

REVISTA
DE LA
ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

Tomo VIII

Abril de 1953

Nº 2

EL PALEOZOICO SUPERIOR DE BARREAL Y SU CONTINUACION AUSTRAL

« SIERRA DE BARREAL »

(PROVINCIA DE SAN JUAN)

POR MARCELO GUILLERMO MESIGOS

INTRODUCCIÓN

Para la realización del presente trabajo fué necesario una campaña de dos meses, durante los cuales se realizó el relevamiento topográfico y geológico a escala 1:10.000 de una zona que abarca 18 kilómetros cuadrados en la llamada « Sierra de Barreal » situada al este del pueblo del mismo nombre.

Además del mapa ya mencionado se ha realizado una serie de 25 perfiles transversales al rumbo general de la estructura y separados entre sí por poca distancia, con los cuales ha sido posible desentrañar la complicada estructura de esta « Sierra ».

El trabajo ha sido completado con el estudio y la revisión de los fósiles hallados en la región y su comparación con otras faunas carboníferas, no sólo de nuestro país sino también de los Estados Unidos, de Europa y de Asia.

1. UBICACIÓN DE LA ZONA Y RASGOS GEOMORFOLÓGICOS

La zona estudiada se halla ubicada en el Departamento de Calingasta, Provincia de San Juan. Comprende la parte norte de una angosta faja, constituida ante todo por rocas paleozoicas que, desde las cercanías del pueblo de Sorocayense se extiende hasta más allá de Leoncito Encima¹ a lo largo del borde occidental de la Precordillera.

¹ Este lugar es conocido en la literatura geológica con este nombre, sin embargo el nombre topográfico correcto es: « Estancia del Leoncito de Arriba ». En el presente trabajo se usará el primero que es el generalizado por el uso.

This One

5



442F-4UN-PNPD

La parte norte de esta angosta faja situada directamente al este de los pueblos de Sorocayense y Barreal, suele distinguirse con el nombre de «Sierra Colorada de Barreal» o simplemente «Sierra de Barreal». Esta región forma una unidad morfo-estructural perfectamente definida y claramente separada del Cordón del Cerro Bola que se eleva bastante más al este.

La «Sierra de Barreal» alcanza aquí alturas absolutas de 2200 metros sobre el nivel del mar, pero sólo de unos 500 metros sobre el nivel del ancho valle del Río de los Patos.

A partir del Río de los Patos hacia el este se encuentra primero un plano inclinado hacia el oeste, constituido por conos de deyección del Pleistoceno, algo aterrizados, que se apoyan luego al este del último canal de riego, contra las rocas paleozoicas de la «Sierra de Barreal».

Esta Sierra está surcada por numerosas quebradas secas con desagüe hacia el oeste, que la recortan profundamente originando un relieve juvenil áspero y abrupto. Los fuertes desniveles y los numerosos saltos que interrumpen las vaguadas, dificultan considerablemente el acceso y el recorrido de esta zona desértica.

Sigue hacia el este a esta faja de rocas paleozoicas de 2 km de ancho, una región constituida otra vez, por acumulaciones aluvionales cuaternarias, viejos conos de deyección, hoy elevados a considerable altura ya que alcanzan los 2400 metros, o sea un nivel más alto que el de las más altas cumbres de la «Sierra de Barreal».

Refiriéndonos ahora a la zona de afloramientos paleozoicos, es decir a la llamada «Sierra de Barreal», se observa en el extremo sur de ella un braquianticlinal de rumbo norte-sur al que denominaré *Braquianticlinal de El Paso*, poco más al nor-oeste de él se puede observar otro braquianticlinal de mayor tamaño que el primero y también de rumbo norte-sur y al que denominaré *Braquianticlinal de Hoyada Verde* y que se halla en el centro de la zona relevada: interpuesto entre ambos braquianticlinales se observa un sinclinal muy apretado de rumbo nordeste-suroeste y que se hunde tanto hacia el norte como hacia el sur.

Es evidente que en la llamada «Sierra de Barreal», la estructura interna ejerce un control estricto sobre las líneas de drenaje, las que se disponen siguiendo generalmente diaclasas, fracturas u otras líneas de mínima resistencia.

Así por ejemplo sucede con la quebrada de Un Salto, que corre paralelamente al ala este y noreste del «Braquianticlinal de Hoyada Verde», atraviesa luego la estructura de este a oeste aprovechando una línea de mínima resistencia, que en este caso es posiblemente una zona de diaclasas de tracción; lo mismo sucede con la Quebrada de la Liebre y

con todas las quebradas que corren de este a oeste, es decir aquéllas cuyo rumbo es normal con respecto de la estructura.

En cambio en las quebradas que corren paralelamente al rumbo de la estructura se observa que en ellas el control lo ejercen ya fallas longitudinales o bien intercalaciones de « flagstones »¹ de menor resistencia que el resto de las rocas.

2. INVESTIGACIONES ANTERIORES

El paleozoico superior fosilífero de la región de Barreal fué descubierto por Stappenbeck, quien en 1910 publicó una sucinta descripción de los afloramientos hallados en la Quebrada de Un Salto o del Salto. En las localidades conocidas hoy con los nombres de « Esquina Gris » y « Esquina Colorada », coleccionó abundantes restos de braquiópodos, gastrópodos, cefalópodos y otros fósiles muy deficientemente conservados. La similitud de algunos ejemplares con *Productus-cora* D'Orb., *Productus lineatus* Waagen y *Productus pustulatus* y ante todo la presencia de un *Spiriferidae* que identificara con *Spirifer supramosquensis* Nick., le llevó a sugerir una edad Carbónica para la fauna y señalar «el piso como piso del *Spirifer supramosquensis* (Stappenbeck, 1910, pág. 38).

Años después, en 1937, Du Toit visitó la localidad descubierta por Stappenbeck, pero extendió sus observaciones a la región situada al sur de la Quebrada del Salto, descubriendo las tillitas y sedimentos asociados que afloran en la localidad llamada « Hoyada Verde » en el mapa que acompaña a este trabajo. En lutitas verdes, poco arriba de estas tillitas, halló nuevos fósiles marinos, en un nivel que consideró inferior al descubierta por Stappenbeck en la Quebrada del Salto.

En 1927, Du Toit dió a conocer sus observaciones, estimando que las tillitas y sedimentos fosilíferos asociados, constituyen el núcleo de un domo o braquianticlinal en cuya ala oriental se encuentra el nivel fosilífero de « Esquina Gris ». Los fósiles coleccionados por Du Toit, tanto en la « Hoyada Verde », como en la Quebrada del Salto, fueron descritos por Cowper Reed en un apéndice de aquel trabajo. Pese a que los fósiles provienen de dos niveles distintos y que no existe ninguna especie común a ambos, Cowper Reed discutió la edad de los mismos como si hubieran sido coleccionados en un solo horizonte y constituyeran una sola fauna.

En base ante todo de su determinación de *Spirifer cf. supramosquen-*

¹ « Flagstones » : arenisca, generalmente arcillosa de grano muy fino, finamente estratificada y con « ripple marks » en las superficies de estratificación.

sis Nik, *Spirifer rajah* Salter, *Spirifer mexicanus* Shum, var. *neotropica* Reed y *Spiriferina zewanensis* (Diener), llegó a la conclusión de que la fauna correspondía al Carbónico superior. Destacó sus notables diferencias con las faunas Carbónicas de Brasil y Bolivia y señaló, que aparte de ciertas relaciones con la fauna de Guadalupe, descrita por Girty, tampoco presentaba semejanzas especiales con las norteamericanas.

En 1939, Keidel se refirió con cierto detalle a la región de Barreal en su estudio sobre los « Gondwanides Argentinos ». Señaló que la « fauna Carbónica » de Barreal descrita por Reed no es una única unidad sino que, tal como Du Toit lo mencionara proviene de dos localidades y niveles distintos. Basándose en la presencia de *Spirifer zewanensis* (Diener), identificada por Reed en la fauna del nivel inferior, es decir, en las lutitas de la « Hoyada Verde », llegó a la conclusión de que esta fauna era más joven que la de *Spirifer supramosquensis* de la Quebrada del Salto, en razón de que *Spiriferina zewanensis* es una forma conocida del Pérmico de Zewan, en la India. Según Keidel pues, el núcleo del « domo » de Du Toit estaría constituido por una serie Pérmica mientras que las « alas » estarían formadas por una sucesión del Carbónico. De tal manera el « domo » vino a ser considerado una verdadera « ventana tectónica » en el sentido de los geólogos alpinos.

En 1944 la región fué nuevamente estudiada por A. Cuerda. El resultado de estas investigaciones, que constituyeron el tema de una tesis doctoral en la Universidad de La Plata, aún no ha sido publicado ¹.

Cuerda circunscribió su investigación a la serie de tillitas y sedimentos asociados que afloran en la « Hoyada Verde » y pudo demostrar, con el hallazgo de *Syringothyris Keideli* Harr. en las lutitas del nivel inferior de Du Toit, que esta serie lejos de corresponder al Pérmico, debe atribuirse en verdad al Carbónico inferior. Cuerda distinguió pues una « serie inferior » infracarbónica y una « serie superior » supracarbónica que constituye los flancos del braquianticlinal, volviéndose a la idea de un « domo » expuesta por Du Toit.

Por otra parte señaló que la « serie inferior » constituida por diversos sedimentos, se halla fuertemente plegada e imbricada y que la « serie superior » se dispone en marcada discordancia angular sobre esta estructura más antigua.

Cuando Cuerda daba ya fin a sus estudios, Heim visitó la región y le acompañó en sus trabajos durante algunos días. En 1945, Heim publicó una breve descripción de la geología de esta zona, que si bien es atinada en ciertos aspectos, adolece de algunos defectos serios.

¹ Los fósiles coleccionados por Cuerda fueron determinados por Leanza en (19).

Tal como Cuerda, Heim interpretó la zona como constituida por un gran braquianticlinal de rumbo NNW, con el núcleo formado por una serie infracarbónica y una serie supracarbónica en discordancia angular sobre la primera.

La serie superior estaría a su vez plegada y sobre ella descansan en discordancia angular muy marcada, pórfidos cuarcíferos y tobas de pórfidos atribuidas al Triásico.

En 1949 Keidel, aceptando las ideas de Cuerda abandonó la idea de una « Ventana Tectónica », y admitiendo la edad Infracarbónica de la « Serie inferior » se inclinó a considerar la estructura de la región de manera similar a la de Heim.

En 1949 Zöllner, extendiendo las observaciones a la zona situada al sur y suroeste de la « Hoyada Verde » y comparando la región de Barreal con la de Leoncito Encima, 20 km más al sur, distinguió aun otra serie más antigua, separada del Carbónico Inferior por una discordancia angular muy marcada y a la cual atribuyó edad Devónica.

De acuerdo con las ideas de Zöllner existiría pues en Barreal tres series paleozoicas referidas respectivamente al Devónico, Carbónico Inferior y Carbónico Superior separadas respectivamente entre sí por discordancias angulares y cubiertas por pórfidos cuarcíferos y otras rocas triásicas, también en discordancia angular sobre las rocas paleozoicas.

Según Zöllner los movimientos tectónicos más antiguos acaecidos en esta región, que él llama « pretilíticos » serían del Devónico Superior y habrían producido una compleja estructura imbricada en las capas paleozoicas más antiguas de Barreal. Luego se habrían producido movimientos intercarbónicos más débiles que dislocaron la « Serie inferior » de Barreal. En tiempos Post-Carbónicos y pre-Triásico superior se habría producido un tercer ciclo de movimientos, dando origen al plegamiento de la « Serie superior » de Barreal o de los « flancos del anticlinal ». Luego, movimientos post-triásicos y pre-miocénicos habrán dado origen a la discordancia entre los depósitos triásicos y los llamados « estratos calchaqueños ».

Por último, movimientos cuartarios habrían abovedado los sedimentos del cuartario inferior de esta región que, en parte, se encuentran hoy en posición subvertical.

3. ESTRATIGRAFÍA

El presente estudio tiene por objeto primordial la investigación de la estructura tectónica de la « Sierra de Barreal ». Etapa previa a todo intento de análisis tectónico es, sin embargo, el estudio de la sucesión estratigráfica de la región. En este caso la complejidad manifiesta de tal

estructura, producto de repetidos movimientos tectónicos de desigual intensidad e importancia, ha obligado a profundizar el análisis estratigráfico y ha llevado a distinguir diversas formaciones paleozoicas sin cuya individualización fracasaría toda posibilidad de entender cabalmente el problema estructural.

El cuadro siguiente resume mis observaciones referentes a la sucesión estratigráfica expuesta en la Sierra de Barreal. Cabe señalar que, siguiendo las modernas tendencias de nomenclatura estratigráfica, he utilizado el término «formación», para designar «unidades de roca» y el de «grupo» para el conjunto de dos o más formaciones.

| Edad | Formación | Espesor (mts.) |
|----------------|---|----------------|
| Cuartario | Conos subrecientes | ? |
| | Cuartario viejo | |
| D | D | |
| Mio-plioceno | « Estratos calchaqueños » | ? |
| D | D | |
| Trias superior | Grupo de Sorocayense | 650 |
| D | D | |
| Pennsylvaniano | Grupo de Barreal { Formación Mono Verde » Esquina Gris » Tres Saltos | 320 |
| | | 470 |
| | | 737 |
| D | D | 1.527 |
| Mississippiano | Grupo de San Eduardo { Formación El Retamo Form. Hoyada Verde Formación El Paso | 182 |
| | | 335 |
| | | 220 |
| D | D | 737 |
| Ordovícico | Formación de Hilario | 400 |
| | BASE OCULTA | |

A. Paleozoico

Como se ha mencionado ya, en la Sierra de Barreal afloran diversas formaciones de sedimentos paleozoicos que pueden agruparse en tres conjuntos distintos según su edad.

