

# ESTUDIOS TECTONICOS EN LA PRECORDILLERA DE SAN JUAN

## LOS RIOS SAN JUAN, JACHAL Y HUACO

Por ARNOLDO HEIM

### RESUMEN

El autor describe varios perfiles obtenidos en los valles de los ríos San Juan, Jachal y Huaco y en base a ellos determina los principales acontecimientos diastróficos sufridos por la Precordillera sanjuanina. Por último, el autor trata algunos problemas de geología histórica referentes a dicha unidad morfoestructural.

### PRÓLOGO

Los estudios reunidos en esta publicación fueron iniciados en mayo y junio de 1944, por encargo de la Dirección de Minas, Geología e Hidrología de la República Argentina, entonces a cargo del señor Augusto Tapia. Al año siguiente, el Director del Departamento de Hidráulica, de la provincia de San Juan, ingeniero Enrique Zuleta, me invitó a estudiar varios proyectos de embalse en los ríos San Juan, Jachal y Huaco, que me permitieron complementar los estudios tectónicos en la precordillera. Numerosos informes geotécnicos sobre los diferentes proyectos fueron entregados a la Dirección de Hidráulica. Posteriormente, la Dirección de Minas y Geología, dirigida por el señor Remigio Rigal, publicó el informe científico de La Rincónada en la precordillera, al sur de la ciudad de San Juan (14).

Con anterioridad estudié la parte occidental de la precordillera, en la región de Barreal, en el Valle del Río de los Patos (10). Otro estudio manuscrito sobre los ríos transversales San Juan, Jachal y Huaco quedó inédito, pues fué entregado al ingeniero Zuleta a principios de

1946, quien demostró gran interés en publicarlo, con los informes geotécnicos referentes a los proyectos de embalse; pero durante un viaje realizado en febrero y marzo al sur de la Patagonia <sup>1</sup> desaparecieron inexplicablemente las láminas de los perfiles y los mapas geológicos, de los cuales no tenía copias.

Este informe, en gran parte nuevamente dibujado y escrito se basa sobre notas y croquis de la libreta de campaña; solamente el mapa geológico del Río San Juan no pudo ser restaurado. Queda, pues, como un trabajo a realizar, el trazado de este mapa geológico basándose sobre un mapa topográfico perfeccionado.

Durante la realización de este estudio se presentaron varias dificultades que impidieron realizar un trabajo minucioso :

1ª La ausencia de mapas topográficos de escala adecuada — sólo existía uno muy imperfecto 1 : 500.000 — y la falta de planos fieles de las carreteras principales. Los únicos puntos de apoyo de los perfiles fueron los indicadores de piedras blancas, numerados a razón de uno por kilómetro;

2ª Mientras que las carreteras presentan buenos afloramientos de detalle, las formas tectónicas debieron ser dibujadas en la margen norte de los ríos, a distancia y con la ayuda de un prismático Zeiss (láms. I-IV), debido, a que las carreteras que costean los tres ríos estudiados corren por la margen sur de los valles correspondientes. Con excepción de algunos puntos, no fué posible cruzar los ríos;

3ª Gran parte de las pendientes del lado izquierdo de los valles de los ríos quedaban en sombra o contra el sol, lo que a veces hizo difícil distinguir las formas tectónicas;

4ª La ausencia de fósiles en las diferentes formaciones de gran potencia, no permitió determinar exactamente los límites cronológicos. Es probable por ejemplo, que la formación de grauvacas y esquistos filíticos pertenezca no sólo al Devónico sino también al Carbónico inferior o Mississippiano. El límite del Carbónico superior con el Pérmico, en la serie de Paganzo, tampoco ha sido determinado exactamente;

5ª La tectónica de la Precordillera es muy complicada, no solamente por sus pliegues y sobrecurrimientos, sino por el frecuente cambio de rumbo de las estructuras. El rumbo de los pliegues en la parte occidental (kms. 118-125 de la carretera del Río San Juan), es NW hasta WNW en lugar de N. En la parte oriental, a causa de la intrusión ígnea (kms. 37-40) la serie devónica está inclinada hacia el SW y S, de manera

<sup>1</sup> ARNOLD HEIM, *Informe sobre un estudio glaciológico en el Parque Nacional Los Glaciares*. Admin. Gen. de Parq. Nac. y Turismo, Rep. Argentina, Buenos Aires, 1946.

que no es posible construir un perfil tectónico W-E. Además de tales desvíos regionales hay frecuentes contorsiones locales con o sin fallas, a veces combinadas con fuertes inclinaciones de los ejes de los pliegues;

6ª En las formaciones esquistosas, especialmente del Devónico, se presenta a menudo el fenómeno de deslizamiento superficial, *Hakenwurf* que engaña como si fuera una estructura tectónica. Así, por ejemplo, las partes redondeadas de las cumbres descompuestas pueden parecer poco plegadas en comparación con los cortes frescos y profundos de las gargantas. Además, no siempre es fácil distinguir entre agrietamiento («*Klüftung*»), clivaje y estratificación;

7ª También puede engañar el *color* de las rocas según el grado de descomposición química superficial. Frecuentemente se observa un cambio rápido del rojo al verde y al blanco-amarillento, en las areniscas carbónicas, no solamente en la superposición de los estratos, sino también en la continuación de un mismo estrato. El Devónico cambia su color superficial de negro a gris verdusco, verdegrisáceo o de oliva al pardo, por lo que no me fué posible coordinar estas coloraciones con subdivisiones estratigráficas constantes.

En vista de éstas y otras dificultades, las láminas de perfiles I-III deben ser consideradas como croquis que sirven para demostrar el *tipo del plegamiento* de una parte de la Precordillera. La lámina I presenta una combinación de corte y vista superficial.

#### TRABAJOS ANTERIORES

Después de Bodenbender (1 y 2), quien en Jachal estableció la edad de la serie de grauvacas y esquistos como Devónica, es a Stappenbeck (18) a quien debemos las primeras descripciones con perfiles tectónicos de la Precordillera en la región de San Juan. Su perfil VI contiene la sección Pachaco-Tambolar del Río San Juan, en el cual la caliza «silúrica» del Cerro Blanco ya figura indicada como sobrepuesta al Devónico. Por lo demás, los dibujos tectónicos son bastante primitivos y contienen muchos errores, lo cual se comprende en un trabajo inicial sobre una región tan extensa, de plegamiento sumamente complicado y de difícil acceso.

Respecto al Río San Juan, las únicas publicaciones con observaciones de detalle han sido las relacionadas con estudios para proyectos de embalse y son :

1ª El trabajo de Groeber y Tapia (7) sobre el proyecto de un dique de embalse en Ullún, en el lugar en que está ubicado el puente carretero. Contiene un mapa geológico que fué preciso para juzgar la cuestión téc-

nica. La descripción que daré en este informe difiere solamente en puntos tectónicos de secundaria importancia;

2ª El trabajo de Tapia y Rigal (20) contiene un mapa geológico croquizado en escala 1 : 25.000 y algunos perfiles de detalle. El objeto principal fué encarar el estudio geológico para un gran dique de embalse en el kilómetro 121 de la ruta n° 20 (San Juan-Calingasta). Es lógico que en ese lugar no fuera posible comprender la tectónica por falta de conocimiento de la sucesión estratigráfica. Se trata de un plegamiento de la serie Gotlándica-Devónica normal, en lugar de Cámbrico sobre Carbónico.

Respecto a la estratigrafía y geología histórica, los trabajos de Keidel (15) y Du Toit (1929) son de primordial importancia, aunque no tratan directamente los perfiles de nuestros tres ríos.

Lo que demostré para la región de Barreal (10) y de La Rinconada (14) no será repetido. Tampoco serán tratados en este informe los resultados geotécnicos vinculados con los proyectos de embalse.

## EL PERFIL DEL RÍO SAN JUAN

(Láms. I-II)

### I. *Observaciones estratigráficas*

En la Precordillera de San Juan se encuentran las formaciones sedimentarias desde el Cámbrico. Además intervienen rocas intrusivas y extrusivas — como meláfiro, rocas ácidas — y tobas terciarias.

1. *Cambro-Ordovícico.* — La formación más antigua es la caliza generalmente atribuida al Ordovícico. Sin embargo, Harrington y Leanza (9) han demostrado que parte de la sierra calcárea de Zonda (Quebradas de La Laja y de Juan Pobre) pertenece al Cámbrico medio. Estos autores no mencionan las relaciones con la parte superior de la formación calcárea, que por sus fósiles se ha determinado como Ordovícico medio.

He coleccionado *Orthis huarpa* Harrington et Leanza en la lámina de caliza del kilómetro 99 de la Ruta n° 20. Este es el último afloramiento de caliza hacia el W.

En la Quebrada de Zonda, que atraviesa oblicuamente la sierra del mismo nombre no he encontrado fósiles. El espesor normal sobrepasa allí los 1500 metros y puede alcanzar los 2000 m. En la parte inferior calcárea-dolomítica del Parque Rivadavia he hallado un estrato de 10 cm con *glauconita* en granos verdes, que alcanzan un milímetro de diámetro. Generalmente las partes dolomíticas que se encuentran en forma

lenticular, nodulosas o en bancos delgados en la caliza gris-azulada, se distinguen por su color superficial amarillo-herrumbre. Proviene este color de la hidroxidación de las partes con *ankerita* (Ca, Mg, Fe) CO<sub>3</sub>, que forma un mosaico de romboedros microscópicos. En otras partes la caliza presenta gran cantidad de concreciones de sílex negro o de estratos nodulosos de sílex. Debido al plegamiento complicado y a la erosión preterciaria no me fué posible establecer un perfil estratigráfico normal, mostrando la repartición original de las partes silicatadas y ankeríticas.

La caliza de Pachaco (km 91) y del Tambolar (km 74), en su parte normal superior contiene sílex. Allá, la parte más ankerítica con lentes y estratos íntegramente ferruginosos, de algunos decímetros de espesor

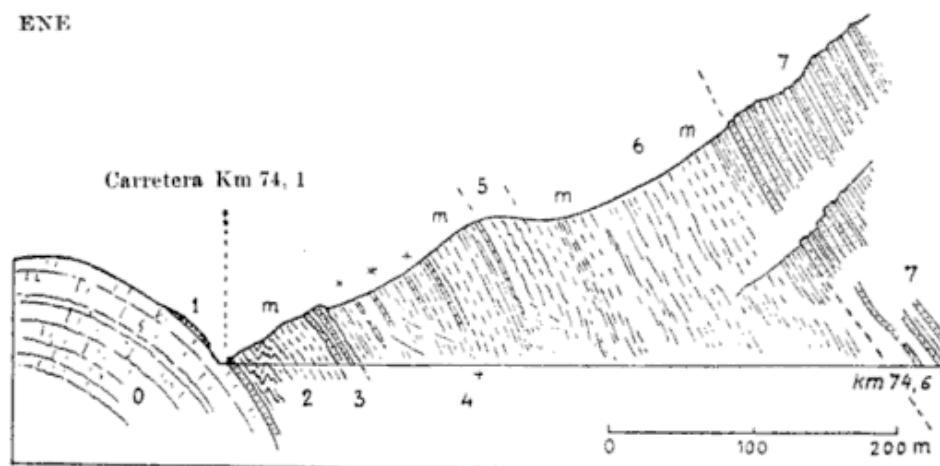


Fig. 1. — Perfil estratigráfico de Tambolar: 0-7, véase texto; +, braquiópodos; X, *Autopora*; °, corales; m, esquistos morados

cada uno, está en un nivel situado de 300-500 metros debajo de la superficie estratigráfica del complejo calcáreo ordovícico.

Concerniente a la repartición geográfica de la formación calcárea se puede decir que el desarrollo más potente se encuentra en la región oriental de la Precordillera, aflorando a su vez las porciones bajas de la serie en la sierra de Zonda; mientras que en la región occidental, en Calingasta, la caliza ya no aflora. Viniendo del oeste, la primera cuña de caliza se encuentra en forma de una lámina aplastada y erigida entre esquistos devónicos, arriba del kilómetro 99, en el lado sur de la carretera. El basamento normal de la formación calcárea en la Precordillera de San Juan, no es conocido.

La caliza dolomítica, ankerítica y silícica es una formación de precipitación bentónica química, y no orgánica, aunque localmente se encuentran vestigios de corales, ostrácodos, foraminíferos y otros organismos microscópicos <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> En lo concerniente a la facies compárese (11).

2. *Formación de Tambolar (Gotlándico-Devónico inferior)*. — Por su posición estratigráfica normal el lugar denominado Tambolar, en el km 74 de la carretera de San Juan a Calingasta, ha proporcionado la *llave estratigráfica* del Paleozoico inferior. Ya propuse el nombre de la formación (11) y (14).

La sucesión estratigráfica es la siguiente (fig. 1) :

- 0) Caliza ordovícica, con sílex. Contacto biconcordante neto con el término siguiente :
- 1) 2-2,5 m estratos basales del Tambolar : esquistos silíceos verdes y cuarcita con flint. En el camino se intercala un estrato de 10-20 cm blanco, tobífero, en la parte basal :
- 2) 60 m esquistos arcillosos morados y verdes :
- 3) 13,5 m arenisca fina cuarcítica en bancos finos. Superficie neta nodulosa y herrumbrosa :
- 4) 120 m esquistos arcillosos, predominantemente gris-verduscos, con bancos de 5-30 cm a distancias de 1-10 m de dolomita arenosa con superficie pardo-anaranjada. Estos bancos característicos contienen raros braquiópodos. En la parte basal de la serie 4 hay un fósil ramificado sin estructura fina que parece pertenecer al Tabulata *Aulopora tubaeformis*, mientras que a unos 30 m más arriba hay bancos llenos de corales ramificados. Pasaje de estos bancos a :
- 5) 20-30 m de esquistos arcillosos verde-morados con bancos silíceos caracterizados por sus rastros y tubos vermiformes:
- 6) 160 m de esquistos verduzcos y morados. Límite neto (pasaje sobre un metro ?) a :
- 7) *Devónico*. Bancos de grauvaca dura y esquistos muy potentes.

Así, el espesor normal del Tambolar (n<sup>os</sup> 1-6) es de 400 metros. Agradezco al doctor Armando F. Leanza las determinaciones de los fósiles siguientes :

a) de los bancos amarillos n<sup>o</sup> 4 : *Orthoceratidae* ind. ; *Australospirifer antarcticus* (Morris et Sharpe) (varias muestras) ; *Leptocoelia flabellites* Conrad ; *Liorhynchus bodenbenderi* Kayser ; *Tropidoleptus fascifer* Kayser ; *Favosites argentina* Thomas.

b) de la arcilla gris margosa del camino (+), una misma subdivisión de *Leptocoelia flabellites* ; *Tropidoleptus Bodenbenderi* Kayser ; *Liorhynchus Bodenbenderi* ; *Favosites argentina* y *Tropidoleptus fascifer* son conocidos en el Gotlándico, mientras que *Australospirifer antarcticus* y *Leptocoelia flabellites* son típicos del Devónico inferior.

En el lugar b, los fósiles gotlándicos (*Liorhynchus*) y devónicos (*Leptocoelia*) provienen del mismo estrato de 10 cm. Esta convivencia de faunas devónicas y gotlándicas ya fué observada por Stappenbeck (18) en la región clásica de Jachal. Por ello, el nombre propuesto: « Forma-

ción de Tambolar » parece ser más acertado que el uso de los términos cronológicos.

En el lugar de la figura 1, he coleccionado de los bancos dolomíticos (división n° 4) no solamente numerosos trozos con corales quebrados de 0,5 a 1 cm de espesor, sino también un bloque de unos 20 kgs y de 30 cm de espesor que contiene un ejemplar maravilloso, medio suelto, de *Favosites*, con dos ramas que tienen 2 cm de espesor cada una. Es difícil explicarse cómo pudo crecer este coral con ramas que se extienden *a través de la estratificación* del banco duro arenoso-dolomítico. Desgraciadamente esta valiosa muestra se ha perdido en Buenos Aires.

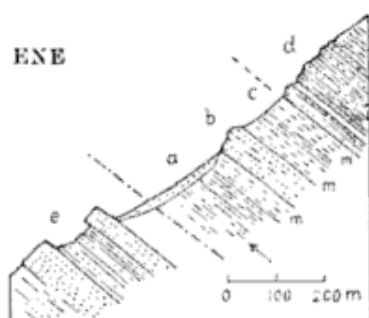


Fig. 2. — Perfil encima del km 46 de la carretera, río San Juan : formación Tambolar : a. esquistos verdes y morados, en su mayor parte cubiertos por acarreo ; b. arenisca verdusca clara micácea, con bandas herrumbrosas, 50 m ; c. esquistos morados y verdes ; d. bancos de grauvaca y esquistos oscuros, muy potentes. Devónico.

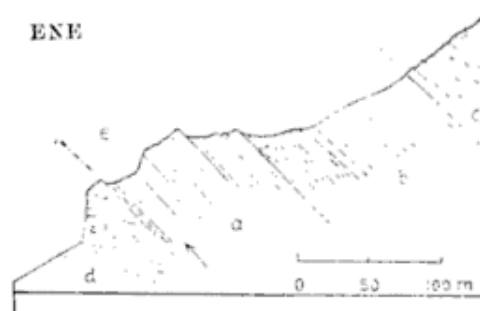


Fig. 3. — Perfil 1 km al Sur del km 41,15, río San Juan : a, arenisca gris-amarillenta y verdusca con *Australospirifer*. Pasaje rápido a ; b, esquistos verdes y morados del Tambolar, en la base con bancos calcáreo-arenosos, micáceos, con rastros vermiformes ; c. estratos con grauvaca, Devónico ; d. toba blanca caolinizada, brechosa con rodados y bloques angulosos de pórfido cuarífero y grauvaca, Terciario ; e. 2-5 m de arena arcillosa rojiza.

Una vez reconocida, se ubica la Serie de Tambolar en otras localidades de la Precordillera, especialmente por sus esquistos morados y verdes. Se le reconoce no solamente en el interior de la Precordillera, sino también en sus márgenes orientales (Rinconada) y occidentales. En Calingasta, desde la Capilla, en el lado norte del Río de los Patos, hasta Hilario, más al sur, la Serie Tambolar forma los núcleos de anticlinales aplastados y torturados entre Devónico y meláfiro, en discordancia completa bajo el Triásico, el Terciario o el Cuaternario.

En la quebrada del Río San Juan, se encuentra la Formación Tambolar :

1° Entre los kms 124,3 y 125,2 (fig. 14) en contacto neto con las filitas devónicas ;

2° En Pachaco, km 91, en posición normal, entre la caliza y el Devónico con grauvaca, pero reducido a 100-200 m ;

3° En el km 46 (fig. 2), donde en el acarreo he hallado una piedra de una arenisca micáceo calcárea, llena de *Australospirifer antarcticus* y

*Leptocoelia flabellites*. Probablemente estos fósiles provienen de la subdivisión *b* de la figura 2, mientras que otras piedras sueltas de la facies grauvaqa negra contienen *Leptocoelia flabellites* con *Tropidoleptus fascifer*. Este fósil, en el km 46, en la serie normal, se encuentra pues aun en la grauvaqa devónica.

En el Valle del Río San Juan, se encuentra de nuevo el Tambolar empujado sobre terrenos más recientes, en el km 41 (fig. 3).

Comparando estos perfiles de los kms 46 y 41 con la localidad típica de Tambolar km 74, parece que la parte media se transforma hacia el

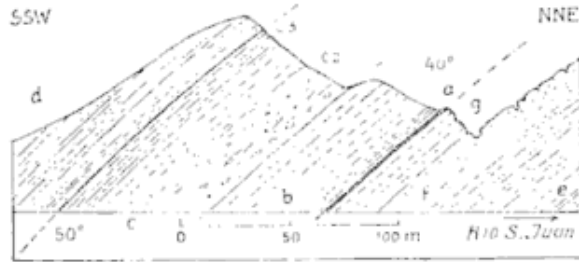


Fig. 4. — Perfil de la formación Tambolar en el río San Juan, margen opuesta a la del kilómetro 40 de la carretera : *a*, 5 m de arcillas verduscas y violetas con bancos quebrados arenosos dolomíticos, pasaje a : *b*, 30 m arcillas moradas ; *c*, 50 m arcillas moradas con estratos verdes. Concreciones esféricas y cilíndricas, y fragmentos arenosos con tubos de *Autopora* ? Contacto neto, ondulado, biconcordante, con : *d*, bancos de grauvaqa devónica ; *e*, arenisca esquistosa y arcillosa verdusca de tipo devónico, pasando a ; *f*, 20 m arenisca fina gris-parda ; pasaje a *g*, 15 m arenisca arcillosa verdusca.

este en arenisca y que, en el km 41 la parte basal falta por sobrescurrimiento.

El lugar más oriental del Tambolar se encuentra en la orilla izquierda (norte) del Río San Juan, opuesta al km 40 (fig. 4).

En este lugar, los estratos *a-c* pertenecen a la Formación Tambolar típica, mientras que *e-g* parecen representar el Carbónico. Parece que falta el equivalente de los estratos más bajos del perfil (fig. 1), de la localidad Tambolar. En vano

he buscado un plano de deslizamiento tectónico entre los estratos *g* y *a*.

Los únicos lugares donde se puede estudiar el contacto primario normal del Tambolar sobre la caliza ordovícica, en el valle del Río San Juan, son Tambolar y Pachaco (ver *lit.* (11), pág. 142, fig. 4).

En suma, el contacto biconcordante en detalle, parece presentar una peneconcordancia, es decir, un plano casi concordante entre la estratificación primaria del yacente al techo, con un ángulo de cero a pocos grados. *Puede explicarse el hiatus entre el Ordovícico medio y el Gotlándico superior por una fase submarina sin sedimentación y también por denudación sin emersión.* Explicaríase así, la ausencia de un verdadero conglomerado basal de la Formación Tambolar.

Las costras limoníticas y los rodados de sílex deben derivar de la disolución de la caliza. En todo caso, el hiatus representa un *cambio abrupto de facies*, que puede explicarse por una alteración de agua caliente en una corriente fría <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Más informaciones en *lit.* (11) sobre el fenómeno de denudación submarina en general.



3. *Devónico, Formación de Grauvaca.* — Como ya fué establecido por Bodenbender, Keidel y Stappenbeck, la potente formación de grauvacas y esquistos oscuros del Río San Juan debe pertenecer en gran parte al Devónico. Ya en el yacimiento Tambolar hemos encontrado fósiles devónicos característicos. En Leoncito, al sur de Barreal, Keidel y Harrington han coleccionado y descripto braquiópodos del Carbónico inferior. Según mis observaciones, estos fósiles provienen de la parte superior de la potente formación de grauvacas y esquistos filíticos. En consecuencia debo suponer que la parte alta de la serie de grauvaca incluye parte del Carbónico inferior o Missisipiano.

Aunque no pueden separarse exactamente de la parte devónica, las grauvacas de la parte carbónica, litológicamente parecen ser distinguibles por un grano arenoso más grueso y micáceo y por frecuentes restos de plantas. Esto se observa no solamente en Leoncito, sino también en el lado opuesto oriental de la Precordillera, en el Río San Juan, kilómetros 37-39.

Por su plegamiento intenso no se puede medir el espesor original de la formación de grauvaca y esquistos. Parece alcanzar o pasar los 2000 m. Tampoco pude distinguir subdivisiones más que de valor local :

En Calingasta y en Las Juntas, km 124 (lám. I), la parte inferior del Devónico en contacto en el Tambolar morado, es esquistosa filítica y tiene un espesor de 500 m o más. Encima sigue una serie de 300-400 m con bancos de grauvaca superficialmente de color pardo.

En la localidad de Tambolar y en los kms 46, 41 y 40 por el contrario, la serie empieza con bancos de grauvaca encima del Tambolar. En el último lugar (fig. 4), es un banco de 2 m de espesor, que descansa directamente sobre las arcillas del Tambolar, con límite neto ondulado. Parece que este límite inferior siempre es neto y representa un hiatus de poca duración.

El color superficial de la serie devónica en general es oscuro, verde-oliva y se distingue bien y a distancia de la caliza ordovícica clara. Río abajo de la quebrada del Salto, kms 113-111 y 105-103, el color superficial del Devónico es de un tono que oscila entre el verde y verde-grisáceo. Pero los colores superficiales no solamente dependen de las facies sino que, ellos cambian frecuentemente sin que se reconozca la causa de ello.

La facies del conjunto es terrígena marina del tipo flysch, casi libre de calcáreo y de fósiles. Frecuentemente se observan suaves marcas de oleaje (ripplemarks) en la superficie de los bancos de grauvaca. También pueden haberse originado en un fondo profundo por olas de terremotos.

En un lugar (km 103), he encontrado grauvacas con granos gruesos de cuarzo, de 3-6 mm de diámetro («arenisca porfírica»). Otra excepción estratigráfica es el yacimiento conglomerádico del km 97,9. Se

compone de 10 m de arenisca y unos 40 m de *conglomerado* con rodados gruesos cuarcíticos. El conjunto está intercalado discordantemente en la serie plegada filítica. Este conglomerado recuerda intercalaciones parecidas en el Devónico descrito de La Rinconada (14).

4. *Carbónico Inferior*. — En la región de San Juan, el Carbónico inferior se presenta en diversas facies.

En el lado occidental de la Precordillera, como ya mencionaran Keidel y Harrington, existen facies marinas conocidas en Leoncito y en Barreal (10). En el lado oriental, el Carbónico inferior (Mississippiano) es de facies terrestre con plantas (Keidel, Du Toit, Heim). Parece que existe además una facies intermedia que se halla en la región de Calingasta, Las Juntas y en algunos pliegues interiores de la Precordillera, como por ejemplo en la Quebrada del Alumbre al sur del km 112-113, y en el km 109 (fig. 6). Esta facies está caracterizada por areniscas arcillosas negruzcas azuladas con afloraciones y vetas de alumbre, y areniscas grises.

