Quitilipi en forma de pilares de erosión, que llegan hasta considerable altura; probablemente, como consecuencia de movimientos póstumos de ascenso, que pertenecen a la tercera fase de movimientos andinos. En un nivel topográfico mucho más bajo, sometido a la influencia del río, se observan dos niveles de terrazas en las proximidades de las Curtiembres y en Alemania.

#### LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- AHLFELD, F. (1946). *Geología de Bolivia*. — Rev. Mus. La Plata, III, Geología, n° 19, 372, 45 figs., 1 mapa, front.
- BRACKEBUSCH, L. (1883). *Estudios sobre la Formación Petrolífera de Jujuy*. — Bol. Acad. Cienc. Córdoba, V, 138-184.
- (1891). *Mapa geológico del interior de la República Argentina*. — Gotha, escala 1 : 1.000.000.
- BONARELLI, G. (1921). *Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del Norte (Provs. de Salta y Jujuy)*. — An. Min. Agric., Sección Geología, etc., XV, n° 1, Buenos Aires, 1-98, 4 figs., 12 láms., 3 maps.
- (1927). *Fósiles de la Formación Petrolífera o Sistema de Salta*. — Bol. Acad. Cienc. Córdoba, 30, 51-117, 6 láms.
- COCKERELL, T. D. A. (1936). *The fauna of the Sunchal (or Margas Verdes) formation, northern Argentine*. — Amerc. Museum Novitates, The Amer. Museum of Nat. History, N° 866, New York.
- FERUGLIO, E. (1931). *Observaciones geológicas en las provincias de Salta y Jujuy*. — Primera Reunión Nacional de Geografía, Bs. As., mayo-junio, VII, Contrib. de la Direc. de Y. P. F.
- FRENGUELLI, J. (1936). *Investigaciones geológicas en la zona salteña del Valle de Santa María*. — Univ. Nac. La Plata, Obra Cincuentenario Museo La Plata, II, 215-572.
- FRICTSHE, C. H. (1924). *Neue Kreidefaunen aus Südamerika* (Chile, Perú, Bolivia,