Las rocas más antiguas tomadas por Devónicas, pero que aquí consideraré como más probablemente Ordovícicas, aparecen constituyendo el núcleo más antiguo del Braquianticlinal de El Paso, en el extremo austral de la zona estudiada.

Un segundo conjunto de formaciones, que por sus fósiles corresponden al período Mississippiano, se halla distribuido en tres zonas diversas: 1) formando la cubierta del núcleo ordovícico del Braquianticlinal de El

Paso; 2) constituyendo el núcleo del Braquianticlinal de Hoyada Verde en la región central de la Sierra; y 3) integrando el borde occidental del último Braquianticlinal en el extremo norte del área relevada.

Por último, un tercer conjunto de formaciones atribuidas al Pennsylvaniano en virtud de los fósiles que una de ellas contiene, forma las alas de ambos braquianticlinales y la región sinclinal interpuesta entre ellos.

a) *Ordovícico. Formación de Hilario.* — El grupo de rocas más antiguo de cuantos aparecen en la Sierra de Barreal, y al cual designaré con el nombre de Formación de Hilario aflora exclusivamente en el rincón sudeste del área relevada, constituyendo el núcleo del Braquianticlinal de El Paso. Los asomos cubren un área ovalada, de unos 800 metros de largo en sentido norte-sur y de unos 400 metros de ancho.

La Formación de Hilario consiste en una sucesión monótona de grauvacas y areniscas feldespáticas, algo metamorfizadas, de color pardogrisáceo oscuro, con algunas intercalaciones arcillosas. Las grauvacas y areniscas son compactas y masivas, estando constituidas esencialmente por cuarzo y feldespato; el tamaño de los granos es mediano y el grosor de los bancos varía entre 0,40 y 0,60 m.

La base de esta formación no es visible en la reducida zona de afloramientos. Su contacto superior es, en cambio, evidente, estando la Formación de Hilario recubierta en marcada discordancia angular por la Formación de El Paso de edad Missisippiana. Dado que las grauvacas y areniscas están fuertemente plegadas e imbricadas, teniendo hoy posición subvertical, se hace difícil calcular su espesor, pero quizá puede estimarse en unos 400 metros la potencia de la parte aflorante.

El conjunto de sedimentos que acabo de describir someramente, carece en absoluto de fósiles. Parece extraño, pues, que me haya decidido a suponerlo de edad Ordovícica, apartándome de la idea de Zöllner, quien sugiriera una fecha Devónica como la más probable.

Más extraño podría parecer aun, la designación de Formación de Hilario, que he utilizado para denotar este conjunto, pero precisamente los motivos que me han inducido a emplear tal nombre, me llevan a admitir una edad Ordovícica como la más probable.

Desde hace tiempo se conoce, tanto al norte como al este y al sudeste de la Sierra de Barreal, un potente conjunto de grauvacas y lutitas muy similares a las que afloran en el Braquianticlinal de El Paso y que han sido referidas al Devónico por Heim, Frenguelli y Zöllner. Bracaccini, sin embargo, ya ha admitido la posibilidad de que esta formación fuera Silúrica y aun quizá más antigua. En vista de que alcanzan máximo desarrollo en la región del Cerro Hilario, poco al este del pueblito del mismo nombre, cabe designar a este conjunto de rocas antiguas con el nombre de Formación de Hilario.

Las descripciones que Stipanovic (23) y Pozzo (20) hacen de este grupo de rocas, concuerdan exactamente con las características que muestran en la Sierra de Barreal. En el Cerro Hilario la formación alcanza un espesor considerable, estimado en más de 800 metros. En su parte media se intercalan allí algunas lentes de lutitas negras alumíferas que poco más al norte en la Quebrada de Alcaparrosa (Cordón de la Alumbreira), han dado escasos restos de Graptolites descubiertos por Angelelli en 1938 (1).

Los ejemplares fueron determinados por Turner (24) como :

Climacograptus aff. *antiquus* Lapw

Amplexograptus sp.

y considerados como de edad Caradociana, ya que *C. antiquus* es una especie característica del Caradociano de Gran Bretaña.

En el Braquianticlinal de El Paso no se han observado intercalaciones de lutitas negras entre las grauvacas y areniscas, pero ello se debe, probablemente, al hecho de que aquí aflora sólo la parte alta de la formación, mientras que tales lutitas se encuentran en la parte media. Teniendo en cuenta la evidente semejanza litológica entre las rocas que afloran en el núcleo del Braquianticlinal de El Paso y las que constituyen la Formación de Hilario un poco al norte de la Sierra de Barreal, he creído posible considerarlas como parte integrante de esta formación y, por ende, de edad Ordovícica.

b) *Mississippiano. Grupo de San Eduardo.* — Bajo el nombre de Grupo de San Eduardo reuniré aquí al conjunto de tres formaciones distintas desconectadas entre sí y expuestas en afloramientos separados, a las cuales designaré con los nombres de : Formación de El Paso, Formación de Hoyada Verde y Formación de El Retamo respectivamente.

Pese a esta discontinuidad física entre los asomos de las tres formaciones mencionadas, que impide establecer objetivamente sus verdaderas relaciones estratigráficas, es altamente probable que formen parte integrante de una única serie sedimentaria de edad Mississippiana, ya que todas han brindado restos fósiles referibles a tal período, aunque no directamente comparables entre sí.

La Formación de El Paso aflora sólo en el extremo sudeste del área relevada, constituyendo el ala occidental del Braquianticlinal de El Paso, recubriendo en marcada discordancia angular a la formación Ordovícica de Hilario que forma el núcleo. Por tal razón se hace probable que sea ésta la más antigua de las tres aquí reunidas en el Grupo de San Eduardo.

La Formación de Hoyada Verde forma, en cambio, el núcleo del gran Braquianticlinal de Hoyada Verde. Su contacto basal no es observable y ciertas relaciones litológicas con la Formación de El Paso, así

como paleontológicas, pues ambas encierran fósiles marinos y depósitos glaciales, hace probable que esta formación suceda a la de El Paso en aquella hipotética y única sucesión Mississippiana.

Por último la Formación de El Retamo, aflora exclusivamente en una angosta faja en el borde noroeste de la zona relevada, aislada entre fracturas y desconectada por completo de todos los demás grupos paleozoicos.

La ausencia de conglomerados glaciales y la presencia de plantas fósiles en estas capas, hace que ésta sea la más joven de las tres formaciones del Grupo de San Eduardo, sin que ello signifique admitir ninguna diferencia apreciable de edad entre ellas.

1. *Formación de El Paso* : La Formación de El Paso aflora en una faja de 300 a 400 metros de ancho y 1300 de largo, formando el ala occidental del Braquianticlinal de El Paso. El perfil estratigráfico de esta formación es como sigue (fig. 1 A) :

Techo : Formación de Tres Saltos (Pennsylvaniano)

Discordancia angular

Formación de El Paso :

| | Metros |
|--|------------|
| 10. Lutitas muy fragmentosas de color morado, azul o verde, con intercalaciones de areniscas celeste verdosas. Escasas intercalaciones delgadas de areniscas calcáreas..... | 22 |
| 9. « Tillita » de color pardo, con numerosos rodados pulidos y estriados de tamaño variable (10 cm). Los rodados son generalmente de grauvacas verdes del Devónico de la Precordillera, pero hay también de cuarzo, granitos, etc. Se observan también bloques erráticos de gran tamaño (3 m ²)..... | 27 |
| 8. Lutitas muy fragmentosas bien estratificadas en láminas delgadas, de color azul pasando hacia abajo a morado. Recorridas por venitas muy finas de yeso. Se encuentran restos de gastrópodos..... | 25 |
| 7. Arenisca rojiza, compacta, de grano fino, estratificada en bancos gruesos. El componente principal es el cuarzo..... | 30 |
| 6. Arenisca pardo amarillenta, compacta, de grano fino, bien estratificada. El componente principal es el cuarzo..... | 20 |
| 5. Arenisca conglomerádica de color gris verdoso, pasando a veces a un verdadero conglomerado. El cuarzo es el componente más abundante..... | 40 |
| 4. Arenisca silíceas de color pardo, de grano fino, estratificada en bancos no muy gruesos..... | 20 |
| 3. Arenisca de color verde claro con coloración secundaria violácea compacta, de grano fino. El cuarzo es abundante..... | 5 |
| 2. « Tillita » de color pardo con rodados pulidos y estriados, cuyo tamaño oscila entre los 0,20 cm. Posee numerosas intercalaciones de areniscas..... | 25 |
| 1. Arenisca de color verde claro con coloración secundaria violeta, de grano fino. Semejante al n° 3..... | 5 |
| Total | 219 |

Discordancia angular

Formación de Hilario (Ordovícico)

2. *Formación de Hoyada Verde*: Aflora en la parte central de la región relevada, en una pequeña hondonada en forma de batea que alcanza a unos 1500 m de largo en sentido norte-sur por unos 400 m de ancho. El lugar no tiene nombre vernáculo pero en virtud del color intensamente verde de las rocas que allí afloran, rodeadas por todas partes de altas escarpas de areniscas rojizas, lo he designado en mi mapa con el de Hoyada Verde. Es esta la famosa « Ventana de Barreal », en realidad otro braquianticlinal profundamente erodado en su centro y mostrando su núcleo constituido por la Formación de Hoyada Verde. La abundancia de lutitas arcillosas fácilmente desmenuzables, ha originado aquí un relieve de lomadas suaves que contrasta notablemente con el del resto de la Sierra de Barreal.

Pese a que la Formación de Hoyada Verde está plegada e imbricada a lo largo de fracturas subparalelas, ha sido posible establecer la sucesión estratigráfica de la siguiente manera (fig. 1 B):

Techo: Formación de Tres Saltos (Pennsylvaniano)

Discordancia angular

Formación de Hoyada Verde

| | Metros |
|--|--------|
| 7. Areniscas finamente estratificadas, de color verdoso, de grano muy fino, con « ripple mark » en las muchas superficies de estratificación. Posee restos escasos de gastrópodos (<i>Worthemia</i>)..... | 10 |
| 6. Areniscas muy micáceas, de color verde pardusco estratificadas en láminas muy delgadas, con « ripple mark » en las superficies de estratificación. Se observan también rastros de vermes..... | 80 |
| 5. Lutitas de color azul verdoso, muy fragmentosas, estratificadas en láminas muy delgadas. Recorridas por venitas de yeso muy angostas. Este miembro es muy semejante al miembro que se encuentra debajo..... | 20 |
| 4. Lutitas de color azul verdoso, finamente laminadas, fragmentosas. Recorrida por finas venitas de yeso y con numerosas intercalaciones de areniscas calcáreas en bancos de 0,10 cm de espesor. Tanto en las intercalaciones calcáreas como en las lutitas mismas, se hallan abundantes fósiles, entre los que se destacan: <i>Spirifer argentinus</i> Reed, <i>Spirifer saltensis</i> Reed, <i>Torynifer pseudolineatus</i> (Hall), <i>Spiriferellina octoplicata</i> Sow, <i>Juresania juresanensis</i> (Tschér), <i>Pseudoamussium ellipticum</i> Reed, <i>Worthemia</i> sp., <i>Fenestrellina</i> sp..... | 125 |
| 3. Bancos de conglomerados de color verde claro, con pequeños rodados de grauvacas y cuarcitas distribuidos en bandas paralelas y unidos por un cemento muy fino y arenoso. Es un sedimento de origen glacimarinero..... | 10 |
| 2. « Tillita » de color verde botella. Los rodados son poco seleccionados, de tamaño muy variable observándose también bloques erráticos de unos 3 m ³ de volumen, es muy común encontrar rodados con las superficies pulidas y estriadas. La composición de los rodados es muy heterogénea pero predominan las grauvacas de color verde y las cuarcitas. La distribución es muy heterogénea y están ligados | |

por cemento arenoso. En la parte superior de este miembro se hallan escasos restos de Gastrópodos muy mal conservados..... 50

1. Lutitas finamente laminadas de color verde o bien morado, muy fragmentosas, desintegrándose en finos trozos aciculares. Poseen numerosas concreciones calcáreas y están recorridas por finas venitas de yeso. Hay también bancos de cuarcitas intercalados de 0,20 cm de espesor. El pasaje de estas lutitas a las «tillitas» de encima es gradual. Se encuentran restos de plantas (*Dadoxylon* sp.) y Gastrópodos (*Worthemia* sp.)..... 40
- Total..... 335

Base oculta.

