

OBSERVACIONES TECTÓNICAS EN BARREAL

PRECORDILLERA DE SAN JUAN

POR ARNOLDO HEIM

I. INTRODUCCIÓN

El pueblo de Barreal ($31^{\circ}40'S$ y $69^{\circ}25'WG$) está situado a 1.600-1.700 metros en el vasto valle longitudinal entre la Cordillera alta y la Precordillera de San Juan¹. Las casas de los 3.000 habitantes están escondidas en las vastas plantaciones irrigadas en el lado oriental del río de los Patos que cubren una superficie de unos 35 km². Mientras que al oeste del río se eleva gradualmente la Pampa cuaternaria y terciaria sobre 25 km hasta 3.000 m hacia el pie de la Cordillera de Ansilta con sus rocas eruptivas, en el lado este se destaca la pequeña Sierra Colorada con rumbo NNW, compuesta de rocas coloradas y una variedad asombrosa de fenómenos tectónicos, estratigráficos, paleoglaciológicos y paleontológicos.

La región de Barreal ya ha sido citada muchas veces en la literatura geológica por sus fósiles marinos del Carbónico, sus helechos triásicos y por sus tilitas. Aunque ya existen diversas descripciones, la tectónica es poco conocida. Mientras que Stappenbeck 1910 (1) ha mencionado por primera vez fósiles marinos del Carbónico de Barreal, es especialmente a J. Keidel (2) y a A. L. Du Toit (4) a quienes debemos el conocimiento de las tilitas. Sin embargo Keidel 1938 (5) también se refirió a la tectónica de Barreal, postulando un sobrecorrimiento tectónico sobre la « ventana » con tilitas. Luego Keidel y Harrington (6) han publicado importantes observaciones sobre el perfil de la Estancia Leoncito en el valle de las Cabeceras a unos 20 km al SE de Barreal. En la última publicación sobre la serie marina, de 1943, Fossa-Mancini (8) discute la edad de las tres diferentes faunas ya descritas sin haber hecho nuevas observaciones en el terreno. Su resultado quedó incierto, pues « sería posible que los tres grupos de estratos fosilíferos marinos pertenezcan a la misma época neocarbonífera ». « Lamén-

¹ Mapa topográfico 1:50.000, plancheta n° 4.778, Inst. Geogr. Mil., edición 1935.

tablemente », dice Fossa, « las descripciones locales adolecen de precisión. Se habla de una quebrada del Salto, y de las inmediaciones de la misma ». Parece que el primer lugar es la Quebrada de Un Salto (Quebrada de los Cerros Colorados en el mapa 1 : 50.000), mientras que el otro lugar fosilífero a 1 km más al S correspondería a la Quebrada de Tres Saltos. No hay mención sobre la gran diferencia estratigráfica de ambos niveles.

La presente publicación está basada en unos ocho días de investigación personal en la sierra Colorada de Barreal y dos excursiones rápidas a la Estancia Leoncito. El objeto fué aclarar las posiciones tectónicas, estratigráficas y paleontológicas con ayuda de croquis que no deben dejar más dudas respecto a la ubicación de las formaciones y localidades fosilíferas. Para no aumentar las confusiones, mencionaré solamente los fósiles de los cuales conozco las localidades y horizontes estratigráficos. Agradezco la ayuda del señor Ricardo A. Faltis, de Barreal, quien me ha entregado sus hallazgos de los lugares que hemos visitado en conjunto, y al doctor Armando F. Leanza quien tuvo la bondad de determinarlos.

No necesitaré entrar en muchos detalles concernientes al núcleo del anticlinal de Barreal con sus tilitas, pues el señor Alfredo Cuerda publicará como tesis una investigación muy detallada con un mapa en gran escala. En una excursión rápida con él, ya he verificado que independientemente de mí ha llegado a las conclusiones principales correspondientes.

II. OBSERVACIONES ESTRATIGRÁFICAS

La sierra Colorada de Barreal se compone de cinco divisiones estratigráficas principales :

1. Serie de la Ventana Anticlinal, Carbónico inferior.
2. Serie de los Flancos del Anticlinal, Carbónico superior.
3. Capas con Pórfido Cuarzífero.
4. Serie triásica con tobas y conglomerados.
5. Manto de acarreo cuaternario.

Las divisiones 1, 2 y 3 están separadas por discordancias muy pronunciadas, mientras que 2-3 están cortadas de 4 por una falla. Sobre todo el conjunto puede extenderse con discordancia el Cuaternario.

1. *Serie de la Ventana Anticlinal*

Ya desde la distancia se distingue la serie del núcleo («ventana») por su terreno ondulado de color gris verdusco predominante, mientras que el cuadro rocoso está formado principalmente por areniscas de superficie rojiza. La depresión central tiene drenaje hacia al NW por la Quebrada de los Tres Saltos (figs. 1-2).