Al oeste del km 128, en el lado izquierdo del Río de los Patos, he encontrado areniscas cuarcíticas grises y esquistos carbonosos. La conexión con la serie devónica de grauvacas todavía no está aclarada, por causa de las complicaciones tectónicas. Parece que hay pasajes con repeticiones de facies<sup>1</sup>.

En la parte media de la Precordillera, en el km 64 y 65, a pesar del plegamiento de detalle, se observa un *pasaje estratigráfico* de la serie oscura filítica con grauvacas, hasta la serie de areniscas multicolores del Carbónico del tipo Paganzo II. No hay conglomerado basal (figs. 19-20). A la altura de los kms 64-62, he notado la sucesión aproximada siguiente, desde abajo :

- 1) Esquistos filíticos oscuros del tipo devónico.
- 2) 10 m esquistos oscuros con bancos ferruginosos margosos.
- 3) 15 m como 2, intercalado por filitas.
- 4) 4 m arenisca fina pardo-clara.
- 5) arcilla arenosa, pasando a :
- 6) areniscas grises, rojizas, chocolate y gris verdusco, con bandas de arcilla roja y verde.
- 7) 300 m o más de areniscas pardas y blancas, con intercalaciones arcillosas y negras.

Esta serie parece pertenecer al Carbónico inferior, semejante a la parte inferior de la serie de Huaco llamada por Frenguelli *Serie de Tupe*.

<sup>1</sup> El profesor doctor H. J. Harrington ha coleccionado fósiles en la región de Calingasta, que serán estudiados por él y por el profesor A. F. Leanza (comunicación verbal).

No hay conglomerado basal en esta zona, ni discordancia, aunque los detalles estratigráficos cambian de un lugar al otro. Así, por ejemplo, encima de los esquistos verduscos, se destacan en el km 65, ya desde lejos, diversas bandas arenosas rojas, grises y verdes, no pudiéndose determinar el límite cronológico preciso entre el Devónico y el Carbónico inferior.

Ya he mencionado que probablemente, la parte alta de la serie con bancos de grauvaca micácea puede llegar hasta el Carbónico. Litológicamente, las grauvacas con restos de plantas del km 41,2 no se distinguen de las de la serie con braquiópodos carbónicos bajo la filita de Leoncito, al sur de Barreal, descriptos por Keidel y Harrington.

5. *Carbónico superior (Paganzo II)*. — También el Carbónico superior se presenta en dos facies. La facies marina ya ha sido descripta en Barreal (10). La facies terrestre es generalmente conocida con el nombre de Paganzo, y corresponde al Paganzo II de Bodenbender, que pertenece al sistema de Gondwana (13).

Viniendo del oeste se encuentra el Paganzo primeramente en la región de Calingasta, al W del km 127. Consiste de areniscas rojizas y verduscas, intercaladas por meláfiro y cubiertas por grava brechosa pleistocena (lám. I).

Los afloramientos más claros y característicos se hallan en los kms 86 y 67 (6 km al sur de Tambolar), kms 53-52 y 49-48. En este último lugar, la estratificación es normal y está inclinada 60° hacia el W y es neta. Se trata de una serie de 1000 m de areniscas multicolores (rojo ladrillo, rojizo, morado, pardo, chocolate, verdusco, gris, amarillo y blanco, con intercalaciones secundarias arcillosas verduscas. El contacto con la grauvaca en el km 47,6, es neto y *biconcordante* (lám. II).

6. *Pérmico (Conglomerado de la Quebrada del Salto)*. — Entre los kms 117 y 111,5, el valle del río San Juan se ensancha hacia ambos lados por valles longitudinales. El de la margen sur se llama Quebrada del Salto y del Alumbre y el de la margen norte, Quebrada del Tigre. Estos valles confinan al W y E las sierras oscuras de Devónico plegado, entre las cuales se extienden formaciones más recientes de edad dudosa.

Viniendo del oeste, ya se reconoce a la distancia un cambio brusco de color, de verdusco oscuro a rojizo, en la orilla izquierda del Río San Juan, al norte del km 116. Allá, en contacto con esquistos devónicos se halla un conglomerado constituido por *rodados perfectos de granito rojizo* — de hasta un metro de diámetro — y de diabasa. Con discordancia, a veces delgada se superpone el conglomerado a los esquistos con una inclinación de 60° hacia el E. Se extienden los afloramientos hacia el

norte hasta 100-200 m de ancho, con inclinaciones diversas y con intercalaciones de estratos verduscos de arenisca y arcosa.

La carretera km 113-111 está cortada parcialmente en el mismo conglomerado duro verde-morado. Las grandes acumulaciones se encuentran al sur de los kms 111-112, donde el conglomerado forma colinas altas. Son las « morenas » de Tapia y Rigal (20). Desde allí los conglomerados,



Fig. 5. — Perfil a unos 6 km al Sur de la carretera km 112, lado E de la Quebrada del Alumbre: 1, conglomerado de color superficial chocolate; 2, arenisca gris-amarillenta; 3, conglomerado muy grueso con rodados de granitos, arenisca y meláfiro, inclinado 60° hacia el E; 4, arenisca amarilla y esquistos rojos; 5, arenisca amarilla; 6, meláfiro.

siempre constituidos por rodados graníticos y diabásicos, se extienden más de 10 km al sur, en la quebrada del Alumbre, donde se reconocen a la distancia por su color chocolate. A lo largo de esta quebrada se intercalan estratigráficamente areniscas rojas, amarillas y grises. Además, hay considerables intercalaciones de meláfiro que se extienden de la carretera hacia el sur, donde forman crestas salvajes con un espesor de 200 metros (figs. 5-6).

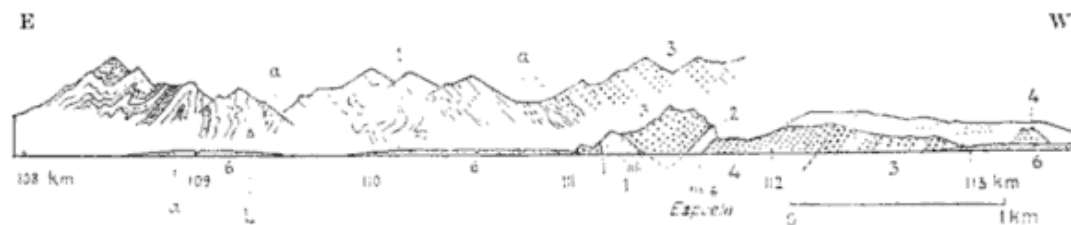


Fig. 6. — Perfil al Sur de la carretera entre kms 108 y 113: 1, esquistos sombríos (Devónico-Carbónico inf.); 2, serie de areniscas amarillas y arcillosas verduscas, con alumbre. (Carbónico inferior?); 3, conglomerado grueso, principalmente con rodados de meláfiro y granito; 4, meláfiro; 5, grava y acarreo pleistocenos; 6, conos de deyección; a, eflorescencias de alumbre y otro salitre; L, obelisco natural de arenisca rojo-ladrillo.

En la estribación sur de la Quebrada del Salto y del Alumbre hay varios conglomerados intercalados por areniscas del tipo Paganzo, con un espesor total de casi 1000 m sin presentar discordancias entre sí.

En el lado sur de la carretera, sin embargo, el conglomerado en algunos lugares descansa sobre terrenos más antiguos con discordancia neta. En el km 111,6 por ejemplo, se eleva una pared de arenisca amarilla de 40 m de espesor y con una estratificación inclinada a 45°E. Descansa

con intermedio de 1-2 m de arcilla roja y verde muy aplastada sobre meláfiro brechoso, verde-rojizo, lleno de vetas calcíticas. Sobre la pared de arenisca descansa un montón del conglomerado grueso macizo de algunos cientos de metros, la estratificación del cual parece estar inclinada 70° hacia el SSE. En su lado este, se superpone en discordancia sobre esquistos devónicos verticales (fig. 6).

Mientras que Tapia y Rigal hablan de morenas, he buscado en vano rodados estriados y a menudo pude reconocer la estratificación.

Respecto a la edad de la formación conglomerádico-arenosa, sólo puede decirse que es más reciente que el Carbónico inferior y más antigua que el Terciario.

En el Río Huaco (lám. IV) he encontrado el mismo conglomerado con 2000 m de espesor, erigido verticalmente. En su parte inferior, en el lado oriental, se observa una ligazón por repetición de los bancos de conglomerado con las areniscas yacentes del Pangazo II. De ahí que se le asigne una edad Pérmica.

Por otra parte, a unos 6 km al sur de Hilario, en el Valle del Río de los Patos, he encontrado debajo de la alta terraza cuaternaria, un conglomerado grueso, de color gris-violeta, erigido hasta la vertical, que parece pertenecer al yacente de la serie triásica. Contiene rodados de grauvaca, pórfido cuarcífero, algunos rodados de granito y bloques de brecha porfírica de hasta varios metros de diámetro. Puede ser de la misma edad que el conglomerado de la Quebrada del Salto. Esto sería otro signo en favor de la supuesta edad Pérmica.

7. *Formación de Pachaco.* — Esta formación de edad incierta solamente fué encontrada en Pachaco, en el lado sur de la carretera, km 88, donde está ubicada la comisaría.

La parte inferior, de unos 50 m, se compone de areniscas blandas tobíferas con escamas de yeso, de color amarillo y pardo. Encima descansan areniscas y arcosas verdes, rojas, chocolate, pardas y blancas, con un espesor de unos 500 metros, formando un sinclinal neto de 1-2 km de ancho. La base en el lado oriental está plegada más o menos conforme con la serie de grauvacas devono-carbónicas. En el límite oeste, la caliza ordovícica ha sobrecorrido el borde del sinclinal invertido (fig. 7 y lám. V-2).

La facies de las areniscas multicolores recuerda a la serie del Pangazo II, pero esta serie arenosa es más blanda. Stappenbeck ha considerado la serie de Pachaco como calchaqueña (Terciario), y la dibujado una

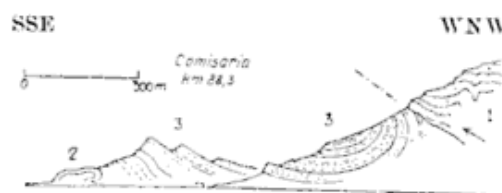


Fig. 7. — Perfil del sinclinal de Pachaco: 1, caliza ordovícica; 2, parte basal amarilla de Pachaco; 3, areniscas multicolores de Pachaco.

discordancia de éste sobre la caliza, mientras que en realidad existe lo contrario. Posiblemente se trate de Triásico. En vano he buscado restos de fósiles.

8. *Triásico*. — En el curso del Río San Juan, a través de la Precordillera, no pude determinar el Triásico, señalado por Tapia y Rigal en la Quebrada del Salto. La región clásica del Triásico, llamado «Rético», se encuentra en la falda occidental de la Precordillera, en el lado este del valle del Río de los Patos, entre Barreal e Hilario. El perfil de la Quebrada de la Cortadera, al norte de Barreal, con sus tobas y maravillosos helechos fósiles, ya es conocido (Stappenbeck (18), Du Toit 1929,

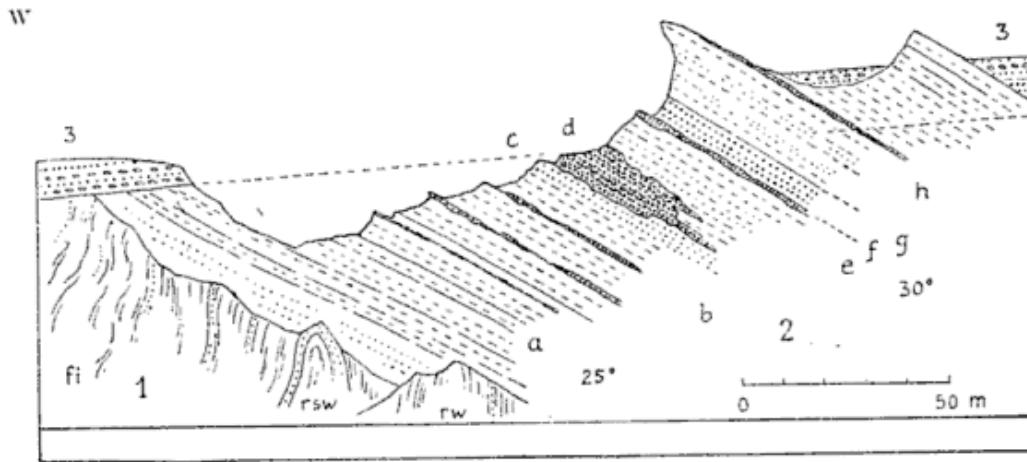


Fig. 8. — Perfil del Alcázar a Hilario : 1, Tambolar, filitas moradas, violetas y verdes, con bancos de cuarcita, de rumbo variable SW, W y NW, fuertemente dislocadas y aplastadas. Discordancia rectangular con la ; 2, serie triásica : a, arcillas arenosas tobíferas, pasando a : b, tobas finas blancas bentoníticas, con estratos de flint pardo ; c, arenisca verde ; d, basalto verde y pardo que se afila hacia el sur ; e, toba bentonítica, caolinizada, blanca, con poco yeso ; f, lámina de flint pardo ; g, conglomerado ; h, toba arenosa, blanco-amarilla. Discordancia a : 3; terraza alta de grava y brecha pleistocena.

Frenguelli 1943-44, Heim 1945). Más al norte se extiende el Triásico plegado en la Quebrada del Jarillal, al sur de Hilario. Pero el lugar más pintoresco es el Alcázar, unos kilómetros al sur de Hilario (fig. 8).

Mientras que el Triásico (fig 8 ver 2) en la falda occidental de la Precordillera tiene un espesor que sobrepasa los 500 m y cubre una superficie considerable, parece que falta completamente en el lado opuesto de la Precordillera de San Juan, donde el Terciario descansa en discordancia sobre el Paganzo (Rinconada) y los terrenos más antiguos (Sierra Chica de Zonda).

En la Quebrada del Salto, al SE del km 116, he hallado algunos rodados de esquisto bituminoso hediondo, del tipo *turbanita*. Como Du Toit (3, pág. 47) encontró estratos de turbanita en la serie triásica de la Quebrada del Jarillal a Hilario, es probable que la turbanita de la Quebrada del Salto también represente el Triásico.

9. *Terciario (Estratos Calchaquíes)*. — Mientras que en la Alta Cordillera de la Provincia de San Juan, los terrenos mesozoicos están bien representados, abundando los ammonites, no se reconocen en la Precordillera de San Juan, los terrenos correspondientes al Jurásico y Cretácico. Sin embargo, el Terciario tiene gran extensión y espesor, pudiendo sobrepasar los 2000 m. Parece que el conjunto pertenece al Neógeno y especialmente al Plioceno. A este Neógeno consistente en areniscas con bancos de conglomerados e intercalaciones arcillosas en repeticiones sucesivas, se le llama Calchaquí o Calchaqueño, y se distingue en general de las formaciones más antiguas de facies parecidas (Paganzo) por sus sedimentos menos consolidados, y del Pleistoceno, por su erección tectónica y el plegamiento que le acompaña.

En ambos lados de la Precordillera se extienden los Estratos Calchaquíes por los valles longitudinales en forma de vastos sinclinales; en el

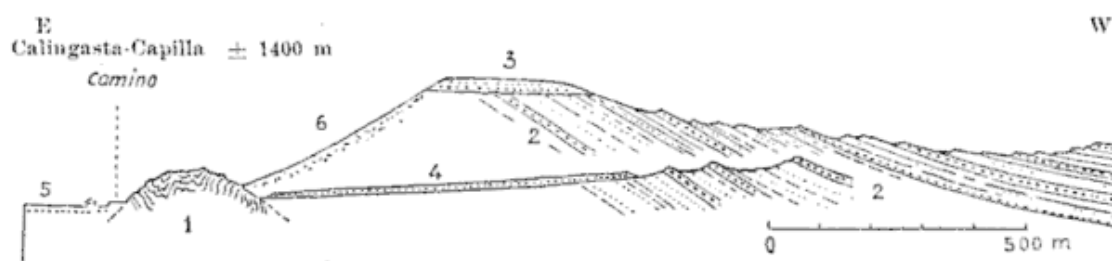


Fig. 9. — Croquis del Calchaqueño (Neogeno) en Calingasta: 1, filitas pardo-violetas y verdes del Tambolar (Gotlándico) plegadas y torcidas; 2, estratos calchaqueños con bancos de conglomerado blando; 3, terraza alta pleistocena poco inclinada al W; 4, rellenos de la pampa moderna; 5, grava reciente del Río de Los Patos.

oeste, en el Valle del Río de los Patos y en el este en el Valle que se extiende desde la ciudad de San Juan hacia sur y norte. Sin embargo, los Estratos Calchaquíes, en ambos valles longitudinales, quedan escondidos bajo espesos aluviones y gravas pleistocenas.

En el sur de Barreal-Los Arroyos, he encontrado intercalaciones de *lacas* neogénicas en los Estratos Calchaquíes.

En Calingasta, el Calchaqueño está expuesto al oeste de «La Capilla», en forma de arenas amarillentas, tal vez tobíferas, con estratos delgados calcáreos y con bancos de conglomerados blandos de 1-5 metros cada uno (fig. 9 y lám. I).

Muy diferente es el Terciario en la parte baja del Río San Juan. Al sur del camino, en el km 41, consiste en gran parte de *toba blanca* caolinizada, con bloques de grauvaca devónica (fig. 3).

Al sur de los kilómetros 36-39, el Terciario se junta con el de la zona del km 41 y se extiende más al sur sobre una vasta superficie, con inclinación general de los estratos de 30-40° hacia el SW y W, formando una zona de lomas y crestas pequeñas de rumbo sur. Sobre la parte basal arenosa descansa una potente serie tobífera blanca y rojiza. El

contacto concordante con la formación yacente de grauvacas con restos de plantas y esquistos devono-carbónicos está bien expuesto en la pequeña quebrada de Los Canales, al sur del puente km 38,8 (fig. 10).

El conglomerado de base se encuentra al NW y SE de la Quebrada

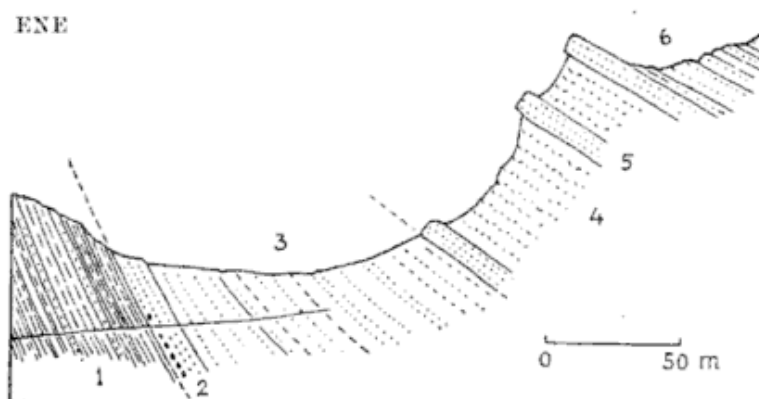


Fig. 10. — Parte basal del Terciario al sur del km 38,8 de la carretera, río San Juan : 1, esquistos arcillosos y bancos de grauvaca, Carbónico inferior ; 2, arenisca blanco-rojiza, en algunos lugares con conglomerado basal conteniendo rodados de cuarcita ; 3, arenisca rojiza blanda con escamas de yeso ; 4, brecha y conglomerado blanco, tobífero, fino ; 5, banco duro de arenisca blanca ; 6, arenisca rojiza.

de Los Canales, donde alcanza 10 metros. El contacto con el Paleozoico es normal y concordante.

Encima de la parte tobífera blanca de la figura 10, más al sur, los conglomerados, a pesar de ser blandos forman crestas pequeñas, y consisten de rodados de grauvacas devónicas y pórfido cuarcífero a veces bien pulidos.



Fig. 11. — El Terciario de Punta Negra, km 34, río San Juan : 1. grauvaca y esquistos negros, Devono-carbónico ; a, arenisca rojiza, en parte arcillosa ; b, arenisca rojo-ladrillo ; c, arenisca rojiza ; d, brecha tobífera blanca con un banco de arenisca dura ; e, arenisca rojiza con conglomerado conteniendo piedritas angulosas y rodeadas de grauvacas ; f, arenisca rojiza.

En Punta Negra, Río San Juan, km 34,5, se superpone concordantemente la serie devónica, con 55-80° de inclinación hacia el E (fig. 11 y lám. II).

Finalmente, la Formación del Calchaqueño tiene una enorme potencia y extensión en la falda occidental de la Precordillera, al este de la Sierra Chica de Zonda, o mejor dicho en el Río San Juan, donde termina la Sierra calcárea de Zonda hacia el norte y donde se extiende



el terreno llamado Lomas de las Tapias. Esta región ya conocida por el trabajo de Groeber y Tapia (7) y donde estos autores han distinguido sobre la caliza ordovícica 3 subdivisiones de 400, 500 y 500 metros de espesor respectivamente. Según el perfil lámina XIV de la obra citada, serían aun 500, 900, 250 y más metros.

La parte basal consiste en areniscas blandas rojizas con estratos de conglomerados, la parte más alta está formada casi exclusivamente de conglomerados con rodados de grauvacas y pórfido cuarcífero. El lugar más cercano donde este pórfido aflora se encuentra al oeste de la Pre-cordillera, lo que demuestra un origen en la Alta Cordillera.

A 8-10 km al oeste de las Tapias, es decir, en el flanco occidental del sinclinal Ullúm-Zonda, he encontrado la serie tobífera blanca (fig. 11). En cambio no existen más estas tobas blancas brechosas en los flancos de la Sierra Chica de Zonda, donde el Neógeno está formado principalmente por areniscas y conglomerados blandos, rojos, pardos y grises.

10. *Pleistoceno.* — El Pleistoceno de gravas, conos de deyección, acarreo de pendientes, sedimentos lacustres <sup>1</sup>, etc., no han sido estudiados, aunque son de gran extensión e importancia geográfica, porque

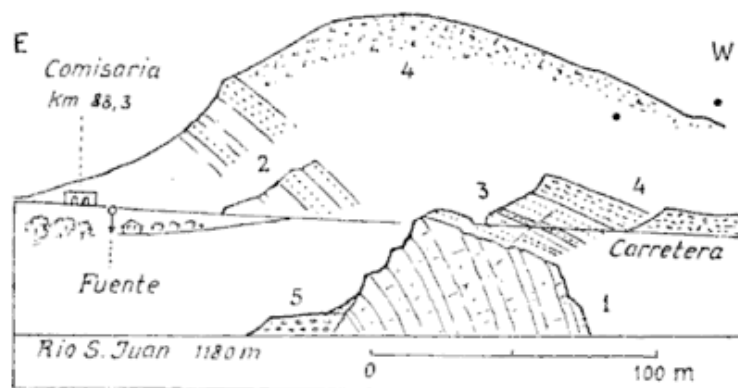


Fig. 12. — Perfil de detalle de Pachaco, esquina km 88,8 : 1, caliza ordovícica ; 2, arenisca blanda amarilla-rojiza, Plioceno ? ; 3, acarreo pleistoceno, brechoso, de un cono de deyección erodado ; 4, grava subreciente del río San Juan.

no tienen relación con el plegamiento, salvo algunas excepciones :

1ª En Calingasta-Capilla, parece que la terraza alta está inclinada 1-2° hacia el oeste en lugar de hacia al este (fig. 9) ;

2ª En Pachaco, el acarreo pleistoceno brechoso está inclinado localmente 15-20° hacia el WSW (fig. 12).

En Carpintería y La Rinconada, 30-40 km al sur de San Juan y 1 km

<sup>1</sup> Véase los trabajos (20 y 9), concernientes a los depósitos lacustres fosilíferos de Calingasta y de Zonda.

al W del ferrocarril a Mendoza, la terraza de grava encima del Calchaqueño, está inclinada 10-14° hacia el E. Parece que estas inclinaciones son el resultado de movimientos tectónicos recientes (6 y 14).

Conviene mencionar las colinas del Parque San Martín en Mendoza, con sus gravas cuaternarias regionalmente erigidas hasta la vertical; como un testigo de fuerte dislocación tectónica durante el Cuaternario. En la región de San Juan, no he hallado algo parecido, a pesar de que pertenece a la misma tectónica general.

En gran parte, las acumulaciones de los valles secundarios se originan por corrimientos de lodos, que se han deslizado en tiempos lluviosos o por disolución de nieves, en forma semejante a la lava. Se deponen como brecha dura cementada por lodo y contienen fragmentos angulosos de rocas locales. Pueden intercalarse estratos de lodo puro blanco y amarillo. Este fenómeno se destaca en el valle transversal del Río San Juan, especialmente entre Pachaco y Las Juntas. En varios lugares se observan las franjas blancas correspondientes a esos lodos en los cortes de las laderas. A unos cien metros por arriba del curso actual del río se ven restos de terrazas formadas por lodo y brecha del lecho antiguo.

## II. *Rocas eruptivas*

Se distinguen rocas básicas de tipo meláfiro, y rocas ácidas del tipo pórfido cuarcífero, con sus tobas correspondientes. Las básicas se encuentran en el lado occidental de la Precordillera, las ácidas en la parte oriental.

Las más grandes masas de *meláfiro* (o diabasa) constituyen la zona rocosa de Calingasta. Se distinguen unas 10 intrusiones entre grandes y pequeñas a lo largo de la carretera (kms 125,3-127), y en Las Juntas, entre los ríos de los Patos-Castaño (lám. I). La masa más grande forma las esquinas de Las Juntas. Tiene entre los kms 125 y 127 un espesor 1,5 km (fig. 14). El metamorfismo de contacto con los esquistos devónicos es muy delgado.

Ya hemos mencionado las intrusiones básicas de la Quebrada del Salto, en los kms 111-113 (figs. 5 y 6).