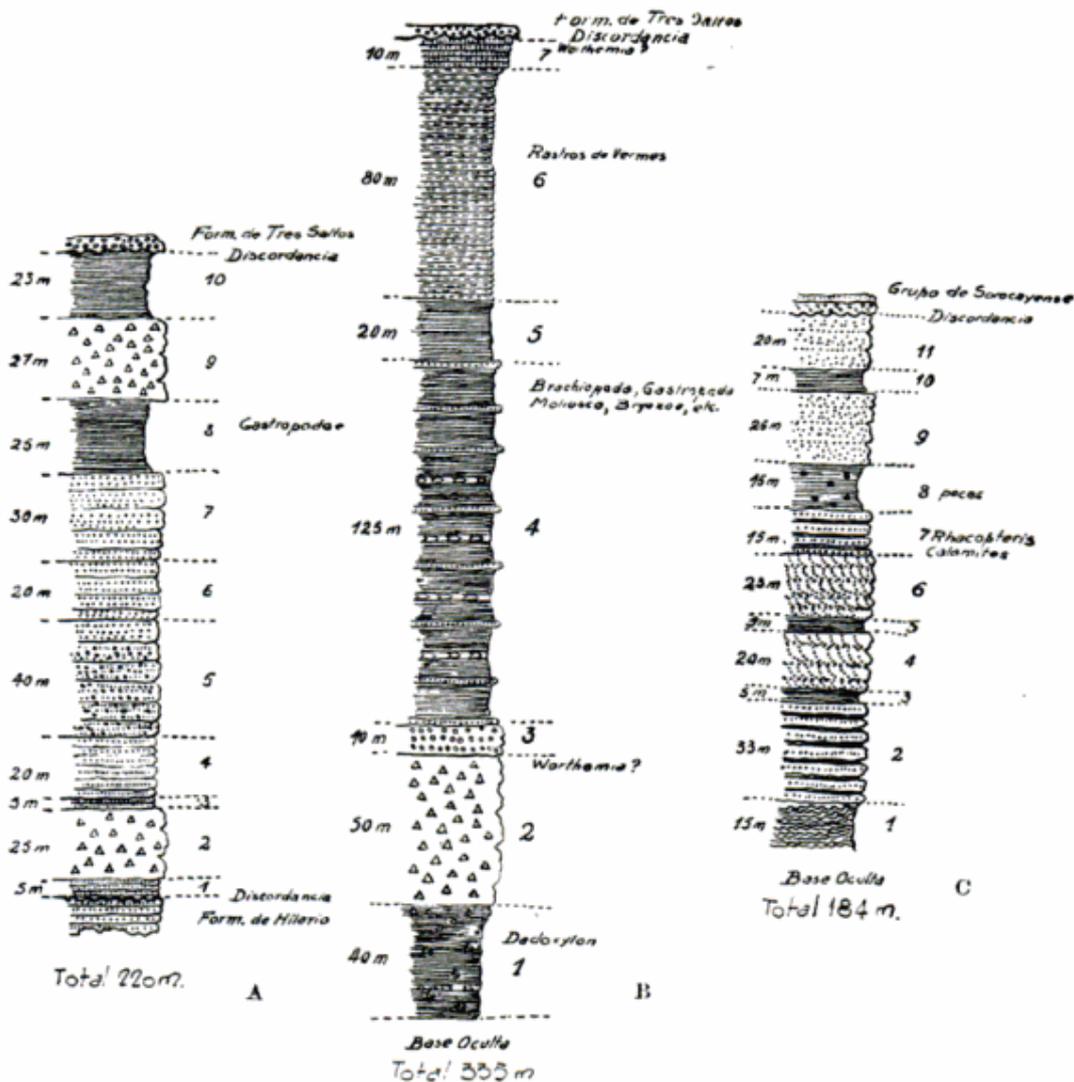


Figura 1

3. *Formación de El Retamo* : Aflora en el borde noroeste de la Sierra de Barreal, en una faja de unos 2000 m de largo en sentido norte-sur por 300 a 400 m de ancho. Esta formación se halla separada de los demás grupos de rocas paleozoicas por fracturas.

La sucesión litológica, tal como se observa en la Quebrada de El Retamo y en la Quebrada de los Tres Saltos, donde los afloramientos adquieren mayor desarrollo es como sigue (fig. 1 C) :

Techo : Sección I, Grupo de Sorocayense (Triásico Superior).

Discordancia angular

Formación de El Retamo :

| | Metros |
|--|--------|
| 11. Areniscas feldespáticas de grano grueso, pigmentadas secundariamente de color rojo, bien estratificadas en bancos gruesos. El componente principal de esta roca es el feldespato..... | 20 |
| 10. Lutitas de color verde oscuro, finamente estratificadas, muy fragmentosas | 7 |
| 9. Areniscas feldespáticas de grano grueso, bien estratificadas. Este miembro es semejante al nº 11..... | 25 |
| 8. Lutitas de color verde o morado, finamente estratificadas y muy fragmentosas. Posee concreciones en cuyo interior hay escamas de peces indeterminables..... | 15 |
| 7. Areniscas de color verde de grano mediano o fino, estratificadas en bancos gruesos y delgados. Sobre las superficies de estratificación, poseen « ripple marks ». Intercalados hay bancos de lutitas verdes y azules que contienen restos de plantas (<i>Rhacopteris ovata</i> Walk) y pelecípodos indeterminables..... | 15 |
| 6. Arenisca de color rosado, de grano mediano, muy poco coherente, estratificada en bancos gruesos, con laminación entrecruzada. Está constituida esencialmente por granos de cuarzo muy redondeados, feldespato y mica unidos por un cemento calcáreo arcilloso. Hay una intercalación de un banco de 3 m de espesor de concreciones negras dispuestas muy regularmente | 23 |
| 5. Banco de lutitas azules o negras, finamente laminadas, muy fragmentosas..... | 5 |
| 4. Arenisca de color blanco, muy feldespática, de grano grueso, con laminación entrecruzada, estratificada en bancos gruesos. Los componentes son : mica y granos de cuarzo muy redondeados unidos por cemento muy calcáreo..... | 20 |
| 3. Lutitas de color azul-negruzco, estratificadas en láminas muy finas y muy fragmentosas..... | 5 |
| 2. Areniscas de color gris violáceo, de grano fino. El componente principal es el cuarzo pero hay pequeña cantidad de mica. Tiene intercalaciones de « flagstone » de color gris violáceo..... | 33 |
| 1. « Flagstone » de color verde botella..... | 15 |
| Total..... | 183 |

Base oculta.

4. *Fósiles y edad del Grupo de San Eduardo* : Las tres formaciones reunidas aquí en el Grupo de San Eduardo han resultado fosilíferas, pero sólo los restos de invertebrados hallados en la de Hoyada Verde y de plantas en la de El Retamo, han podido determinarse específicamente.

La tabla de la página 77 enumera todas las especies identificadas hasta el presente y su posición estratigráfica dentro de las tres formaciones mencionadas.

Los fósiles marinos de la Formación de Hoyada Verde fueron des-

cubiertos por Du Toit y determinados originariamente por Cowper Reed. Algunas de las determinaciones específicas de Reed son, sin duda, incorrectas y en base a nuevo y abundante material coleccionado he podido rectificarlas en parte y añadir algunas especies a la lista.

En particular, la identificación de el pequeño Spiriferidae de Barreal como «*Spiriferina*» *zewanensis* es, evidentemente, desacertada. Los

| Fósiles | Formaciones | Formación de El Paso | Formación de Hoyada Verde | | | | Formación de El Retamo | |
|----------------------|--|----------------------|---------------------------|---|---|---|------------------------|---|
| | | | Capas n° | | | | Capas n° | |
| | | | 1 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 |
| CRINOIDEA : | | | | | | | | |
| | <i>Cyathocrinus</i> sp..... | | | + | | | | |
| BRYOZOA : | | | | | | | | |
| | <i>Fenestrellina</i> aff. <i>perlegans</i> Meek..... | | | + | | | | |
| | <i>Polypora</i> sp..... | | | + | | | | |
| BRACHIOPODA : | | | | | | | | |
| | <i>Spirifer argentinus</i> (Reed)..... | | | + | | | | |
| | <i>Spirifer saltensis</i> Reed..... | | | + | | | | |
| | <i>Cyrtospirifer leoncitensis</i> Harr..... | | | + | | | | |
| | <i>Syringothyris Keideli</i> Harr..... | | | + | | | | |
| | <i>Torynifer pseudolineatus</i> (Hall.)..... | | | + | | | | |
| | <i>Spiriferellina octoplicata</i> (Sow.)..... | | | + | | | | |
| | <i>Juresania juresanensis</i> (Tscher.)..... | | | + | | | | |
| | <i>Beecheria</i> aff. <i>B. sublaevis</i> Waag..... | | | + | | | | |
| | <i>Orbiculoidea</i> sp..... | | | + | | | | |
| MOLLUSCA : | | | | | | | | |
| | <i>Nucula</i> aff. <i>N. Bellistriata</i> (Conrad.)..... | | | + | | | | |
| | <i>Naiadites</i> sp..... | | | + | | | | |
| | <i>Pseudoamussium ellipticum</i> Reed..... | | | + | | | | |
| | <i>Worthemia</i> sp..... | | | | + | | | |
| | <i>Glabrocingulun</i> sp..... | | | + | | | | |
| | <i>Gastropoda</i> indet..... | + | + | | | | | |
| PISCES : | | | | | | | | |
| | Gen. et sp. indet..... | | | | | | | + |
| PLANTAS : | | | | | | | | |
| | <i>Dadoxylon</i> sp..... | | + | | | | | |
| | <i>Rhacopteris ovata</i> Walk..... | | | | | | + | |
| | <i>Calamites peruvianus</i> Goth..... | | | | | | + | |

excelentes ejemplares que he podido coleccionar demuestran que se trata en realidad, de *Spiriferellina (Spiriferina) octoplicata* (Sow), siendo extraordinariamente parecida a las ilustradas y descritas por F. J. North (19) del Avoniano de Gran Bretaña.

La adición más significativa a la lista de especies es, sin duda, *Torynifer pseudoliniatus* (Hall), forma característica y exclusiva, hasta ahora, del Waverlyano (Mississippiano inferior) de los EE.UU. especialmente frecuente en la Formación de Keokuk (Waverlyano Superior).

Este hecho, unido al evidente parentesco de *Syringothyris Keideli* Harr. con *Syringothyris texta* Win. de la misma formación norteamericana, me induce a considerar la edad de la Formación de Hoyada Verde como Mississippiano inferior.

Conviene mencionar, sin embargo, que *Syringothyris Keideli* Harr. y *Cyrtospirifer leoncitencis* Harr. han sido señalados por Cnerda (7) y por Keidel (1946) en la Formación Hoyada Verde, no habiendo tenido la fortuna de hallar nuevos ejemplares de estas especies. *Torynifer pseudoliniatus* (Hall), se halla, en cambio, presente tanto en Calingasta (La Capilla) como en Leoncito Encima. En ambas localidades he podido coleccionar excelentes ejemplares de esta característica especie que, en la última, se asocia a *Syringothyris Keideli* Harr. y *Cyrtospirifer leoncitencis* Harr. La presencia de estas dos especies en la Formación de Hoyada Verde, pues, no tan sólo sería de extrañar sino de esperar.

Los restos de plantas de la Formación El Retamo, originariamente descubiertos por el doctor Harrington en 1937 fueron determinados hace algún tiempo por el doctor Frenguelli. Sus identificaciones indican también una edad infracarbónica para esta formación, que concuerda perfectamente con la de la Formación de Hoyada Verde.

Por último, los Gastrópodos de la Formación de El Paso parecen corresponder a una gran forma de *Worthemia* similar a la de las capas n° 1-2-4 y 7 de la Formación de Hoyada Verde.

5. *Ambiente de sedimentación. Grupo de San Eduardo*: Admitida la sucesión El Paso-Hoyada Verde-El Retamo y tomando en consideración la constitución litológica y el contenido paleontológico de estas formaciones es dable admitir que representan parte de un ciclo sedimentario que comenzó con la acumulación de depósitos glaciales y marinos, terminando con sedimentos continentales o subcontinentales.

Los sedimentos más antiguos de la Formación de El Paso «son tillitas»: conglomerados glaciales que podrían representar depósitos francamente continentales pero que con mayores probabilidades han sido acumulados subaqueamente en ambiente marino.

Difícil es, en verdad distinguir verdaderas tillitas continentales de conglomerados glaci-marinos depositados por la licuación de una lengua glacial penetrando más o menos profundamente en el mar. El sedimento

resultante tendrá, evidentemente, caracteres similares ya que en ambos casos el agente de transporte y el proceso de acumulación es el mismo.

Sobre estas primeras tillitas aparece un espeso grupo de areniscas que, por sus características faciológicas, corresponden a sedimentos acumulados en una « undazona » según la clasificación de Rich.

La parte superior de la Formación de El Paso está constituida por lutitas finamente estratificadas, con delgadas intercalaciones de areniscas de grano fino y con escasos restos de una gran especie de *Worthenia* sp.

Este conjunto de lutitas que en su parte media lleva una intercalación de « tillitas » masivas, representan, sin duda, sedimentos acumulados en un ambiente de « clino », por lo que se hace probable que las « tillitas » sean también acumulaciones marinas. Si representan verdaderos sedimentos continentales, se deberá admitir rápidas y frecuentes oscilaciones de la cubeta sedimentaria traducidas en hundimientos y levantamientos con respecto al nivel del mar. Si bien ello no es imposible, es altamente improbable. El hecho de que los sedimentos arriba y abajo de cada intercalación de « tillitas » tanto en esta formación como en la Hoyada Verde, sean fundamentalmente marinos, hace sospechoso el origen continental de aquellas intercalaciones. Aceptar este origen equivaldría a aceptar que cada levantamiento de la cuenca ha coincidido exactamente con un período glacial y con la acumulación de tillitas verdaderas. Aún admitiendo que estas oscilaciones no fueran de origen tectónico sino que respondieran a razones isostáticas, se hace difícil admitir una coincidencia tan perfecta. Ello nos lleva a suponer, pues, que todas estas « tillitas » han sido acumuladas en ambiente marino, lo que parece confrontado por el hallazgo de gastrópodos en la parte superior de la tillita de Hoyada Verde (7).

Los dos tercios inferiores de la Formación de Hoyada Verde están constituidos por lutitas, finamente estratificadas, en parte bandeadas, a manera de « varves » y conteniendo a veces en su parte inferior, delgadas intercalaciones de areniscas. Esta sucesión contiene también una intercalación de « tillitas » masivas de unos 50 metros de espesor. El carácter de los sedimentos, los fósiles que contienen en abundancia y la manera en que se presentan los restos, indican que estas lutitas son sedimentos acumulados en ambiente de « clino », tal como aquellas de la parte alta de la Formación de El Paso. La « tillita » que como ya se ha mencionado, lleva escasos gastrópodos en su parte superior, es también muy probablemente un sedimento glaci-marino, como así mismo las lutitas bandeadas que se intercalan entre ella y las lutitas fosilíferas.

El tercio superior, en cambio, representa sin duda acumulaciones en un ambiente de « unda » y teniendo en cuenta los caracteres litológicos de los sedimentos, diríamos que se depositaron en la parte proximal de

de una «undazona» pasando a regiones francamente litorales, quizá en parte de playa.