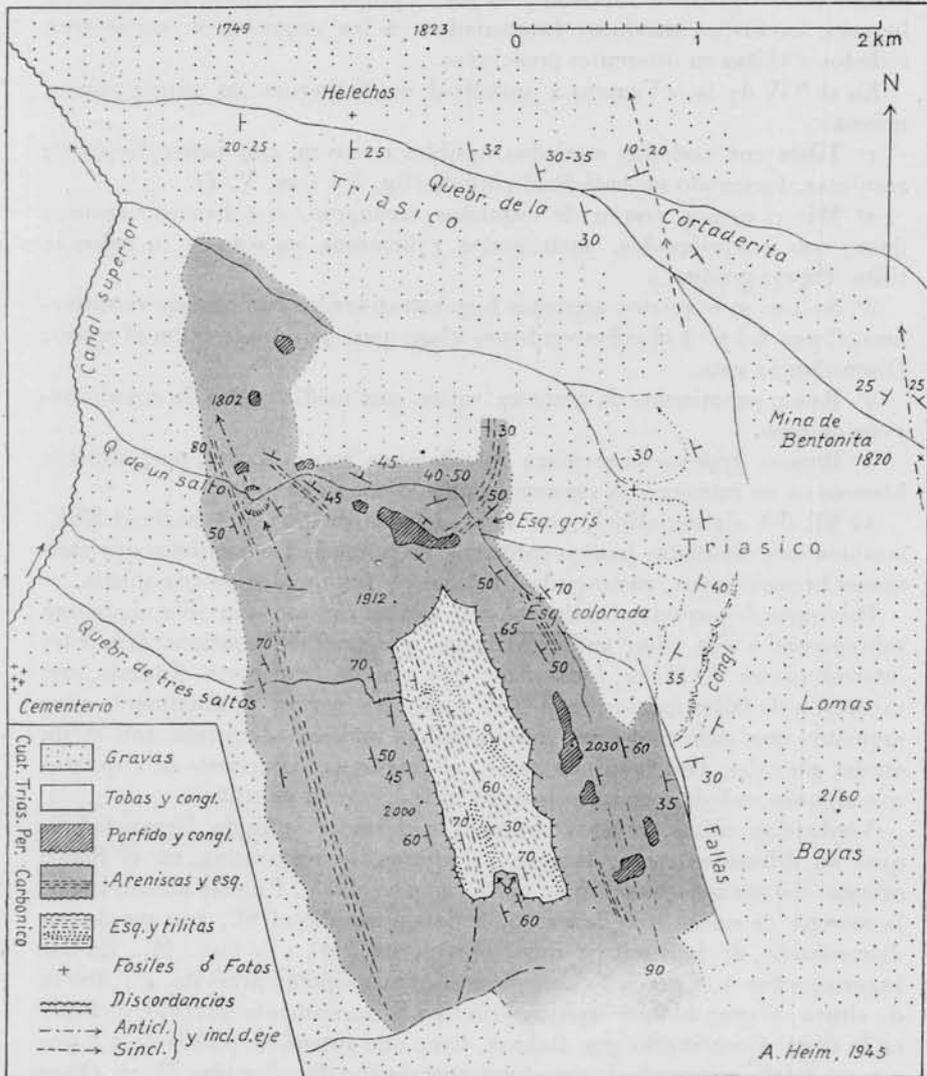


Fig. 1. — Parte norte de la Sierra del Barreal. Croquis tectónico 1 : 40.000, a base del mapa 1 : 50.000 del Instituto Geográfico Militar, ed. 1935

La roca principal de la «ventana» es una arcilla verduzca, esquistosa, más o menos arenosa, poco micácea, incluyendo bancos quebrados de areniscas poco calcáreas. En éstas y en los esquistos se hallan, en diferentes lugares, los fósiles marinos. Intercalados en los esquistos se encuentran rodados y tilitas en diferentes posiciones.

En el NW de la «Ventana» anticlinal se distinguen en superposición normal:

1° Tilita con rodados estriados, visibles 10-20 m, con intercalación de areniscas, formando un anticlinal cortado (fig. 5 y lám. V, 1).

2° Más o menos 100 m de esquistos verduzcos, con bancos arenosos finos, con braquiópodos, gastrópodos y briozoos, ya a 20-30 m sobre la tilita. Pasaje gradual a

3° 50-100 m esquistos arenosos bien estratificados con rastros vermiformes. Cerca del n° 4 el color verduzco claro pasa por infiltración al rojizo. Discordancia neta.

4° Banco prominente de arenisca rojiza con medio metro de conglomerado de base.

5° Bancos gruesos de arenisca roja de unos 300 m o más, parcialmente blancos en su interior, tal vez con rodados o conglomerados.

Al NE del eje anticlinal, con inclinaciones de 60°-85° hacia el ENE, también hay diferentes bancos calcáreos arenosos en los esquistos que contienen braquiópodos, gastrópodos, briozoos y fragmentos de crinoideos.

Esta serie de esquistos verduzcos con fósiles marinos no solamente está sobrepuesta a una tilita anticlinal, sino que también contiene diferentes *intercalaciones de tilitas*, localmente con grandes espesores. Además, con excepción de fallas locales, las tilitas pasan, en partes, gradualmente a los esquistos que aún contienen más o menos rodados dispersos con y sin estrías glaciales. Podría preguntarse, si una zona compuesta de esquistos con algunos rodados estriados merece la designación de tilita.

Verdaderas tilitas, es decir morenas carbónicas de fondo, llenas de bloques de diferentes rocas, tamaños y formas, se encuentran en el flanco oriental del eje anticlinal, en su parte sur y en el este. En este último lugar, la morena de unos 50 m de ancho, tiene un rumbo al SE, y se pierde por discordancia de la arenisca roja sobrepuesta (fig. 2 y lám. II). En ese lugar el señor A. Cuerda ha descubierto en un pequeño arroyito, a 1.800 m de altura, el gran bloque errático de la foto hermosamente estriado, incluido en la tilita. Constituido por diabasa, tiene una superficie pulida de 2,7 por 2,2 m, totalmente grabada por el antiguo glaciar (fig. 3 y lám. II, 2). Otros bloques vecinos también están estriados. No hay ninguna duda sobre sus orígenes glaciares.

Las piedras incluidas en estas tilitas en su mayor parte están completa o parcialmente redondeadas. Además de las frecuentes diabasas, hay muchas piedras de grauvaca devónica. Más raras son las calizas ordovícicas, areniscas amarillas dolomíticas, granitos, aplitas, gneis y cuarzo.

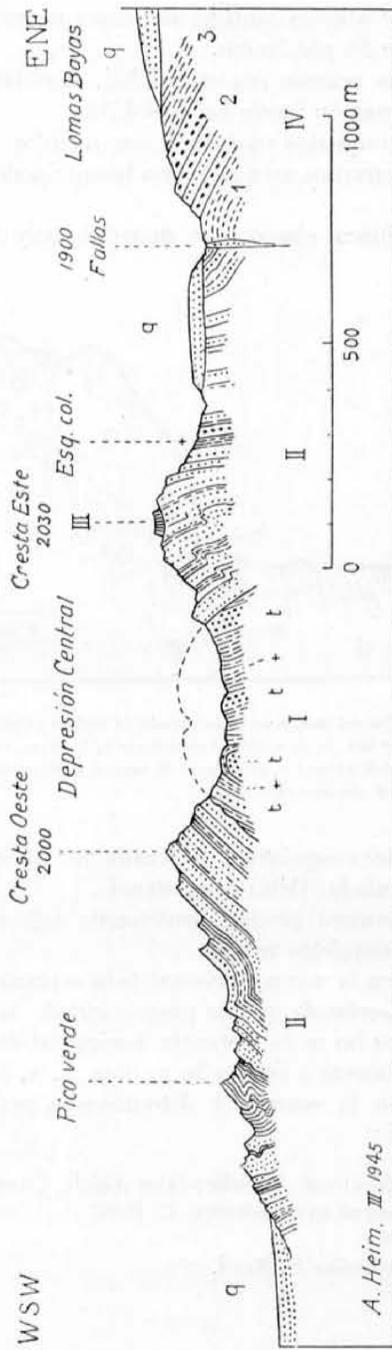


Fig. 2. — Perfil transversal de la Sierra de Barreal, al este del pueblo, a través de la parte central de la "ventana", I, Serie de la "ventana" o depresión central, de esquistos verduscos fosilíferos (+) y tilitas (0); II, Serie de areniscas, intercaladas por esquistos verduscos con fósiles (+); III, Pófidio cuarcífero rojo con toba y conglomerado de base; IV, Triásico con toba (bentonita) 1, 3, y conglomerados 2; q, Gravas cuaternarias con rodados de la Cordillera.

A. Heim, III, 1945

En la tilita más al S he hallado también un bloque no solamente estriado sino también facetado, de 30 por 30 cm.

Arriba de la tilita más potente (a) hacia ENE, en el lado oriental de la ventana, siguen con inclinación fuerte hacia el ENE :

b) Más o menos 80 m esquistos verduscos con rodados dispersos. Contienen algunos estratos margosos arenosos, con braquiópodos y gastrópodos mal conservados.

c) 50 m esquistos verduscos claros, con material muy fino de arenisca micácea.