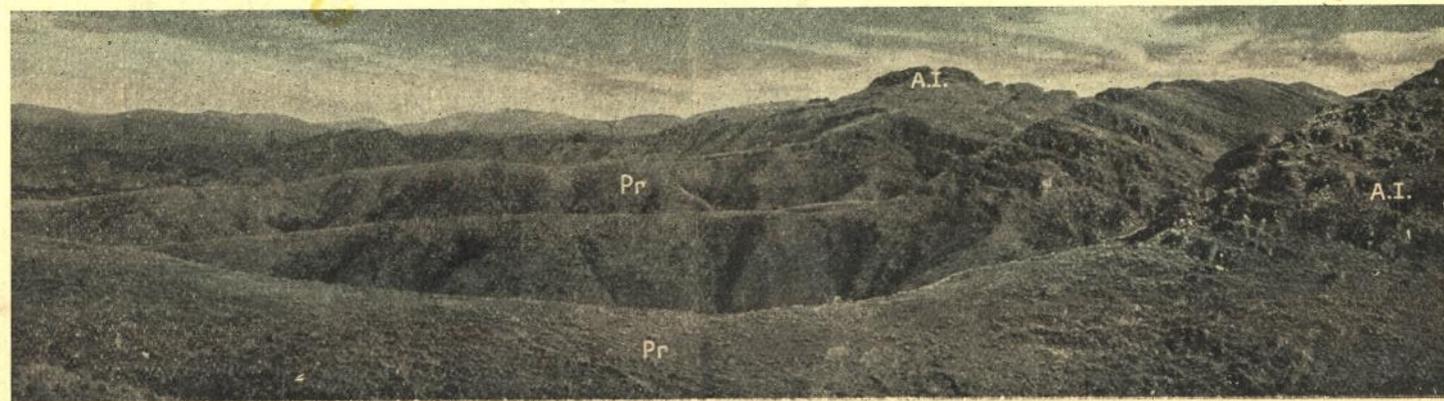
- Colombia). — Neues Jahrb. f. Min. u Geol. Paläont. Beilage, Band 50, 1-56 y 313-334.
- GONZÁLEZ BONORINO, F. (1947). *Geología y Petrografía de las hojas 12 d (Capillitas) y 13 d (Andalgalá)*. — Sec. Ind. Com., Direc. Minas y Geología, Bs. Aires (inédito).
- GROEBER, P. (1933). *A propósito de la geología petrolífera de Salta*. — Petróleo y Minas, agosto, Bs. As., 6-7.
- (1941). *Desarrollo de la red de drenaje en América del Sur*. — Holmbergia, Rev. Cen. Est. Cs. Naturales, Bs. As., III, n° 6, 1-18, 1 map.
- HAGERMAN, T. H. (1933). *Informe preliminar sobre el levantamiento geológico del Departamento de Sta. Bárbara en la provincia de Jujuy*. — Bol. Inf. Petrol., año 10, n° 107, Bs. As., 451-459.
- HAUSEN, J. (1925). *Sobre un perfil geológico del borde de la Puna de Atacama con una descripción de algunos yacimientos de minerales en la Puna de Salta y Jujuy*. — Bol. Acad. Nac. Cienc., XXVIII, Córdoba, 1-95.
- KNOCHE, W. (1943). *Nuevo método de clasificación climática*. — Soc. Arg. Agronom., Rev. Arg. Agronomía, 10, n° 1, Bs. As., 26-54.
- MATHER, K. F. (1922). *Front ranges of the Andes between Santa Cruz and Embarcación*. — Bull. Geol. Soc. Am., 33, 703-764.
- RASSMUSS, J. (1920). *Las termas de Rosario de la Frontera*. — Direc. Min. Geolog., Bolet. 2, ser. F, Bs. As., 15-16.
- SCHLAGINTWEIT, O. (1937). *Observaciones estratigráficas en el Norte Argentino*. — Bol. Inf. Petroleras, 152, Bs. As., 52.
- (1941). *Correlación de las calizas de Miraflores en Bolivia con el horizonte calcáreo-dolomítico del Norte Argentino*. — Notas del Museo La Plata, 6, 337-354.
- STAPPENBECK, R. (1921). *Estudios geológicos e hidrogeológicos de la zona subandina de las provincias de Salta y Tucumán*. — An. Min. Agric., Secc. Geología, XIV, 5, Bs. As., 135, 7 láms., 1 map.

LÁMINA I

1. Vista del sinclinal asimétrico en Copacabana, desde el puesto de Teófilo Vargas hacia el NNW. El río Pírgua con su curso consecuente surca los sedimentos del Horizonte Calcáreo dolomítico (H. C.) y cruza a la Loma Larga, elevada por fractura, en el borde derecho de la fotografía. Nótese el nivel de terraza sobre todo en el centro y algo a la derecha. En primer plano la pendiente está dada por la inclinación de las lajas calcáreas («dip-slope»).
2. Vista tomada desde la Loma de la Cruz hacia el sur. En primer plano, el basamento (Pr) se hunde debajo de las Areniscas Inferiores (A. I.) del cerro Pírgua, donde la erosión ha dejado un surco que indica la dirección aproximada del eje de la estructura anticlinal. En el borde izquierdo de la fotografía, el extremo meridional del pie-de-monte de la Pampa Grande. Al fondo, las cumbres del Departamento de Candelaria.