Los «flagstones» y areniscas con las cuales se inicia la Formación de El Retamo corresponden también a típicos sedimentos de «unda» pero las areniscas con laminación entrecruzada que se les sobreponen podrían representar depósitos deltaicos. En realidad poca diferencia existe entre un delta y un «undathem» es de grado y no de cualidad, predominando en la acumulación de uno la acción fluvial y la marina en el otro.

El ambiente de sedimentación en sí es, en ambos casos, marino, pues en un delta sólo la parte superior de la planicie superior se halla bajo el control directo de acumulación fluvial. Por fuera del «borde litoral» del delta toda la planicie de acumulación se encuentra bajo el nivel del mar, y representa una verdadera «undazona» donde se originan sedimentos de transporte fluvial pero de acumulación marina.

Es posible, pues, que aquí asistamos a un episodio pasajero, donde la preponderancia de la acción fluvial sobre la marina, dió origen a acumulaciones deltaicas en ambiente de proximidad de la costa comparable al de los «flagstones» y areniscas inferiores ya mencionadas.

Los «flagstones», areniscas laminadas y lutitas que suceden a las areniscas con laminación entrecruzada, posiblemente representan acumulaciones francamente continentales, quizá depositadas en lagunas costeras y hasta en parte, depósitos fluviales. La presencia de restos de plantas fósiles y de escamas de peces en estas capas presta apoyo a esta idea.

La parte más alta de la Formación de El Retamo constituída por areniscas masivas, de grano grueso con intercalaciones de lutitas negras, podría representar también acumulaciones continentales, pero no existen datos suficientes como para emitir una opinión formal al respecto.

c) *Pennsylvaniano. Grupo de Barreal.* — El tercer conjunto de rocas Paleozoicas que afloran en esta zona, lo constituyen la Formación de Tres Saltos, la Formación de Esquina Gris y la Formación del Mono Verde, que en este orden reuniré bajo el nombre de Grupo de Barreal.

Los afloramientos del citado Grupo de Barreal se distribuyen formando las envolturas de ambos braquianticlinales y el sinclinal interpuesto entre ellos. Las distintas formaciones que constituyen este Grupo, se hallan separadas por fracturas sublongitudinales que imbrican el conjunto e impiden conocer exactamente la relación estratigráfica que existe entre ellas.

La Formación de Tres Saltos ha brindado restos de plantas y pelecipodos muy mal conservados; en la Formación de Esquina Gris y Esquina Colorada se han hallado innumerables restos de *Braquiopoda*, *Gastropoda* y *Mollusca*, etc., que han permitido referir la fauna del

Grupo de Barreal al Pennsylvaniano Superior. En la Formación del Mono Verde también se han hallado fósiles (*Pelecypoda*) que corresponden a formas conocidas del mismo nivel.

La Formación de Tres Saltos constituye la envoltura interna del núcleo Mississippiano (Formación de Hoyada Verde) del braquianticlinal de Hoyada Verde, sobre el que se apoya en discordancia angular fuerte. Forma también la envoltura externa del braquianticlinal de El Paso, recubriendo en este caso, en discordancia angular suave a la Formación de El Paso, de edad Mississippiana, es por esta razón que consideré a esta formación como la parte inferior del Grupo de Barreal.

La Formación de Esquina Gris ocupa el extremo noroeste del braquianticlinal de Hoyada Verde, acuñándose hacia el sur entre dos fracturas subparalelas. Su contacto basal no se observa, pero es probable que ella suceda a la Formación de Tres Saltos, hecho fundado exclusivamente en razones de índole tectónico.

Finalmente la Formación del Mono Verde que constituye el extremo suroeste y el sinclinal interpuesto entre ambos braquianticlinales, es considerada como la parte más alta del Grupo de Barreal, si bien es oportuno señalar que la diferencia de edad entre estas tres formaciones no debe ser apreciable.

1. *Formación de Tres Saltos* : La Formación de Tres Saltos constituye la envoltura interna del braquianticlinal de Hoyada Verde, apoyándose en discordancia angular fuerte sobre la Formación de Hoyada Verde de edad Mississippiana. Aflora también en el braquianticlinal de El Paso, constituyendo en este caso la porción occidental de la envoltura externa del mismo y apoyándose en discordancia angular suave sobre la Formación de El Paso (Mississippiano). Por el hecho de apoyarse en ambos casos sobre formaciones de edad Mississippiana consideraré a esta formación como la parte inferior del Grupo de Barreal.

El perfil estratigráfico es como sigue (fig. 2 A):

Techo : Sección I del Grupo de Sorocayense (Triásico superior)

Discordancia angular

Formación de Tres Saltos

| | Metros |
|---|--------|
| 15. « Tillita » de color verde botella. Los rodados, pulidos y estriados, están muy dispersos, son de tamaño variable (0,10 m). Predominan los rodados de cuarcitas y grauvacas. El cemento es muy arenoso. Intercalados hay numerosos bancos de areniscas..... | 25 |
| 14. Arenisca feldespática de color rojo, de grano grueso, compacta, bien estratificada en bancos gruesos o finos ¹ | 75 |
| 13. « Flagstone » de color violáceo finamente estratificados, muy desme- | |

¹ Posee fósiles entre los que se distingue *Ps. Lineatus* Waag. *Worthemia* ? *Spiriferidae*.

| | |
|--|-----|
| nuzable en trozos de forma acicular. El componente principal es el cuarzo..... | 20 |
| 12. Arenisca feldespática de color rojo, semejante al n° 14..... | 280 |
| 11. « Flagstone » de color violáceo, semejante al n° 13..... | 15 |
| 10. Arenisca feldespática de color rojo, semejante al n° 14..... | 45 |
| 9. « Flagstone » de color violáceo, semejante al n° 13..... | 15 |
| 8. Arenisca feldespática de color rojo, semejante al n° 14..... | 80 |
| 7. « Flagstone » de color violáceo, semejante al n° 13..... | 15 |
| 6. Arenisca feldespática de color rojo, semejante al n° 14..... | 120 |
| 5. « Flagstone » de color violáceo, semejante al n° 13..... | 15 |
| 4. Arenisca feldespática de color rojo, semejante al n° 14..... | 14 |
| 3. « Flagstone » de color violáceo, semejante al n° 13..... | 5 |
| 2. Arenisca feldespática de color rojo, semejante al n° 14..... | 7 |
| 1. Conglomerado de base, de carácter glacial como lo atestigua el hecho de poseer rodados pulidos y estriados. Los rodados son generalmente de cuarzo, cuarcitas y granvacas. El cemento es muy arenoso. El espesor de este conglomerado es muy variable, siendo el máximo de..... | 10 |
| Total..... | 741 |

Discordancia angular

Formación de El Paso y Formación de Hoyada Verde

2. *Formación de Esquina Gris*: Aflora esta formación en el extremo nordeste del braquianticlinal de Hoyada Verde. Está constituida por un conjunto de areniscas « flagstones » y lutitas, con abundantes restos de fósiles que han sido referidos a formas conocidas del Pennsylvaniano Superior.

Son éstas las capas donde coleccionó Stappenbeck los fósiles de la Quebrada del Salto, a las que consideró como correspondientes al piso de *Spirifer supramosquensis* Nik.

La sucesión estratigráfica es la siguiente (fig. 2 B):

Techo: Tobas de pórfido. Parte superior de la serie Porfirítica Triásica ? (Triásico Medio ?).

Discordancia angular

Formación de Esquina Gris

| | Metros |
|---|--------|
| 9. Areniscas de color amarillo, de grano fino, estratificadas en bancos finos. Con « ripple marks » sobre las superficies de estratificación. El principal componente es el cuarzo..... | 28 |
| 8. « Flagstones » de color morado, finamente estratificados, desmenuzables en trozos aciculares..... | 12 |
| 7. Areniscas de color amarillo y de grano fino, semejantes al n° 9.... | 80 |
| 6. Areniscas y « flagstones » de color verde y de grano fino, estratificadas en láminas muy delgadas. Sobre las superficies de estratificación se observan « cone in cone »..... | 70 |
| 5. Lutitas de color verde oscuro, finamente estratificadas, muy fraccionables. Recorridas por venitas finas de yeso..... | 15 |
| 4. Lutitas de color verde oscuro, estratificadas en láminas de espesor variable (hasta 0,20 cm de espesor). Fraccionables en trozos gran- | |

| | |
|--|-----|
| des. Tiene intercalaciones de areniscas finas de color gris. En este miembro se han encontrado abundantes fósiles entre los que se destacan : <i>Spirifer</i> cf. <i>S. supramosquensis</i> Nik, <i>Spirifer rajah</i> Salter, <i>Spirifer mexicanus</i> var. <i>neotropica</i> Shum, <i>Spirifer barrealensis</i> Reed, <i>Reticularia notica</i> Reed, <i>Linoproductus cora</i> (D'Orb.), <i>Chonetes pseudovariolata</i> Nik, <i>Mourlonia barrealensis</i> Reed, <i>Euomphalus subcircularis</i> Mansuy, <i>Aviculopecten barrealensis</i> Reed, etc..... | 12 |
| 3. « Varves » de color pardo claro..... | 8 |
| 2. Lutitas de color violáceo, estratificadas en láminas finas, poco desmenuzables. Este miembro posee escasos restos fósiles entre los que se reconoce <i>Linoproductus cora</i> (D'Orb.), <i>Spirifer</i> cf. <i>S. supramosquensis</i> Nik, <i>Mourlonia barrealensis</i> (Reed), etc..... | 15 |
| 1. Areniscas de color blanco amarillento, pigmentadas secundariamente de color rojo, muy silíceas, compactas, estratificadas en bancos más o menos gruesos..... | 238 |
| Total..... | 478 |
| Base oculta. | |

3. *Formación del Mono Verde* : La Formación del Mono Verde se distribuye formando el extremo sudoeste del braquianticlinal de Hoyada Verde y el sinclinal interpuesto entre ambos braquianticlinales. La segunda zona comprende una faja de unos 500 m de ancho por unos 2500 m de largo en el sentido norte-sur; la primera, en cambio, tiene 700 m de ancho pero sólo 1900 m de largo también en el sentido norte-sur.

Es un conjunto de areniscas moteadas con fajas de « flagstones » morados intercalados y en la parte superior, bancos de areniscas y « flagstones » de color verde claro.

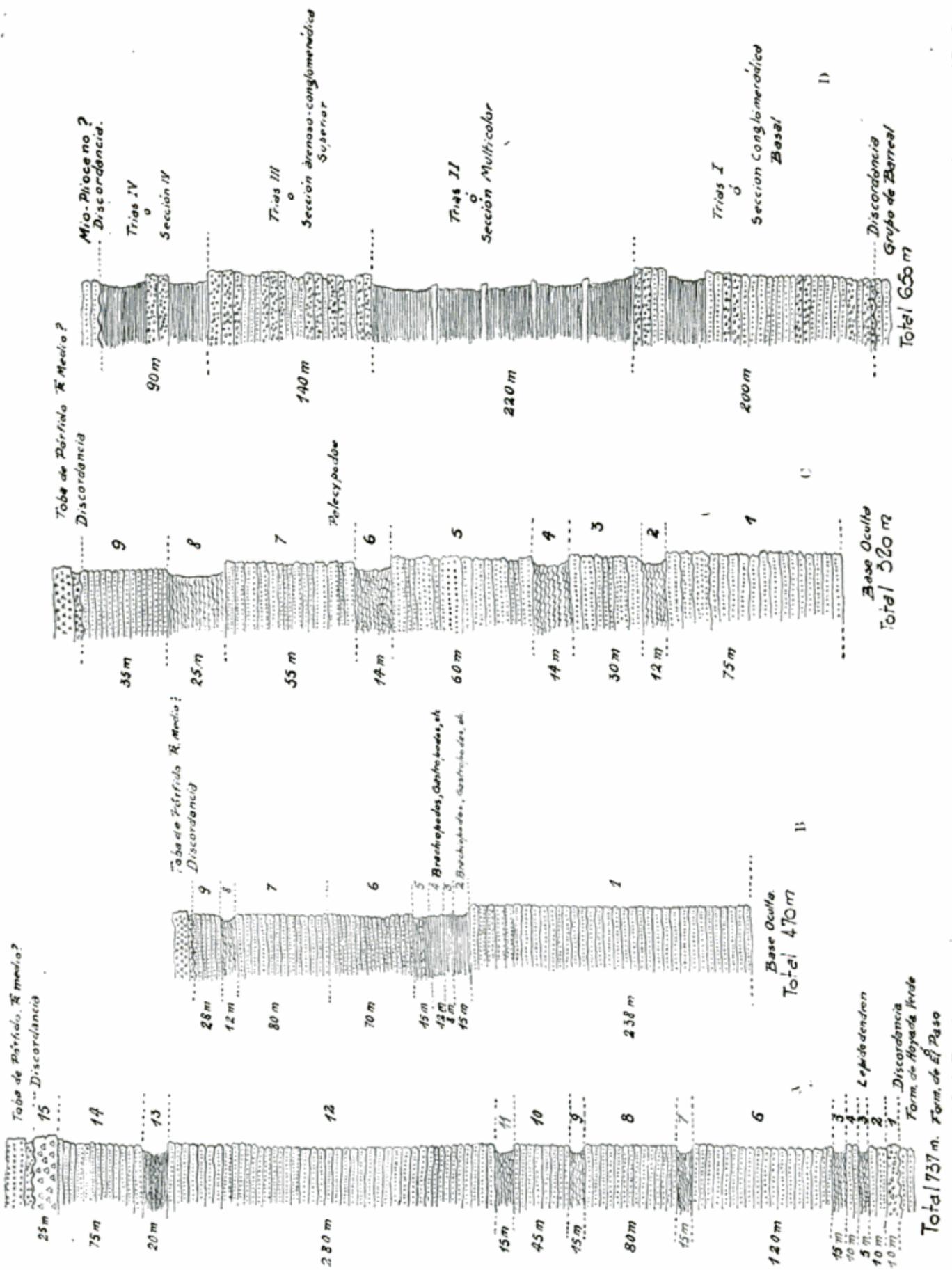
El perfil estratigráfico es el siguiente (fig. 2 C) :

Techo : Tobas de pórfido. Parte superior de la serie Porfírica Triásica † (Triásico Medio †).