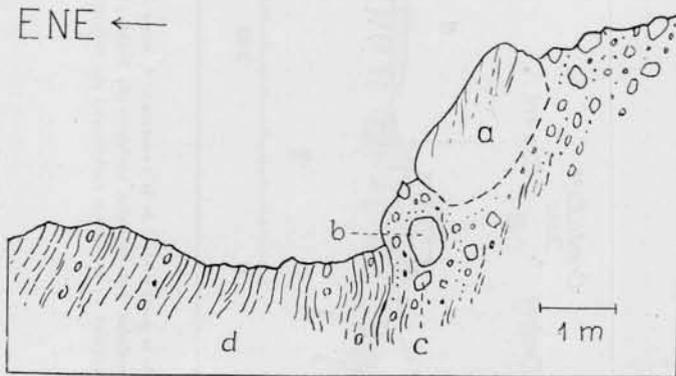


Fig. 3. — Posición tectónica del bloque errático estriado de diabasa (a) en la parte SE de la « ventana » (Véase lám. II, 2); b, bloque redondeado 50 × 75 cm, bien estriado; c, bloque de granito 30 × 25 cm; d, parte basal de unos 80 m de esquistos verduscos, con algunos rodados glaciares estriados.

- d) 50 m arenisca micácea esquistosa, inclinada 70° hacia el NE.
- e) 10 m arcilla gris azulada. Débil discordancia.
- f) 400 m o más de arenisca predominantemente roja en la superficie, con una intercalación de esquistos verdes.

No se han encontrado en la margen oriental de la ventana los estratos con rastros vermiformes. El horizonte que ha proporcionado la mayoría de los fósiles se encuentra a unos 50 m de distancia horizontal de la tilita axial y sobrepuesto estratigráficamente a ésa 20-30 m (figs. 1, 2, 5).

Los fósiles hallados en la ventana y determinados por el doctor A. F. Leanza son los siguientes :

- Productus (Marginifera) var. spinulocostatus* Abich, Cowper Reed.
- Spirifer wynnei* Waagen var. *argentina* C. Reed.
- Spiriferina* sp. indet.
- Pleurotomaria* cf. *argentina* C. Reed.
- Conularia* sp. indet.
- Fenestella* sp. indet.

Hemos encontrado estos mismos fósiles en los esquistos arcillosos en el lado W y E de la tilita anticlinal. Corresponden según Cowper Reed al Carbónico superior. Nuevos estudios de la colección del doctor H. J. Harrington permitirán llegar a una determinación más precisa y segura.

2. Serie de los Flancos del Anticlinal

La serie de la ventana anticlinal está encuadrada en general por las areniscas en forma de una discordancia neta. En el lado S, esta discordancia alcanza localmente un ángulo recto (fig. 3). También hay discordancia en el rumbo que, en el SE de la ventana, alcanza 30° (fig. 1 y lám. II, 1). Sin embargo, localmente también se encuentra en concordancia aparente, como

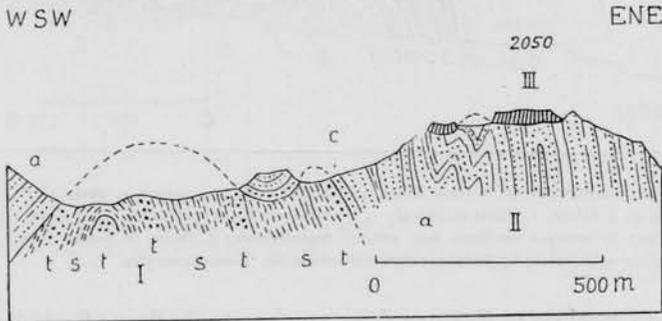


Fig. 4. — Perfil transversal esquemático a través de la parte sur de la « ventana ». I-III como en fig. 2. a, areniscas rojizas y blancas; c, conglomerado de base; s, esquistos verduscos; t, tilitas

por ejemplo en la abertura de la Quebrada de Tres Saltos, donde la discordancia pasa abajo a una concordancia (fig. 5 y lám. V, 1). Allí, la serie arenosa de los flancos empieza con un conglomerado de medio metro de base. Entre los rodados de arenisca, J. Cuerda ha hallado algunos con estrías glaciares, pero el conglomerado no puede llamarse tilita. Los rodados pueden haberse originado de las tilitas. Se comprende que pudieron conservarse algunas estrías si los rodados no han sido transportados de lejos o por medio de un río con lecho blando.

El conglomerado rojo de base está también representado en la margen SE de la ventana, donde se superpone directamente a los esquistos verduscos tiliticos con rodados estriados (fig. 4).

En general, la serie de los flancos está compuesta por areniscas duras de color rojo y rojizo en su parte exterior. Pueden ser blancas en su interior, como se observa en los cortes frescos de las quebradas. A veces se encuentran estratos con rodados y conglomerados intercalados en las areniscas.

En contraste con las areniscas rojas hay intercalaciones concordantes de

20-80 m de esquistos más o menos arenosos, de color verdusco a verde oscuro (fig. 2). Dos de éstos, en la quebrada de Un Salto, contienen fósiles marinos. De acuerdo con el señor R. A. Faltis, quien ha coleccionado en esos lugares, los llamamos Esquina Gris y Esquina Colorada (figs. 1-2). Ambos ocupan un nivel estratigráfico 300-400 m arriba de la base de esta formación II.

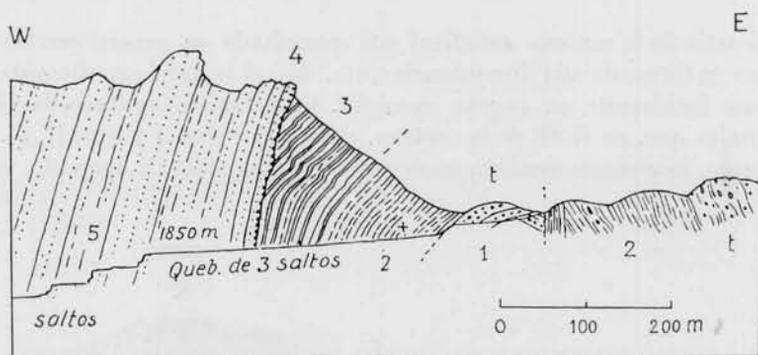


Fig. 5. — Discordancia de la serie II sobre I en el NW de la «ventana», parte alta de la Quebrada de 3 Saltos. 1, Tilita anticlinal; 2, Esquistos verduscos con fósiles (+) y tilita (t); 3, Bancos finos de arenisca arcillosa con rastros vermiformes; 4, Banco de arenisca con $\frac{1}{2}$ m de conglomerado basal; 5, Areniscas duras (Paganzo II). (Compárese lám. V, 1).

El perfil local de la Esquina Gris, conforme a la figura 6 y la lámina III, 2, se compone de la serie normal siguiente, inclinada 40° a 55° hacia el N $10-20^{\circ}$ W, desde bajo :

- a) Areniscas rojizas de gran espesor.
- b) Arcillas esquistosas violetas, 10 m o más.
- c) Bancos de arenisca gris fina con arcilla, conteniendo fósiles marinos.
- d) Estratos arcillosos verduscos con yeso.
- e) 60-80 m arcillas verduscas esquistosas, en la base con braquiópodos, arriba con bancos de areniscas.
- f) Areniscas rojizas.