Más al este solamente hay que mencionar 4 pequeñas vetas de 5-20 m de meláfiro entre los kms 95,9 y 97,7. Aun donde el contacto con el Devónico es neto (km 95,9), no se ha producido un metamorfismo neto.

Respecto a la edad del meláfiro, solamente puedo decir, que las intrusiones son más jóvenes que el Carbónico inferior, perteneciendo probablemente al Pérmico.

En el *lado oriental* de la Precordillera de San Juan ya hemos mencionado las tobas terciarias en los kms 41-37 y 34,5-33,5 (figs. 3, 10, 11).

Las rocas eruptivas construyen los picos destacados del Puntón

(km 38), y de numerosos cerros blancos escarpados más al norte y noreste, así como el Cerro Blanco (km 33-30). A lo largo de la carretera, en una cantera donde se extraen bloques para construcción (km 31,7), pueden ser coleccionadas muestras completamente frescas. La roca principal de color blanco-grisáceo y contiene granos de cuarzo, de feldespatos, poca biotita y hornblenda, y debe ser clasificada como una *dacita*. Parece que existe también pórfido cuarcífero y sus tobas correspondientes.

Aparentemente se trata de *extrusiones neógenas*. En el capítulo tectónico demostraré que son anteriores al último plegamiento principal.

### III. Descripción Tectónica

(Compárense siempre las láminas I y II)

Seguimos, en general, el perfil transversal de la Precordillera a lo largo del Río San Juan, desde Calingasta (Las Juntas) hacia el este, sin repetir lo descrito de la región de Barreal (10).

1. *Región de Calingasta*. — Entre Barreal e Hilario (km 160) se extiende en ladera este del vasto valle longitudinal del Río de los Patos el Triásico de la Quebrada del Jarillal, con pliegues de rumbo SSE y fallas de menor importancia.

Du Toit (1929, pl. IX, A) ya ha hecho figurar parte de un pliegue formado por una serie multicolor tobácea con *Zuberia*, *Taeniopteris*, *Baieria*, *Cladophlebis*, *Phoenicopsis*, etc. En la fotografía citada se ve solamente parte del anticlinal. De hecho, se trata de un pliegue de rumbo N 15° W con un flanco occidental *invertido* por un empuje hacia el valle de los Patos.

En Hilario mismo, inmediatamente sobre la carretera, las filitas devónicas están superpuestas sobre arenisca amarilla y rojiza terciaria (o triásica), ambas con inclinación 50-60° hacia el este, lo que es otra demostración del empuje hacia el oeste.

En esta región de Hilario y Calingasta ya se reconocen a distancia, diferentes anticlinales de filitas de la Formación Tambolar con plegamiento muy complicado, cercados por Devónico. Sin tener un mapa topográfico adecuado, sería infructuoso hacer estudios tectónicos de detalle.

Al SE del pueblo de Calingasta y del camino, se extiende sobre 1,5 km un umbral constituido principalmente por filitas. La dirección de los estratos es SW-NE, es decir no concorde con la margen occidental de la Precordillera y del valle sinclinal terciario del Río de los Patos (fig. 13), que se dirige hacia el norte.

Un poco al norte del puente sobre el río Calingasta (km 133), aflora el Tambolar verde y morado-violeta brillante de la Capilla. Encima

descansa en discordancia la serie calchaqueña, en forma de un vasto y suave sinclinal (fig. 9).

El *bad lands* rocoso erodado al este del camino, entre kms 140 y 128 se compone de esquistos y grauvacas devono-carbónicas con grandes y pequeñas intrusiones melafíricas.

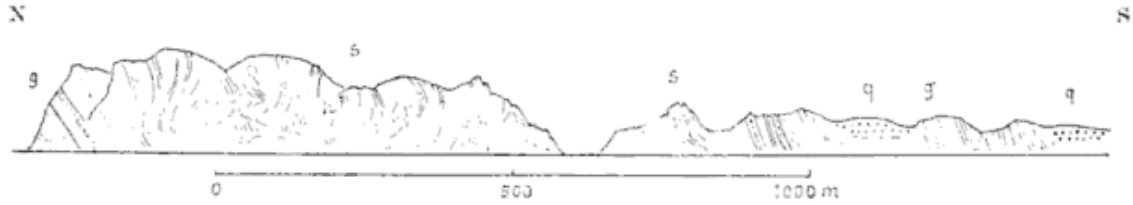


Fig. 13. — Perfil tectónico de la colina de Calingasta a lo largo de la carretera entre el puente (izquierda) y el hotel: *s*, esquistos más o menos sericiticos; *g*, bancos de grauvaca micácea; *q*; grava cuaternaria.

En la esquina triangular entre los ríos Castaño y de los Patos, el Carbónico se superpone al meláfiro principal, con inclinaciones de  $30^{\circ}$  a  $50^{\circ}$  y más, al W, SW y SSW (lám. I).

2. *La Región de Las Juntas.* — Entramos ahora en las angosturas del río San Juan.

El trabajo de Tapia y Rigal (20) contiene un bosquejo topográfico y geológico en escala 1 : 25.000 sobre 8 km de la quebrada del Río San Juan, hecho antes de la construcción de la carretera. Mi interpretación tectónica es diferente.

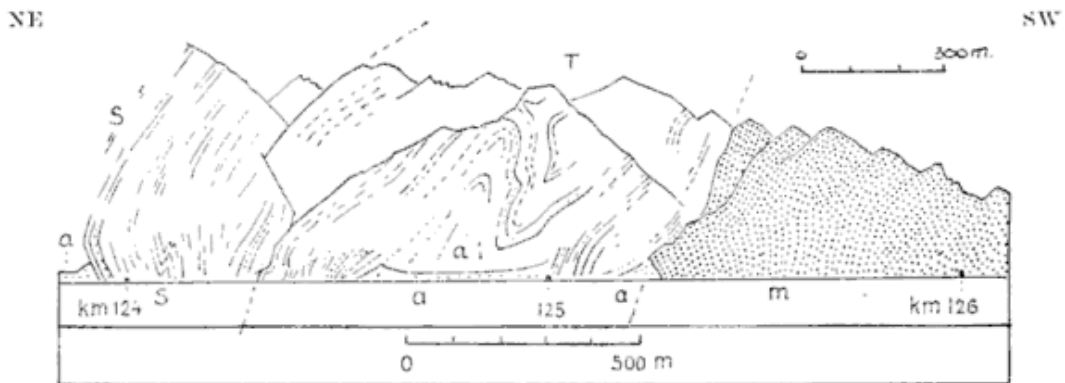


Fig. 14. — Croquis del Anticlinal de Las Juntas entre los kms 124 y 126 río San Juan; T, Tambolar, esquistos morados; S, filita con bancos de grauvaca, Devónico; m, meláfiro; a, acarreo.

En el km 124,3 aflora el contacto neto de filitas del Devónico inferior con las filitas moradas del Tambolar. Desde allí, el Tambolar se extiende hasta el km 125,3. Encima de este punto he hallado un afloramiento del contacto de la filita morada, que incluye un banco de cuarcita, con el meláfiro. La inclinación del contacto es irregular (fig. 14).

Como lo demuestra la figura 14, el Tambolar forma un pliegue empujado hacia el oeste, del cual está amputada la parte occidental por el meláfiro.

Esta zona anticlinal continúa netamente al lado NW del río, donde desde la carretera se distingue, con ayuda de los prismáticos, un anticlinal asimétrico aguzado y dirigida algo hacia el SW. El flanco de este lado, de bancos de cuarcitas en las filitas, está ondulado y poco invertido. El eje del anticlinal tiene un rumbo de NW hasta WNW. El eje está poco inclinado en esta dirección a través del río.

Como ya hemos visto en Calingasta, el rumbo de las zonas tectónicas y de las intrusiones es oblicuo con la dirección general del valle longitudinal de los ríos de los Patos y Castaño, que limitan la Precordillera hacia el W.

El flanco NE del anticlinal gotlándico descrito, consiste de la serie filítica basal devónica, erigida a la vertical, también con rumbo general WNW. En el lado este se destaca por su color pardo, un sinclinal recto con bancos de grauvaca. Sigue pues (kms 123-121,3) una nueva zona en ambos lados del río, consistuía principalmente por filitas devónicas, que forman aparentemente un anticlinorio de plegamiento muy complicado (lám. I); aquí en el km 121, es donde se proyectó el dique de embalse de Las Juntas. La figura 15 demuestra el detalle del plegamiento del Devónico, en la carretera se distingue bien por sus bancos de grauvaca dura.

En el lado opuesto del río se distingue en la pared negra los pliegues correspondientes, que tienen también un rumbo NW. Estos pliegues de detalle parecen pertenecer al flanco SW de un gran sinclinal poco inclinado. A través de la estratificación y de los pliegues se distingue una serie de fracturas que enmascaran la estratificación (lám. I).

Correspondiente al sinclinal del Cerro del Dique sigue en su lado este, en el km 116-117, un vasto anticlinal recto de estratos devónicos filíticos. Su rumbo en la parte sur es normal, S 15-20°W. En la continuación, al norte del río, gran parte del flanco oriental está amputado por el conglomerado granítico. Desde allí se reconoce que en el lado sur del valle, el anticlinal o anticlinorio es más completo y describe una bóveda magnífica detrás de los kms 120-116.

3. *La Cuenca de las Quebradas del Salto y del Tigre.* — La tectónica, así como la estratigrafía de esta región solamente podrían ser perfectamente aclaradas teniendo a mano un buen mapa topográfico de escala 1: 20.000 ó 1: 10.000 y se necesitarían algunas semanas de investigación geológica. Sería excelente para un trabajo de tesis, pues en los 3 días de mis excursiones no alcancé a tener un conocimiento satisfactorio.

Primeramente investigué el lado oeste de la Quebrada del Tigre. En el borde del río, el conglomerado con sus rodados gruesísimos de granito se inclina 60° hacia el este. Subiendo en dirección norte, se erige

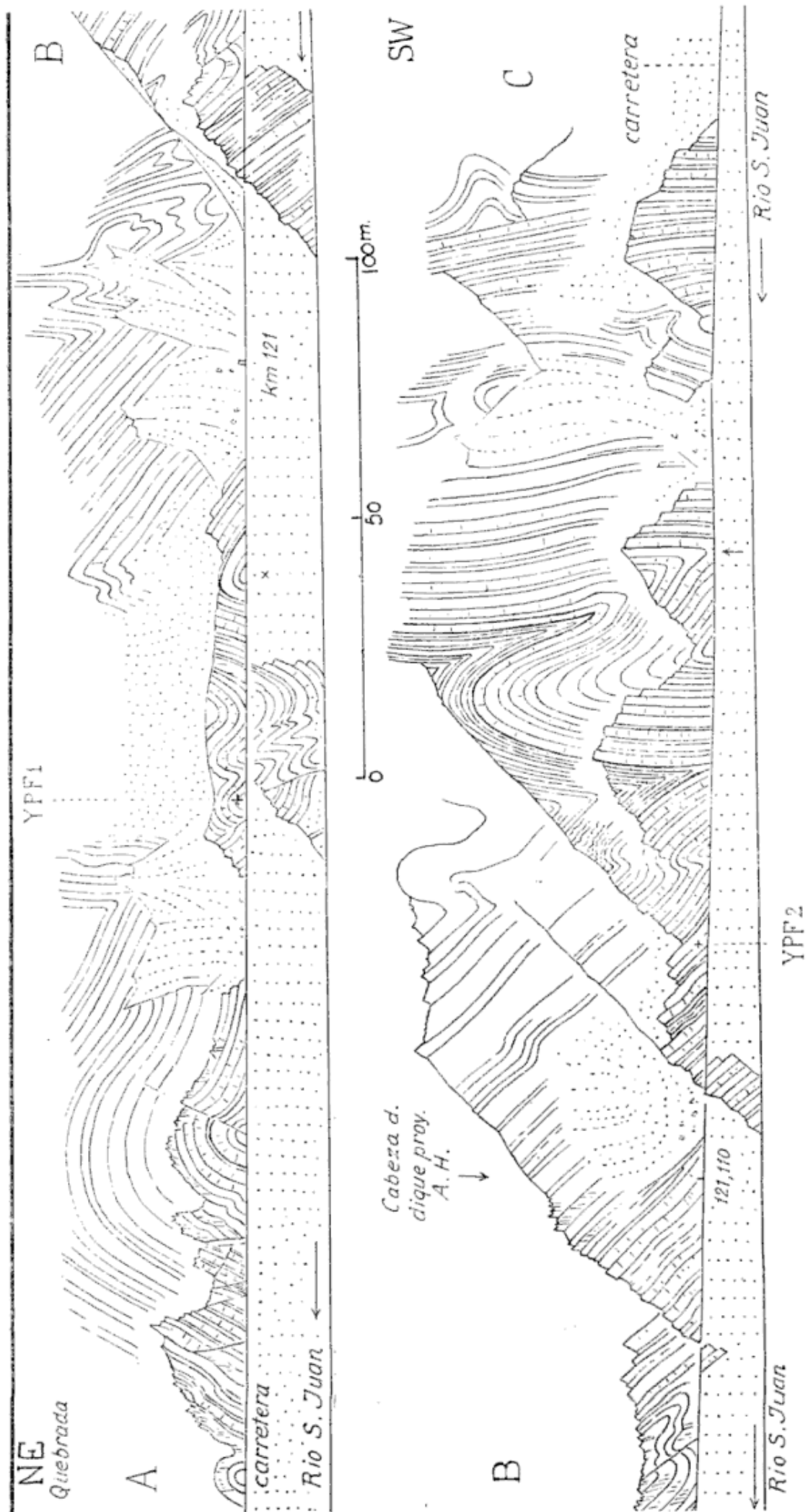


Fig. 15. — Plegamiento del Devónico en el km 121 de la carretera, rio San Juan (Grava del río y acarreo puntendo)

verticalmente y llega hasta una inclinación invertida. También aparecen otras masas de conglomerado, intercaladas por areniscas verduscas.

A unos 7 kilómetros al N del río San Juan, he dibujado la sucesión de la figura 16.

La serie 2-13 parece pertenecer al Permo-Carbónico.

Al sur del km 116, la parte este del flanco anticlinal, con esquistos verduscos y bancos delgados cuarcíticos, se erigen verticalmente. En la pendiente este, hecha por el flanco mencionado, viene a intercalarse una zona estrecha de areniscas rojizas, aparentemente en discordancia. Parece ser el principio de una zona sinclinal de Carbónico que se ensancha hacia el SSE. A unos 12 kms al sur del km 115, se reconoce un *sinclinal fuertemente invertido*, que se abre hacia el este. Consiste en arcillas azules con alumbre, esquistos arenosos, verdepardusco y de

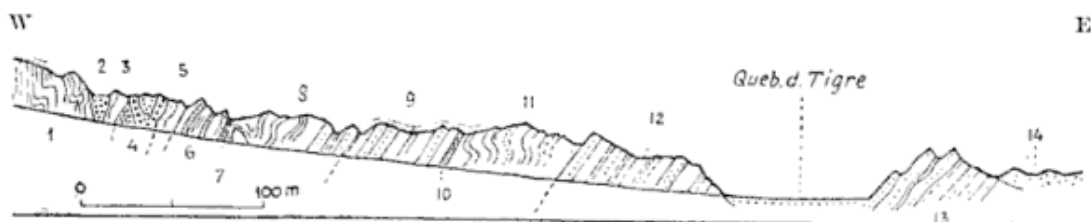


Fig. 16. — Perfil del lado W de la Quebrada del Tigre: 1, esquistos verduscos, Devónicos?; 2, 10 m conglomerado grueso de granito; 3, 10 m areniscas verduscas; 4, 20 m conglomerado de color chocolate; 5, 10 m arenisca rojo-parda, triturada; 6, 3 m tierra rojo ladrillo; 7, 70 m areniscas arcillosas verde claro; 8, areniscas rojas y blanco-amarillas; 9, 2 m arcilla azul; 10, esquistos arenosos verdes; 11, areniscas rojo ladrillo y grises con intercalaciones de arcillas verdes y violetas; 12, arenisca verdusca y rojo-parda; 13, acarreo cuaternario.

arenisca rojiza del tipo Paganzo como núcleo del sinclinal. Todo parece estar sobrecorrido hacia el este por el Devónico.

Más al este, en la ancha quebrada del Salto y del Alumbre, las areniscas multicolores, intercaladas por conglomerados, describen un arco medio, con inclinación axial fuerte hacia S y SE. Hay diferentes cambios completos del rumbo por torsión.

En la parte sur del borde oriental de la cuenca (Quebrada del Alumbre al norte de la mina), las areniscas carbónicas están fuertemente plegadas con rumbo W 30-40° de los anticlinales. Más hacia el norte, el rumbo es normal. Las areniscas alternan con conglomerados y meláfiros (figs. 5-6). El conglomerado, en la carretera en el km 111, se superpone con discordancia sobre los esquistos devónicos (fig. 6).

Al norte del río San Juan es difícil distinguir las diferentes formaciones. En parte, el conglomerado permo-carbónico o pérmico queda escondido bajo la cubierta cuaternaria (lám. I). Según una observación en el borde del arroyo Tigre, 4 km al norte del río San Juan, parece que existe debajo del cuaternario también el Terciario dislocado. He notado el afloramiento de un conglomerado blando multicolor que descansa con

delgada discordancia sobre arcilla arenosa fina de color chocolate. Ambos están inclinados 30-35° hacia W 30°S.

En conclusión, la cuenca de las quebradas del Tigre y del Salto se ha originado en la época carbónica por erosión, después de un primer plegamiento en el Paleozoico inferior. El resultado más claro de esta erosión antigua es la amputación de la mayor parte del ala oriental del anticlinal km 116. Es a la segunda compresión que se deben atribuir las torsiones de la serie de arenisca con conglomerados del Permo-Carbónico o Pérmico.

4. *La Sierra del Tigre (kms 111-94).* — El faldeo oeste de la Sierra del Tigre, que se alza a 3.000 metros o más sobre el nivel del mar, consiste en filitas con grauvacas de la serie devónica, que constituye el yacente de la serie conglomerádica (fig. 6). En la parte norte del río, como en el lado oeste de la cuenca, al norte del km 45, parece que el contacto está invertido hacia la quebrada del Tigre (lám. I).

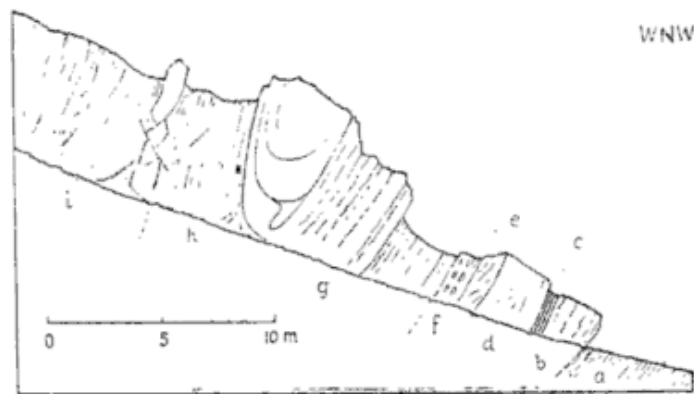


Fig. 17. — Lámina tectónica de caliza ordovícica 3-4 km al sur del km 101, y a 1600 m sobre el mar; a, filitas sericíticas; b, 2 m caliza áspera de color chocolate, con *Orthis huarpa*; c, 0,5 m esquisto margoso con dos bancos de sílex 5-10 cm cada uno; d, 2,5 m caliza áspera pardo-chocolate con braquiópodos; e, 1 m caliza gris con laminitas amarillas de ankerita; f, 1 m conglomerado negro con rodados de sílex en una matriz de caliza arenosa; g, 10 m caliza gris con ankerita. Contacto neto, liso, a; h, 3-5 m esquistos arenosos; i, filitas con bancos cuarcíticos.

Al sur del camino, en los kms. 109-108, se elevan montañas de areniscas amarillas que, con sus bandas intercaladas de esquistos verdes y arcillas con alumbre, describen hermosos pliegues estrechos (fig. 6). En el lado opuesto, al norte del río, el plegamiento del Devónico es tan complicado en detalle y a veces está tan obscurecido por el clivaje, que no pude reconocer las líneas tectónicas principales.

Parece que entre los kms 111 y 98 hay dos anticlinales: uno enfrente del km 109 y otro enfrente del km 102 (lám. I). Este último se reconoce también en el lado sur de la carretera entre los kms 102 y 101, donde



desemboca una quebrada que ha proporcionado un gran cono de deyección. El arroyo correspondiente ha cortado su lecho en la bóveda de las filitas que constituyen sus pendientes con inclinación inversa. A menudo el clivaje es tan pronunciado que es difícil reconocer la tectónica verdadera.

Debo mencionar una observación que no pude explicarme: La parte basal de la bóveda anticlinal, en ambos lados de la quebrada mencionada, consiste en areniscas rojas del tipo Paganzo, a pesar de su posición por debajo de los esquistos devónicos.

Mientras que, en la Sierra del Tigre, el rumbo general es normal, es decir N-S, se observa frente al km 108 una torsión y una trituration anormal de la serie filítica, posiblemente junto con un sinclinal fallado, de dirección NE. En un perfil W-E o una proyección N-S (lám. I), este disturbio no puede representarse satisfactoriamente.

Otras anomalías hay que señalar en el km 98, donde no se corresponden las dos márgenes del Río San Juan. Al sur, muy alto en la pared sombría de filitas, se distingue desde lejos una banda gris; subiendo, pude verificar que se trata de una lámina estrecha de 5-20 m de caliza ordovícica, fosilífera (fig. 17).

Esta lámina de caliza, fuertemente comprimida, con una inclinación de 70-90° hacia el SE, parece no llegar al Río San Juan y no se ve más al norte. En lugar de la caliza se encuentra en la carretera km 97,9 una intercalación de conglomerado grueso de 10-40 m, con rodados de cuarcita, inclinada 70° hacia WSW. Además hay 4 intrusiones de meláfiro en la serie devónica con filita y grauvaca, entre km 98 y 95,9.

Esta serie está tan triturada y los pliegues se presentan tan comprimidos que no se pueden distinguir las estructuras mayores. Aun los bancos más duros de grauvaca pudieron ser plegados sin haber sido quebrados.

Frente al km 97,8 desemboca una quebrada salvaje viniendo del norte o N 10°E, que puede corresponder a una falla. Puede también ser interpretado como un sinclinal estrecho con fuerte inclinación del eje hacia el sur. En todo caso el *rumbo de los dos lados en la desembocadura, se pone en ángulo recto*: En el lado oeste, la inclinación es de 45-60° hacia SW. Se calcula o se construye de estas medidas un eje sinclinal inclinado 45-50° hacia el sur.

Los estratos de areniscas pardas, rojizas y blancas, parecen corresponder a la serie carbónica (Paganzo). No fué posible cruzar el río. Desde el km 96 (rumbo N 20°W) hacia el este, el rumbo gira hacia el norte.

5. *El Cerro Blanco de Pachaco y sus alrededores.* — Al oeste de la comisaría de Pachaco, kms 90-91,3 el gran umbral calcáreo del Cerro

Blanco está cortado, a través del rumbo, por el río San Juan, en forma de una angostura llamativa. A primera vista, el macizo calcáreo impresiona como un anticlinal; pero se busca en vano un flanco oriental.

Viniendo del oeste hacia la esquina del km 94, se abre hacia el N 10°E el valle longitudinal del río Morado. Debe haber recibido su nombre de la formación Tambolar que se intercala normalmente entre la potente serie de grauvacas con filitas y la caliza. La posición correspondiente sigue al sur, donde aflora claramente el contacto estratigráfico normal del Tambolar sobre la caliza ordovícica, con una inclinación de 50-60° hacia el W).

Excepto pequeñas irregularidades, los 400 m superiores de la caliza están en posición normal. Pero entonces, en la mitad del umbral, se intercala una cuña sinclinal con estratos discordantes de deslizamiento.

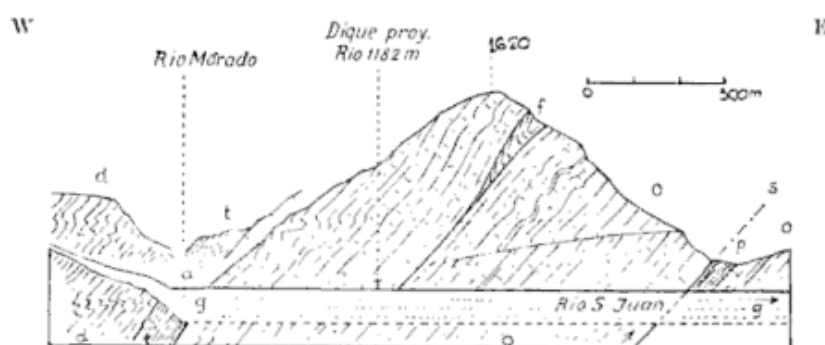


Fig. 18. — Perfil del Cerro Blanco de Pachaco, km 91 de la carretera : o, caliza ordovícica ; t, Tambolar ; d, Devónico ; p, formación de Pachaco ; f, falla ; s, sobre escurrimiento ; g, grava del río.

Debajo de éste se extiende la segunda serie normal, que se distingue, en su parte superior, por su color pardo-herrumbre (ankerítico). Se observa también una dislocación rara : un plano casi horizontal de falla, a lo largo del cual la parte inferior ha avanzado 10-20 m más al este, en comparación con la parte superior.

Las paredes al lado de la carretera muestran una estructura mucho más complicada. La serie superior de la caliza, en el km 90,8 describe un suave anticlinal con 20° de inclinación del eje hacia W 30°S. En su lado oriental, la serie parda inferior está torcida y cortada por diferentes fallas locales con deslizamientos.

En lugar de encontrar el flanco oriental del anticlinal supuesto, se observa una *cobijadura* neta. La caliza quebrada y en parte marmorizada descansa con una inclinación de 45°W sobre esquistos verdes y morados de poco espesor que parecen pertenecer al Tambolar muy aplastado. Estos, por su parte, descansan sobre areniscas arcillosas verdes de la Formación de Pachaco, ambos con la misma inclinación al W.