Discordancia angular

Formación del Mono Verde

| | Metros |
|---|--------|
| 9. Arenisca de color verde claro, de grano fino, estratificada en bancos delgados. En sus superficies de estratificación tiene « ripple marks ». El principal componente es el cuarzo..... | 35 |
| 8. « Flagstones » y lutitas de color verde claro, estratificadas en láminas finas, muy desmenuzables..... | 25 |
| 7. Areniscas de color rosado o lila con motas blancas, las motas se deben a una concentración de minerales caolínicos, son también más blancas que el resto de la roca, por lo que las superficies expuestas a la alteración carecen de ellas pues han sido eliminadas quedando sólo los huecos. El grano de esta arenisca es mediano y está estratificado en bancos de espesor muy variable. Cuando los bancos son delgados hay « ripple marks » sobre su superficie. En un banco de arenisca conglomerádica intercalada en estas areniscas encontré numerosos restos de pelecípodos que pertenecen posiblemente al género <i>Edmondia</i> | 55 |



| | |
|---|-----|
| 6. « Flagstones » de color azul o morado, finamente estratificados y muy desmenuzables | 14 |
| 5. Areniscas rosadas con motas blancas, semejantes a las del n° 7..... | 60 |
| 4. « Flagstones » de color azul o morado, semejantes a los del n° 6.... | 14 |
| 3. Arenisca de color rosado con motas blancas, semejantes a las del n° 7..... | 30 |
| 2. « Flagstones » de color azul o morado, semejantes a los del n° 6.... | 12 |
| 1. Arenisca de color rosado, muy feldespática, de grano fino, bien estratificada en bancos más o menos gruesos..... | 75 |
| Total..... | 320 |

Base oculta.

4. *Fósiles y edad del Grupo de Barreal*: De las tres formaciones que constituyen el Grupo de Barreal, sólo la de Esquina Gris ha brindado abundantes restos fósiles, que han podido determinarse específicamente.

En la página 86 daré una lista de las especies determinadas hasta la fecha en el Grupo de Barreal.

Los fósiles marinos de la Formación de Esquina Gris fueron descubiertos por Stappenbeck en 1910, en la Quebrada del Salto. Sus determinaciones, entre las que se destaca la de un ejemplar clasificado como *Spirifer cf. supramosquensis* Nick, lo llevaron a referir estas capas al piso de *Spirifer supramosquensis* es decir « Gscheliano ».

Años más tarde, Du Toit coleccionó nuevamente fósiles en el mismo lugar de Stappenbeck, como asimismo en una nueva localidad ubicada en la zona aquí llamada Hoyada Verde. Estos fósiles fueron estudiados por Cowper Reed, quien sin hacer distinción entre los ejemplares de los dos niveles donde coleccionó Du Toit, llegó a la conclusión de que la fauna de Barreal correspondía a la parte inferior del Carbónico Superior.

Posteriormente se han vuelto a coleccionar fósiles en las localidades de la Quebrada del Salto: Esquina Gris y Esquina Colorada como se las designa actualmente. En las nuevas colecciones no se ha identificado ninguna especie distinta de las reconocidas por Cowper Reed, si bien es cierto que ha sido necesario modificar en algunos casos las determinaciones genéricas.

Es particularmente interesante la presencia de *Euomphalus subcircularis* Mansuy, citada ya para el Carbónico Superior de Yunnan. *Productus lineatus* Waagen, considerados por Kozłowski sinónimo de *Productus cora* D'Orb., es otra de las especies identificadas en la fauna del Grupo de Barreal y conocida además en el Carbónico Superior de Bolivia. Ha sido citada también para las tres secciones de la « Productus Limestones » de Salt Range, considerada por los geólogos hindúes de edad Pérmica, y para los estratos del Carbónico Superior del Estado de Pará, Brasil.

| Formaciones Fosiles | Formación de Tres Saltos | Formación de Esquina Gris | Formación de Mono Verde |
|--|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | Capas n° | Capas n° | Capas n° |
| | 2 | 2 | 4 |
| BRYOZOA : | | | |
| <i>Fenestrellina</i> aff. <i>perelegans</i> (Meek)... | | | + |
| BRACHIOPODA : | | | |
| <i>Orbiculoidea saltensis</i> Reed..... | | | + |
| <i>Linoproductus lineatus</i> (Waag.)..... | | | + |
| <i>Linoproductus cora</i> (D'Orb.)..... | + | + | + |
| <i>Productus curvirostris</i> Schelwien, var. <i>barrealensis</i> Reed | | | + |
| <i>Productus</i> (Marginifera) <i>echinatus</i> Waagen | | | + |
| <i>Productus</i> (Marginifera) <i>spinulocostatus</i> Abich. var. <i>peregrina</i> Reed..... | | | + |
| <i>Chonetes pseudovariolata</i> Nik | | | + |
| <i>Chonetes granulifer</i> Owen | | | + |
| <i>Camarophoria mutabilis</i> Tscherniscew . | | | + |
| <i>Spirifer</i> cf. <i>supramosquensis</i> Nik..... | | + | + |
| » <i>barrealensis</i> Reed..... | | | + |
| » <i>mexicanus</i> Shum. var. <i>neotropica</i> Reed.. .. | | | + |
| <i>Spirifer</i> (Martinia) <i>simensis</i> Tsch. ... | | | + |
| <i>Spirifer</i> (Martiniopsis) <i>aschensis</i> Tsch. ... | | | + |
| <i>Reticularia notica</i> Reed..... | | | + |
| MOLLUSCA : | | | |
| <i>Pseudoamussium</i> cf. <i>fibrillosum</i> (Salt.) . | | | + |
| <i>Aviculopecten barrealensis</i> Reed..... | | | + |
| <i>Nuculana</i> (Leda) cf. <i>bellistriata</i> Stev.. | | | + |
| <i>Edmondia</i> sp | | | + |
| <i>Euomphalus subcircularis</i> Mansuy..... | | | + |
| <i>Mourlonia advena</i> (Reed) | | | + |
| <i>Mourlonia barrealensis</i> (Reed) :..... | | + | + |
| <i>Glabrocingulum argentinus</i> (Reed)..... | | | + |
| <i>Orthoceras</i> sp | | | + |
| PISCES : | | | |
| Gen. et sp. indet | | | + |
| PLANTAS : | | | |
| <i>Lepidodendron</i> sp..... | + | + | |

La clasificación de un *Spiriferidae* como *Spirifer* cf. *supramosquensis* Nick, si la determinación fuera correcta confirmaría también que los estratos del Grupo de Barreal son de edad Carbónica Superior.

En este Grupo se ha hallado *Chonetes granulifer* Owen, especie común en el Pennsylvaniano de la parte central y oriental de Norte América, así como también una variedad de *Spirifer mexicanus* Shumard, especie ésta también común del Pennsylvaniano de EE.UU.

Ateniéndose a las relaciones de la fauna de este grupo con la de Guadalupe de los EE.UU., descripta por Girty, convendría quizás adoptar la terminología norteamericana y hablar de una edad Pennsylvaniana para el Grupo de Barreal.

En las otras dos formaciones los fósiles son escasos y mal conservados. En la Formación de Tres Saltos el doctor Harrington ha coleccionado fósiles indeterminables, mientras que en la Formación del Mono Verde, se han hallado restos de pelecípodos, en un banco intercalado en las areniscas moteadas del miembro n° 7 y que he identificado como pertenecientes al género *Edmondia*.

5. *Ambientes de sedimentación. Grupo de Barreal*: Si aceptamos la sucesión Tres Saltos-Esquina Gris-Mono Verde para las capas que constituyen el Grupo de Barreal, las características litológicas de los sedimentos y su contenido en fósiles, nos lleva a admitir que todo el conjunto fué acumulado en ambiente marino.

Las capas basales que yacen en discordancia sobre el Grupo de San Eduardo, están constituídas por conglomerados gruesos, que en parte tienen el aspecto de verdaderas «tillitas» encerrando rodados y bloques pulidos y estriados. Se trata muy probablemente de un depósito «glaci-marino», bastante variable lateralmente, ya que, en ciertos lugares cobra el aspecto de una pudinga, o suele presentarse con estratificación bastante evidente.

Sobre este grupo basal, continúa una espesa serie de areniscas feldespáticas y «flagstones» alternantes. Todo el conjunto tiene las características propias de un sedimento de «unda», y la alternancia, al menos 6 veces, de areniscas y de «flagstones», sugiere que los respectivos «ciclotems», representan un ritmo sedimentario quizá debido a débiles oscilaciones de la cuenca, con desplazamientos concomitantes de la antigua línea de costa.

La Formación de Tres Saltos termina hacia arriba, con una faja de areniscas, dentro de la cual se intercalan espesos lentes de conglomerados glaci-marinos, que contienen grandes bloques y rodados pulidos estriados.

La mitad inferior de la formación de Esquina Gris está formada por un conjunto de areniscas de características similares a las ya mencionadas, de la Formación de Tres Saltos. Como éstas, pues, parecen corresponder a sedimentos depositados en ambiente de «unda».

Sobre estas areniscas, sigue un conjunto bastante potente de lutitas finamente estratificadas, en parte fosilíferas y de colores rojizo-violáceo verdes y azules, que llevan una intercalación de sedimentos bandeados similares a « varves ». Las *litofacies* de estos depósitos, comprendiendo en el término el contenido paleontológico, indica que fueron acumulados en ambiente de « clino ». Como los sedimentos bandeados se encuentran intercalados entre lutitas con fósiles marinos, es muy probable que estas capas no representen verdaderos « varves » glaci-lacustres, sino sedimentos glaci-marinos depositados bajo condiciones similares de oscilaciones climáticas rítmicas.

Las areniscas blanquecinas de la parte superior de la Formación de Esquina Gris, señalan el avance de un nuevo « *untathem* » sobre los sedimentos de « clino » ya mencionados. Todo el conjunto de la formación del Mono Verde corresponde también a sedimentos acumulados en ambiente de « unda », volviéndose a percibir aquí alternancia de areniscas y « *flagstones* », como en el caso de la formación de Tres Saltos.

Los *ciclothems*, más irregulares, señalan otra vez oscilaciones que podrían interpretarse como debidas a desplazamientos de la línea de costa, aunque no tan rítmicos y regulares como los ya apuntados en el caso de la formación de Tres Saltos.

En lo que respecta a la región de origen de los sedimentos, poco es en verdad lo que puede decirse, ya que para ello sería necesario estudiar una región mucho más extensa que la relevada. No obstante, teniendo en cuenta que los conglomerados, glaci-marinos, tanto del Grupo de San Eduardo como del Grupo de Barreal, contienen rodados de grauwacas y cuarcitas, de tipos similares a los de los sedimentos Devónicos y Ordovícicos, como ocurre en Leoncito Encima, podemos admitir como más probable, que la zona de origen de los sedimentos, tanto del Grupo de San Eduardo como del Grupo de Barreal, se encontraba al este de la Sierra de Barreal, en la región donde se levanta hoy la Precordillera.

B. *Mesozoico*

Inmediatamente al norte de la Sierra de Barreal, los sedimentos paleozoicos que acabo de describir desaparecen bajo una espesa serie de rocas volcánicas, piroclásticas, y depósitos continentales plantíferos que, por los restos fósiles que encierran han sido referidos al Triásico superior (Keuper).

Este conjunto de rocas que ha sido estudiado detalladamente por Du Toit (9), Stipanovic (23) y Pozzo (20), está también representado en la zona relevada, si bien que aquí aparece en varias manchas pequeñas y desconectadas entre sí, formando remanentes de erosión de una cubierta otrora continua.

Como el objeto primordial de este trabajo es el estudio de las estructuras paleozoicas de la Sierra de Barreal, no he intentado un análisis detallado de estas capas mesozoicas y he creído conveniente ceñirme a las investigaciones realizadas por Stipanovic y Pozzo más al norte aceptando sus resultados estratigráficos.

Este conjunto de sedimentos triásicos, que puede designarse con el nombre de Grupo de Sorocayense, según la región donde adquiere máximo desarrollo, fué subdividido por Stipanovic en 4 « Secciones » a las cuales designó, de abajo hacia arriba: Sección Basal Conglomerádica o Triásico I, Sección Multicolor o Triásico II, Sección Arenoso-conglomerádica superior o Triásico III y Triásico IV. En realidad estas secciones son otras tantas « formaciones », cuyo conjunto constituye el aquí llamado « Grupo de Sorocayense. Según las reglas de nomenclatura estratigráfica estas formaciones deberían designarse con nombres derivados de toponímicos locales, pero, como según ya he señalado, no he creído oportuno cambiarlos, ateniéndome a la nomenclatura propuesta por Stipanovic.

1. *Toba de Pórfido* (Parte superior de la « Serie Porfirítica Triásica ? », Triásico Medio ?). — Tanto sobre la Formación de Esquina Gris como sobre la Formación del Mono Verde se apoya en discordancia angular un conjunto de conglomerados y tobas de pórfido que consideraré pertenecientes a la parte superior de la « Serie Porfirítica Triásica » referida dubitativamente al Triásico medio.

Inmediatamente por encima de los sedimentos paleozoicos se encuentra un conglomerado de espesor variable compuesto por abundantes rodados, especialmente de pórfidos y que, evidentemente, ha rellenado en forma rápida un relieve muy pronunciado. Luego del conglomerado sigue una toba cinerítica de pórfido cuarcífero de color rojo ladrillo y de bastante espesor que se apoya normalmente sobre el conglomerado.