Los fósiles de la Esquina Colorada provienen también de una intercalación de arcillas esquistosas en la potente serie de areniscas rojizas. Este nivel parece ser estratigráficamente poco inferior al horizonte de la Esquina Gris. Inclinada 70° hacia el NE, las arcillas fosilíferas verduscas se apoyan sobre arenisca fina y están cubiertas por un conglomerado rojo con contacto neto y normal.

En el flanco rocoso oeste del anticlinal que hemos atravesado dos veces, se encuentran también esquistos arcillosos verdes intercalados en las areniscas. La más potente intercalación que podría corresponder a la de la Esquina Gris, alcanza aproximadamente 100 m de espesor y culmina en el Pico Verde (fig. 2). La intercalación arcillosa verde más baja en la serie II,

de 20 m, se superpone a un estrato de 3 m de arenisca arcillosa morada, que a su vez se superpone a una arenisca violácea. Todavía no han sido hallados fósiles en este flanco occidental del anticlinal.

En conjunto la serie carbónica del flanco anticlinal tiene un espesor de 500 m o más.

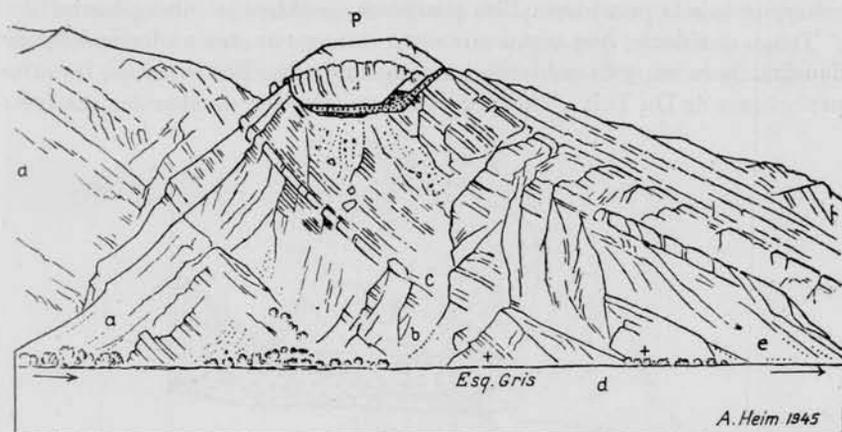


Fig. 6. — La Esquina Gris en la Quebrada de Un Salto (Quebr. d. l. Cerros Colorados). Véase texto

El doctor Leanza ha determinado los siguientes fósiles :

1° *Esquina Colorada* (Arcilla dura negra) :

- Euomphalus subcircularis* Mansuy.
- Reticularia* aff. *notica* Reed.
- Productus* cf. *juresamensis* Tschern.
- Productus* cf. *cora* d'Orb.
- Spirifer* cf. *supramosquensis* Nik.

2° *Esquina Gris* (Arcilla gris arenosa) :

- Pseudamusium* sp. indet.
- Aviculopecten barrealensis* Reed.
- Leda* sp. indet.
- Reticularia* sp. indet.
- Pleurotomaria* sp. indet.
- Hemiptychina sublaevis* Waagen (de Reed).

Estos fósiles 1-2 corresponden según Cowper Reed al Carbónico superior. Es claro que estos hallazgos no sirven para determinar definitivamente las edades paleontológicas precisas. Sin embargo hay que mencionar que las determinaciones están de acuerdo con la concepción paleontológica de F. R. Cowper Reed (en Du Toit, 3), que los fósiles de la quebrada del Salto (= quebrada de Un Salto) deben pertenecer a un nivel más alto en la serie estratigráfica que los de la ventana anticlinal.

Es incomprendible cómo Keidel (5, pág. 189) dice (en traducción): « La interpretación de Reed sería correcta si se tratara de una serie poco dislocada como ha supuesto Du Toit. Pero ambas faunas no solamente están separadas en el espacio, sino también tectónicamente; la más vieja de acuerdo con la tectónica de sobrecorrimiento en la sierra de Barreal está sobrepuesta a la más joven. Esta puede ser considerada como pérmica. »

Tengo que decir, que según mis observaciones existen en Barreal discordancias, pero ningún sobrecorrimiento tectónico. Por lo tanto, las interpretaciones de Du Toit y Cowper Reed pueden ser mantenidas. La inter-

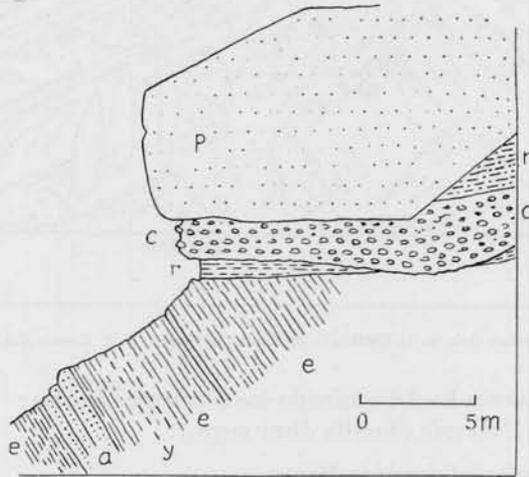


Fig. 7. — Detalle sobre la Esquina Gris, parte alta de la figura 6 y de la lám. III, 2; e, arcillas verdes con fósiles marinos carbónicos; y, láminas de yeso; a, bancos de areniscas; r, arcilla roja; c, conglomerado; p, pórfido euarcífero.

pretación de la fotografía, página 187, en la obra citada de Keidel (1938) también debe ser rectificada. Sus estratos con huellas vermiformes (*s*) están sobrepuestos normalmente y con pasaje estratigráfico a la serie arcillosa (*f*) con fósiles. La tectónica de Barreal es de plegamiento autóctono.

Ya que el doctor H. J. Harrington ha hecho extensos y nuevos hallazgos de fósiles bien conservados en el Carbónico de las regiones de Leoncito, Barreal y Calingasta que serán estudiados por él y por el doctor A. F. Lanza, no tendría sentido seguir discutiendo sobre la edad paleontológica de los horizontes fosilíferos. Basta establecer que en Barreal hay dos niveles principales, el inferior (I) correspondiente a la ventana anticlinal, y el superior (II) que corresponde al flanco, sobrepuesto con discordancia, y que además tiene un nivel estratigráfico de 400-500 m más alto. Ambos niveles I-II, según el conocimiento actual, corresponden al Carbónico.

3. Capas con Pórfido Cuarzífero

La serie carbónica del flanco y de la cumbre anticlinal está cortada por una segunda discordancia muy neta, que empieza con un conglomerado grueso de base. Ya desde la distancia se reconoce por su color rojo vivo de ladrillo un pórfido cuarzífero formando bloques, con paredes y crestas abruptas. Entre otros, los puntos prominentes 1.982¹ (2.030), 1.802 y 1.720 m del mapa topográfico 1 : 50.000 están formados por el pórfido.