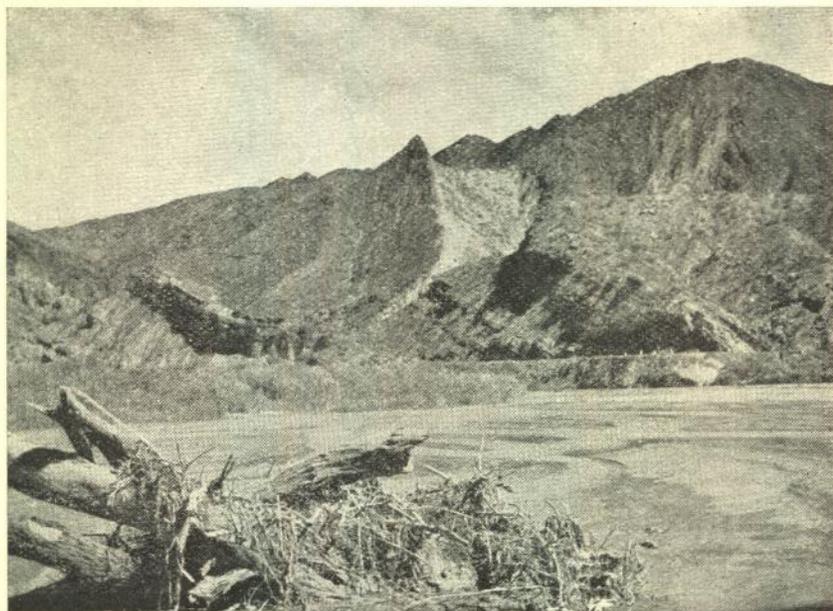
1



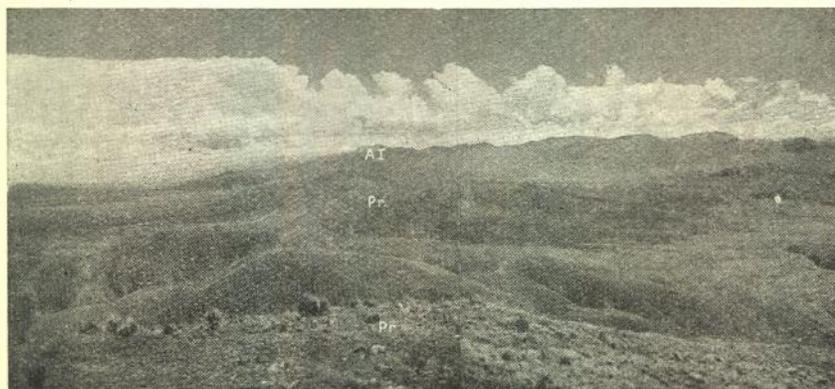
2

## LÁMINA II

1. Pliegue sinclinal asimétrico de rumbo N 10° E frente al km. 19 (Morales). El ala occidental, elaborada en sedimentos de diferente dureza y mantos basálticos que pertenecen a las Areniscas Inferiores, está algo volcada.
2. Vista panorámica desde el cerro Carpintería hacia el SSW. En primer plano el basamento (Pr) que, en el fondo y al centro, está cubierto por las Areniscas Inferiores del cerro Pirgua (A. I.). A la izquierda y al fondo, los sedimentos de pie-de-monte de la Pampa Grande cubren el Terciario Subandino, en contacto por falla con el basamento. A la derecha, el arroyo del Abra surca los sedimentos cuartarios de las Juntas de Alemania; al fondo el macizo precámbrico que culmina en el cerro San Mateo.