Este contacto de sobrescurrimiento está también expuesto 2 km al SW del km 88, donde la caliza ha avanzado sobre la formación multico-

lor de Pachaco, cortando y remolcando el sinclinal en su margen oeste (fig. 7).

Es difícil reconocer de lejos la tectónica del lado norte del Río San Juan, frente a Pachaco. Parece que hay otro macizo de caliza al este del Cerro Blanco y que éste, en su parte, también está empujado hacia el E, sobrecorriendo con discordancia las filitas devónicas (lám. I).

Este segundo macizo calcáreo está representado en el corte del río solamente por una roca estrecha de la caliza, de 150 m de ancho y 45 m de alto sobre el río. La inclinación de sus estratos varía entre 30 y 75° hacia SW. Encima descansa en discordancia el Plio-Pleistoceno (fig. 12).

Hacia los 10-15 km al sur de Pachaco, se presenta primeramente la caliza del Cerro Blanco, mientras que al sur del Río San Juan, solamente continúa unos 6 kms y se hunde. En su lugar aparece otro macizo muy alto de caliza, en la Sierra Tontal, de aproximadamente 3000 m de altura y aparentemente también con una cobijadura hacia el este. Además aparecen dos zonas de caliza más al oeste. Un quinto macizo calcáreo sube hacia el sur, a unos 8-10 km al sur de Pachaco, empujado hacia el este sobre la Formación de Pachaco, mientras que trae sobre la espalda en sucesión normal la Formación Tambolar morada.

Así, en conjunto, hemos constatado en Pachaco seis zonas tectónicas de caliza ordovícica, de las cuales cuatro, y probablemente todas, han sido empujadas hacia el este. Solamente con un buen mapa topográfico en escala 1 : 25.000 o más grande sería posible representar claramente esta geología.

6. *El perfil entre Pachaco y Tambolar.* — Al este de Pachaco entramos de nuevo en una zona del Devónico intensamente plegado. La lámina I ilustra el plegamiento en proyección norte, conforme al rumbo general de esta división tectónica. A pesar del plegamiento de detalle se destacan los siguientes elementos de estructura mayor :

1° Al norte del km 82 pasa un anticlinal suave recto, acompañado en su lado oeste por otro pliegue suave ;

2° Un sinclinal recto al norte de los kms 79-81 con plegamiento y trituración extraordinarios de detalle, tal como lo presenta el dibujo de la lámina I. Los pliegues correspondientes del Devónico con sus filitas y bancos de granvaca dura se observan también en la carretera misma, especialmente entre los kms 78 y 82.

7. *El trecho longitudinal del Río San Juan entre Tambolar y Río Sasso (km 74-54).* — Llegamos a la importante esquina del km 74 llamado Tambolar, donde la carretera está cortada en las rocas 180 m

sobre la rodilla del río San Juan. Desde allí hasta la desembocadura del Río Sasso (km 54) el río se ha cortado en forma de un valle esencialmente longitudinal.

Ya hemos descrito el perfil estratigráfico de Tambolar que sirvió para establecer la sucesión estratigráfica y la tectónica [fig. 1 (*lit.* 11, pág. 142, fig. 14) y lám. V-1].

La caliza ordovícica de Tambolar se manifiesta como un anticlinal triturado y algo empujado hacia el este. Solamente su flanco oeste es normal, donde la caliza está normalmente sobrepuesta por el Gotlándico y Devónico (fig. 1). Desde allí se reconoce bien la continuación hacia el NNE a través del río que ha cortado una garganta en la caliza. Más al norte, en el lado oeste del valle de la Dehesa o valle Tambolar, se ensancha la zona calcárea por levantamiento del eje anticlinal. Pero la tectó-

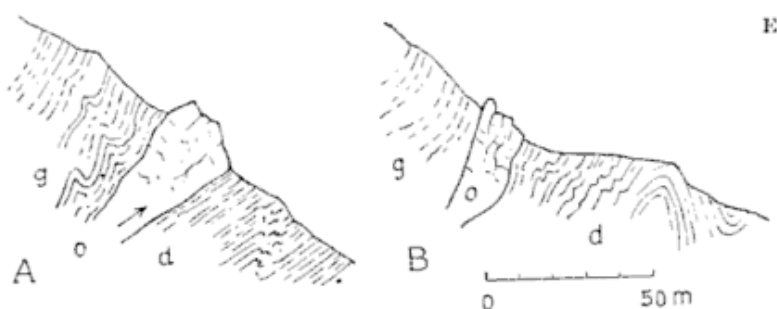


Fig. 19. — Extremidad sur de la caliza, zona Tambolar: A, al oeste-arriba del km 70; B, al oeste del km 68,2; o, caliza ordovícica; g, filitas moradas del Tambolar, Gotlándico; d, filitas sombrías vetúscas del Devónico.

nica queda en parte escondida bajo grandes acumulaciones de acarreo cuaternario (lám. I).

Hacia el sur, la carretera está cortada en la pared de la caliza, pues en las filitas devónicas, sobre las cuales está empujada la caliza, ella se afina y se pierde tectónicamente al oeste del km 68. Desde allí, más al sur, el Tambolar descansa directamente por empuje hacia el este sobre el Devónico.

Al W del km 70, la caliza se reduce a 20-30 m en forma de cuña, empujada sobre el Devónico (fig. 19 A). Más cerca de su terminación sur, se erige otra vez y sólo tiene 10-15 m de espesor (fig. 19 B). La enorme compresión se expresa por una estructura milonítica y de transformación parcial de la caliza en mármol, con innumerables vetas de calcita.

Desde el Tambolar, el río San Juan corre generalmente hacia el sur y corta con ángulo pequeño las zonas tectónicas que, en este sector, se dirigen hacia el SSW (fig. 20).

Entre los kms 74 y 67, ambos lados del valle están labrados en las formaciones viejas del Ordovícico, Gotlándico y Devónico, mientras

que en la parte central, 1-3 km de ancho, se intercala una zona con pliegues rectos de areniscas multicolores del Carbónico (Paganzo II). La carretera atraviesa oblicuamente esta zona entre km 69 y 67 (fig. 20).

Ya hemos mencionado el empuje tectónico de la zona calcárea de Tambolar hacia el este. Al sur del km 68, donde termina la zona calcárea en cuña, se afina también pronto el Devónico, de manera que al SW

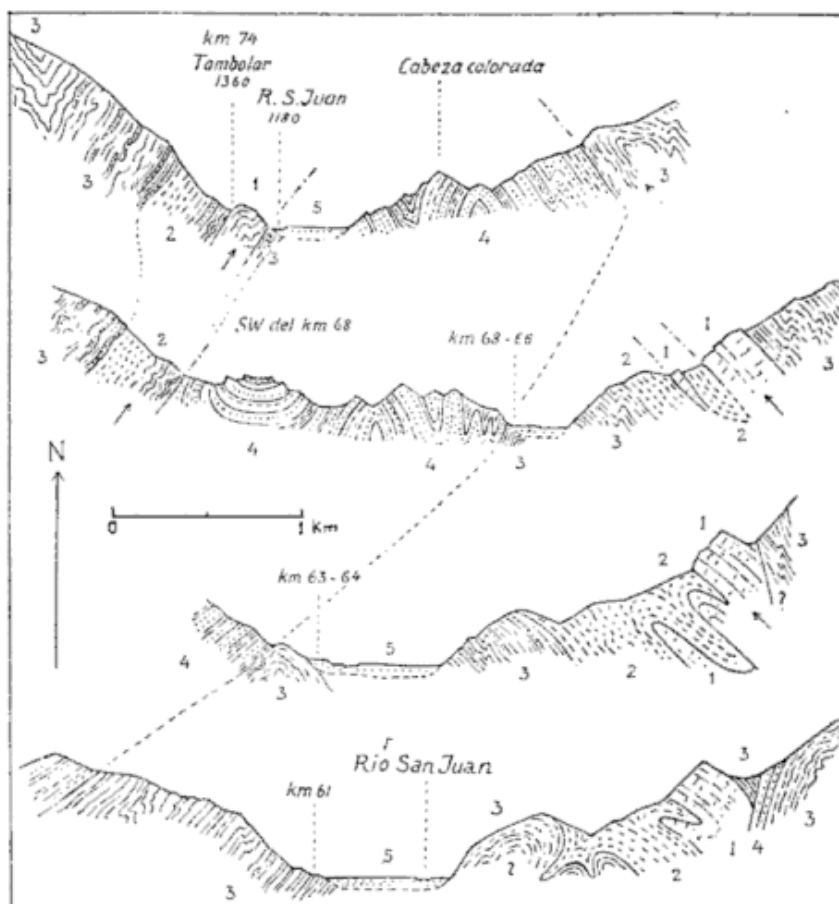


Fig. 20. — Croquis de perfiles en el trecho longitudinal del río San Juan, entre Tambolar y río Sasso : 1, caliza ordovícica ; 2, formación Tambolar, Gotlándico-Devónico inferior ; 3, esquistos y grauwacas, Devónico ; 4, areniscas multicolores, facies Paganzo II, Carbónico ; 5, grava cuaternaria.

del km 63 la formación Tambolar, sobresale el Carbónico. Este último, tectónicamente parecido a Pachaco forma un sinclinal marginal que en el contacto con la cobijadura, está invertido (fig. 20).

Del km 68 al 65, la zona de pasaje devónico-carbónica está enormemente plegada. Así, la inclinación del límite oriental del sinclinal carbónico cambia de un lugar al otro (fig. 21).

Un detalle de la figura 21 de la parte basal carbónica presenta la vista de la figura 22.

En la falda oriental del valle longitudinal se observa claramente un empuje opuesto al de la pendiente occidental, como lo demuestra la

figura 20, aunque la margen izquierda del río no pudo ser reconocida de cerca. Ya desde el Tambolar se destaca, con el prismático, un cerro alto blanco a unos 10 km al este, con una altura de aproximadamente 3800 m, que parece pertenecer a la larga zona de caliza que construye tectónicamente el borde oriental del valle lon-

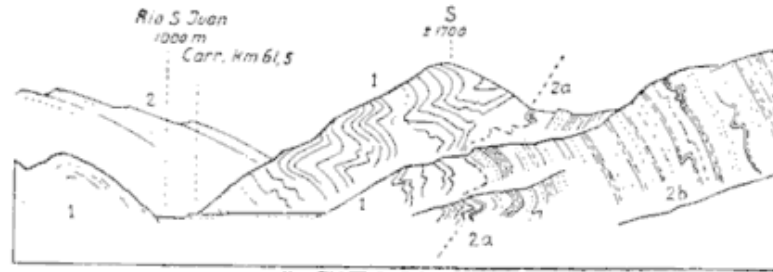


Fig. 21. — Plegamiento de la zona de transición devono-carbónica. Vista hacia el sur desde km 64,2 de la carretera: 1, serie negruzca de filitas y grauwaca devónicas; 2, serie carbónica: a, parte basal con bandas de areniscas y arcillas rojas y verdes y vestigios de carbón; b, serie multicolor de areniscas pardas, chocolates y blancas con bandas arcillosas verdes y negras.

gitudinal, entre Tambolar y el Río Sasso. En todas partes donde el contacto inferior es reconocible, se trata de una cobijadura de la caliza ordovícica sobre terrenos más recientes, aunque no de naturaleza simple.

Al este de los kms 68-63 se descargan debajo de la caliza principal otras escamas o pliegues secundarios, que también demuestran un empuje tectónico hacia el oeste. Además, al este del km 61, el Tambolar y el Devónico están plegados uno a otro de manera inexplicable. Por ejemplo, se distingue un anticlinal de esquistos devónicos *envuelto* por el Tambolar morado (fig. 20).

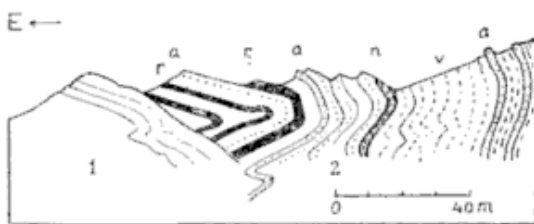


Fig. 22. — Parte basal del Carbónico cerca del km 64.2: a, areniscas grises; r, arcillas arenosas rojas; n, arcilla verde-negrucza; v, arcilla arenosa verdosa clara.

Desde el este del km 59 hacia el sur, la caliza parece no estar más cubierta hacia el este por el Devónico, sino directamente tocar a las areniscas pardas y rojizas del Paganzo. Se aclara esta tectónica extraña en el puente sobre el Río Sasso (km 54), donde el Río San Juan se dirige de nuevo al este.

Allí, la caliza se ha reducido a 250 m de ancho. La parte al oeste muestra la forma anticlinal con un eje que se hunde rápidamente hacia el sur. Se distinguen realmente « cascadas » de hundimiento que alcanzan 50-60°.

En la cabeza oeste del puente, la caliza está cortada discordantemente por una falla longitudinal. A su lado se reconoce una zona de

descansa en discordancia la serie calchaqueña, en forma de un vasto y suave sinclinal (fig. 9).

El *bad lands* rocoso erodado al este del camino, entre kms 140 y 128 se compone de esquistos y grauvacas devono-carbónicas con grandes y pequeñas intrusiones meláfiricas.

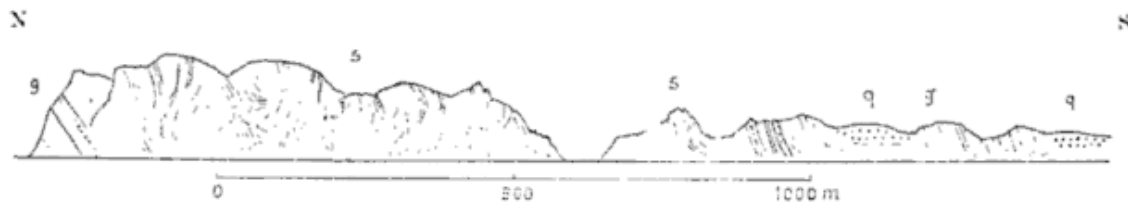


Fig. 13. — Perfil tectónico de la colina de Calingasta a lo largo de la carretera entre el puente (izquierda) y el hotel: *s*, esquistos más o menos sericiticos; *g*, bancos de grauvaca micácea; *q*, grava cuaternaria.

En la esquina triangular entre los ríos Castaño y de los Patos, el Carbónico se superpone al meláfiro principal, con inclinaciones de  $30^\circ$  a  $50^\circ$  y más, al W, SW y SSW (lám. I).

2. *La Región de Las Juntas.* — Entramos ahora en las angosturas del río San Juan.

El trabajo de Tapia y Rigal (20) contiene un bosquejo topográfico y geológico en escala 1 : 25.000 sobre 8 km de la quebrada del Río San Juan, hecho antes de la construcción de la carretera. Mi interpretación tectónica es diferente.

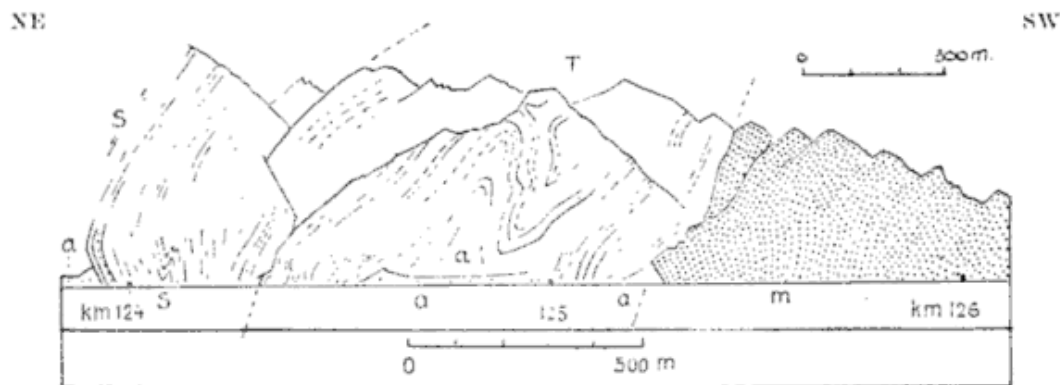


Fig. 14. — Croquis del Anticlinal de Las Juntas entre los kms 124 y 126 río San Juan; T, Tambolar, esquistos morados; S, filita con bancos de grauvaca, Devónico; m, meláfiro; a, acarreo.

En el km 124,3 aflora el contacto neto de filitas del Devónico inferior con las filitas moradas del Tambolar. Desde allí, el Tambolar se extiende hasta el km 125,3. Encima de este punto he hallado un afloramiento del contacto de la filita morada, que incluye un banco de cuarcita, con el meláfiro. La inclinación del contacto es irregular (fig. 14).

Como lo demuestra la figura 14, el Tambolar forma un pliegue empujado hacia el oeste, del cual está amputada la parte occidental por el meláfiro.

(km 38), y de numerosos cerros blancos escarpados más al norte y noreste, así como el Cerro Blanco (km 33-30). A lo largo de la carretera, en una cantera donde se extraen bloques para construcción (km 31,7), pueden ser coleccionadas muestras completamente frescas. La roca principal de color blanco-grisáceo y contiene granos de cuarzo, de feldespatos, poca biotita y hornblenda, y debe ser clasificada como una *diabasa*. Parece que existe también pórfido cuarífero y sus tobas correspondientes.

Aparentemente se trata de *extrusiones neógenas*. En el capítulo tectónico demostraré que son anteriores al último plegamiento principal.

### III. Descripción Tectónica

(Comparense siempre las láminas I y II)

Seguimos, en general, el perfil transversal de la Precordillera a lo largo del Río San Juan, desde Calingasta (Las Juntas) hacia el este, sin repetir lo descripto de la región de Barreal (10).

1. *Región de Calingasta*. — Entre Barreal e Hilario (km 160) se extiende en ladena este del vasto valle longitudinal del Río de los Patos el Triásico de la Quebrada del Jarillal, con pliegues de rumbo SSE y fallas de menor importancia. Du Toit (1929, pl. IX, A) ya ha hecho figurar parte de un pliegue formado por una serie multicolor tobácea con *Zuberia*, *Taeniopterus*, *Bacteria*, *Cladophlebis*, *Phoenicopsis*, etc. En la fotografía citada se ve solamente parte del anticlinal. De hecho, se trata de un pliegue de rumbo N 15° W con un flanco occidental *invertido* por un empuje hacia el valle de los Patos.

En Hilario mismo, inmediatamente sobre la carretera, las filitas devónicas están superpuestas sobre arenisca amarilla y rojiza terciaria (o triásica), ambas con inclinación 50-60° hacia el este, lo que es otra demostración del empuje hacia el oeste.

En esta región de Hilario y Calingasta ya se reconocen a distancia, diferentes anticlinales de filitas de la Formación Tambolar con plegamiento muy complicado, cercados por Devónico. Sin tener un mapa topográfico adecuado, sería infructuoso hacer estudios tectónicos de detalle. Al SE del pueblo de Calingasta y del camino, se extiende sobre 1,5 km un umbral constituido principalmente por filitas. La dirección de los estratos es SW-NE, es decir no concorde con la margen occidental de la Precordillera y del valle sinclinal terciario del Río de los Patos (fig. 13), que se dirige hacia el norte.

Un poco al norte del puente sobre el río Calingasta (km 133), ahora el Tambolar verde y morado-violeta brillante de la Capilla. Encima



40 50 m de Devónico oscuro. Esto, por su parte, está de nuevo cortado por una falla longitudinal con rumbo norte, que confina al Carbónico Paganzo II (lám. II).

Estas dos fallas longitudinales que orlan una zona estrecha del Devónico, explican también la tectónica más al norte.

Los detalles de la falla este, se observan en la carretera cerca del puente. Conforme a la regla, en casos de dislocaciones de importancia, se muestran paquetes torcidos entre fallas paralelas (fig. 23).

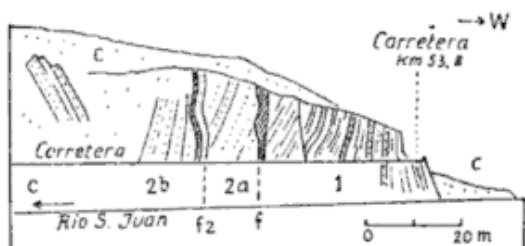


Fig. 23. — La falla longitudinal al río Sasso: 1, bancos de grauvaca y esquistos, Devónico; 2, arenisca gris-blanca, Carbónico; f, falla principal ondulada, de rumbo N 10° W; f<sub>2</sub>, fallas con estrías de deslizamiento inclinadas 20° hacia el N 20° E, con un paquete de arenisca roja; c, acarreo cuaternario superficial.

8. *El Perfil transversal del Río San Juan entre Río Sasso y Punta Negra (km 54-34).* — Al este de las fallas descritas, el Río San Juan ha cortado de nuevo un perfil transversal hermoso y claro.

Primeramente atraviesa la zona regular de areniscas grises, blancas y pardas del Carbónico. Esta serie tiene un espesor de 400-500 m y está inclinada 55-60° hacia el W 5-12° N. Se superpone a la serie devónica *normalmente*, pero no sin complicaciones de plegamiento.

En el km 51,4 donde fué proyectado un dique, el río ha cortado una garganta a través de los estratos de grauvaca dura. Este lugar se llama Los Caracoles.

A pesar de los bancos duros, el plegamiento tiene formas asombrosas de plasticidad. En la pared, arriba del estrechamiento se distingue con el prismático, un anticlinal recto de grauvaca con flancos verticales de la misma calidad que el sinclinal del km 93,9. Pero este pliegue sumamente estrecho no significa más que un detalle tectónico. Parece que en general, la posición del Devónico es normal hasta el km 49. Sin embargo hay que mencionar que en el km 51, en el borde de la carretera, se encuentra una intercalación de filitas verdes, con 3 metros de filita morada, chocolate y violeta. Este complejo también contiene estratos delgados herrumbrosos, semejantes al Tambolar (+ en lám. II). Pero el yacente no se distingue en general de la serie filítica devónica.

Llegamos entonces al ensanche entre los km 49 y 48, hecho por dos valles tributarios longitudinales opuestos. Contrariamente a las quebradas del Tigre y del Salto, se trata aquí de una zona *anticlinal*, lo cual está demostrado por un umbral de caliza ordovícica.

En el lecho del río, esta zona tiene 120 m de ancho. Es un anticlinal estrujado y atravesado por fallas. El conjunto es empujado hacia el este, recordando una *estructura diapírica*. El rumbo de la cresta queda nor-

mal hacia el norte. Se apoya sobre la caliza, un sinclinal de areniscas blancas, grises, pardas y chocolate con estratos rojos, del Carbónico (Paganzo II). El contacto demuestra que toda la parte occidental del sinclinal, de 1 km de espesor, está amputada por el empuje de la caliza. Otra complicación de detalle no comprendida, es la intercalación en la caliza, de una cuña de arcilla verde esquistosa (fig. 24 y lám. II).

En la quebrada, 2 km al sur del km 48,5 circundada de acarreo, reaparece la caliza, después se hunde. En la unión de dos quebradas, unos 6 km al sur de la carretera, se encuentra el Devónico torcido, vertical y con rumbo SW, en lugar de la caliza. Así toca directamente al Carbónico en su lado este. Pero aun más al sur se alza del Devónico un cerro blanco alto, constituido nuevamente por caliza ordovícica. El plegamiento y el *sobrescurrimiento* se reconocen claramente a la distancia, así

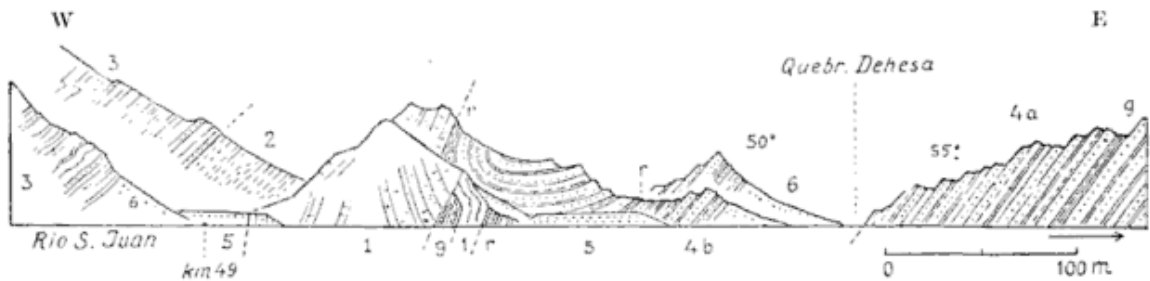


Fig. 24. — Perfil del umbral calcáreo al lado de la Quebrada Dehesa, km 49 : 1, caliza ordovícica ; 2, esquistos verdes, Tambolar ? ; 3, serie devónica con grauvaqa ; 4, areniscas multicolores con intercalaciones arcillosas, Carbónico (Paganzo II) ; r, arcillas arenosas rojas ; g, arcillas verdes ; 5, terraza aluvional ; 6, acarreo de falda.

como una zona estrecha de areniscas amarillas y arcillas verde-negriscas del Paganzo, amasadas y torturadas debajo de la caliza (fig. 25).

La serie carbónica del tipo Paganzo II está maravillosamente expuesta en el río y tiene, en posición normal con una inclinación de 50-60° hacia el oeste, una potencia de 1000 m. Consiste de areniscas y arcosas en bancos gruesos de color blanco, pardo, chocolate, rojizo, violeta, verdusco y amarillo con estratos intercalados de arcillas más o menos arenosas pardas y verde-oliva. El contacto normal con el Devónico yacente se presenta en una quebradita opuesta al km 47,55 : un banco de arenisca blanca descansa en concordancia sobre las filitas con grauvaqa (lám. II).