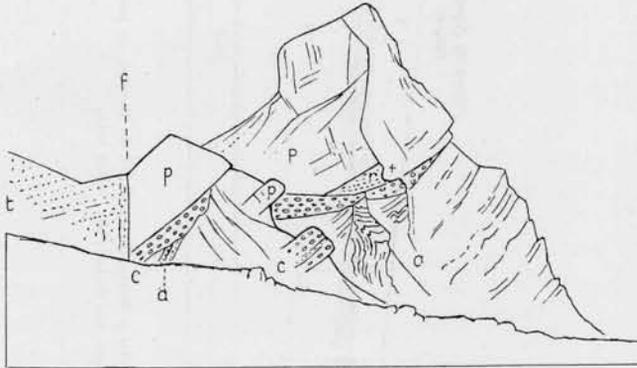


Fig. 8. — Bloque fracturado de pórfido cuarzífero (p) al lado norte de la quebrada de Un Salto; relicto en un foso de areniscas esquistosas del Carbónico (a). c, conglomerado de base; r, toba morada descompuesta; f, falla?; + falla ondulada con estrías horizontales de rumbo N25W. Vista hacia SE.

He encontrado el conglomerado de base debajo del pórfido en el Cerro Colorado del cementerio 1.720 m, al N de Barreal y en la quebrada de Un Salto (fig. 8, lám. IV, 1 y VII, 1), donde los rodados de arenisca carbónica alcanzan 0,5 m; sobre la Esquina Gris (figs. 6-7 y lám. III, 2), y localmente debajo del pórfido de la parte SE del anticlinal, donde esta roca se superpone horizontalmente sobre las areniscas y esquistos rojos y verdes erigidos verticalmente con rumbo S 10° E (fig. 4 y lám. IV, 2). Normalmente el conglomerado basal no alcanza más de 1-5 m.

El pórfido cuarzífero alcanza unos 20 m. En la parte superior esta antigua efusión pasa a una brecha tobífera.

4. Serie Triásica

En vano he buscado un contacto claro estratigráfico con la serie triásica arriba del pórfido cuarzífero. Solamente en la quebrada de Un Salto, entre los puntos 1.912 y 1.802, el Triásico parece acostarse normalmente sobre

¹ El altímetro varias veces ha indicado alturas más elevadas con diferencias de 50 a 100 metros.

el pórfido. Pero allí faltan afloramientos claros. En la parte oriental del braquianticlinal de Barreal, el Triásico está cortado por una falla ⁴. Por lo tanto, la parte inferior del Triásico queda escondida.

El perfil más completo se observa en la quebrada de la Cortaderita (quebrada de la Bentonita), al SE del cerro Colorado del Cementerio (fig. 9). Allí se distinguen dos divisiones principales:

1° División baja con bentonita (tobas blancas y multicolores), más o menos 300 m.

2° División del conglomerado con rodados de pórfido cuarcífero, 150 m o más.

3° Tobas multicolores superiores (Quebrada de Un Salto).

En la quebrada de la mina de bentonita el perfil estratigráfico está bien expuesto:

1° Toba clara, fina, compacta, blanca, con tonalidad hasta el amarillo y verdusco, de la cual son explotadas los 3 a 5 m más finos. (Sirve especialmente para la clarificación del vino).

2° 15 m de toba arcillosa verde.

3° 40 m de toba rosada clara, con intercalación de toba verde.

4° 30 m de tobas arcillosas multicolores.

5° 30 m de tobas arenosas multicolores con 3 m de arenisca rojo ladrillo en la base.

6° 20 m arenisca roja arcillosa.

7° 10 m tobas blancas.

8° Potente conglomerado rojo constituido principalmente por rodados de pórfido cuarcífero.

Los espesores indicados arriba sólo han sido apreciados. Paleontológicamente, un lugar interesante se encuentra aguas más abajo de donde han sido sacados de la roca tobífera blanca los famosos helechos triásicos expuestos en las colecciones oficiales del país y descritos por J. Frenguelli (9, 10):

Zuberia zuberi (Szajn.) Freng. = *Cardiopteris zuberi* Szajn. = *Thinnfeldia* auct.

Johnstonia Stelzneriana (Gein.) Freng.

Barrealia dichotoma Freng.

Un segundo nivel, también importante, se halló al NE de la Esquina Colorada, en tobas pardas explorado por R. A. Faltis, entre cuyos materiales Frenguelli determinó:

Phyllothea australis Brongn.

Equisetites fertilis Freng.

Yabeiella mareyesiaca (Gein.) Oishi

Cardiopteridium cyclopteroides Freng.

⁴ Ya reconocida por Du Toit (3).

Xylopteris elongata (Carr.) Freng.
Thinnfeldia praecordillerac Freng.
Desmiophyllum sp.
Lepidanthium sporiferum (Feistm.) Freng.

5. Manto de Acarreo Cuaternario

No solamente en las partes bajas de la región, sino también hasta en las partes más altas de las inmediaciones de Barreal, se extiende la grava del Cuaternario como manto sobre los diferentes terrenos triásicos y carbónicos (fig. 1). Expuestos al sol en terrazas, los rodados están cubiertos por la pátina del desierto, con un barniz negro brillante que refleja el azul del cielo. Por las diferencias de las temperaturas, muchos de los rodados son quebrados, de manera que, si el conjunto de los fragmentos vuelve a ser nuevamente cubierto, se formará una brecha. Parece que muchas brechas antiguas se han formado de tal modo, por haber estado expuestas superficialmente.

No solamente en el lado occidental del río de los Patos, sino también en el lado oriental hasta alturas de 2.300 m o más (Lomas Bayas) se encuentran rodados de rocas características de la Cordillera alta, como ser pórfido cuarcífero negro y granito en diferentes variedades que encontré en la Cordillera de Ansilla. Debe suponerse que en tiempos recientes, estas acumulaciones fueron levantadas conjuntamente con las formaciones antiguas.

III. OBSERVACIONES EN LEONCITO

El perfil de la estancia « Leoncito Encima » (= Leoncito de arriba) en el valle de las Cabeceras a unos 20 km al sur de Barreal y 2.200 m s. n. m. ya ha sido descrito por Keidel (2), Du Toit (3), y muy detenidamente por Keidel y Harrington (6). Puede ser de interés mencionar algunas observaciones nuevas :

1 Las estrías glaciares de la fotografía en Keidel y Harrington (6) no se refieren a la roca de base, sino a un estrato de arenisca intercalado en la morena. Hay otras intercalaciones estriadas iguales encima, en la superficie de la colina de tilita. La localidad se encuentra a unos 70 m al E 15° S de la casa Leoncito.

2 En un lugar correspondiente al n° 18-19 del perfil página 108 de Keidel (6), es decir a unos 150 m. al ESE de la casa de Leoncito y 10 m del canal, está expuesto el contacto de la tilita con la arenisca micácea de base. La superficie de esa arenisca está completamente estriada por el glaciar antiguo que pasó sobre este pavimento antes de su erección tectónica. La superficie de la arenisca y su estratificación está inclinada 65° hacia W 30° N, mientras que las estrías están inclinadas 10° hacia el N 30° E (fig. 10 y lám V, 2).