1

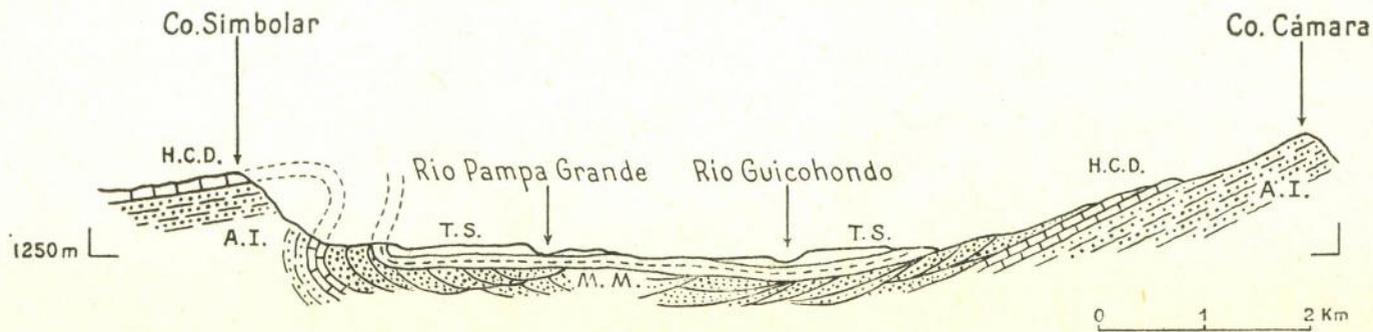


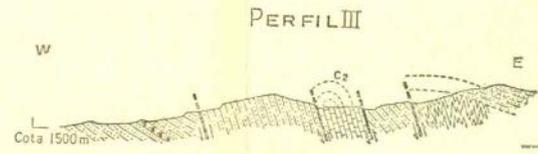
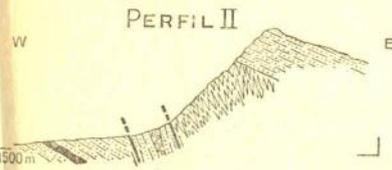
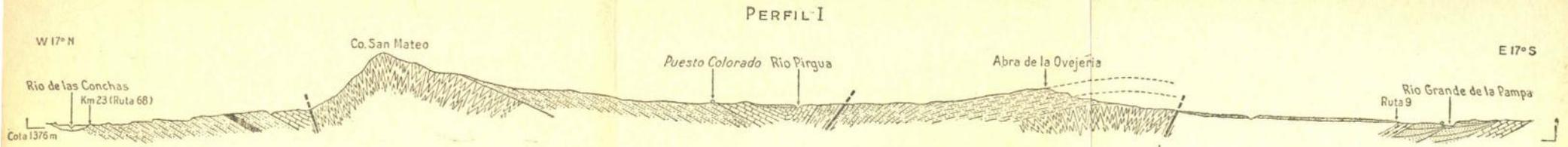
2

### LÁMINA III

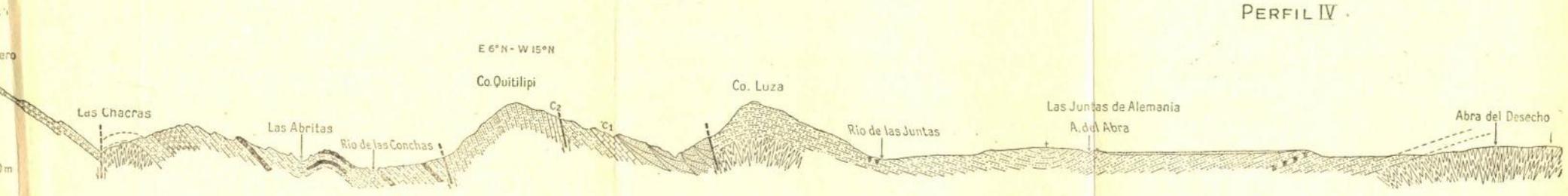
Vista panorámica desde el Morro del Infiernillo hacia el NE. En primer plano, las Areniscas Inferiores (A. I.) elevadas por la falla de rumbo NE; en el centro, el amplio valle de Acosta surcado por los ríos de la Pampa Grande (izquierda) y de Guaico Hondo (derecha), los que han elaborado sus cauces en las arcillas policromas suavemente plegadas (Margas Multicolores MM). En el borde izquierdo de la fotografía el pliegue volcado del cerro Simbolar; a la derecha las Areniscas Inferiores (A. I.) del cerro Cámara.

El perfil corresponde a la fotografía : A. I. « Areniscas Inferiores » ; T. S. : « Terciario Subandino ».