Este Devónico forma una nueva angostura apta para un embalse. Mientras que su parte alta está fuertemente plegada, la parte basal se inclina 50-55° hacia el oeste. Opuesto al km 46,5 se superpone a estratos arcillosos rojos (Tambolar ?).

Lo que no se comprende desde lejos en el lado norte del río, está bien expuesto al sur de la carretera (fig. 2). Desde allí parece que se trate de una serie normal gotlándico-devónica en cobijadura sobre areniscas ver-

luscas y rojizas del Carbónico (Paganzo II), que tienen la misma inclinación de 35-45° hacia el WSW.

Entre los km 46 y 39, la carretera y el Río San Juan atraviesan a menudo el cuaternario, mientras que más lejos al norte, es difícil distinguir las diferentes formaciones. El dibujo de la lámina II muestra lo que creí reconocer con el prismático, es decir, *otro sobrescurrimiento por empuje hacia el este*.

Sin embargo, en el sur de la carretera (km 41,15) en el yacente de las areniscas carbónicas, aparecen de nuevo las grauvacas y el Tambolar, pero el último en una facies nueva. Parece que la parte inferior Tambolar está representada por arenisca verdusca y amarilla. Esta arenisca, inclinada 45-50° hacia SSW y SW, se superpone en discordancia al Terciario tobífero (fig. 3).

Ya desde el km 46 se observa un *desvío del rumbo* normal norte hacia el NW, causado por un hundimiento general de las estructuras tectónicas hacia el sur.

El contacto normal del Terciario tobífero con el yacente, se observa bien al sur del km 39. La superposición a la

serie de grauvacas, a veces con conglomerado de base, es concordante.

El conjunto está inclinado de 30 a 60° hacia el SW en la quebrada de los Canales, y 30-45° hacia el oeste más al sur, en el valle ancho al sur del km 37. La serie de grauvacas de la carretera al km 39-37 se inclina al SW y S, es decir, el rumbo es más o menos paralelo a la carretera y al río.

Vamos ahora a investigar el perfil al norte del Río San Juan desde el km 42 río abajo.

Inclinados con 30° hacia el W, los bancos de areniscas carbónicas descansan sobre el Devónico plegado. Bajo éste, formando una serie normal de aproximadamente 1000 m de espesor, aparece con contacto neto el Tambolar típico (fig. 4). El yacente consiste en areniscas y esquistos que no puedo ubicar, más que en el Carbónico inferior.

El ingeniero Flores, de la Universidad de Cuyo, me informa que ha hallado *Lepidodendron* en esta arenisca gris verdosa con yeso, al sur del Puntón, lo que confirma mi suposición.

Si esta interpretación se verifica, debiera encontrarse una superficie de deslizamiento del Carbónico, sobre el cual ha sido empujado la serie Tambolar. Pero he buscado en vano.

Ya desde lejos se destaca el cono blanco llamado Pan de Azúcar o *Puntón colorado* que se alza a casi 900 m sobre el Río San Juan, consti-

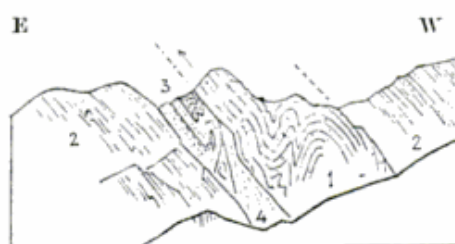


Fig. 25. — El macizo alto de caliza, visto desde un punto situado 1400 m al sur del km 49: 1, caliza ordoviciica; 2, filitas y grauvacas devónicas; 3, areniscas y arcillas carbónicas.

tuído principalmente por *dacita*. El cuello por encima del zócalo verdusco de esquistos se destaca por sus inclusiones de arcillas, esquistos y areniscas « cocidas », rojas, moradas, chocolate, negras y verdes (lám. II).

Claramente, la intrusión dacítica es causa del cambio del rumbo de las formaciones sedimentarias alrededor del Puntón. Así, la arenisca Carbónica bajo el Tambolar describe una bóveda a lo largo del Río San Juan desde la quebrada Aspera y forma un manto sobre los esquistos verduscos al este de la quebrada Aspera (lám. II). Al lado de la carretera, entre km 40 y 37,5 el Devónico está inclinado hacia el SW y S. Por esto, la lámina II, en este sector, solamente representa una vista superficial por ser imposible dibujar un corte correcto.

Otra consecuencia de la inclinación axial y de la formación de un cuello por empuje de la intrusión dacítica, es la formación de la gran cuenca terciaria que se abre en el Río Ancho, al sur de los kms 37-39. Allá, a 10 km aproximadamente al sur de la carretera, el Terciario blanco tobífero descansa con delgada discordancia sobre el Devónico-Carbónico oscuro. Se extiende E-W sobre 5-10 kms, un espesor que puede alcanzar los mil metros.

Finalmente llegamos a la angostura del Río San Juan entre los kms 36-34, llamada *Punta Negra*. Allí, la serie devónica de más de 1000 m de potencia, se inclina regularmente 25-65° hacia el E (lám. II).

9. *La Región Terciaria de Zonda y Ullúm.* — De Punta Negra, donde en el km 34,7 se proyecta la construcción de un enorme dique de embalse, hasta la sierra Chica de Zonda, se abre un valle fértil longitudinal de 10 km de ancho, en el cual se extienden las ricas plantaciones viñeras de Zonda. Esta depresión es tectónica. El contacto de la serie devónica con el Terciario del km 34,4 (fig. 11) describe al norte del río alrededor de Ullúm una gran bóveda cóncava. Se reconoce por numerosas colinas blancas y coloradas que sobresalen en la llanura. Se llaman Barrancas Blancas. Detrás de ellas, a unos 9 kms al N13°W desde el km 34, se eleva otro puntón de roca efusiva blanca de más o menos 1900 m de altura s. n. m. (lám. II).

Al sur de los kms 34-30 se destacan las rocas del aislado *Cerro Blanco*, de 1500 m de altura aproximada, compuesto principalmente por *dacita*, como el Puntón. Su tectónica es tan complicada y asombrosa, que una descripción satisfactoria solamente sería posible en base de a un mapa fotogramétrico en escala 1 : 10.000, y necesitando por lo menos un mes de trabajo geológico. Sería un tema interesante para tesis.

No es posible presentar un perfil completo. Solamente cabe mencionar algunas observaciones locales de interés general.

Viniendo del oeste, se encuentra como zócalo la serie calchaqueña

neógena de 200-300 m, que consiste en arenisca rojiza clara, con conglomerados en su parte inferior. Hacia el pie del Cerro Blanco, esta serie termina con una inclinación de  $15^\circ$  hacia el este y una capa de arenisca rojo ladrillo, aparentemente «cocida» por la masa dacítica de encima. El contacto es claro y neto.

Subiendo en una quebrada a 1-2 km al SE del km 34, se observa que la capa roja se erige repentinamente hasta la vertical, con rumbo NE. En esta posición, en su lado NW, se repite dos veces más la roca dacítica y las areniscas. La última pared de dacita, semejante a un pórfido cuarcífero, muestra un *sinclinal estrecho perfecto*, con rumbo del eje NE. La deformación es semiplástica. En la parte más comprimida, la roca está tan aplastada, que se desgajan láminas al contacto. Sin embargo, el dinamometamorfismo no ha sido aun tan fuerte como para deformar los granos de cuarzo o para cambiar el contenido mineralógico (fig. 26).

Estudiaremos ahora la tectónica a lo largo de la carretera que está cortada a través de las escarpas septentrionales del Cerro Blanco.

En el km 33,2 las areniscas rojizas terciarias se inclinan hacia el este bajo la pared de dacita. Allí no existe ya el estrato «cocido» rojo.

Las rocas volcánicas empiezan concordantemente con un estrato de 5 m de toba blanca caolinizada, que pasa gradualmente a roca maciza.

Poco más al este, se eleva sobre el acarreo una pared con estratificación vertical de rumbo  $N 20^\circ W$ . Como en la localidad de la figura 24, consiste en dos repeticiones de conglomerado y arenisca terciaria entre la roca efusiva, en posición vertical. Pero el rumbo aquí es en ángulo casi recto con el de la figura 26.

Un poco más al este, km 32,3, se observa la tectónica local más extraña: una intrusión de la arenisca sedimentaria en la roca volcánica en lugar de lo inverso. El estrato superior de la arenisca rojo-chocolate, intercalado en la dacita, se desgaja, enviando un ramo casi vertical hacia arriba, mientras que un puente de dacita se ha conservado sobre el ramo escarpado (fig. 27).

Desde el km 32 hasta el 30, se observan diferentes intercalaciones de areniscas «cocidas» en las más divergentes posiciones.

Finalmente, medio kilómetro al SW de la comisaría (km 30), hay un

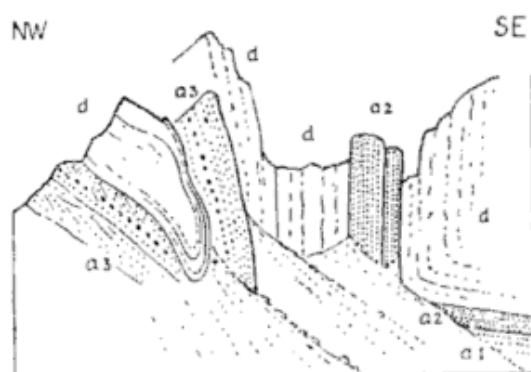


Fig. 26. — Plegamiento de la dacita en la parte oeste del Cerro Blanco, al SE del km 34: a, areniscas con conglomerado, Terciario; a1 rojizo; a2, rojo ladrillo; a3, chocolate; d, dacita; +, lugar del aplastamiento.

pliegue inclinado hacia ESE de arenisca chocolate o negra y conglomerado con rodados pulidos de pórfido cuarcífero, envuelto por dacita plegada. Con la ayuda de aero-fotografías sería posible hallar un sistema en la caótica distribución de los afloramientos sedimentarios en la roca efusiva.

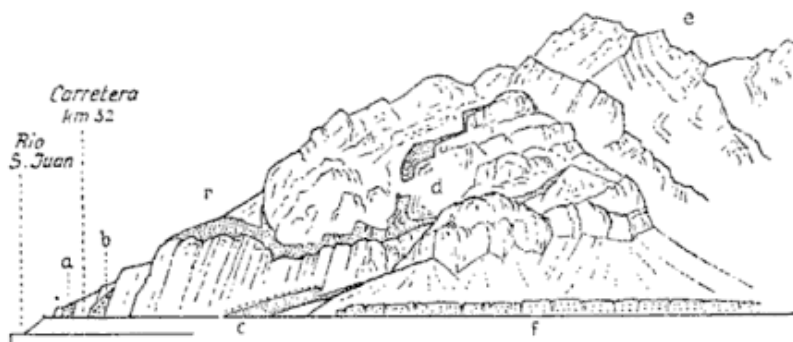


Fig. 27. — Ramificación de areniscas terciarias rojas en las rocas dacíticas del Cerro Blanco de Zonda. Croquis tomado desde el km 32,5 hacia el E. a, arenisca morada, inclinada  $80^\circ$  hacia  $N 15^\circ W$ ; b, 15 m de conglomerado rojo, inclinado  $45^\circ$  hacia NE; c, arenisca roja, encima lava dacítica con grietas regulares frescas y con un conglomerado de base; d, puente de dacita sobre la chimenea de arenisca; e, sinclinal de dacita; f, terraza de grava y acarreo.

10. *La Sierra Chica de Zonda.* — Esta sierra, está principalmente constituida por caliza Cambro ordovícica. Es la última oportunidad en que las mismas afloran al este de la Precordillera y la sierra tiene una larga extensión hacia el sur, limitando al W el llano regado de San Juan. Bajo este llano y su Terciario se ha hundido completamente la zona de la Rinconada que se extiende unos 30-40 km más al sur (14).

Se distinguen en la Sierra Chica de Zonda las subdivisiones orográficas siguientes, de sur a norte :

1ª Sierra de Pedernal, cortada transversalmente por el Río de la Flecha. El gran circo de la parte superior del Valle de la Flecha ya estaba erodado en el principio de la era carbónica ;

2ª Cordón de la Flecha y de la Rinconada (2234 m), cortado por el arroyo de Zonda, al lado del cual pasa la carretera de San Juan a Calingasta ;

3ª Cordón de Zonda, que termina bruscamente en el Río San Juan, para hacer lugar al *bat lands* terciario de Las Tapias (Cuesta de Ullúm, 868 m).

La carretera a Calingasta atraviesa la sierra oblicuamente, paralela al rumbo de los bancos escarpados que son desviados del norte al  $N 30-40^\circ E$ .

En la parte central los estratos están verticales y son muy escarpados, con inclinaciones al NW y SE. En el lado NW se observa una zona de plegamiento complicado Entre km 19,5 y 19 baja hacia la la carretera un

anticlinal estrecho, a pico, el eje del cual se inclina  $40^\circ$  hacia el NE. El borde con la llanura aluvional de Zonda consiste en estratos de caliza casi verticales con rumbo E  $25^\circ$ N.

Estos datos bastan para explicar por que no se puede dibujar un perfil transversal adecuado de la Sierra de Zonda basado solamente sobre observaciones desde la carretera. Sólo el flanco SE, con 1500 m de caliza ordovícica, es más o menos normal. Sus bancos se inclinan  $50-80^\circ$  hacia E  $30-40^\circ$ S y están cubiertos en discordancia por el Terciario rojo con  $30^\circ$  de inclinación ESE.

Poco al norte de la carretera que pasa por el Parque Rivadavia, el pie oriental de la Sierra de Zonda está bien expuesto y muy complicado por el aplastamiento que interfiere con efectos de erosión paleozoica.

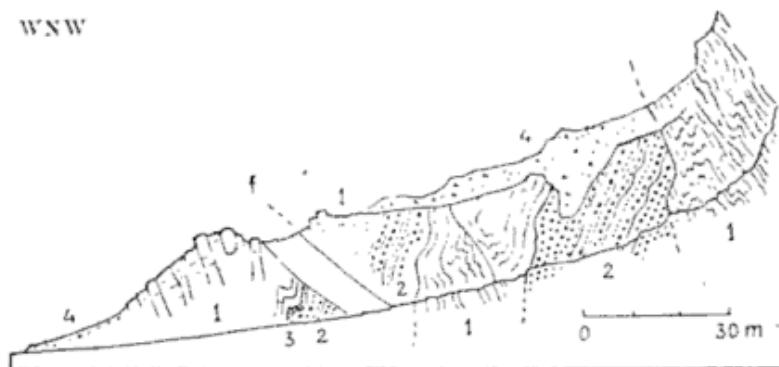


Fig. 28. — Pie oriental de la Sierra Chica de Zonda a 1 km al norte del Parque Rivadavia: 1. caliza ordovícica; 2. conglomerado duro, grueso, rojo; 3. arenisca arcillosa roja; 4. acarreo; *f.* falla transversal con desplazamiento horizontal.

Parece que los conglomerados duros comprimidos entre las láminas estrujadas de caliza, pertenecen al Permo-Carbónico (fig. 26).

Seguimos entonces al Río San Juan para estudiar la extremidad norte de la Sierra Chica de Zonda.

Como ya ha sido reconocido por Groeber y Tapia (7), el Calchaqueño toca directamente a la caliza ordovícica. El contacto, a pesar del hiatus enorme, es casi biconcordante en el lado oriental, con una inclinación de  $60-65^\circ$  hacia ESE. Pero en la extremidad norte de la sierra interviene una *falla* que corta oblicuamente las cabeceras de los estratos calcáreos. Subiendo la zigzagueada senda de turismo, se reconoce una grieta, en la cual el contacto es vertical, con rumbo W  $15^\circ$ N, que se curva hacia W  $75^\circ$ N. Esta falla sigue hasta la extremidad norte de la caliza, donde encuentra otra falla vertical de rumbo N  $28^\circ$ E, es decir longitudinal (fig. 29 y lámina VI-1).

La caliza, contrariamente a los perfiles esquemáticos de Groeber y Tapia (7) y Groeber (6), no está estrujada o triturada, sino simplemente en forma de un flanco anticlinal (fig. 29). Los bancos de caliza con sílex

se inclinan de 65 a 50° mientras que el rumbo dobla gradualmente de NE a N. Parece que ha sido amputada la parte occidental del anticlinal.

Concerniente a la tectónica del Terciario conviene mencionar que no he visto la larga falla al norte del río que cortaría todo el Calchaqueño, sino un simple borde de erosión reciente. En lugar de la falla mencionada, se ve un *anticlinal* claro en los Estratos Calchaqueños en el lado del camino, a menos de un kilómetro al NW del puente de Ullún sobre

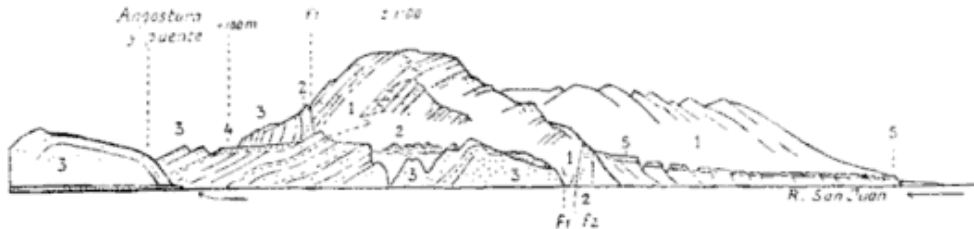


Fig. 29. — Croquis de la extremidad norte de la Sierra de Zonda. Vista hacia el sur desde el camino al norte del puente de Ullún: 1, caliza ordovícica; 2, arenisca calchaqueña basal, roja; 3, estratos calchaqueños con conglomerados; 4, terraza de grava pleistocena, a 100 m sobre el río San Juan; 5, depósito blanco calcáreo lacustre encima de grava cuaternaria;  $f_1$ , falla oblicua;  $f_2$ , falla longitudinal.

el Río San Juan. Este anticlinal de rumbo NNE puede representar la continuación hundida hacia el norte, del anticlinal en parte amputado de la Sierra Chica de Zonda (figs. 29 y 30).

La senda que sube a la cabeza calcárea encima del puente de Ullún (fig. 30), presenta una hermosa vista sobre la vasta región de las Tapias. No solamente se reconoce la tectónica de este «bad lands» modelado por la erosión en un mar de crestas y quebraditas, sino también restos de

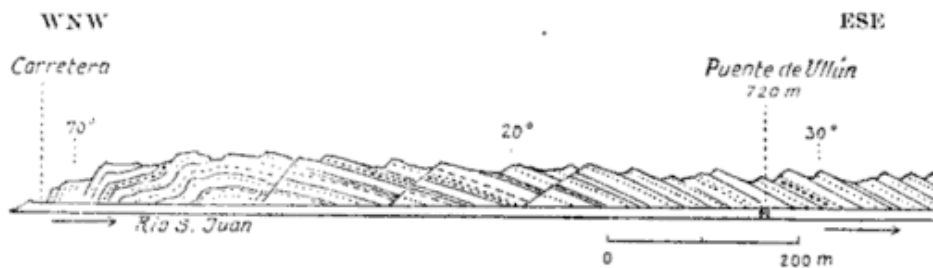
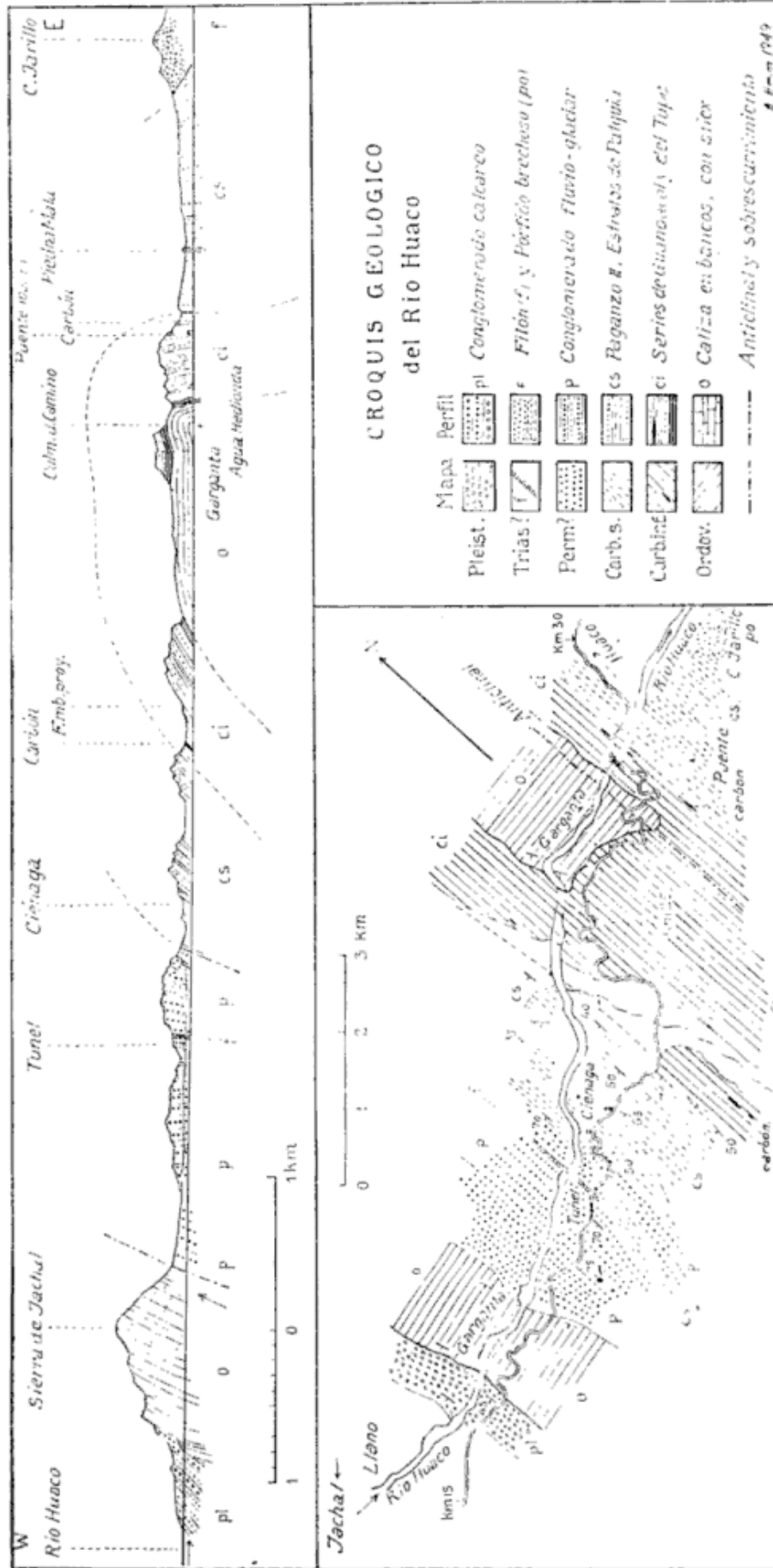


Fig. 30. — El anticlinal del Terciario (calchaqueño) en el camino al NW del puente de Ullún. en proyección hacia el NNE

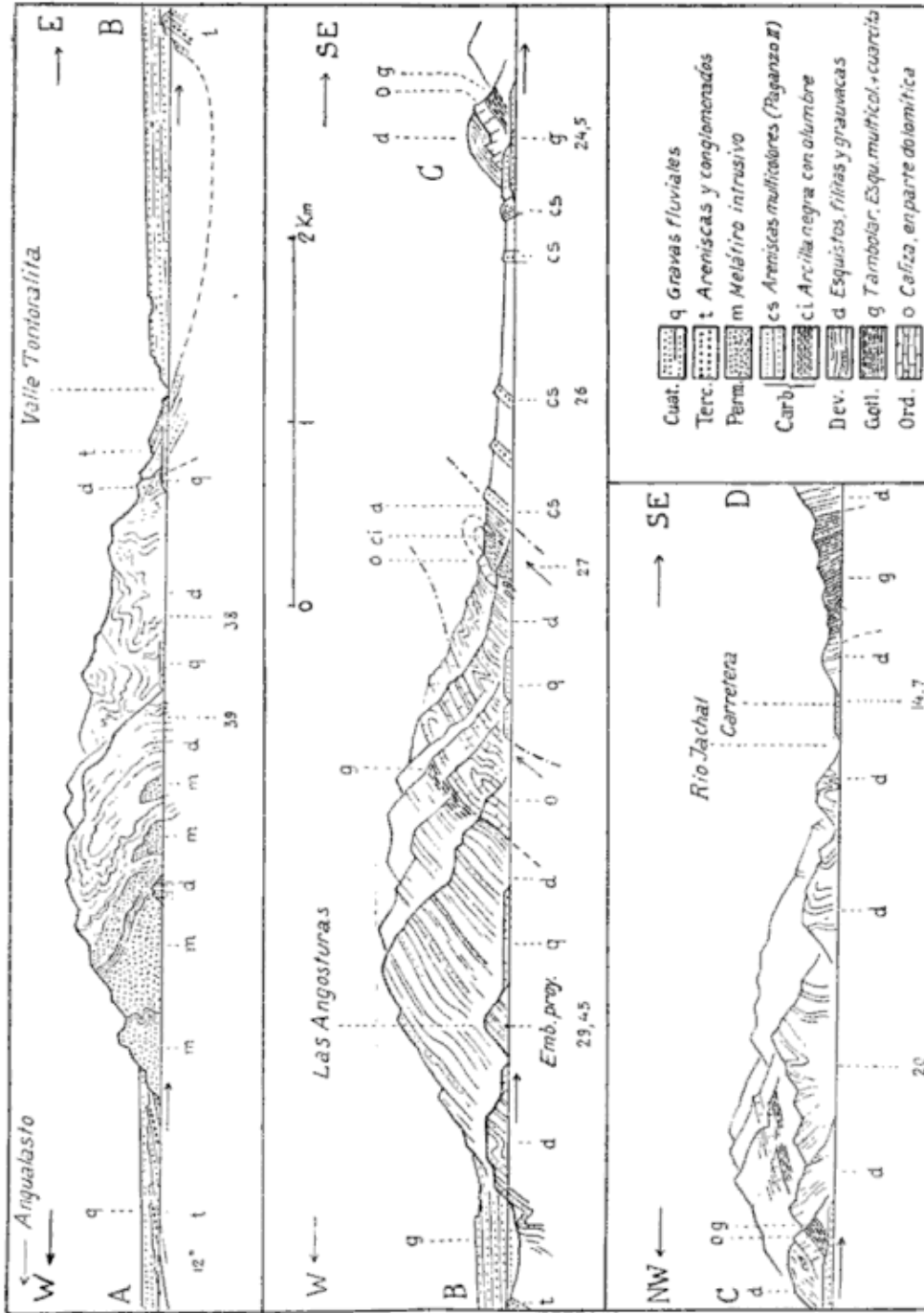
una antigua terraza pleistocena del valle, aproximadamente a unos 100 m sobre el río actual. A pesar de los frecuentes terremotos, esta terraza parece no estar dislocada.