3 La serie arenosa con restos de plantas y con los fósiles marinos hallados por Keidel y Harrington, parece representar la parte alta de la potente

formación de grauvaca que generalmente es clasificada como Devónica. Así los fósiles eocarbónicos, por razón estratigráfica, parecen pertenecer a un nivel más bajo que los de la Ventana de Barreal. En cuanto a la edad de la tilita, los fósiles de su yacimiento indican solamente que la tilita de Leoncito es más joven que los fósiles descritos del Carbónico inferior. Así, posiblemente, la tilita sería de la misma edad que aquélla de la Ventana de Barreal, aunque la arenisca normalmente sobrepuesta, en Leoncito, no corresponde a la facie arcillosa de la Ventana.

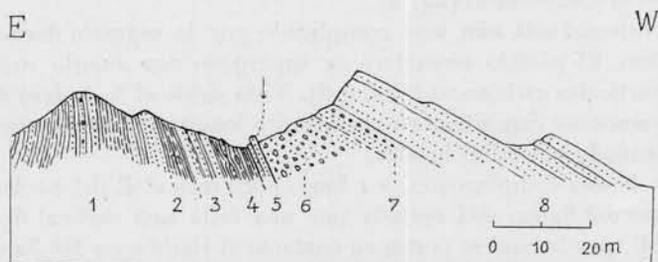


Fig. 10. — Contacto de la serie carbónica 1-5 con la tilita, 150 m al ESE de la casa Leoncito Encima. 1, Esquistos verduscos con bancos de grauvaca gruesa, intercalada por esquistos; 2, 3-5 m arcillas verduscas arenosas; 3, 6-8 m bancos de grauvaca gruesa intercalada por esquistos de grauvaca calcárea en la parte inferior; 4, 1-3 m arenisca (grauvaca) micécea con restos de plantas, inclinada 65° hacia W 30° N. Se destaca el banco superior de 30 cm con su superficie estriada por el glaciar carbónico. (Compárese lám. V, 2); 5, 10-15 m tilita, morena de fondo; 6, 4 m pasaje de morena al conglomerado y la arenisca fluvioglacial; 7, parte basal de más de 50 m de arenisca parda-amarilla, carbónica, inclinada $30-35^\circ$ hacia W 20° S.

4 A unos 3 km al E de la casa de Leoncito, en el valle de la Cabecera, al S del « Potrero del Durazno », se encuentra una gran masa de tilita, ya mencionada por Keidel (5). Según mi observación, la tilita no está sobrecorrida tectónicamente por la serie esquistosa filítica (Devónico), sino llena un gran hueco de erosión carbónica, de 500-1000 m de ancho a través de las filitas erigidas, como ya fué claramente descrito por Du Toit (3, pág. 33), quien ha descubierto esta tilita en 1923.

IV. TECTÓNICA DE BARREAL

A pesar de complicaciones de detalle, la tectónica de la sierra Colorada de Barreal me parece muy clara: un braqui-anticlinal de rumbo NNW, encuadrado por acarreo cuaternario.

El núcleo anticlinal, formado por esquistos arcillosos y tilitas, está erodado en forma de una depresión llamada « ventana » que tiene un ancho de medio kilómetro y una longitud de dos kilómetros.

El eje anticlinal es excéntrico y se acerca al límite occidental (fig. 1-2). Se explica esta asimetría por la importante discordancia erosiva que forma el límite superior. No pude determinar si hay repeticiones tectónicas por

fallas en el lado occidental del anticlinal, o si las diferentes tilitas y esquistos son solamente repeticiones estratigráficas.

Los *flancos anticlinales* de areniscas, tal vez conglomerado de base, están superpuestos al núcleo con una *discordancia neta* (véase figs. 2-3 y lám. II, 1; V, 1). En ambos lados de la parte central, las areniscas rojas carbónicas están erigidas con inclinaciones de 45°-80° en forma anticlinal normal. Más afuera del núcleo, se presentan complicaciones de detalle. El flanco oeste está plegado y fracturado, y localmente inclinado hacia el E en la margen con el Cuaternario (fig. 2).

El lado oriental está aún más complicado por la segunda discordancia estratigráfica. El pórfido cuarcífero se superpone con ángulo recto a las areniscas verticales carbónicas (figs. 2-3). Vista desde el N, la lava del pórfido rojo parece ser depositada en un vallecito longitudinal de forma sinclinal, acompañado por fallas locales.

Además de esta complicación, a 1 km o poco más al E del núcleo, toda la estructura del flanco está cortada por una falla casi vertical de rumbo normal SSE, por la cual se ponen en contacto el Carbónico del flanco con la serie menos erigida triásica. Este Triásico, que normalmente se inclina de 30-35° hacia el E se encorva hacia la falla, de manera que la inclinación hacia E pasa por SE al S en el contacto con la falla. Puede observarse localmente un paquete del conglomerado triásico girado y apretado entre fallas paralelas. El rechazo hacia abajo del Triásico debe alcanzar algunos centenares de metros.

En la parte septentrional, el anticlinal presenta otras dificultades por sus pliegues de detalle, combinado con una inclinación axial general hacia el NNW, de 20° hacia 50°. El geólogo que pasa por primera vez la quebrada de los Cerros Colorados (quebrada de Un Salto) no comprende la aparente confusión tectónica. Primero, distínguese un anticlinal secundario de areniscas rojas carbónicas con eje fuertemente inclinado hacia el norte. Sobre esto al N de la quebrada, se pone en discordancia neta un relicto de pórfido cuarcífero. Al E de este anticlinal se encuentra en el mismo lado de la quebrada el pórfido cuarcífero en forma de un bloque rojo enorme (fig. 8 y lám. VII, 1).

En la Esquina Gris, las arcillas esquistosas marinas forman un sinclinal inclinado 40-50° hacia el NNW. Finalmente, a 7-8 km al N de la quebrada de los Cerros Colorados aparece el cerro Colorado del Cementerio como último baluarte del anticlinal de Barreal, con el pórfido cuarcífero sobrepuesto horizontalmente a la arenisca roja carbónica inclinada 25°-30° hacia el E. A esta posición tectónica corresponden los estratos tobíferos del Triásico, expuestos en la quebrada de la Cortaderita en su lado SE (fig. 9, lám. VI, 2). Estos afloramientos triásicos parecen pertenecer al lado oriental de un anticlinal suave con eje inclinado al NNW que pasa sobre el cerro Colorado del Cementerio, mientras que el eje del plegamiento pretriásico, en las areniscas carbónicas, pasaría poco al W de este cerro.

V. CONSIDERACIONES SOBRE LA GEOLOGÍA HISTÓRICA

Los sedimentos más antiguos de los alrededores de Barreal están formados por areniscas en bancos duros (grauvacas), con esquistos o filitas intercalados, generalmente colocados en el Devónico. Es una facie marina semejante al Flysch, de gran espesor, depositado en un mar profundo. En Leoncito, se observa un pasaje al Carbónico inferior fosilífero, con braquiópodos y restos de plantas en arcillas micáceas, sedimentos depuestos cerca de la orilla marina. Esta formación devono-carbónica ya había sido tierra firme cuando invadió el glaciar, estriando el basamento rocoso y depositando la tilita principal de Leoncito.

Pero no solamente el Devónico de la Sierra Tontal al E de Leoncito fué tierra firme, sino también plegado, comprimido, erigido y erodeado después del depósito del Carbónico inferior fosilífero de Leoncito, como demuestra el gran hueco lleno de tilita. Es la primera discordancia tectónica importante de la Precordillera ¹.