Sobre la superficie de esta toba se observan cavidades de forma variada o bien regular, dejadas por minerales desaparecidos y que dan a la roca un aspecto poroso, a pesar de que en general es compacta. Al observarla al microscopio se observa una estructura porfiroclástica. El cuarzo es el principal componente, presentándose en granos de forma irregular, a veces angulosos y otras idioformo, con inclusiones de zircón. Hay además biotita en cristales alargados muy alterados. Se observa también en menor proporción granos de microclino y como minerales secundarios calcita y óxidos de hierro, estos últimos manchan toda la roca de un color rojizo. El cemento es cinerítico devitrificado. La observación de estos caracteres como así también de los contactos de la roca permite afirmar que se trata de una toba cinerítica de pórfido cuarcífero.

Hacia arriba la toba pasa a una brecha tobácea.

2. *Toba de Pórfido*. — Al oeste de la Formación de El Retamo y separada de ella por una falla sublongitudinal se observan pequeños remanentes de tobas de pórfido de color rojo toscano, con rumbo 110° y que buzan 35° a 40° hacia el oeste hundiéndose debajo del pleistoceno.

Se encuentra primero una toba fina de color rojo oscuro, sigue luego una toba compacta de color rojo toscano, compuesta esencialmente por cristales irregulares de cuarzo y feldespato, con pasta afanítica. Observándola al microscopio se distinguen fenocristales de cuarzo, sanidina y de minerales ferromagnésicos, a veces también, pequeños rodaditos de cuarcita y numerosas microlitas. La calcita y el óxido de hierro están presentes como productos de alteración.

Esta toba se distingue muy fácilmente de las tobas correspondientes a la « Serie Porfirítica Triásica » por su color y su composición mineralógica.

Por encima de ella hallamos una toba brechosa también de color rojo toscano.

Su edad queda indeterminada y sólo se la puede referir en forma dubitativa al Triásico superior.

3. *Grupo de Sorocayense*. Triásico Superior (Keuper). — Los sedimentos pertenecientes al Triásico superior que afloran en la zona relevada han sido estudiados detalladamente por Stipanovic (23) y Pozzo (20). Como el objeto primordial de este trabajo es el estudio de las estructuras y los conjuntos paleozoicos, me atenderé en cuanto se refiera a los sedimentos del Triásico, a las conclusiones de los autores mencionados. Sin embargo, como ya lo dije anteriormente, designaré a este conjunto de sedimentos con el nombre de Grupo de Sorocayense por ser próximo al pueblo de este nombre donde ellos adquieren más desarrollo.

Se considerará este grupo dividido en cuatro secciones que, según las denominaciones de Stipanovic, son: Sección IV o Triásico IV; Sección arenoso-conglomerádica superior o Triásico III; Sección multicolor o Triásico II y Sección conglomerádica basal o Triásico I.

En la Sierra de Barreal el Grupo de Sorocayense aflora en los Colorados. Hallamos también afloramientos correspondientes a este grupo, en el extremo noroeste del braquianticlinal de Hoyada Verde, apoyándose en discordancia sobre los sedimentos de la Formación El Retamo.

El Triásico I o Sección basal conglomerádica aflora al sur de los Cerros Colorados, donde se apoya en discordancia sobre el Grupo de Barreal. Aparece también en los remanentes de areniscas que se apoyan discordantemente sobre la Formación de El Retamo, y en un pequeño afloramiento de 3 metros de espesor de conglomerados a la altura del perfil n° 18, que se apoya discordantemente sobre la formación de El Retamo han sido consideradas pertenecientes a esta sección por su semejanza

con los conglomerados y areniscas de la sección basal conglomerádica.

El perfil completo del Triásico I no se halla en la zona estudiada, donde se observa esta sección parcialmente, pero de la lectura del trabajo de Stipanovic se desprende que la Sección basal conglomerádica está constituida por un conjunto de conglomerados y areniscas en la parte inferior y luego sedimentos tobáceos de color rojo. Más arriba aún aparece el primer nivel fosilífero con restos de plantas y con bancos de ópalo, de color oscuro, intercalados.

El espesor de esta sección no ha sido medido exactamente, por impedirlo la presencia de fracturas, pero Stipanovic lo ha calculado en unos 200 metros como máximo.

Comienza luego el Triásico II o Sección multicolor cuyo perfil completo se puede observar en la parte inferior de la ladera de los Cerros Colorados. En esta sección predominan las tobas arenosas o bentoníticas con varios niveles de plantas fósiles. Corresponde también al Triásico II el nivel de bentonita que se explota en la mina de la Quebrada de la Cortaderita. El espesor ha sido calculado por Stipanovic en unos 200 metros.

Sigue luego el Triásico III o Sección arenoso-conglomerádica superior cuyo perfil completo aflora en la parte superior de la ladera de los Cos. Colorados. Esta parte está formada principalmente por sedimentos arenosos y conglomerádicos, con numerosas intercalaciones de tobas finas de color rojo. La parte inferior de color rojo ladrillo es aquella que Du Toit llamó « red conglomeratic strats of stage V » y a la que consideró de edad reto-liásica.

La parte superior es de color pardo terroso y está constituida por conglomerados finos y areniscas gruesas. El espesor de esta sección se calcula en 120 metros.

El Triásico IV se distingue fácilmente por el tipo y la coloración de los sedimentos que lo forman. Aflora en la parte más alta de los Cerros Colorados, pero allí sólo se observa su parte inferior. La superior no aparece en la parte relevada y sólo se encuentra más al norte, en la Quebrada de Cepeda. Los sedimentos son esencialmente tobas arenoso-arcillosas de color verde celeste y muy poco coherentes. El espesor fué calculado por Stipanovic en unos 90 metros.

Tomando en cuenta las determinaciones de los fósiles hechas por Stipanovic se puede considerar al Grupo de Sorocayense perteneciente al Triásico superior o Keuper con el agregado de que la parte alta de la Sección IV podría considerarse Liásica inferior (ver fig. 2 D).

4. *Ambiente de sedimentación del Grupo de Sorocayense.* — Los sedimentos Triásicos de la Precordillera están constituidos principalmente por conglomerados muy espesos, areniscas de grano variable y tobas

con numerosos niveles plantíferos y con varias intercalaciones de pizarras negras con restos de *Semionotus*. Estos sedimentos han sido considerados por los autores que se han ocupado de su estudio, como depositados en un ambiente continental.

La presencia de conglomerados de gran espesor, con rodados de tamaño variable y muy redondeados, dispuestos en forma heterogénea corresponden efectivamente a depósitos continentales. Las intercalaciones de pizarras negras con *Semionotus* indican que, la deposición en estos casos se ha efectuado en pequeñas lagunas donde habitaban estos peces de agua dulce. La abundancia de niveles de tobas finas, indica además que las efusiones volcánicas fueron numerosas durante el Triásico.

La sedimentación durante este período se ha efectuado en cuencas más o menos individuales. A una de esas cuencas, a la de Barreal, corresponden los sedimentos del Grupo de Sorocayense que afloran en la zona de la Sierra Barreal y en los cuales se reconocen los mismos caracteres que en los demás sedimentos triásicos de la Precordillera.

En resumen, el ambiente de sedimentación del Grupo de Sorocayense sería también continental como lo son siempre los sedimentos del Keuper en la Argentina.

C. Cenozoico. Terciario

En la Sierra de Barreal no afloran sedimentos terciarios correspondientes a los llamados « Estratos calchaqueños ». Fuera de la zona estudiada, Stipanovic los halló en la Qda. de Cepeda y Zöllner los observó en el borde oriental de la Cordillera de Ansilta, donde se apoyan en discordancia sobre los sedimentos suavemente plegados del Triásico.

Consideraré de edad terciaria, a pesar de no existir suficiente cantidad de pruebas como para asegurarlo exactamente, a un conjunto de rocas sedimentarias y volcánicas de poco espesor que afloran en el extremo sur de la zona relevada, especialmente en el llamado Cerro de las Piedras Pintadas y en la Quebrada de Eloy.

En la parte inferior de este conjunto aparece una toba conglomerádica de color verde claro, compuesta por granos de cuarzo muy redondeados y granos de feldespato cementados por calcita e impregnado todo por óxido de Fe. Al microscopio se distinguen cuarzo muy limpio y con pocas inclusiones, feldespato potásico, plagioclasas (andesina ácida) y microclino. Hay además tridimita y microlitas de rocas volcánicas y rodaditos de rocas ígneas y sedimentarias.

Arriba de las tobas conglomerádicas aparecen mantos de andesita de color verde claro. Vista al microscopio se observan abundantes fenocristales de plagioclasa (andesina ácida), anfíboles (hornblenda) cuarzo y minerales opacos de óxido de Fe. La pasta es felsítica.

Por su composición mineralógica corresponde esta roca a una andesita hornblendífera.

Todo este conjunto recubre en forma de domo suave a las formaciones paleozoicas que afloran en el domo o Braquianticlinal de El Paso, sobre las que se apoyan en discordancia.

D. *Pleistoceno*

La espesa cubierta pleistocena, constituye las lomadas suaves que se extienden al oeste de la Sierra de Barreal hasta el Río de los Patos, y hacia el este formando las numerosas « pampas », que se interponen entre la Sierra y la Precordillera.

Como no se han realizado estudios suficientes, que permitan dilucidar la edad y la tectónica de estos sedimentos por estar fuera del alcance dado a este trabajo, sólo se mencionaran en forma rápida, las características de los sedimentos cuartarios.

Los sedimentos pleistocenos que están compuestos en esta zona por conglomerados no cementados, con rodados muy redondeados, de tamaño variable, y que corresponden a rocas ígneas, (granitos, andesitas, pórfidos cuarcíferos) o sedimentarias, (grauvacas, cuarcitas y calizas) son esencialmente « fanglomerados ».

Estos « fanglomerados » se disponen formando terrazas a distintos niveles topográficos. En la zona de la Sierra de Barreal se distinguen cuatro niveles bien definidos que son: 1º, el nivel alto al este de la Sierra; 2º, el nivel de los remanentes cuartarios dentro de la Sierra misma; 3º y 4º, dos niveles entre la Sierra de Barreal y el Río de los Patos.

Con respecto a la edad de estos niveles existe ambigüedad pues no hay pruebas suficientes que permitan asegurarla exactamente, sin embargo, se considerarán pertenecientes al Pleistoceno superior.

Finalmente, existe un quinto nivel constituido por la espesa capa de acarreo moderno, proporcionada por la erosión actual de la Sierra y que rellena las vaguadas. Este quinto nivel es más moderno aún correspondiendo su deposición a un período reciente.

4. TECTÓNICA

A) *Descripción de la estructura interna de la Sierra de Barreal*

Con el fin de facilitar la descripción de la estructura interna de la Sierra de Barreal, ésta será dividida en varias zonas.

Para efectuar esta división de carácter puramente descriptivo se han tenido en cuenta los rasgos estructurales de cada una de ellas, así se tendrá una zona que comprende el Braquianticlinal de El Paso, otra la

del Braquianticlinal de Hoyada Verde, una tercera zona la del sinclinal interpuesto, el extremo NW del Braquianticlinal Hoyada Verde la cuarta, la zona donde afloran sedimentos triásicos la quinta zona y finalmente la sexta zona que comprende el extremo sur donde afloran tobas y andesitas de edad terciaria.

1. *Braquianticlinal de El Paso.* — El Braquianticlinal de El Paso tiene rumbo 170° , alcanzando una longitud visible de 1700 metros y un ancho de 700. El eje de este braquianticlinal se hunde hacia el norte con un valor aproximado de 50° .

La mitad oriental de este braquianticlinal desaparece bajo los conglomerados pleistocenos que constituyen la terraza más alta y de tal manera sólo es visible en la actualidad el núcleo y el ala occidental del mismo.

Hacia el sur está cubierto por rocas terciarias y al oeste una falla inversa, sublongitudinal y subparalela lo separa de la «zona del sinclinal intermedio». En el extremo norte de este braquianticlinal, se observa una falla oblicua con rumbo 135° que separa al Grupo de Sorocayense (Sección I) de las formaciones paleozoicas que asoman en el extremo norte del braquianticlinal.

a) *Núcleo del Braquianticlinal de El Paso:* La Formación de Hilario constituye el núcleo del Braquianticlinal de El Paso. Las capas de esta formación poseen rumbo norte-sur y se disponen casi verticalmente, buzando entre 82° y 88° hacia el oeste. Al norte y al oeste las capas basales de la Formación de El Paso se apoyan con marcada discordancia angular sobre los bancos de la Formación de Hilario.

Como la zona donde afloran los sedimentos de la Formación de Hilario en la Sierra de Barreal es pequeña, es difícil observar aquí el estilo de plegamiento de estas capas.

A unos 20 km al sur de esta zona, en la región de Leoncito Encima, donde los afloramientos de la Formación de Hilario son mucho más continuos y extensos, Zöllner ha podido observar que estas capas están afectadas por un plegamiento que consiste en pliegues de alas paralelas o bien series de sinclinales fallados, con las alas subparalelas, faltando los anticlinales intermedios como resultado de la imbricación.

Es muy probable que éste sea también el estilo de plegamiento en el núcleo del Braquianticlinal de El Paso, pero como aquí el ancho de la zona de afloramientos es muy reducido, las capas se presentan como simplemente inclinadas en una sola dirección.

b) *Alas del Braquianticlinal de El Paso:* El ala occidental y el cierre norte de este braquianticlinal están constituídos por la Formación de El Paso y las capas inferiores de la Formación de Tres Saltos.

El conglomerado glaci-marino de la parte inferior de la Formación de

El Paso, se apoya en discordancia angular fuerte sobre los estratos ordovícicos del núcleo (Formación de Hilario).

Las capas de aquella formación tienen rumbo periclinal y buzanan con valores entre 60° y 65° hacia el oeste, noroeste y norte a medida que se sigue el rumbo de los estratos desde el sur hacia el norte.