Toda la parte norte de la Sierra de Zonda difiere de la Rinconada (región de Carpintería), donde la potente serie carbónica con filitas descansa con discordancia sobre el Eopaleozoico y donde los últimos están enormemente aplastados y desgarrados tectónicamente.

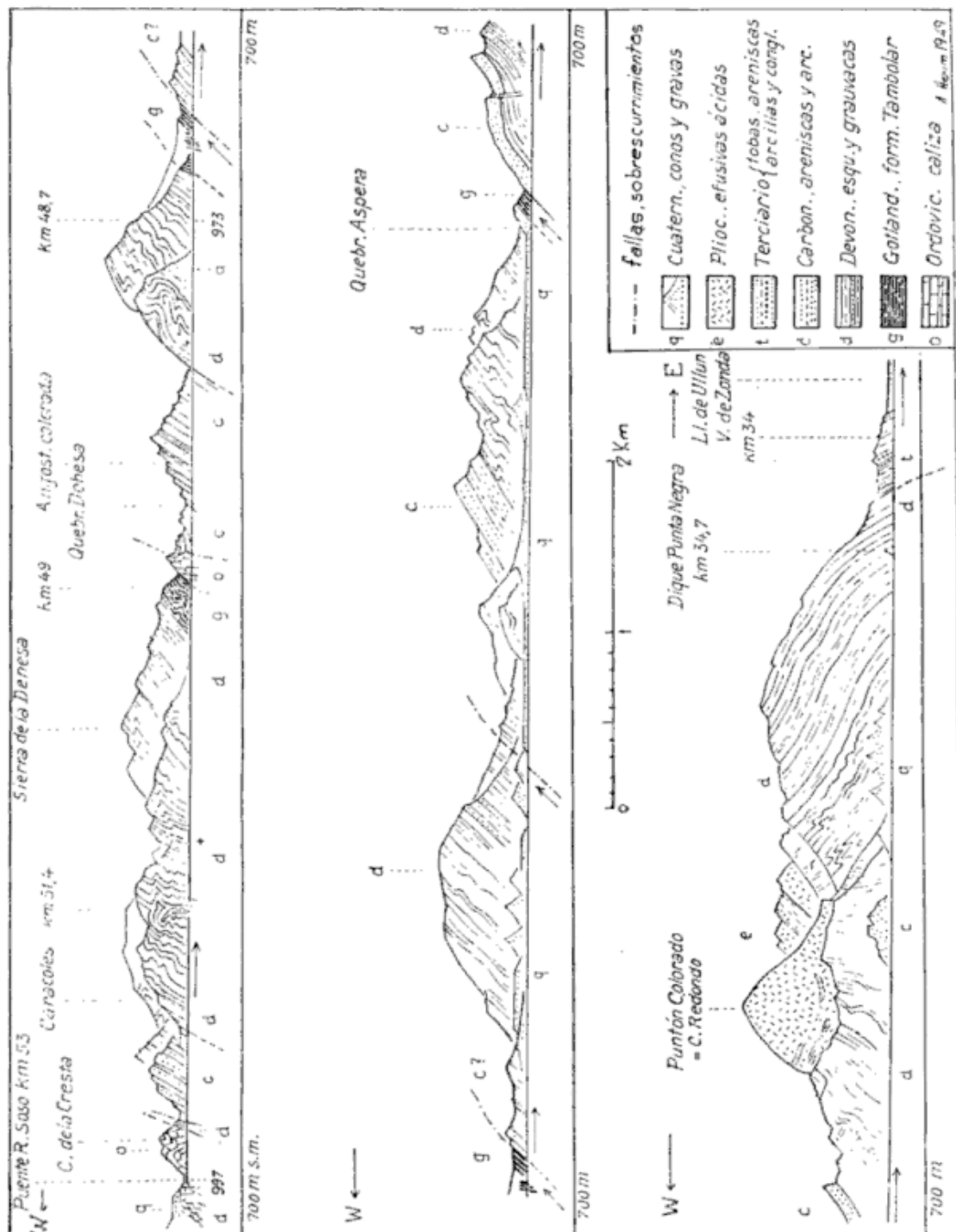




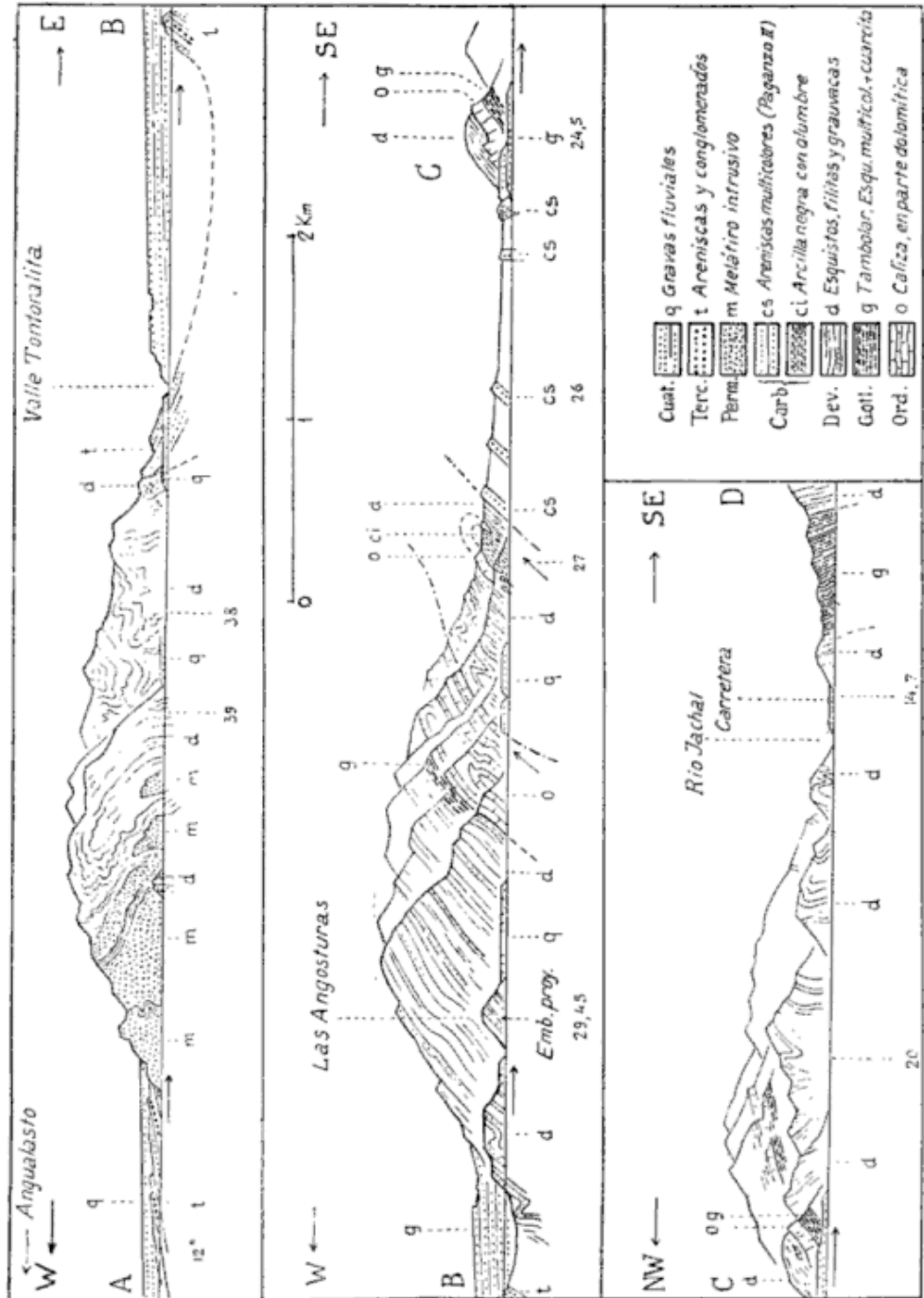
Croquis geológico del río Huaco. Mapa y vista en proyección norte de la margen izquierda del río



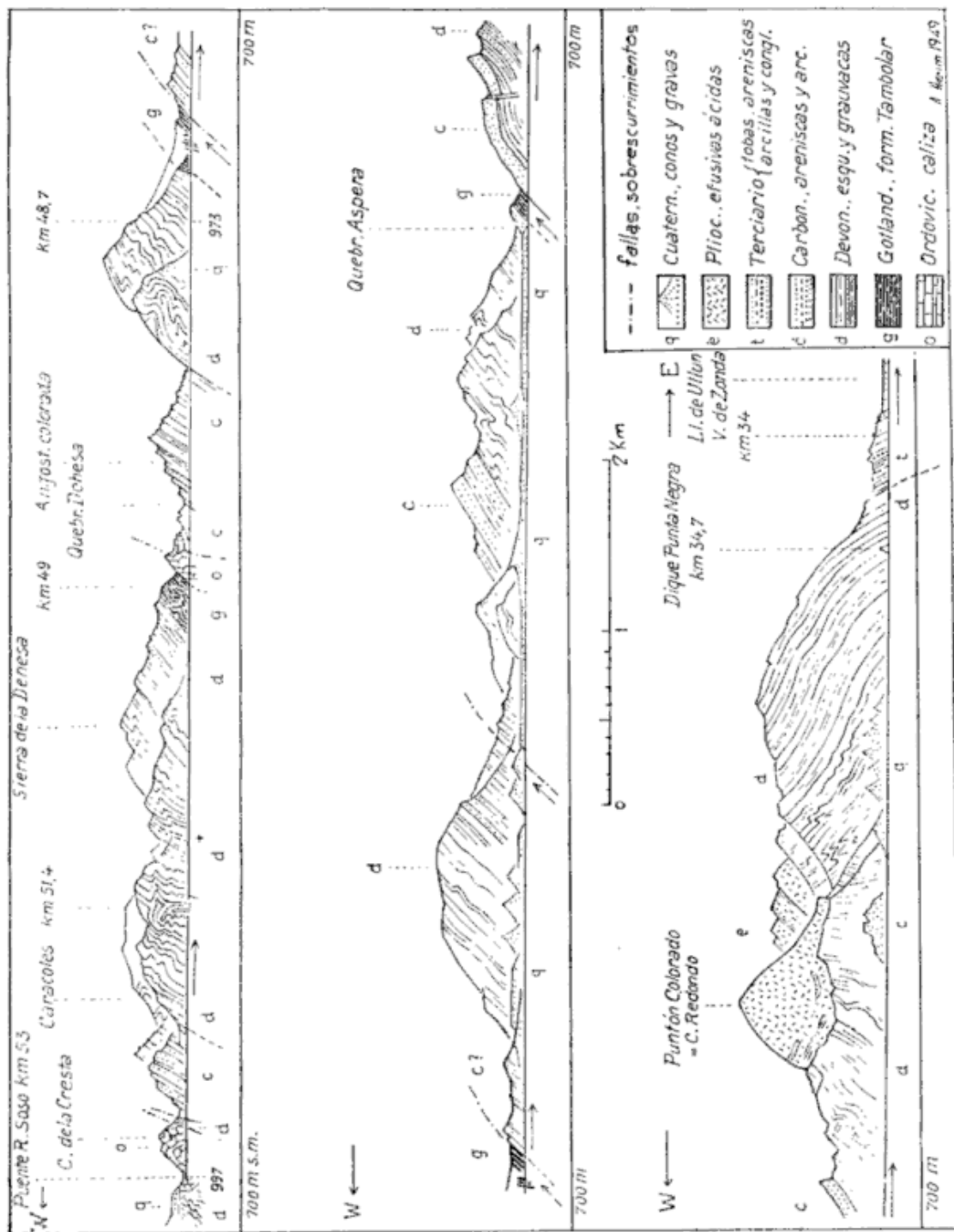
Aspecto tectónico de la región izquierda del río Jachal al norte de San Juan, desde el valle longitudinal de Angualasto hasta las lomas de Jachal, kms 45-14. Proyección hacia N y NE



Continuación de la lámina I, región oriental de la Precordillera, al sur del trecho longitudinal del río, desde el río Sasso hasta Punta Negra, kms 53-34. Proyección Norte El Puntón está representado más como una vista que como un perfil de corte.



Aspecto tectónico de la región izquierda del río Jachal al norte de San Juan, desde el valle longitudinal de Angualasto hasta las lomas de Jachal, kms 45-14. Proyección hacia N y NE



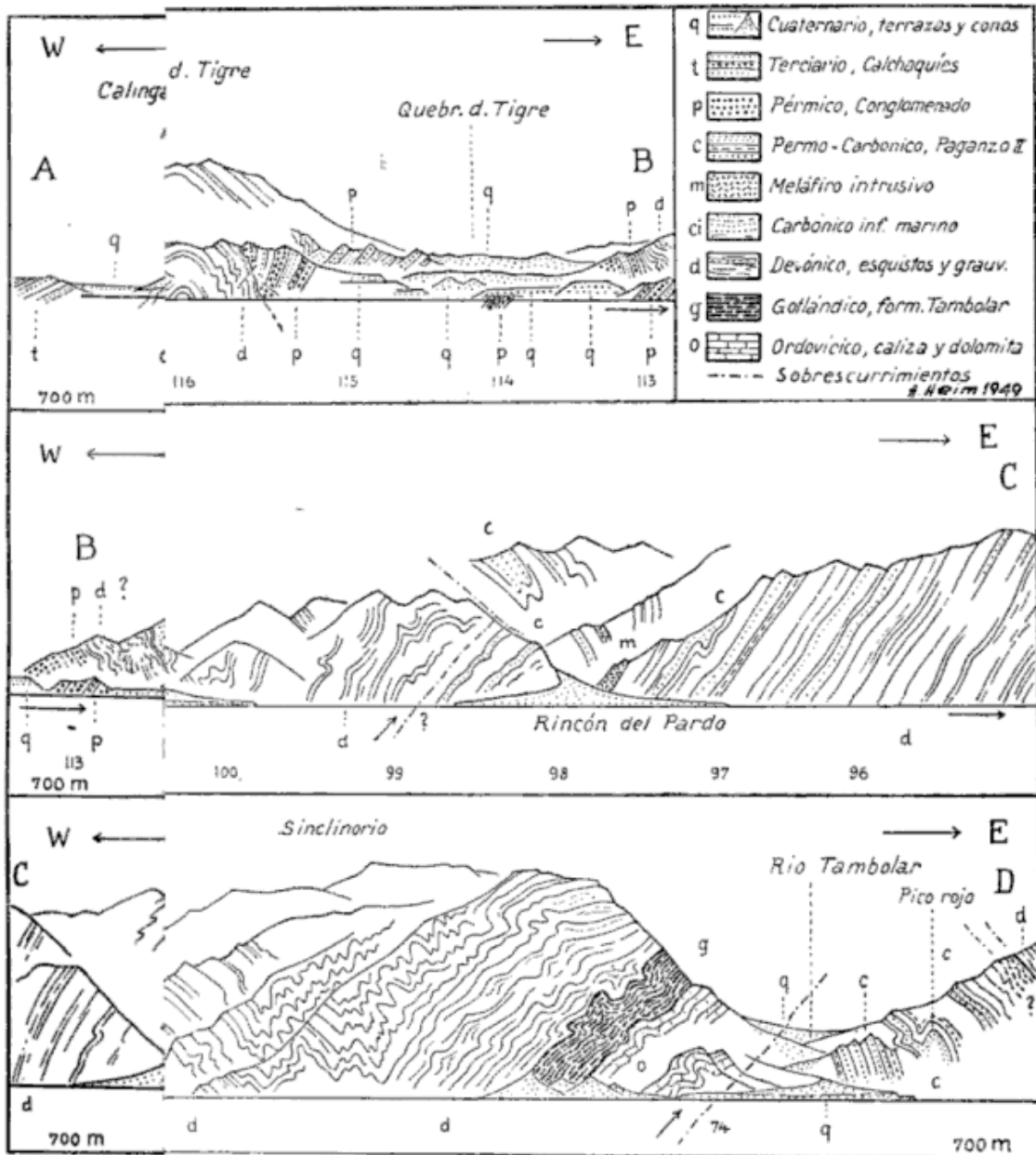
Continuación de la lámina I, región oriental de la Precordillera, al sur del trazo longitudinal del río, desde el río Saso hasta Punta Negra, kms 53-34. Proyección Norte-El Puntón está representado más como una vista que como un perfil de corte



ARNOLDO ]

PLANTAS DE LA SIERRA DE

LÁMINA I



y el río Tambolar, kms 130-74



## EL PERFIL TECTÓNICO DEL RÍO JACHAL

### I. *Introducción*

El estudio tectónico del valle transversal del Río Jachal presenta las mismas dificultades que el del Río San Juan. No existe un mapa utilizable. Así, durante 4 días de investigación (febrero y mayo 1945), me fué solamente posible croquisar un *perfil aproximado*, utilizando para la orientación los indicadores de piedra de los kilómetros.

Como en el valle del Río San Juan, la carretera costea siempre la orilla sur del río y se encuentran a contraluz las laderas del lado opuesto. Además, el rumbo de los pliegues es variable. En la parte occidental, el rumbo del plegamiento es normal, hacia el norte, mientras que en la parte oriental se desvía hacia el NE. Por eso, fué necesario cambiar también la dirección de la proyección en la lámina III, que representa una combinación de corte y de vista.

No fué posible atravesar el Río Jachal aguas arriba del dique nivelador, cerca de la ciudad del mismo nombre.

Respecto a la estratigrafía, puedo remitir al lector al capítulo sobre el Río San Juan. Los detalles, en caso de diferencias, están mencionados en la descripción tectónica.

### II. *Descripción tectónica*

Empezamos nuevamente por la parte occidental.

1. *El Valle Rodeo-Angualasto.* — El ancho valle entre la Cordillera de Olivares y Conconta, con sus nevados de 5500 m o más y la Precordillera, es la continuación hacia el norte del Valle de Calingasta-Castaño. Consiste principalmente de sedimentos terciarios y cuaternarios.

En Iglesia-Campanario existe una zona con colinas bajas redondeadas de andesita, que parece haber penetrado en los Estratos Calchaqueños y representa la roca ígnea más reciente de esta región, al este de la Alta Cordillera.

En Rodeo-La Cañada se eleva sobre la arena del valle una zona de colinas ásperas y crestas de areniscas blandas, rojizas, amarillas y blancas del tipo Calchaqueño. En la carretera, la parte basal, una brecha de meláfiro de 5-10 m, descansa en discordancia poco pronunciada sobre el meláfiro. Encima siguen areniscas blancas, amarillas y rojizas, inclinadas 12-14° hacia W 15°N ( lám. III).

A unos dos kilómetros al W del meláfiro se observa un hermoso sin-

clinal asimétrico en el Terciario. Con rumbo sur, el flanco occidental se erige repentinamente a  $50^\circ$ . En la parte baja rojiza de la serie de este Calchaqueño se intercala un conglomerado. Encima, a unos 300 m sobre el río y en discordancia neta descansan capas de grava como relictos del valle pleistoceno.

Más al norte, el río Jachal ha cortado su lecho en la serie calchaqueña levemente inclinada hacia el oeste y en las gravas pleistocenas (lám. III).

2. *Parte occidental de la Precordillera.* — Penetrando en la Precordillera, el río Jachal ha cortado una *garganta* infranqueable. El camino de Rodeo y Jachal está cortado en un portezuelito poco al sur del río, llamado Cuesta del Viento. Se destacan allí hermosas columnas hexagonales de meláfiro.

Igualmente como en la parte occidental del río San Juan, el meláfiro se encuentra en el río Jachal en este lado y tiene una extensión considerable. La zona del km 41 al 39 se compone de meláfiro con intercalaciones de sedimentos erigidos y plegados, en los cuales fué inyectado el magma básico, probablemente en el Permo-triásico. Estos relictos de sedimentos consisten a menudo, en esquistos y grauvacas devónicas. En el km 40, hay en el meláfiro una zona de 30 m de arcillas esquistosas negruscas con alumbre, que parecen corresponder al Carbónico inferior.

Encima se reconoce con ayuda del prismático un anticlinal, de filita y grauvaca fuertemente inclinado, que indica un *empuje hacia el oeste*. La raíz, casi vertical, parece estar parcialmente amputada. Se confina a una zona de *plegamiento desarmónico* extraño, mientras que el rumbo sigue normal hacia el norte (lám. III).

3. *El Valle Tontoralita* — Entre los kilómetros 37 y 30 de la carretera, el valle del río Jachal se ensancha, cortado en los conos de deyección de los valles longitudinales opuestos, llenos de grava y acarreo. Solamente opuesto al km 36,5 se observa a distancia un afloramiento de arenisca gris y brecha del Terciario, que descansa discordantemente con una inclinación de  $30-40^\circ E$ , sobre las filitas plegadas. Después, se eleva suavemente una vasta y alta terraza pleistocena en el lado norte del río Jachal (lám. III).

Al sur de la carretera, 3 km al SW del km 30,5, se destaca un aislado afloramiento terciario, constituido por arcillas, areniscas y conglomerados blandos rojizos que corresponden al Calchaqueño del valle de Rodeo. La inclinación es de  $50-60^\circ$  hacia WNW. En la lámina III este afloramiento está indicado en proyección hacia el norte y en la posición más baja.

4. *La Sierra Media, Las Angosturas.* — En la esquina del km 30,5, el río Jachal entra en la *segunda garganta* transversal, constituida por filitas y grauvacas devónicas. El contacto con el Terciario queda escondido bajo los rodados del cuaternario.

En esta sierra de la Precordillera, el Devónico está representado predominantemente por *filitas lustrosas* sericíticas. Mientras que la inclinación de los estratos hasta el km 28, es generalmente 30-55° hacia WSW, el *clivaje* atraviesa la estratificación casi con el mismo rumbo, con una inclinación más fuerte. Por ejemplo, en el km 30,5, los bancos de grauvaca se inclinan 60° hacia el W 25° S y el clivaje 80° hacia W 5° S. (Groeber considera a esta serie, Proterozoica, según comunicación verbal).

Localmente, el conjunto está atravesado por una serie de grietas rectas verticales de rumbo transversal.

En el km 29,55, la carretera ha excavado una veta (sill) de 5-8 m de meláfiro, entre dos bancos de grauvaca. El conjunto está intercalado en filita. Mientras que la estratificación se inclina de 40-45° hacia el oeste, el clivaje atraviesa los estratos con 75° de inclinación en la misma dirección.

Hacia el km 28, la garganta está cortada en la serie filítica con una inclinación general de 45° hacia el oeste. En la parte inferior se presentan intercalaciones estratigráficas de estratos o bancos duros de grauvaca, característicos del Devónico,

A 20-30 m al norte del túnel (km 28) aflora un contacto vertical con la caliza ordovícica. Cerca del contacto se intercala otra veta melafírica. Pero no he visto allí un vestigio de Tambolar.

En las paredes al norte del río, el Devónico parece descansar normalmente sobre la caliza, también sin representación del Tambolar. Se distingue allí un hermoso *pliegue anticlinal* poco empujado hacia el este (lám. III), mientras que en los túneles de la carretera (km 28) la posición de la caliza es en general vertical, con rumbo norte. Sin embargo, hay muchos desvíos locales y toda la serie está enormemente *aplastada, laminada y marmolizada*.

El espesor total de la caliza que atraviesa la garganta se calcula en 350-400 metros solamente, lo que es poco en comparación con el espesor normal, que puede sobrepasar los mil metros.

La caliza de los túneles está empujada sobre la serie filítica plegada en su lado oriental, que tiene 400-500 m de espesor y está generalmente inclinada hacia W.

En el km 27,15 encontramos de nuevo la caliza intercalada entre filitas, pero *en forma más extraordinaria*.

Hemos llegado al lugar tectónicamente más complicado y difícil de comprender de todo lo encontrado en las sierras argentinas. Sólo con

un mapa fotogramético detallado en escala 1 : 5.000 o más grande, y en el cual estuvieran bien dibujados los afloramientos sería posible representar bien una posición tectónica tan complicada. La descripción siguiente, con la ayuda de croquis y fotografías, solamente alcanzará a dar una idea provisoria del fenómeno.

Ya en la esquina del km 27,15 se ofrece en el yacente de la zona filítica devónica un espectáculo asombroso :

En el corte de la carretera se destacan numerosos bloques envueltos en filita. Los más grandes, más o menos lentiformes, consisten en caliza ordovícica (a la derecha de la figura 31).