En Barreal se presenta el problema de explicar las intercalaciones de tilitas y morenas carbónicas con bloques erráticos estriados en arcillas con fósiles marinos que no tienen aspecto de haber vivido en un mar frío. Si bien los rodados sueltos estriados en las arcillas pueden explicarse por un transporte con ventisqueros, sería difícil que hubiese sucedido lo mismo con las verdaderas morenas. En todo caso, el glaciar del Carbónico debe haber llegado al mar o al menos a las inmediaciones de su orilla.

En el lado occidental, la serie de la Ventana termina con los estratos con huellas vermiformes que recuerdan una facie marina de Flysch, mientras que en el lado opuesto, el sedimento más alto es una arcilla azulada.

Entre las series del Carbónico inferior y superior hay que suponer una fase de plegamiento tan intenso que los estratos y tilitas del anticlinal erigido fueron atacados y en parte nivelados por la erosión terrestre. En las partes bajas fueron acumulados rodados, y el todo, a consecuencia de un descenso tectónico, fué cubierto con arenas y arcillas. Mientras que esta serie II, con sus areniscas y conglomerados, en su mayor parte parece ser de origen terrestre como el « Paganzo 2 » de la misma edad, las intercalaciones de arcillas verdes con sus fósiles marinos prueban un hundimiento debajo del nivel del mar y una facie semejante a la de las arcillas de la serie I. Parece muy significativa la presencia de yeso en estas formaciones marinas, mientras que los conglomerados demuestran la facie terrestre.

Viene después, al final del Paleozoico, un nuevo empuje tectónico que

¹ Un caso semejante he observado en la Quebrada de La Flecha, a unos 40 km al sur de San Juan, donde, río arriba de la angostura, se abre un enorme circo de erosión paleozoica en la potente serie vertical de la caliza cambro-ordovícica, lleno parcialmente, en discordancia completa, por areniscas y arcillas rojas carbónicas (Paganzo II) y pórvido cuarcífero.

ha levantado por segunda vez el viejo anticlinal. Y por tercera vez, la erosión ha atacado fuertemente a la nueva sierrita, hasta que su flanco con las areniscas carbónicas verticales fué nivelado localmente a una peneplanicie.

Todavía no conocemos la edad precisa de la serie III con pórfido cuarcífero. Seguro es solamente, que su edad está entre el Carbónico superior y Triásico superior y que al E de la Cordillera alta el mar retrocedió definitivamente.

De nuevo han sido acumulados gravas gruesas con rodados del basamento arenoso hasta medio metro de diámetro, transportados por ríos y acumulados en partes bajas, antes que fuera derramada la lava ácida y fué depositada encima de aquélla la toba brechosa liparítica. Verdaderamente, en el flanco occidental se ve ya de lejos cómo el pórfido está colocado en forma de un vallecito de aspecto sinclinal sobre los estratos erigidos de arenisca carbónica, paralelo con el rumbo NNW.

La dislocación del pórfido que muestra frecuentes fallas y corrimientos locales de contacto demuestra un *cuarto movimiento tectónico* con plegamiento. Puede ser el mismo que ha plegado la serie IV del Triásico.

Parece que la potente formación triásica de tobas y conglomerados con rodados de pórfido cuarcífero fué depositada en concordancia sobre el pórfido. La diferencia tectónica de los pliegues suaves del Triásico con las irregularidades del pórfido y su base conglomerádica se interpreta por las irregularidades erosivas en el yacente carbónico.

No conocemos, en Barreal, la edad del plegamiento de la serie triásica. Unos 15 km más al N (Isidro, Alcazar), el Triásico emerge sobre la superficie cuaternaria con inclinación de 30° hacia el E, en discordancia sobre el Gotlándico (lám. VII, 2). En Calingasta, en el lado oeste del valle, aflora el Terciario con una inclinación de 20°-25° hacia el W. Este plegamiento reciente seguramente ha influenciado también el Triásico. Posiblemente, la falla al E de la sierra de Barreal se ha producido también en tiempo reciente. Todavía, no habían terminado los movimientos tectónicos. Aún las enormes acumulaciones de acarreo cuaternario han sido influenciadas tectónicamente y levantadas a grandes alturas donde son expuestas ahora a la denudación (Lomas Bayas).

Así, la pequeña sierra de Barreal presenta y presentará siempre un interés especial en la geología de la América del Sur. No solamente es uno de los pocos lugares conocidos del Carbónico marino en la República Argentina, sino también un lugar con una tectónica rara; producida por plegamiento autóctono repetido lo menos tres veces con intervalos de fuerte erosión. Sería uno de los mejores lugares para la enseñanza de estudiantes avanzados, y digno para crear un parque nacional.

Abstract. — The aim was to clear up the stratigraphical and tectonical position of the marine Carboniferous horizons and the glacial tillites, which have become famous since their discovery (Stappenbeck 1910, Keidel 1922, 1938, Du Toit 1929, 1937, Keidel and Harrington 1938, Fossa-Mancini 1943), although, on account of the lack of illustrations, their geologic position still remained partly obscure.

The result, in accordance with the view of Du Toit, is that there are no overthrusts, but at least 3 well pronounced unconformities. The first one is shown by the filling up with tillite of an old valley across vertically upraised devonian slates (Leoncito). The second series, at Barreal, is made of marine slates and calcareous sandstones with *Productus*, *Spirifer*, etc., which include tillites with striated erratics. The third series, mainly of sandstones with a basal conglomerate, contains in its upper part the marine fauna of « Quebrada del Salto ». It forms a beautiful brachi-anticline. The third unconformity is represented by caps of red quartz-porphry on the top of the sandstone crests. Thereupon follows the folded thick triassic series with its tuffa which contain a well-preserved flora (Frenguelli).