El conglomerado basal de la Formación de Tres Saltos se apoya en suave discordancia angular sobre los sedimentos de la Formación de El Paso. Las capas de esta formación también tienen rumbo periclinal, ajustándose al de los estratos de la Formación de El Paso, pero buzando con ángulos algo menores, de aproximadamente 50° .

De esta breve descripción se desprende, pues, que el Braquianticlinal de El Paso, está constituido por un núcleo de sedimentos ordovícicos fuertemente plegados y muy probablemente imbricados. La cubierta de este núcleo visible en la actualidad sólo en el ala occidental está formada por las capas Mississippianas de la Formación de El Paso recubiertas en discordancia por los estratos basales de la Formación Pennsylvaniana de Tres Saltos. Este conjunto de sedimentos se disponen en marcada discordancia angular sobre el núcleo ordovícico, con rumbo periclinal y fuerte inclinación variable entre 50° y 65° .

Los perfiles n^{os} 20-21-22-23-24 muestran los detalles estructurales de esta zona.

2. *Braquianticlinal de Hoyada Verde.* — El Braquianticlinal de Hoyada Verde ubicado inmediatamente al nordeste de el Braquianticlinal de El Paso está separado de él por un sinclinal muy apretado interpuesto entre ambos.

Este braquianticlinal es de mayor tamaño que el anterior, pues tiene unos 5 km de largo y 1700 metros de ancho. La estructura del mismo es también más complicada.

Su eje tiene rumbo 160° ; culmina en la parte central de la Hoyada Verde y se hunde tanto hacia el norte como hacia el sur con valores de 20° a 22° .

La longitud de onda del pliegue primario de este braquianticlinal es del mismo orden que la amplitud.

Sobre este pliegue principal se sobreimponen pliegues de segundo orden, con lo cual la estructura tiene un carácter de verdadero braquianticlinorio.

Los pliegues secundarios, cuya longitud y amplitud de onda es del orden de los 100 a 200 metros, son cerrados y volcados. Sus planos axiales se inclinan hacia afuera, es decir, en el mismo sentido de la inclinación de las alas del pliegue primario, con lo cual todo el conjunto puede describirse como un «braquianticlinorio anormal» en el sentido de Billings. (2).

Este braquianticlinal está separado del «sinclinal intermedio» que se encuentra al sureste de él por una falla inversa sublongitudinal y subparalela. Al este del mismo hallamos la «zona de los Colorados» donde afloran sedimentos del Grupo de Sorocayense. Esta zona está separada de la del braquianticlinal de Hoyada Verde por una falla sublongitudinal.

En el ala occidental deben distinguirse dos zonas, una austral de considerable ancho, que termina hacia el oeste con una fractura sublongitudinal que pone en contacto los sedimentos paleozoicos con los depósitos pleistocenos de la cuenca del Río de Los Patos; y otra norte, donde el ala se enangosta y se pone en contacto anormal con los sedimentos mississippianos de la Formación El Retamo. Estos últimos sedimentos integran una zona estructural distinta que será descrita más adelante.

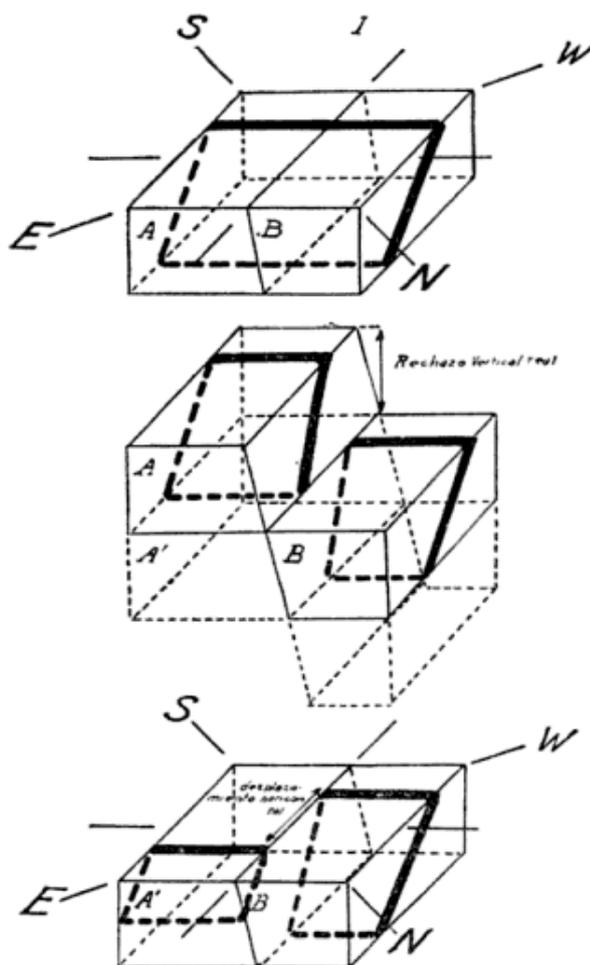


Figura 3

En el extremo norte del braquianticlinal, el ala oriental se pone en contacto con esta última zona por intermedio de una fractura subparalela. Hacia el sur estas dos zonas del ala occidental están separadas por una falla transversal que corre algo al sur de la quebrada de Tres Saltos.

a) *Núcleo del Braquianticlinal de Hoyada Verde*: El núcleo de este braquianticlinal está constituido por la Formación de Hoyada Verde. Sus capas moderadamente plegadas, están dispuestas en dos anticlinales disimétricos cuyos planos axiales se inclinan levemente hacia el este. Ambos anticlinales tienen rumbo de 160° y ejes hundidos 15° hacia el norte. Las alas occidentales están suprimidas por fracturas longitudinales, subparalelas, mientras que las orientales están conservadas y se inclinan hacia el este con ángulos de unos 40° .

El rechazo de estas fracturas es de escasa magnitud y del orden de los 50-70 metros, habiendo producido la supresión de los sinclinales. Es interesante hacer notar que esta imbricación incipiente es de tipo distinto de la que afecta a las del gran Braquianticlinal de Hoyada Verde,

El rechazo de estas fracturas es de escasa magnitud y del orden de los 50-70 metros, habiendo producido la supresión de los sinclinales. Es interesante hacer notar que esta imbricación incipiente es de tipo distinto de la que afecta a las del gran Braquianticlinal de Hoyada Verde,

ya que por efecto de la fracturación, se han suprimido aquí las charnelas sinclinales mientras que en aquellas alas, como se verá más adelante, han desaparecido los cierres anticlinales.

Por otra parte es evidente que esta fracturación longitudinal del núcleo no afecta a la cubierta pennsylvaniana, siendo sin duda anterior a la deposición de la Formación de Tres Saltos.

Esta estructura sencilla está afectada por una falla transversal que se observa en el extremo nordeste de la Hoyada Verde. Se trata de una falla normal, con plano levemente inclinado hacia el norte, y de unos 50 metros de rechazo vertical.

Como afecta a capas inclinadas uniformemente hacia el este con ángulo de unos 45° , en el terreno se observa un « rechazo » horizontal de 80 metros, pero es evidente que tal desplazamiento es aparente y que en realidad no existe rechazo horizontal verdadero. La figura 3 bosqueja esquemáticamente este caso.

Es evidente, pues, que se trata de una falla de tracción normal que produjo un pequeño descenso del bloque norte. La falla termina hacia el oeste contra una de las fracturas subparalelas ya mencionadas, siendo evidente que no afecta al ala este del gran braquianticlinal de Hoyada Verde. Por lo tanto, no puede haber duda de que esta fractura es anterior a la definición de los sedimentos basales de la formación pennsylvaniana de Tres Saltos.

En los perfiles números 14-17 está bosquejada la estructura del núcleo.

b) Alas del Braquianticlinal de Hoyada Verde : Las alas del Braquianticlinal de Hoyada Verde están constituidas por las tres formaciones pennsylvanianas que integran el Grupo de Barreal.

El contacto se hace siempre por intermedio de la Formación de Tres Saltos, que comienza con un conglomerado glaci-marino apoyado en marcadísima discordancia angular sobre el núcleo mississippiano. Este contacto ha sido interpretado de distintas maneras por diversos investigadores que han estudiado esta zona. Keidel, en 1939 (16) lo interpretó como un plano de corrimiento, suponiendo que las capas del núcleo eran más jóvenes que las de su cubierta, de donde surgió la idea de una verdadera « ventana tectónica ». Heim, en 1945 (13), como asimismo A. Cuerda (7) en 1946, lo consideraron, en cambio, como una discordancia angular primaria. Bracaccini en 1946 (3) volvió a la idea de un contacto anormal, pero admitiendo que no existía inversión estratigráfica como la postulada por Keidel, interpretando el contacto como una discordancia tectónica debida a una falla paralela. Zöllner en 1950 (25) volvió a la idea de Heim y Cuerda, aceptando que se trata de una discordancia angular primaria. La investigación detallada de la zona, demuestra de manera concluyente que el contacto es en verdad una discordancia

angular y que el conglomerado basal de la Formación de Tres Saltos se apoya sobre una estructura de plegamiento e imbricación incipiente, sin duda anterior a la acumulación del Grupo de Barreal, que afecta solamente a las capas mississippianas de Hoyada Verde.

El carácter normal del contacto se advierte de manera obvia en el extremo sur de la Hoyada Verde, donde el conglomerado basal de la Formación de Tres Saltos, rellena un relieve muy irregular labrado en las capas de la Formación de Hoyada Verde. Las anfractuosidades de este contacto, demuestran que de ninguna manera puede admitirse que el plano corresponde a una superficie de discontinuidad neta, producida por falla o corrimiento.

Como se ha mencionado ya, el conjunto de sedimentos que integran el Grupo de Barreal se disponen en un «braquianticlinorio anormal», complicado por numerosas fallas subparalelas, cuyos planos se inclinan también hacia afuera de la estructura y que han producido una fuerte imbricación de los pliegues de segundo orden, con supresión de casi todas las charnelas anticlinales. Los rechazos de estas fracturas son por lo general considerables, alcanzando en algunos casos hasta unos 500 metros.

Por razones de mayor claridad en la exposición, convendría describir separadamente diversas zonas de este conjunto, caracterizadas por estructuras algo distintas.

Ala occidental: En esta ala se puede reconocer una «faja proximal» angosta, directamente al oeste del núcleo, que se extiende por un largo trecho de norte a sur, y una «distal», separada de la anterior por una falla subparalela y que sólo se desarrolla en el extremo sudoeste.

La «faja proximal» está integrada exclusivamente por la formación de Tres Saltos. Las capas tienen rumbo 160° y se inclinan con bastante uniformidad hacia el oeste con ángulo de 45° , no advirtiéndose charnelas de pliegues que, sin duda, han sido suprimidos e imbricados.

La «faja distal» está formada en cambio por la Formación del Mono Verde, observándose aquí la existencia de varios pliegues separados por fracturas paralelas. Los planos axiales se inclinan fuertemente hacia el oeste y los ejes de los pliegues se hunden hacia el sur con ángulos de 10° . En la zona colindante con la «faja proximal», se observan dos sinclinales con un pequeño anticlinal interpuesto, siendo ésta una de las escasísimas charnelas anticlinales conservadas en todas las alas del gran Braquianticlinal de Hoyada Verde. Una fractura subparalela separa al sinclinal más occidental de estos dos, de otro menos cerrado que se observa a lo largo del borde oeste de los afloramientos, cerca ya de la cubierta del acarreo pleistoceno.

Esta «faja distal» no se observa en el borde noroeste, ya que termina bruscamente hacia el norte contra la Formación de El Retamo, por medio

de una fractura transversal que pasa poco al sur de la Quebrada de Tres Saltos.

Ala oriental: En esta ala será necesario distinguir 3 fajas, a las cuales se puede llamar: proximal, intermedia y distal respectivamente. Las dos primeras « fajas » están constituídas por la Formación de Tres Saltos, pero mientras en la « proximal » aparece la sección inferior de ella, en la « intermedia », en cambio aflora sólo la sección superior. La « faja distal » está, en cambio, integrada exclusivamente por la Formación de Esquina Gris. Las tres fajas están separadas entre sí por fracturas subparalelas de considerable rechazo, cuyos planos se inclinan fuertemente hacia el este.

En la « faja proximal » las capas tienen rumbo general de 160° , incliniéndose entre 50° y 70° al este. No se observan charnelas de plegamiento, pero la variabilidad de la inclinación, hace sospechar que deben existir aquí varias fracturas subparalelas muy difíciles de distinguir.

La « faja intermedia » termina hacia el norte, acuniándose entre dos fracturas subparalelas, inmediatamente al norte de la Quebrada de Un Salto. Hacia el nordeste limita con la « faja distal », pero hacia el sudeste se halla separada de la « zona del sinclinal interpuesto » por la misma falla sublongitudinal, que se prolonga hacia el sur. En esta « faja » se observa que el rumbo general de las capas es de 160° , pero mientras en la zona norte los estratos se inclinan hasta 70° hacia el este, la inclinación disminuye a medida que se dirige hacia el sur, donde las capas están subhorizontales y levemente onduladas en pliegues muy suaves y abiertos.

A la altura del perfil n° 18, se observa un pequeño remanente de conglomerados que representan las capas basales del grupo triásico de Sorocayense. Estos conglomerados, que alcanzan a 3 metros de espesor, se disponen horizontalmente y en marcada discordancia angular sobre las capas fuertemente inclinadas hacia el este de la Formación Pennsylvaniana de Tres Saltos. Notable es, que la fractura subparalela que separa la « faja intermedia » de la que ha sido llamada « zona del sinclinal interpuesto », afecta también a estos conglomerados triásicos, de tal manera que los estratos pennsylvanianos de la Formación del Mono Verde que afloran en aquel sinclinal, estando corridos y sobrepuestos a los conglomerados triásicos. Es evidente, pues, que se trata de una falla reactivada en tiempos post-triásicos y probablemente terciarios.