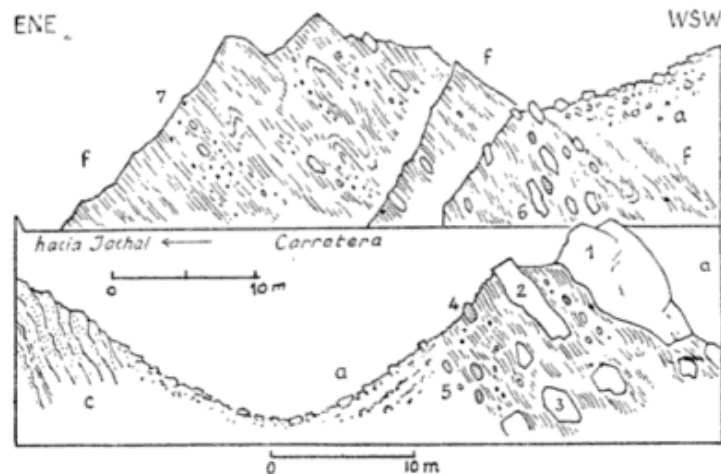


Fig. 31. — « Morena tectónica » de la Esquina km 27,15, río Jaibal :  
a, acarreo ; c, bancos cuarcíticos, devónicos o Tambolar y de sílex,  
f, filita devónica llena de piedras y bloques ; 1-3, caliza ordovícica ;  
4-5, zona de 5 m con rodados de dolomita arenosa del tipo Tambolar y de sílex ;  
6, zona de 10 m llena de bloques de caliza de hasta 2,5 m de largo ;  
7, zona con bloques y llena de rodados de sílex del ordovícico.

Al lado del río se nota primeramente una roca saliente de caliza clara con vestigios de corales (bloque 1). Bajando un poco hacia el río, se observa que es un bloque de aproximadamente  $5 \times 10$  m que descansa con un plano ondulado de deslizamiento sobre una lámina aplastada de filita, llena de bloques de menor tamaño, constituidos por : caliza, dolomita ferruginosa del tipo Tambolar y cantos de sílex (fig. 31).

Bajo esta aglomeración, en la filita de 3 metros, hay otro bloque calcáreo que tiene 2 m de espesor e incluye concreciones y láminas de sílex. Por su parte, se ha deslizado sobre otra zona filítica llena de bloques. Junto con los de caliza, se distinguen grandes rodados elipsóidicos ferruginosos que no solamente por su composición petrográfica, sino también por sus rastros vermiformes se reconocen como perteneciendo al Tambolar. La filita verdusca, que además está llena de rodados de sílex y de caliza negra, puede pertenecer al Gotlándico.

La continuación de esta última zona hacia el sur se presenta en el

corte de la carretera (7 en fig. 31), y está también llena de rodados silíceos. Descansa sobre filita normal, mientras que la cresta que se dirige al río se compone de bancos cuarcíticos oscuros, devónicos o gotlándicos (*c* en fig. 31).

Ascendiendo la ladera en el km 27, el fenómeno de «*Morena tectónica*» se revela en una forma aún más espectacular, tal como lo demuestra la figura 32 y la lámina VI-2. Reconocemos la continuación de las zonas de la esquina del camino que se ha erigido hasta la vertical. La filita al oeste de los bloques redondeados está tan cargada de nódulos o rodados de sílex que asemeja un conglomerado.

La caliza se encuentra en bloques de todo tamaño. El más grande sobre el km 27 con 5 m se espesa encima hasta más de 100 metros for-

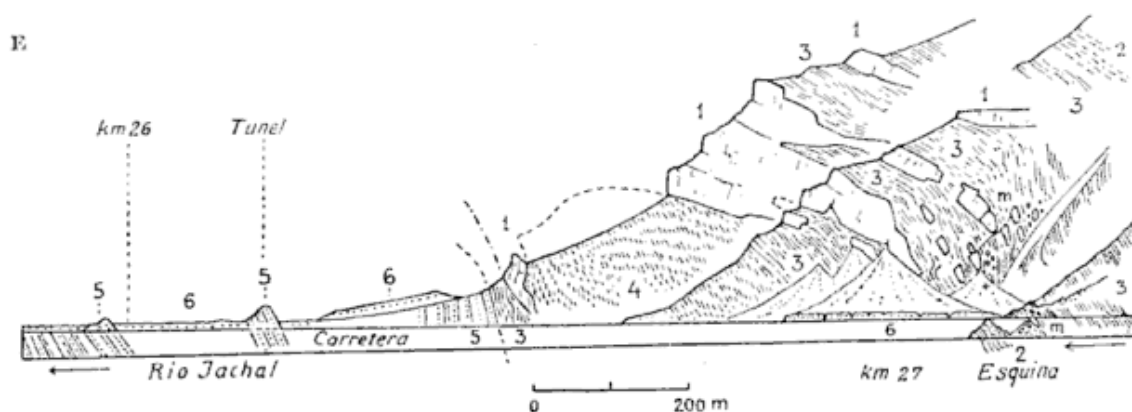


Fig. 32. — Croquis tectónico de la margen sur del río Jachal entre km 26 y 27 de la carretera. Proyección hacia el sur: 1, caliza ordovícica (rocas y bloques); 2, Tambolar, Gotlándico, en el río con cuarcita; 3, filitas devónicas; 4, esquistos oscuros con alumbre, Carbónico inferior?; 5, areniscas del Paganzo II, Carbónico superior; 6, acarreo cuaternario; m, «morena tectónica»; +, lugar de la fotografía 2 de la lámina VI.

mando un abrupto con varios cientos de metros de largo sobre el río. Netamente se observa su *sobrescurrimiento* sobre la filita que se afila hacia el contacto (fig. 32). Más asombroso es el hecho de que, poco más al sur del perfil dibujado, la caliza ordovícica describe una *bóveda anticlinal completa sobre esquistos blandos, arcillosos, oscuros del tipo Carbónico inferior*.

Las razones de esta clasificación de las rocas son múltiples:

- 1ª Estos esquistos negros con segregaciones de alumbre no se distinguen de los del río San Juan que se superponen al Devónico;
- 2ª No son metamórficos, sucediendo lo contrario con los del Devónico;
- 3ª No se conoce una facies semejante bajo la serie filítica en la serie normal estratigráfica.

En consecuencia de estas observaciones hay que deducir que los esquistos oscuros envueltos deben ser más jóvenes que su cubierta calcárea. Se trata pues de un *anticlinal invertido* con un núcleo más reciente que la bóveda de encima, o en otras palabras, de un *sobrescurrimiento*

*curuelto*. Este fenómeno no es raro en los Alpes, pero hasta hoy parecía desconocido en la Precordillera y la Cordillera de los Andes.

Desgraciadamente, este resultado explica solamente parte del problema tectónico, que es aun más complicado.

Si estudiamos la margen oriental de nuestro anticlinal invertido, podemos observar que la caliza del flanco vertical o poco invertido se afila abajo, de unos 30 m o más hasta cero. Arriba del km 26,5 se superpone con un plano de deslizamiento a una zona aplastada de esquistos con granvaca del Devónico, reducida a unos 20 metros, mientras que éste, por su parte, toca con contacto casi vertical a una arenisca arcillosa roja del Paganzo. De ahí que el anticlinal invertido se presenta con un flanco este reducido en el Ordovícico y Devónico al 1 por ciento o menos de su potencia estratigráfica normal (fig. 32).

Antes de salir de la zona problemática, debemos contemplar su continuación en el lado norte del río. Desgraciadamente no me fué posible cruzar el mismo, y con luz en contra es muy difícil distinguir los detalles de una estructura tan complicada. De todos modos creo haber observado que :

- 1° el anticlinal invertido continúa hacia el norte ;
- 2° que la caliza del flanco normal también se divide en lugar de fijarse con una raíz ;
- 3° que debajo de las cuñas y lentes de caliza del flanco invertido y sobre el Paganzo, se intercala una zona de 100 metros o más de Devónico, y :
- 4° que el Devónico ha sobrescurrido al Paganzo con una inclinación hacia el W de 45-50°.

Estas observaciones están representadas en la lámina III.

5. *El Valle longitudinal Este del Río Jachal*. — Este trecho tiene 2 km de anchura al norte del río Jachal y se ensancha al sur (km 27-24). Se compone en gran parte de gravas cuaternarias y acarreo (lám. III). En ambos lados del río sobresalen afloramientos de areniscas duras, amarillo-grisáceas, rojas y verduscas del Paganzo II (Carbónico) con rumbo normal N-S. La inclinación en la parte occidental, es de 40-65° hacia el W.

En el km 62,2 una dorsal de arenisca grisácea con estratificación muy fina, inclinada 65-70° hacia W, 5-10°S, está cortada por un túnel de 40 m de largo. En su parte oriental, al norte del río, se erigen las areniscas rojas verticalmente.

6. *Sierra Oriental*. — Al N y NE de los kms 23-24 se eleva una nueva sierra. Desde lejos se distingue una zona de caliza inclinada 30-40° hacia el W. Encima descansa la serie filítica oscura y abajo se reconocen

las filitas moradas del Tambolar, sobre las cuales parece estar empujada la caliza ordovícica. Aparentemente, esta zona continúa subiendo gradualmente hacia el NE. Sería un trabajo interesante el estudio detallado de esta sierra.

Al sur de la carretera se observa también el Tambolar morado en una zona de colinas redondeadas. El rumbo del plegamiento complicado ha cambiado hacia el NE y ENE, es decir en la dirección casi paralela al río Jachal y a la carretera. Por eso, no fué posible continuar dibujando el perfil tectónico transversal a lo largo del río.

El Tambolar se reconoce en las colinas al SE de la carretera hasta el km 14, mientras que la zona al N-W se compone de Devónico muy plegado. Ambas series estratigráficas se presentan aquí sin metamorfismo. Esta zona será tratada a fondo en la tesis del geólogo Julio Pérez, que ya ha consagrado varios meses de estudios en esta región. Parece que el Tambolar, en ambos lados del río Jachal, tiene una posición anticlinal complicada por un plegamiento secundario. Gradualmente se pierden las lomas, bajando a la llanura de la ciudad de Jachal.

## EL PERFIL DEL RÍO HUACO

(Lám. IV)

### I. *Introducción*

La parte oeste del perfil fué estudiada por encargo del Director de Hidráulica de San Juan, Ingeniero Enrique Zuleta, en relación con un proyecto de un dique de embalse.

Anteriormente, fueron Stelzner (1885) y Stappenbeck (18) quienes han reconocido y dibujado esquemáticamente el anticlinal asimétrico de la caliza de Huaco. Recién J. Frenguelli (4) ha estudiado y escrito de nuevo muy detenidamente el perfil estratigráfico del río Huaco, comparándolo y sincronizándolo con otras regiones en las Provincias de San Juan y de La Rioja.

Como en el caso de los ríos San Juan y Jachal, no existía entonces un mapa adecuado de la región, y sirvieron como base topográfica, solamente los indicadores de los kilómetros de la carretera.

### II. *Apuntes Estratigráficos*

Entre el Valle de Jachal y el pueblo de Huaco, el río Huaco ha cortado su lecho a través de dos anticlinales, estando bien expuestas las formaciones paleozoicas.

1. *Caliza Ordovícica*. — La caliza forma la sierra de Jachal al oeste y la sierra del Fuerte al este, ésta última se prolonga al norte del río Huaco. Este río ha elegido una *depresión del eje anticlinal* al Agua Hedionda cerca del puente para atravesar al anticlinal calcáreo. Esta fuente, con aguas termales a 22°C de temperatura sale de la caliza casi exactamente en el punto más alto de la bóveda. Solamente la parte alta de la caliza ordovícica sale en la superficie. Consiste en caliza gris, a menudo de estructura lenticular, con laminitas de ankerita. Su preservación casi inalterada y densa permite estudiar la fauna microscópica. Se encuentran fragmentos de un *Rotalidae* y numerosos cortes vermiformes con esqueletos de crinoidea, esponjas y ostrácodos. La fauna macroscópica está caracterizada por sus numerosos gastrópodos.

Coleccioné las siguientes formas, determinadas por el doctor Armando F. Leanza:

*Maclurites avellanadae* Kayser (frecuente)  
*Monticulipora argentina* Kayser  
*Rafinesquina* sp. ind.  
*Lituites* sp. ind. Kayser

Frenguelli cita además las formas siguientes:

*Maclurites sarmiento* Kayser  
*Cyrtoceras* sp. ind.  
*Orthis huarpa* Harrt. et Leanza.  
*Taffia niquirili* Harrt. et Leanza.

En la sierra de Jachal, la caliza está más alterada por venas de calcita y consiste en gran parte de bancos macizos. Lo que aflora tiene un espesor de mil metros.

2. *Carbónico*. — En la serie Neopaleozica, Frenguelli (4) distingue tres series principales.

1ª Estratos de Guandacol;  
2ª Estratos de Tupe;  
3ª Estratos de Patquía.

El lugar original del n° 2 es la Mina Negra o del Tupe, cerca de Villa Unión (Prov. La Rioja) donde Frenguelli ha encontrado en la serie de Carbón una flórmula del Carbónico inferior, con *Rhacopteris ovata* y *R. circularis*. Debajo de estos estratos, aflora en el mismo lugar una potente serie de areniscas claras, cortada por el arroyo del Tupe, que corresponde a los estratos de Guandacol de Frenguelli. Encima, la serie característica por sus areniscas rojas, llamada recientemente Estratos



el descrito en Villa Unión La Rioja (12) y de La Rinconada (*lit.* 20), pudiendo pertenecer al Carbónico basal.

Las divisiones *b* y *c* están provisionalmente consideradas como Eocarbónicas. Los estratos del Tupe han sido bien determinados por J. Frenguelli, por la flora de *Syringothyris* como pertenecientes al Carbónico inferior, Viscaño. Las divisiones *e-f* (Paganzo II = Estratos de Patquía) parecen pertenecer al Carbónico superior y posiblemente abarquen el Pérmico.

Según las intercalaciones de la serie roja (*f*), es decir del Paganzo superior, que se observan en la carretera entre km 20 y 21 (Ciénaga del

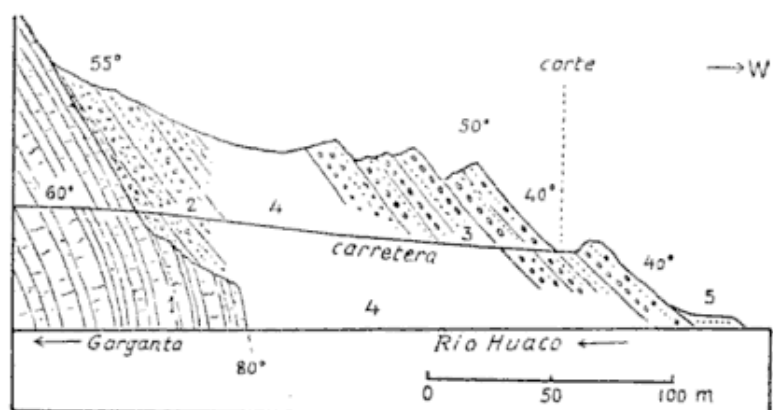


Fig. 33. — El Pleistoceno erigido en la garganta occidental del río Huaco, lado de Jachal: 1. caliza ordovícica; 2. acarreo brechoso de la caliza; 3. caliche con algunos rodados de arenisca y roca básica; 4. acarreo reciente de falda; 5. terraza fluvial.

Vallecito), esta serie de conglomerados debe representar el Pérmico, y no el Cenozoico, como lo indicado en el perfil fig. 10 de Frenguelli. Este resultado está de acuerdo con la descripción de Keidel (15), a quien debemos el conocimiento de la continuación sur de nuestro perfil estratigráfico, en la región del Cerro del Fuerte.

4. *Pleistoceno erigido.* — Tectónicamente, el conglomerado brechoso de la garganta occidental entre km 16 y 17 desde Jachal, tiene un interés particular. La parte basal descansa con ligera discordancia sobre la caliza. La inclinación stratigráfica hasta  $55^\circ$  demuestra que se ha producido una *erección tectónica* en tiempo muy reciente, puesto que no se puede formar una estratificación de falda con más de  $40^\circ$  de inclinación.

### III. Rocas eruptivas

Al este del túnel, km 20, el conglomerado incluye concordantemente un banco (sill o lava) de 15 m, formado por una roca semibásica del tipo de la porfirita.

Al este se eleva el Cerro Jarillo (lám. IV), compuesto por andesita

brechosa de color verde y violeta, con inclusiones. Estas rocas descansan con una inclinación de 30-40° hacia el este, sobre la serie roja del Paganzo superior y parecen pertenecer al Pérmico o Triásico.

#### IV. Descripción tectónica

Conforme al rumbo general, el perfil de la lámina IV está dibujado en proyección norte.

En el km 16,5 desde Jachal, la carretera entra en la grandiosa garganta que ha cortado el río Huaco a través de la caliza. En vano he buscado un arco anticlinal, de existir está escondido en la roca maciza llena de grietas. En caso contrario, más probable, el macizo presenta un sobrescurrimiento hacia el este con ángulo muy escarpado.

El contacto con el conglomerado del túnel queda escondido a lo largo de unos 50-100 m, por acarreo reciente. Los bancos más cercanos a la caliza tienen casi la misma inclinación que la caliza marginal, o sea 80°. Hasta el túnel, los bancos están casi verticales con rumbo N 15°E. Al este del túnel empiezan a inclinarse hacia el WNW y descansan con intercalaciones, sobre la serie roja del Paganzo superior.

Ya nos encontramos en el flanco del gran anticlinal de Huaco, que se destaca por su regularidad. La inclinación de las areniscas del flanco occidental es muy suave, mientras que en el flanco oriental es vertical y está localmente invertido. En la garganta, donde sale el Agua Hedionda, el eje es horizontal y más al sur sube poco.

En el gran flanco oriental, los estratos verticales tienen un rumbo regional norte. Gradualmente, los estratos rojos del Paganzo más alto se inclinan al oeste.

Visto en su totalidad, el anticlinal de Huaco se distingue de los pliegues más occidentales de la Precordillera por la ausencia de metamorfismo y su gran tamaño. La restauración teórica entre los sinclinales de ambos lados resulta en una bóveda de 8 km de largo y 2,8-3 km de profundidad. Hay concordancia desde el Ordocívico hasta el Pérmico, de lo que se deduce que *toda esta gran estructura se ha originado de un movimiento horizontal de plegamiento post-paleozoico*. Como sabemos ahora del estudio de las regiones vecinas terciarias, que han sido plegadas generalmente conforme con el Neopaleozoico, hay que atribuir este gran pliegue, al Neógeno. Este movimiento, además ha continuado algo hasta el Pleistoceno, lo que demuestra el conglomerado erigido de la garganta occidental.

Este resultado en la última cadena oriental de la Precordillera de San Juan en la latitud de Jachal, contrasta con la parte marginal más al sur, en la Rinconada, donde el empuje tectónico más fuerte, se produjo en el Paleozoico (*lit. 14*).

## ASPECTOS TECTÓNICOS GENERALES

### I. El plegamiento

De todas mis observaciones hechas en la Precordillera de San Juan y su vecindad (Sierras Pampeanas de la Provincia La Rioja y Alta Cordillera de San Juan, Región Mercedario) resalta la *forma tectónica de plegamiento, y no la de movimiento de bloques por fallas*.

Las fallas son raras, excepto aquellas de importancia tectónica secundaria. Fallas longitudinales y oblicuas hemos mencionado y dibujado en la parte oriental del río San Juan, arriba del río Sasso (figs. 20 y 23), y en la terminación norte de la Sierra Chica de Zonda (fig. 29). Muchas son las fallas pequeñas, transversales y longitudinales, con desplazamientos horizontales, así como las flexuras, pero no tienen importancia en las estructuras mayores.

El plegamiento se manifiesta desde los pliegues microscópicos hasta aquellos con amplitudes de muchos kilómetros. Pero faltan cobijaduras del tipo alpino.

Siempre se nota la diferencia de resistencia y plasticidad entre la caliza ordovícica y las pizarras devónicas. Mientras que las calizas se han quebrado y fallado, el Devónico se ha curvado en múltiples pliegues y ondulaciones (láms. I-II).

Mas vastos que los pliegues, a menudo aplastados y triturados de la Precordillera, se revelan los de las zonas exteriores occidentales, con sus núcleos de rocas cristalinas paleozoicas y proterozoicas, de esquistos cristalinos y granodioritas, que forman las Sierras Pampeanas (*lit. 13*). La primera al este de la ciudad de San Juan, es el enorme domo suave, llamado *Pie de Palo* que tiene un ancho de 50 km y se eleva a 3000 metros sobre el nivel del mar, y 2300 m sobre el valle de San Juan. Su núcleo consiste en rocas cristalinas precámbricas. A pesar de un plegamiento muy intenso (fig. 34), la forma topográfica del conjunto coincide con la del braqui-anticlinal que se ha formado durante el último diastrofismo plio-pleistoceno.

### II. Dirección de los empujes

En el detalle, como en gran escala, hay pliegues rectos o a pico, como también pliegues inclinados y de sobrescurrimiento. Se encuentran las

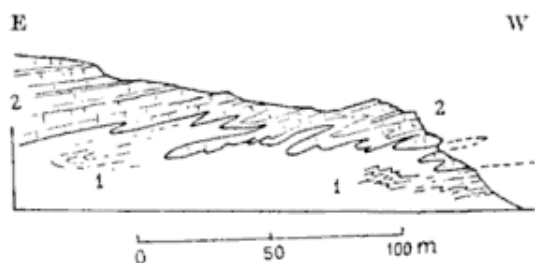


Fig. 34. — Detalle tectónico en el pie oeste del Pie de Palo. Cantera de mármol Los Angacos: 1, ñilita clorítica con grauvaca, triturada; 2, mármol blanco, amarillo y negro, en parte con estratificación finísima.

mismas formas de *pliegues-fallas* (pli-failles) en gran escala, como por ejemplo en la terminación sur del Cerro Blanco de Pachaco.

En abundancia, hemos constatado *sobrescurrimientos* o cobijaduras de caliza ordovícica sobre terrenos más recientes, del oeste hacia al este, en la quebrada del río San Juan (lám. II y figs. 19, 20, 25). En varios casos los macizos de caliza se manifiestan como anticlinales quebrados, deslizados, con un plano inclinado hacia el oeste de 30-50°.

La parte oriental del río San Juan, entre km 39 y 50, está caracterizada por una *estructuras de escamas* (Schuppenstruktur). Cuatro veces los sobrescurrimientos demuestran un empuje del W al E.

Conviene mencionar también las láminas estrechas de caliza aplastadas y envueltas en pizarras gotlándico-devónicas, como en los kms 70 y 99 del río San Juan (figs. 19 y 20). Se terminan horizontalmente como si fuesen desgarrados en dirección N-S.

En los valles de los ríos Los Patos, San Juan y Jachal hemos encontrado anticlinales rectos o movidos hacia el oeste, es decir hacia el gran valle longitudinal terciario que separa la Precordillera de la Alta Cordillera. Un ejemplo demostrativo es el anticlinal del Triásico en la Quebrada Jarillal).

En la parte media de la Precordillera, donde el río San Juan encuentra valles longitudinales antiguos, se observan estructuras originadas por *empujes recíprocos* de ambos lados de estos valles hacia su interior. Ejemplos de estos fenómenos son los Valles del Tigre (lám. I) y el trecho longitudinal del río San Juan entre Tambolar y río Sasso (fig. 20).

En la parte oriental, en el valle del río San Juan (lám. II) hemos reconocido un movimiento tectónico general hacia el E, interrumpido solamente por las intrusiones dacíticas (detalles en figs. 4, 10, 18, 19, 24 y 25). En el río Huaco, que corta a través de los últimos dos umbrales de caliza hacia el este, el movimiento también se ha dirigido hacia el este, aunque poco pronunciado. Más al norte, en el gran valle longitudinal que separa la Precordillera de las Sierras Pampeanas, se encuentra al lado opuesto el Cerro Cola, con su magnífico anticlinal empujado hacia el oeste. Éste es otro ejemplo de empujes recíprocos hacia un valle antiguo.

En la zona marginal de la Precordillera al sur de la ciudad de San Juan, región de La Rinconada, el *empuje hacia el este fué enorme en el Eo-carbónico*, pero fué tan sólo unilateral en la última fase de plegamiento plio-pleistoceno (14).

En el interior de las sierras, donde se extiende la gran masa del Devónico esquistoso, es difícil distinguir los pliegues de detalle, de las *estructuras mayores*. Sin embargo, hay zonas donde se distinguen anticlinorios (lám. I, kms 123, 117, 109, 102 y 82) y sinclinorios (kms 121 y

80). También, en estos lugares, se observa el fenómeno del *plegamiento desarmónico*, especialmente en la serie devónica con alternancia de bancos duros de grauvaca intercalados en pizarras (fig. 36).

En conjunto, la precordillera de San Juan, así como también las Sierras Pampeanas, están caracterizadas por un *plegamiento autóctono, producido por compresión bilateral este-oeste y viceversa*.

Según mis observaciones en la Patagonia, en San Juan (Barreal-Mercedario) y en la provincia de Catamarca (Paso S. Francisco) y en la Alta Cordillera central y oeste se encuentra una tectónica similar, con la sola diferencia que allá los fenómenos intrusivos (batolitos) y extrusivos (volcánicos) tienen más importancia tectónica. Todo esto *contrasta con lo que acontece en los Alpes y el Himalaya*, donde los enormes empujes se

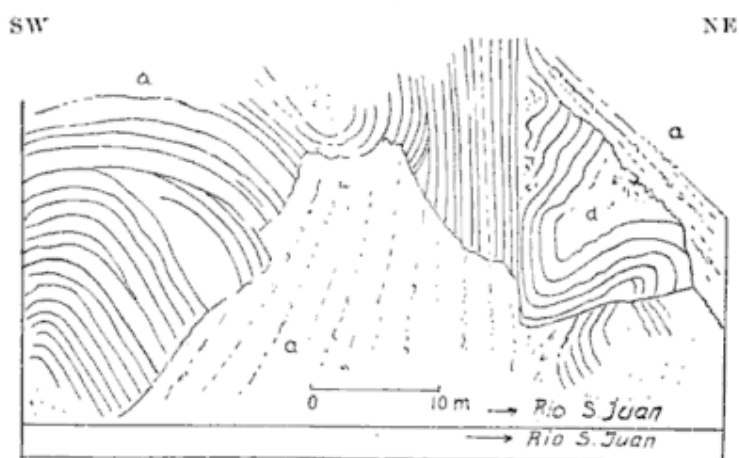


Fig. 35. — Ejemplo de detalle de Plegamiento desarmónico, frente al km 122, lado norte del río San Juan: *d*, devónico con bancos de grauvaca; *a*, acarreo.

han producido de manera *unilateral*, y han resultado de las grandes cobijaduras (Schubdecken, nappes de chevauchement) características.