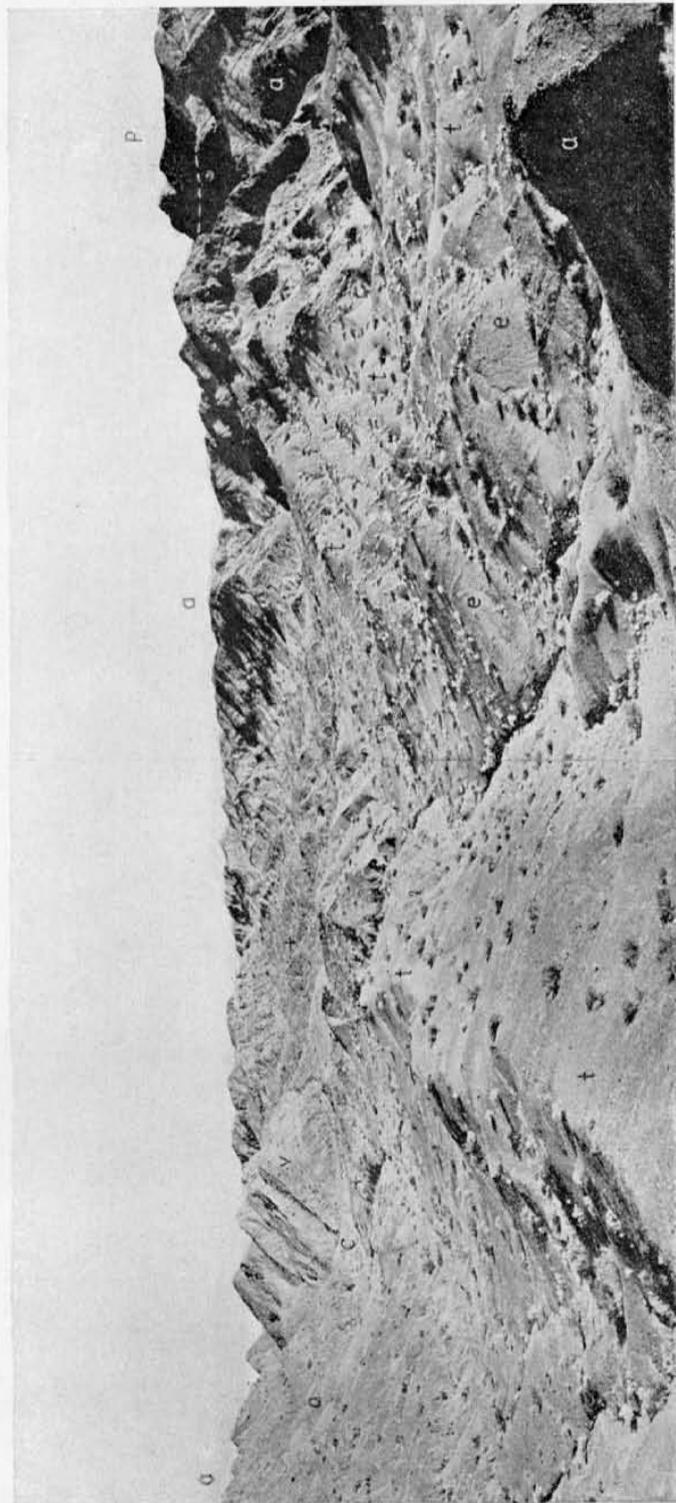
These observations prove that in Barreal occurred at least 3 intense orogenic autochthonous movements, each one followed by intense denudation.

VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA SOBRE BARREAL

1. 1911. STAPPENBECK, R., *Umriss des geol. Aufbaues der Vorkordillere zwischen den Flüssen Mendoza und Jachal*, en *Geol. Pal. Abh.*, Neue Folge IX.
2. 1922. KEIDEL, J., *Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico en la Argentina*, en *Bol. Acad. Nac. Ciencias*, Córdoba, XXV.
3. 1929. DU TOIT, A. L., *A geological comparison of South America with South Africa*, en *Carnegie Inst.*, Washington DC., Publ. n° 381.
4. 1937. DU TOIT, A. L., *Our wandering continents*, Edinburgh.
5. 1938. KEIDEL, J., *Ueber die Gondwaniden Argentinens*, en *Geol. Rundschau*, Bd. XXX, Heft 1-2.
6. 1938. KEIDEL, J., y HARRINGTON, H. J., *On the Discovery of Lower Carboniferous Tillites in the Precordillera of San Juan, western Argentina*, en *Geol Magazine*, London, Vol. LXXX, n° 8885.
7. 1940. KEIDEL, J., *Paleozoic glaciation in South America*, en *Proc. Eighth Am. Scient. Congr.*, Washington, Vol. IV, 89-108.
8. 1943. FOSSA-MANCINI, E., *Sobre la edad de los estratos con braquiópodos de Barreal y de Leoncito Encima (Prov. de San Juan)*, en *Rev. Museo de La Plata*, Sec. Geol. T. I.
9. 1943-44. FRENGUELLI, J., *Contribución al conocimiento de la flora del Gondwana superior en la Argentina*, en *Notas del Museo de La Plata*.
10. 1944. FRENGUELLI, J., *Las especies del género Zuberia en la Argentina*, en *Anales del Museo de La Plata*.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	267
II. Observaciones Estratigráficas.....	268
1. Serie de la Ventana Anticlinal.....	268
2. Serie de los Flancos del Anticlinal.....	273
3. Capas con Pórfido Cuarzífero.....	277
4. Serie Triásica.....	277
5. Manto de Acarreo Cuaternario.....	280
III. Observaciones en Leoncito.....	280
IV. Tectónica de Barreal.....	281
V. Consideraciones sobre la Geología Histórica.....	283
VI. Bibliografía consultada sobre Barreal.....	285



La « ventana » anticlinal. Vista panorámica hacia W, N y NE desde la espuela sinclinal con areniscas en el margen SSE de la « ventana ». *Serie I* : *t*, tilita ; *e*, esquistos con fósiles (+) ; *v*, estratos con huellas vermiformes ; *Serie II* : *a*, areniscas rojizas ; *Serie III* : *p*, pórfido cuarífero rojo. Se distingue bien el umbral anticlinal de tilita y el marco anticlinal de la serie II.



1. Parte Oriental de la «ventana» vista hacia SE. En frente derecho tilita (t), sobrepuesto por esquistos verduscos (e), ambos sobrepuestos discordantemente por la pared de arenisca. (+) lugar del bloque errático de la lám. II, 2.



2. Bloque errático de diabasa, estriado y pulido, lugar indicado con + en la fotografía anterior (Compárese fig. 3 del texto)



1. Discordancia del pórfido cuarcífero rojo sobre la serie de esquistos y areniscas verdes fosilíferos al W de la Esquina Gris. La discordancia ha facilitado un movimiento diferencial entre las dos series, parecido al de una falla. En el fondo se destaca el Río de los Patos y la Cordillera de Ansilla.



2. Quebrada de Un Salto (Q. d. l. Cerros Colorados), con el lugar fosilífero de la Esquina Gris (+) del Carbónico. Encima, en discordancia, el pórfido cuarcífero. Detalles en fig. 6 del texto



1. Detalle del pórfido cuarcífero sobre el Carbónico (areniscas esquistosas). Entre ambos el conglomerado grueso de base. Lugar al lado del bloque de la figura 8 del texto



2. El relicto más septentrional del pórfido cuarcífero, horizontalmente puesto sobre la serie de areniscas y esquistos carbónicos casi verticales. (Compárese figs. 2 y 4 del texto)



1. Borde N de la « ventana » en el cabo superior de la Quebrada de Tres Saltos; vista hacia el norte, mostrando la discordancia entre la serie I y II. 3, areniscas arcillosas finamente estratificadas; 4, banco de arenisca con conglomerado de base; 5, areniscas. Vista hacia N. (Compárese fig. 5 del texto)



2. Superficie de la grauvaca carbónica con estrías glaciares. Leoncito Encima. (Compárese fig. 10 del texto)



1. Mina de Bentonita, NE de Barreal (véase figs. 1 y 9 del texto). Triásico con tobas blancas-verdusas-amarillas. La parte explotada de 3-5 m se reconoce al lado del camión. La inclinación hacia la izquierda corresponde a la del eje anticlinal hacia el norte.



2. Parte media de la serie triásica en la quebrada de la Cortaderita, vista hacia SSE. El conglomerado c se superpone normalmente a la serie tobífera blanca. En el fondo se distingue el manto de grava cuaternaria. (Compárese fig. 9 del texto, parte izquierda).