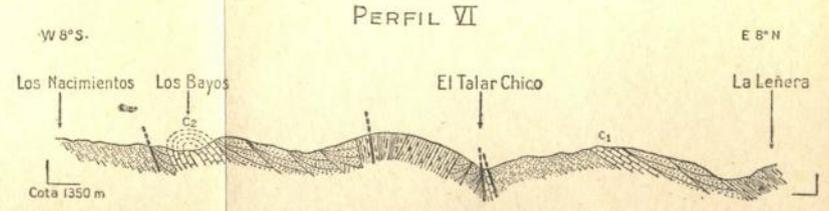
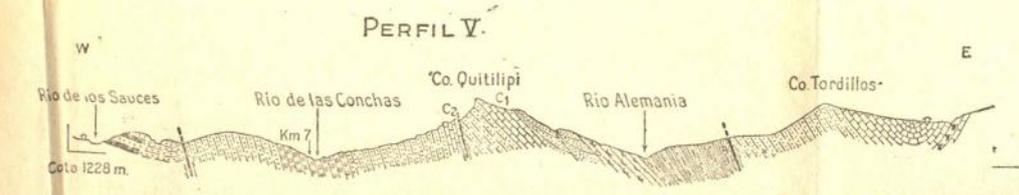
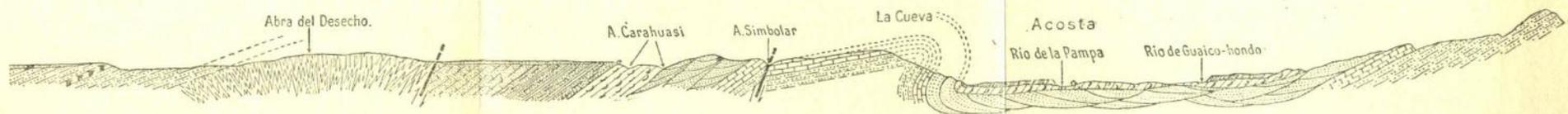




- |  |  |                       |   |
|--|--|-----------------------|---|
|  | <i>Aluviones antiguos y Aluviones antiguos terrazados</i>  |                       | <i>Areniscas calcáreas "Margas Multicolores"</i>  |
|  | <i>Areniscas muy finas de color castaño claro "Terciario Subandino"</i>  |                       | <i>Horizonte Calcáreo dolomítico</i>  |
|  | <i>Areniscas muy fina a fina de color rojo ladrillo, mal estratificadas con margas verdosas intercaladas "Terciario Subandino"</i> |                       | <i>Areniscas margosa micácea pardo colorada y areniscas conglomeráticas con montos de basalto intercalados ("Areniscas Inferiores")</i> |
|  | <i>Filones capas de Andesita anfibólica sobre todo en las Areniscas inferiores</i>   |                       | <i>Pizarras, grauyacas, etc. precámbricas?</i>  |
|  | <i>Arcillas policromas con restos de insectos y peces "Faja Verde, Margas Multicolores"</i>  | Escala 0 1 2 3 4 5 Km |   |



PERFIL IV (continuación)





65°32'31"

# RELEVAMIENTO GEOLÓGICO

DE LA REGIÓN DE LOS  
CERROS QUITILIPÍ Y PIRGUA

DTO. GUACHIPAS, PROV. DE SALTA

POR OSCAR J. RUIZ HUÍDOBRO

TOPOGRÁFICAS

- ✦ Punto astronómico
- △ Mejón principal
- Mejón secundario
- ..... Divisoria principal de las aguas
- ~ Río permanente
- - - Río temporario
- == Camino carretero
- ~ Senda
- (2000) Altura en metros
- = Abra
- Casa
- - - Telegrafo