Según todos mis trabajos en el Perú, el carácter tectónico general de la Cordillera es igual. Pero desde Catamarca hacia Bolivia y el Perú, se impone además el *levantamiento vertical pliopleistoceno*, que ha alcanzado unos 4.000 metros (Puna, Altiplano).

Otra característica de la Precordillera (y de las Cordilleras del Perú) es el frecuente *cambio rápido del rumbo* de los pliegues que indican *torsiones internas*, o resultan de fuertes inclinaciones del eje de los pliegues, o por intrusiones y levantamientos eruptivos. En la parte oeste del río San Juan (Las Juntas) por ejemplo, el rumbo de los estratos y de los pliegues es NW en lugar de N. Opuesto al Rincón del Pardo km 98 se observa un cambio brusco del rumbo por 70° o más. En este caso, el cambio del rumbo puede estar en relación con una gran falla.

En el trecho longitudinal del río San Juan, al sur de Tambolar hasta el km 68, el rumbo general es N 10-15° E (fig. 20). Una desviación com-

pleta del rumbo se ha producido alrededor de la intrusión dacítica del Puntón (lám. II) y del levantamiento casi diapírico en el cuello. Parecidas desviaciones del rumbo he encontrado frecuentemente en las Cordilleras del Perú.

La última cadena al este (río San Juan) la Sierra Chica de Zonda, muestra un rumbo del plegamiento de NNE, lo que está en desarmonía con el borde topográfico tan abrupto. Estos hechos hacen imposible dibujar perfiles de cortes exactos en una dirección determinada.

Frecuentemente se presentan pliegues con *ejes inclinados* hasta  $50^\circ$  o más y eso, tanto en el detalle como en gran escala. Recordamos por ejemplo la terminación hacia el sur de la caliza al río Sasso, con sus « cascadas de hundimiento », los macizos de caliza en Pachaco, el anticlinal agudo de la Sierra Chica de Zonda en el km 18 con  $40^\circ$  de inclinación axial hacia el NE, y el sinclinal en el km 99 que se inclina  $45-50^\circ$  hacia el S. A menudo estas inclinaciones axiales se presentan solamente por las desviaciones del rumbo de los estratos. También hay flexuras y torsiones locales independientes de pliegues con inclinación axial.

### III. *Estructuras tectónicas internas*

Las calizas y otras rocas duras, frecuentemente han sido quebradas en lugares de fuerte plegado. Pero en otros lugares, aun las calizas y grauvacas más duras han sufrido un *plegamiento plástico o semi-plástico*. Por las intercalaciones arcillosas de pizarras, los bancos de grauvaca dura demuestran mejor las deformaciones de detalle, tal vez sorprendente y casi increíbles.

Ya es conocido en todas las sierras del mundo que, en caso de deformación semi-plástica los bancos en sus partes más curvadas son espesados, mientras que los flancos son adelgazados por compresión aumentada. Ese fenómeno se observan en todas partes en la Precordillera.

Otro aspecto de dobladura semi-plástica es la continuación de las direcciones de la estratificación a través de la dobladura en forma de ligaduras que atraviesan la estratificación, ocultando así el plegamiento efectivo.

### IV. *Metamorfismo y clivaje*

El *metamorfismo de contacto* de las rocas básicas, en la parte occidental de la Precordillera, con el Devónico y Tambolar, es casi imperceptible.

Concerniente a la parte oriental del río San Juan, parece que las extrusiones dacíticas solamente han coloreado las arcillas y areniscas

terciarias, con los tan llamativos tonos rojo y chocolate, en el contacto. Tal vez las areniscas se han endurecido poco y pueden llamarse areniscas « cocidas ».

El *metamorfismo dinámico* se restringe con la deformación mecánica, sin producir nuevos minerales, con la excepción de *sericita*. En el Tambolar y la serie devónica se han producido verdaderas *filitas lustrosas*; esto se refiere a la parte occidental y media de la Precordillera, en el río San Juan, mientras que en su parte oriental (km 34-48, Punta Negra) no he observado verdaderas filitas sericíticas, en las mismas formaciones.

El más intenso metamorfismo regional de la Precordillera estudiada, lo he encontrado en el río Jachal, en los kms 29-30, donde está proyectado el gran dique de embalse de las Angosturas (lám. III). Todo el Devó-

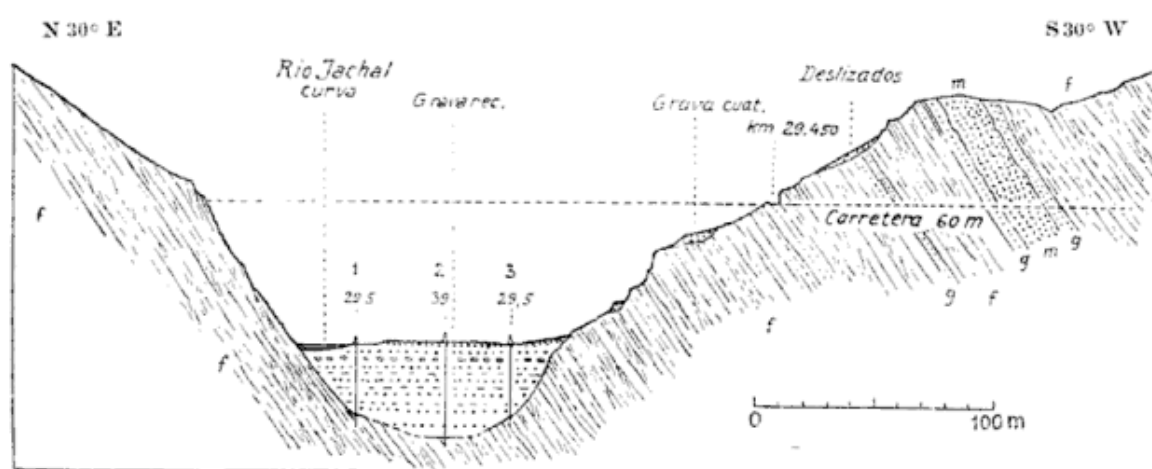


Fig. 36. — Perfil de la angostura del río Jachal, donde se ha proyectado un embalse : *f*: filita sericítica con clivaje ; *g*, bancos de gravaca ; *m*, meláfiro

nico fué transformado en esquistos semi cristalinos o *pizarras lustrosas sericíticas*. Ya he dado las razones para no aceptar el punto de vista del doctor Groeber que, por este metamorfismo, cree se trate de rocas proterozoicas. A mi parecer, las pizarras sericíticas solamente representan la facies metamórfica del Devónico. Efectivamente, se encuentran los bancos característicos de gravaca, y se reconocen todos los grados de pasaje del Devónico normal hasta el metamórfico. Posiblemente una intrusión de meláfiro ha contribuido algo en la transformación (fig. 36).

Junto con la formación de sericita se ha producido un *clivaje regional* distinto, que a veces impide o imposibilita determinar la tectónica verdadera. El rumbo del clivaje, en general coincide con el de los estratos, mientras que la inclinación puede diferir hasta 90°. Donde la estratificación es poco inclinada, el clivaje es más escarpado.

Otra forma de clivaje se destaca en el río Jachal, especialmente en el km 30 de la carretera, donde se ha producido un *sistema de diaclasas*

en ángulo recto a la estratificación. En casos análogos, en la filita es casi imposible distinguir tales diaclasas, de la estatificación, tampoco se puede distinguir el rumbo del clivaje con el rumbo de la estratificación.

#### V. *La problemática. « Morena tectónica »*

Recordemos primeramente, la estructura imbricada de la región ya descripta, en el lado oriental de la Precordillera 20-40 km al sur de la ciudad de San Juan, llamada La Rinconada (14), donde se encuentran *insuperables paquetes y bloques de caliza ordovícica, empujados sobre los terrenos de Tambolar y devónicos*, todos con inclinaciones de 30 a 90° hacia W. En vano he ensayado una explicación dinámica satisfactoria. Algo semejante se conoce en la región de cobijaduras caledónicas de Escocia (Scotland).

Un fenómeno aun más complicado y asombroso hemos hallado en el valle del río Jachal en el ya descripto km 27 (figs. 31, 32). Sólo resta ahora buscar una solución del problema. ¿Cómo se ha podido originar una « morena tectónica » ?

Primeramente, hemos visto que los bloques y rodados están incluidos en la filita que consideramos devónica. Las rocas incluidas parecen provenir de dos formaciones :

A la *caliza ordovícica* pertenecen la mayoría de los bloques de todos los tamaños, a menudo angulosos. Las piedras y los rodados de sílex parecen ser un resto de disolución terrestre o subacuática de la caliza, redondeados por transporte fluvial.

Al *Tambolar* pertenecer los bloques a menudo redondeados de dolomita ferruginosa, más o menos arenosa, y probablemente también los rodados de cuarcita.

La filita, junto con todas estas inclusiones, ha sido erigida, aplastada y empujada. El resultado se reconoce por los planos de deslizamiento de los bloques mayores, y por la marmolización parcial o completa.

En vano he buscado vestigios de estrías glaciares. Ya los bloques de cientos de metros de superficie excluyen el origen únicamente glaciar. Pero tampoco se explica la acumulación de los bloques por fuerzas únicamente tectónicas. Por esta razón, el término de « morena tectónica » no es completamente adecuado.

Hay que pensar pues, en una acumulación de bloques en la superficie antigua, en el período post-gotlándico y pre-devónico medio. Esta supuesta acumulación superficial debe haber sido precedida por un movimiento tectónico local, porque en el río San Juan, en el perfil fundamental de Tambolar, no se revela tal movimiento, ni una discordancia neta entre el Gotlándico y el Devónico. Pero lo que llama la atención es la extensión irregular y repentina de la formación Tambolar.



Por ejemplo : en la Rinconada y en el río Jachal, es sorprendente la frecuente ausencia del Tambolar entre la caliza y el Devónico, en los flancos normales de anticlinales o de escamas, mientras que se presenta en el flanco invertido. Normal sería lo contrario.

Pero la observación que más podría dilucidar el problema, es la existencia en La Rinconada, de intercalaciones de conglomerados gruesos en el Devónico que contienen rodados de caliza ordovícica, así como de cuarcita y dolomita ferruginosa del tipo Tambolar (11). Tienen pues, estos conglomerados la misma composición de rocas que el conglomerado gigantesco del río Jachal.

Visto que, en el río Jachal los conglomerados están incluidos y superpuestos por el Devónico, solamente se explican por una fase de erosión previa al Devónico medio y post Gotlándica.

Suponemos que la vecindad del km 27 del río Jachal representa uno de estos lugares de alteración atmosférica y de acumulación siguiente, eodevónica, de detrito superficial o glaciár. Tenemos así una primera idea explicativa : se habrían depuesto los rodados y los nódulos de sílex en un fondo marino — como restos de disolución de la caliza — hasta que en el Eocarbónico se produjo la fuerza tectónica que transformara el fango devónico en filita y desplazara las partes sueltas y descompuestas de la caliza, entonces en la superficie, de formas y tamaños variados, empujándolas unas a otras.

Creo así, haber llegado a una explicación del fenómeno, estratigráfico y tectónico.

## VI. *Los diastrofismos principales*

1) El primer diastrofismo de la Precordillera, localmente de una enorme intensidad tectónica, se ha producido entre el Devónico medio y el Carbónico superior. En la margen oriental de la Precordillera, el empuje tectónico se manifestó antes del Viseano y después del Devónico medio (Rinconada).

En la margen occidental (Barreal), la sedimentación del Devónico continuó hasta el Carbónico. El primer empuje tuvo lugar después de la deposición de los estratos de Leoncito con *Syringothyris* y antes del Carbónico superior.

Hay dos explicaciones de estas diferencias cronológicas :

a) El primer diastrofismo se ha manifestado más temprano en el borde oriental (Rinconada), o :

b) Nuestras determinaciones cronológicas relativas no son suficientes por estar basadas sobre fósiles aislados, como *Rhacopteris ovata* y *Syringothyris Keideli*, en lugar de faunas y floras enteras.

Claramente, el primer diastrofismo principal no se ha manifestado en toda la región precordillerana. El perfil de Huaco por ejemplo, demuestra tranquilidad durante el temporal tectónico de la Rinconada.

2) El segundo diastrofismo ha sido demostrado por el estudio del borde occidental de la Precordillera, en Barreal (10), donde hay una discordancia neta, a veces rectangular, entre el Carbónico superior y un conglomerado grueso basal con pórfido cuarcífero del Permo-Triásico.

Este diastrofismo intermedio parece estar representado también, en la parte interna de la Precordillera, por el conglomerado de la quebrada del Tigre, en el río Huaco por el conglomerado del túnel y también en la región más al norte de Villa Unión, en La Rioja (12, fig. 6).

3) El último diastrofismo regional se ha manifestado al fin de la sedimentación calchaqueña y antes de las terrazas de gravas del Pleistoceno medio, es decir en tiempo plio-pleistoceno. Esta tectogénesis es responsable del relieve actual. Se basa esta opinión sobre algunos yacimientos en el sur y norte de San Juan, donde la serie calchaqueña, considerada como esencialmente pliocena, se superpone concordantemente, o con una delgada discordancia sobre los estratos de Paganzo, ambos fuertemente erigidos con inclinaciones de  $60^\circ$  o más.

En las regiones estudiadas no conozco afloramientos que demostrarán diastrofismos entre el Triásico y el Terciario.

## VII. *Consideraciones de Geología Histórica*

Como ya he mencionado en publicaciones anteriores, la caliza es un sedimento marino, originado principalmente por precipitación química en un océano cambro-ordocívico de agua caliente constante.

El límite neto concordante, a veces con corrosión de la caliza en el contacto con el Tambolar o el Devónico se explica, por un cambio hidroclimático con una corriente fría, por interrupción de la sedimentación, pero sin necesidad de suponer una emersión general. Sin embargo, la ausencia del Tambolar, y del conglomerado basal de la garganta de Huaco son testigos de una fase de erosión subaérea.

Los esquistos o pizarras con bancos de grauvaca del Devónico, que es la formación más constante y más potente de la Precordillera —y que se extiende en la misma facies hasta Bolivia y el Perú— en el borde oriental de la Precordillera de San Juan se afina y no se le encuentra en las Sierras Pampeanas por encima del basamento cristalino. Es una facies marina del tipo flysch, que se ha depuesto durante una fase de hundimiento general.

Viene después el gran diastrofismo del fin del Eopaleozoico y principio del Carbónico.

Mientras en el lado occidental de la Precordillera actual se ha mantenido el mar en el Carbónico inferior, y temporariamente hasta el Carbónico superior (Barreal), se extendían desde el norte los glaciares. En el oeste, el hielo en el principio del carbónico se ha derramado en el mar, mientras que en el lado opuesto oriental, el glaciar ha sobrecorrido un país montañoso con gargantas transversales, llenándolas con morena (12, 14).

Después, se hundió el cordón recibiendo encima las enormes acumulaciones carbónicas y pérmicas continentales de Gondwana, con una potencia que sobrepasa los dos mil metros.

En el oeste, desde la emersión definitiva, la sedimentación ha continuado en forma de tobas triásicas; mientras que en el lado opuesto no se conocen sedimentos mesozoicos, en gran contraste con la facies marina jurásica y cretácica de la Cordillera de San Juan, con sus hermosas faunas amonitíferas.

Desde el Carbónico pues, la Precordillera de San Juan y las Sierras Pampeanas vecinas permanecieron como tierras emergidas.

En el Neógeno se acumularon las enormes masas de escombros que se produjeron por desintegración durante el calchaqueño, estimuladas por un levantamiento general precedente. Probablemente, se hallaron también vestigios mesozoicos terrestres entre los estratos de Paganzo y el calchaqueño neógeno.

Sin duda, el último diastrofismo, durante el cual el Terciario incluso el Plioceno ha sido erigido hasta  $60^{\circ}$  o más, ha renovado completamente la tectónica y el aspecto morfológico de toda la Precordillera, e incluso las Sierras Pampeanas. Así por ejemplo, el pliegue del Carbónico de la Rinconada y el anticlinal de Huaco han nacido por empuje lateral en tiempos plio-pleistocenos.

Las grietas producidas por los terremotos y el último del 15 de enero de 1944, que ha destruído la ciudad de San Juan, demuestran que las fuerzas tectónicas se encuentran aun en acción.

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

1. BODENBENDER, G. 1894. *Derono y Gondwana en la República Argentina*. Bol. Acad. Córdoba XV.
2. — 1902. *Contribución al conocimiento de la Precordillera de San Juan*. Bol. Acad. Córdoba XVII.
3. DU TOIT, A. L. 1927. *A geological comparison of South America with South Africa*. Carnegie Inst. Washington, Publ. 381.
4. FRENGUELLI, J. 1946. *Consideraciones acerca de la Serie de Paganzo en las Provincias de San Juan y La Rioja*. Rev. Mus. La Plata, n. s., Secc. Geol., t. II. La Plata.
5. GROEBER, P. 1918. *Edad y extensión de las estructuras de la Cordillera entre San Juan y Nahuel Huapi*. Rev. Arg. Cs. Nat. Phys. T. V. Buenos Aires.
6. GROEBER, P. 1944. *Movimientos tectónicos contemporáneos y un nuevo tipo de dislocaciones*. Notas del Museo La Plata, t. IX, Geol. N° 33. La Plata.
7. GROEBER, P., y TAPIA, A. 1926. *Condiciones geológicas de la Quebrada de Ullún en relación con un proyecto de dique de embalse (Prov. San Juan)*. Dir. Gral. Minas, Geol. e Hidrog., Public. 25-26. Buenos Aires.
8. HARRINGTON, H. J. 1914. *El sismo de San Juan del 15 de enero de 1914*. Rev. de la Corp. Prom. Intercambio. Buenos Aires.
9. HARRINGTON, H. J. y LEANZA, A. F. 1943. *Paleontología del Paleozoico inferior de la Argentina. Las faunas del Cámbrico medio de San Juan*. Rev. Museo La Plata, n. s. Secc. Pal. T. II. La Plata.
10. HEIM, A. 1945. *Observaciones tectónicas en Barreal, Precordillera de San Juan*. Rev. Museo La Plata, n. s. Secc. Geol. t. II. La Plata.
11. — 1945. *Erosión submarina y sedimentación pelágica del presente y del pasado*. Rev. Museo La Plata, n. s. Sección Geol., t. IV, p: 125-178. La Plata.
12. — 1946. *El Carbón de la Mina La Negra, Villa Unión, La Rioja, y su posición tectónica*. Dir. de Minas y Geol., Bol. N° 60. Buenos Aires.
13. — 1947. *Bosquejo tectónico de la Sierra de Paganzo, Prov. La Rioja*. Rev. Soc. Geol. Argentina, t. II, N° 2, Buenos Aires.
14. — 1948. *Observaciones tectónicas en La Rinconada, Precordillera de San Juan*. Dir. de Minas y Geol., Bol. N° 64. Buenos Aires.
15. KE DEL, J. 1921. *Observaciones geológicas en la Precordillera de San Juan y Mendoza*. An. Min. Agric. T. XII'. Buenos Aires.
16. — 1938. *Ueber die Gondwaniden Argentinien*. Geol. Rundschau XXX, Heft 1-2.
17. — 1940. *Paleozoic glaciation in South America*. Proc. Eighth Am. Sc. Congr. Wash., Vol. IV.
18. STAPPENBECK, R. 1910. *La Precordillera de San Juan y Mendoza*. Anales de Min. Agric., Secc. Geol. Mineral. T. IV, N° 3. Buenos Aires.
19. — 1911. *Umrisse des geologischen Aufbaues der Vorkordillere zwischen den Flüssen Mendoza und Jachal*. Geol. Pal. Abh., Neue Folge IX.
20. TAPIA, A. y RIGAL, R. 1933. *Lugar favorable para el empotramiento de un dique de embalse en el curso superior del río San Juan, « Las Juntas »*. Dir. Minas y Geol., Bol. 35. Buenos Aires.

de Patquía para evitar el viejo nombre de Paganzo II de Bodenbender <sup>1</sup>.

Sobre la caliza del anticlinal de Huaco se extiende un manto de 2000 m o más de estratos terrígenos de Gondwana, tipo Paganzo. Al sur, en el Cerro del Fuerte, Keidel ha descrito una importante serie de Devónico y Gotlándico, estos sedimentos, en el perfil del río Huaco, no son reconocidos. Sin embargo, Frenguelli ha encontrado cerca de la cumbre anticlinal, entre los escombros de la caliza ordovícica fragmentos de una caliza con una pátina negra que contiene numerosos ejemplares de *Liorhynchus bodenbenderi*, especie del Gotlándico. Posiblemente proviene del techo de la formación calcárea.

En todo caso, el contacto de la caliza con los sedimentos superpuestos, representa un *enorme hiatus cronológico*, a lo menos falta gran parte del Gotlándico y Devónico. A pesar de esto, el contacto bien expuesto en el río, en el flanco oriental, en la cumbre al camino y en el flanco occidental del anticlinal se presenta con *biconcordancia* neta. Mejor dicho, se trata de una penecordancia, visto que no es el mismo estrato en los diferentes afloramientos, que contacta con la caliza yacente. He distinguido las formaciones siguientes:

a) *Estratos basales*: El mejor afloramiento se presenta en la salida exterior de la Garganta de Huaco, donde se distinguen en el lado izquierdo del río, con contacto neto y concordante vertical con la caliza los estratos basales siguientes:

1) 20-30 m arenisca conglomerádica parda en bancos con rodados de hasta 20 cm o más de caliza, arenisca, grauvaca devónica, cuarcita, diabasa y granito. En vano he buscado cantos estriados:

2) 20-30 m esquistos arcillosos sombríos, pardos y verduscos.

3) 20 m aproximadamente de esquistos con bancos finos arenosos pardos.

4) 6,5 m estrato de arenisca blanca, que representa la base de los estratos de Guandacol.

En el corte de la carretera, 100-150 m más al sur, solamente quedan del conglomerado delgados estratos con rodados incluidos en una arenisca con yeso.

En la cumbre del anticlinal, la serie eocarbónica comienza con 5 bancos de 10 cm y 10 estratos de 5 cm cada uno, de arenisca muy fina, arcillosa.

En el flanco occidental cerca de la cumbre, siempre en *contacto absolutamente neto*, liso y concordante con la caliza yacente, la parte basal consiste en algunos metros de arenisca arcillosa que se desata en placas duras finas. Las superficies de estas placas están llenas de rastros en forma de bandas de 0,5-1 cm de ancho, que se cruzan, y tienen una ner-

<sup>1</sup> Compárese (*lit.* 12 y 13).



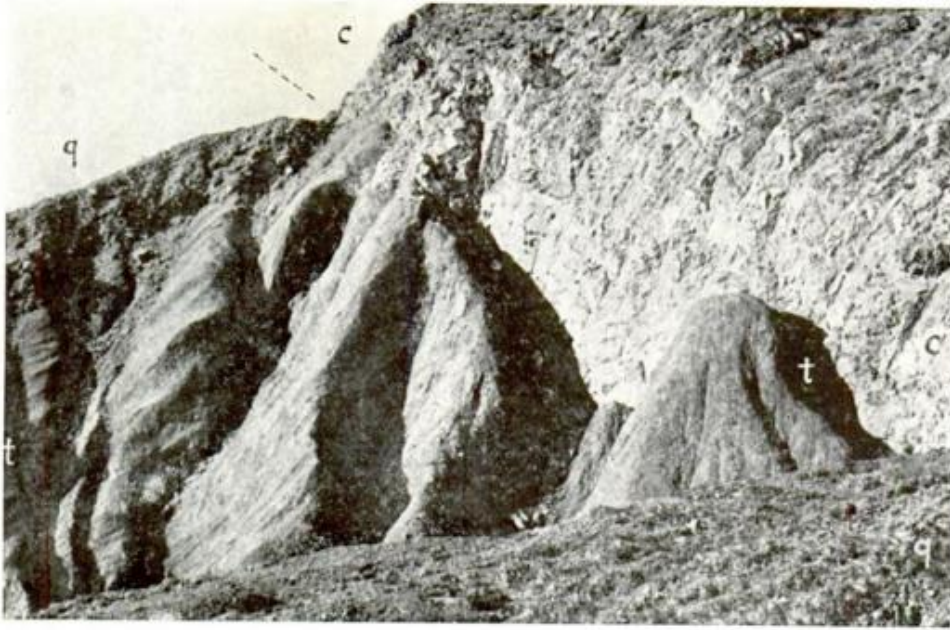
1

Tambolar, km 74, Contacto biconcordante, indicado por el martillo : o, caliza ordovícica ; a, bancos de cuarcita negra con concreciones y rodados silíceos (dinti) ; b, esquistos silíceos verduscos ; c, arenisca cuarcítica verdusca.



2

Caliza sobre la formación de Paehaco, 2 km al SSW del km 88. Vista hacia el S.  
Compárese figura 7 en el texto



1

Contacto discordante con falla diagonal entre la caliza ordovícica (c) y las areniscas rojas (calchaqueñas) (t) en el extremo norte de la sierra Chica de Zonda; q: terraza alta pleistocena.



2

Detalle de la figura 32 en el texto, a unos 30 m arriba y 200 m al SW del km 27 de la carretera. En la izquierda y a la derecha filita llena de piedras angulosas y rodados. En la mitad, bloques angulosos y redondeados de caliza ordovícica, y bloques redondeados de dolomita arenosa tambolar (+). El martillo de 37 cm revela el tamaño.