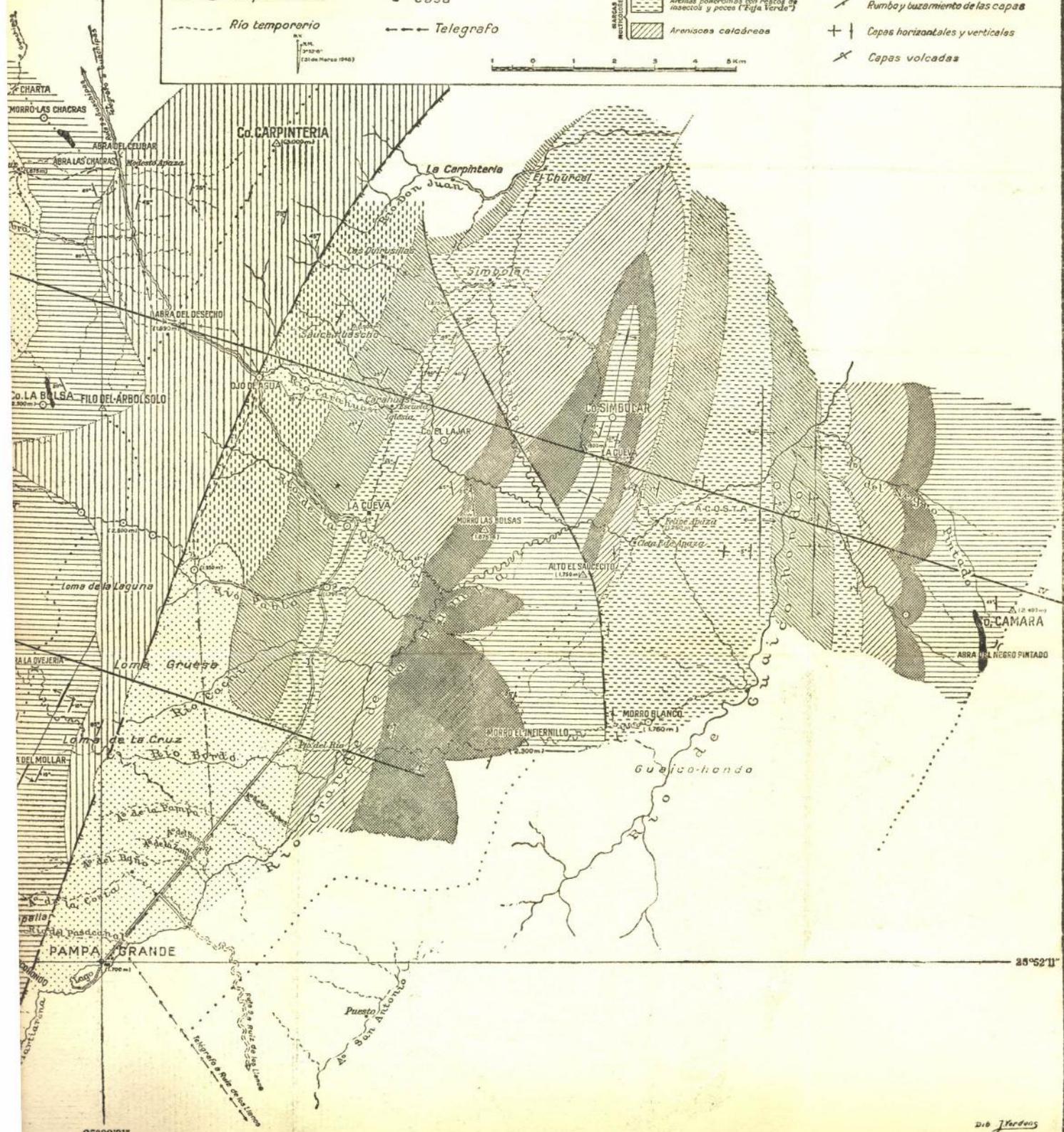
REFERENCIAS

- Abalones recientes
- Aluviones antiguos (1)
- Aluviones antiguos torresolados (2)
- Areniscas muy finas de color castaño claro
- Areniscas muy fina a fina de color rojo ladrillo más estratificadas con intercalaciones verdosas
- Filones capas de Anésita antibética sobre todo en las Areniscas inferiores
- Arenillas polimicas con restos de insectos y peces ("Ejja Verde")
- Areniscas cataóreas

GEOLÓGICAS

- Horizonte Calcáreo-dolomítico
- Areniscas margosas micáceas pardo colorado y anésitas conglomeradas con mantos de basalto intercalados
- Pizarras, grauwacas, etc. precámbricas?
- Fracturas principales
- Rumbos y buzamiento de las capas
- Capas horizontales y verticales
- Capas volcadas

21° 32' 0"  
(31 de Marzo 1948)



25°52'11"

65°32'31"