La « faja distal », integrada como hemos dicho exclusivamente por la Formación de Esquina Gris, se acuña hacia el sur entre dos fallas subparalelas, pero alcanza a intercalarse por breve trecho antes de desaparecer definitivamente, entre la « faja intermedia » y la « zona del sinclinal interpuesto ».

Esta « faja » está delimitada a lo largo de su borde oriental, por una

fractura sublongitudinal que la separa, en el sur, de la « zona del sinclinal interpuesto » y en el norte, de la « zona de los Cerros Colorados », donde afloran exclusivamente sedimentos triásicos del Grupo de Sorocáyense. Su lado occidental limita, también por una falla subparalela inclinada hacia el este, con la « faja intermedia », pero en su extremo norte se pone en contacto tectónico con la Formación de El Retamo que aflora en la « zona noroeste de la Sierra de Barreal.

En el extremo norte de esta faja las capas están onduladas en dos anticlinales menores y un leve sinclinal interpuesto. Los pliegues se hunden hacia el norte con ángulo muy fuerte, de hasta 40° , y se disponen « en échelon » de tal manera que el cierre del anticlinal más occidental se encuentra también más al norte.

Hacia el sur los ejes ascienden rápidamente y la estructura es cortada algo oblicuamente por la falla subparalela que separa esta faja de la intermedia. En la angosta banda austral, que se eleva directamente al oeste de la Quebrada de Un Salto, las capas, pues, tienen rumbo de 160° y se inclinan pronunciadamente hacia el este con ángulos de 70° , habiendo desaparecido aquí todo plegamiento.

En la zona norte de esta faja y a ambos lados de la Quebrada de Un Salto, se observan varios remanentes de conglomerados y tobas de pórfido, que han sido consideradas como pertenecientes a la llamada « Serie porfirítica » del Triásico medio. Estas capas se apoyan en marcada discordancia angular sobre la Formación de Esquina Gris y se hallan suavemente dislocadas a consecuencia de movimientos probablemente terciarios.

El cierre sur : El cierre sur del gran Braquianticlinal de Hoyada Verde está constituido exclusivamente por la Formación de Tres Saltos, cuyas capas, girando con rumbo periclinal, rodean al núcleo mississippiano.

En esta zona se observa la culminación longitudinal de los ejes de los pliegues que afectan a la Formación de Tres Saltos. La culminación se encuentra en el Cerro Morado y desde allí hacia el sur los ejes se hunden con ángulo progresivo hasta alcanzar 22° .

Aquí en el perfil del Cerro Morado, las capas de la Formación de Tres Saltos están dispuestas en pliegues de segundo y tercer orden. En el extremo oriental del perfil, cerca de la falla subparalela que separa la « faja proximal » de la « intermedia » se nota un suave anticlinal secundario afectado por varios pliegues menores de tercer orden, constituyendo en conjunto un « anticlinorio secundario ». El sinclinal que sigue hacia el oeste es, en cambio, único, muy cerrado y disimétrico, con plano axial fuertemente inclinado hacia el este. Más al oeste aflora un nuevo anticlinal de segundo orden, suave y amplio, cuyo eje pasa aproximadamente por el Cerro Morado y cuyo plano es subvertical. El ala occidental

de este anticlinal secundario forma toda la zona que se extiende al oeste del Cerro Morado; allí las capas se inclinan hacia el oeste con un ángulo de unos 45° . Es muy probable que varias fallas subparalelas de menor importancia existan en esta zona, pero se hace muy difícil distinguirlas en el terreno debido a la monotonía de los sedimentos y a la coincidencia de los planos estratigráficos.

Conviene mencionar, que desde la culminación en el Cerro Morado hasta el borde de los afloramientos del núcleo mississippiano, el hundimiento de los ejes de pliegues hacia el norte es muy débil. El aparente descenso que se observa en el rincón sudeste de la Hoyada Verde, donde la base de la Formación de Tres Saltos se encuentra a mucho menor altura absoluta que en el Co. Morado, se debe en realidad a un deslizamiento («land-slide») moderno de un gran bloque de aquellos sedimentos, que se han escurrido hacia el cuenco de «Hoyada Verde».

El cierre norte: El cierre norte también está constituido por la Formación de Tres Saltos. Aquí las capas se disponen en un gran anticlinal secundario de rumbo 160° aproximadamente y en plano vertical, con eje hundido 20° hacia el norte. Este anticlinal es cortado oblicuamente por la falla que separa la «faja proximal» de la «intermedia», pero su ala occidental se ondula en otro pliegue dando origen a un nuevo anticlinal menor y menos cerrado, que aparece «en échelon» hacia el noroeste del anterior. Este segundo anticlinal también tiene, como el sinclinal interpuesto, plano axial subvertical y eje hundido 20° al norte. Conviene mencionar que este anticlinal es cortado normalmente, poco antes de su terminación norte por la garganta transversal de la Quebrada de Un Salto. Poco más al norte aún, toda esta estructura desaparece al ponerse en contacto la Formación de Esquina Gris con la de El Retamo por medio de una de las tantas fallas subparalelas de primer orden.

En los perfiles n^{os} 2-3-5-7-14-17-18-20 están bosquejados los detalles estructurales de esta zona.

3. *Zona del «sinclinal interpuesto».* — Entre el Braquianticlinal de El Paso y el de Hoyada Verde se interpone un sinclinal apretado, constituido exclusivamente por la Formación del Mono Verde, separados de aquéllos por fracturas subparalelas que se inclinan hacia el eje del sinclinal. La falla oriental se prolonga hacia el norte, con saltos provocados por fracturas oblicuas «en échelon», separando a la Formación del Mono Verde, del Grupo Triásico de Sorocayense que aflora en la cabecera de la Quebrada de Un Salto. Hacia el sur las dos grandes fracturas que delimitan la «zona del sinclinal interpuesto» se aproximan y finalmente se unen, terminando aquélla en cuña antes de alcanzar los afloramientos de tobas terciarias del sur de nuestra zona.

El plano axial de este sinclinal es subvertical y suavemente ondulado. El eje culmina en la zona del perfil n° 18 y desde allí hacia el norte y el sur se hunde con ángulo de 25° y 23° respectivamente. Es digno de destacar, pues, que la culminación longitudinal de estos pliegues no concuerda con la culminación de los pliegues en la «zona del cierre sur» del Braquianticlinal de Hoyada Verde, sino que se encuentra bastante desplazada hacia el sur.

Debido al escaso desnivel entre el extremo norte de esta zona y la región de culminación, en la mitad septentrional aflora a lo largo de la línea axial, el grupo sedimentario más alto de la Formación del Mono Verde, es decir, las areniscas y flagstones n°s 8 y 9 del perfil (fig. 2 C). Este conjunto no aparece en la sección sur ya que aquí a lo largo del eje sinclinal, descendiendo rápidamente la altura de los cerros, habiendo desaparecido aquellas capas por erosión posterior.

En el extremo norte sólo se ha reconocido una angosta banda de capas, inclinadas hacia el este, que repiten una pequeña parte del ala occidental del sinclinal, cortado por una fractura que la pone en contacto con sedimentos triásicos.

También en esta zona, y especialmente al norte de la región de culminación se han encontrado remanentes bastante extensos de conglomerados y tobas de pórfido del Triásico medio, reposando en marcada discordancia angular sobre las capas pennsylvanianas. Se observa claramente que estos sedimentos triásicos se han depositado sobre un relieve levemente pronunciado, labrado en aquellas capas delgadas.

4. *Zona del extremo noroeste.* — Esta zona está integrada exclusivamente por sedimentos de la Formación de El Retamo. Se halla claramente delimitada por fracturas que la separan tanto del ala occidental del Braquianticlinal de Hoyada Verde como de los pórfidos triásicos y depósitos aluviales pleistocenos que se extienden al oeste. Hacia el sur, la zona termina bruscamente contra una fractura transversal de plano vertical, que separa la Formación de El Retamo de la del Mono Verde.

Es evidente que toda esta zona noroeste ha sido ascendida, y que este ascenso es anterior a la acumulación del Grupo Triásico de Sorocayense, ya que también aquí se encuentran unos remanentes de estos sedimentos descansando sobre la Formación de El Retamo en alturas comparables a las observadas en otros lugares.

Las capas de la Formación de El Retamo se hallan moderadamente plegadas, no observándose dentro de esta zona fracturación longitudinal.

Los pliegues son amplios, suaves y abiertos, con inclinaciones en las alas del orden de 10° a 15°. Contra la fractura que delimita a esta zona por el este, las capas se levantan alcanzando inclinaciones de hasta 80°

al oeste. Los planos axiales de los pliegues se hunden hacia el oeste y los ejes de rumbo 170° son sensiblemente horizontales.

Varios remanentes pequeños de areniscas conglomerádicas del Triásico superior se observan en esta zona, descansando en posición horizontal y en discordancia angular sobre las capas plegadas del Mississippiano. Como puede apreciarse en el mapa geológico, la posición de estos remanentes es similar a la que se observa en las demás regiones de la Sierra de Barreal, de lo que es dable concluir que las dislocaciones que produjeron el ascenso de este bloque tuvieron lugar antes de la acumulación de las capas triásicas.

En los perfiles n^{os} 2-3-5, está interpretada la estructura de esta zona.

5. *Zona de los Cerros Colorados.* — Los sedimentos paleozoicos de la Sierra de Barreal terminan hacia el este contra las capas triásicas del Grupo de Sorocayense que afloran en la «zona de los Cerros Colorados». El límite entre ambas regiones está marcado por dos sistemas de fracturas «en échelon», uno longitudinal y otro oblicuo, de rumbo NNW. Es evidente que las fracturas del juego longitudinal corresponden a fallas sublongitudinales y subparalelas de la estructura interna antigua, de la Sierra, reactivadas en tiempos post-triásicos. En cambio, las fallas del juego oblicuo son modernas y contemporáneas con esta reactivación que probablemente fué de fecha terciaria.

Una de estas fracturas oblicuas, que se observa en la parte sur de la «zona de los Cerros Colorados», ha traído a la luz el substrato paleozoico sobre el cual reposa el Grupo de Sorocayense. A lo largo de una pequeña pero profunda quebrada en las cabeceras de la Quebrada de Un Salto aflora un modesto espesor de estratos correspondientes a la Formación de Tres Saltos, recubiertos en evidente discordancia angular por los conglomerados basales del Grupo Sorocayense, adquieren aquí gran desarrollo y espesor. Es notable observar que en esta zona no existen tobas de pórfido intercaladas entre estos conglomerados y el Paleozoico, mientras que tales tobas se encuentran a sólo 300 metros al oeste, reposando sobre la Formación del Mono Verde en la zona del «sinclinal interpuesto». Este hecho indica que entre aquellas tobas y el Grupo de Sorocayense existe también una marcada discordancia de erosión tal como, según Harrington (2), existe entre las formaciones homotáxicas (Formación Porfírica y «Rético») en la Sierra de Villavicencio.

6. *Zona de los Cerros de las Piedras Pintadas.* — Todo el conjunto de los estratos paleozoicos de la Sierra de Barreal desaparecen hacia el sur hundiéndose por debajo de un conjunto de tobas y andesitas que han sido consideradas como pertenecientes al Terciario superior.

Estas rocas están arqueadas en un amplio domo y recubren en discordancia angular a la Formación de Tres Saltos, El Paso e Hilario, que de tal manera constituyen el núcleo de este gran pliegue.

B. *Disposición de los sedimentos pleistocenos*

En la Sierra de Barreal pueden distinguirse varios niveles bastante bien definidos de terrazas pleistocenas. El más alto se encuentra en el este de la zona estudiada. Los sedimentos cuaternarios se disponen aquí horizontalmente sobre las capas del Grupo de Sorocayense, alcanzando niveles altitudinales mayores que los de las cumbres más altas de la Sierra de Barreal.

Un segundo nivel, más bajo, está representado por pequeños remanentes de sedimentos pleistocenos conservados en la cumbre de algunas lomadas dentro de la Hoyada Verde, y poco al sur de la misma zona del Cerro Morado. Más bajo aún es el nivel de terrazas que aparece en la zona este de la Quebrada de Eloy y que muy probablemente, corresponde al nivel más alto de los conos terrazados que se extienden al oeste de la Sierra, hasta el Río de los Patos. Aquí se advierte un cuarto nivel, encajonado bajo el anterior y a poca altura sobre las vaguadas actuales entalladas en aquellos conos. Vestigios de niveles intermedios, muy destruídos ya por la erosión, se advierten también en algunos lugares.

Como en esta zona no se advierten sedimentos aluviales dislocados, es decir, inclinados o plegados, tal como han sido descritos más al sur por Zöllner, quien ha señalado que no lejos de Leoncito Encima estos depósitos están abovedados en grandes pliegues similares al que, en esta zona, afecta a las tobas y andesitas supraterciarias. No será imposible, pues, que esta dislocación de tales rocas terciarias fuera también de fecha pleistoceno antiguo, ya que en esta región no existen elementos de juicio suficientes para llegar a una conclusión definitiva.

C. *Resumen de la estructura geológica de la Sierra de Barreal*

Los repetidos movimientos tectónicos que han afectado a la región estudiada, han originado una compleja estructura, de la que participan no solamente las series paleozoicas sino también los sedimentos triásicos y aún las rocas terciarias. Los movimientos Pre-supratriásicos han sido, sin embargo, los más intensos y puede decirse que la estructura actual de la Sierra de Barreal es, en esencia, la originada por tales movimientos. Las dislocaciones posteriores, acaecidas en tiempos modernos, no han producido modificaciones de la estructura antigua y se han tra-

ducido en simples abovedamientos y fracturaciones, que no la afectan de manera fundamental.

La estructura interna de la Sierra, Pre-triásica, es el resultado de al menos tres ciclos de movimientos diastróficos que han afectado a las series paleozoicas, pero el último de ellos, de intensidad considerable, controla los grandes rasgos de aquella estructura y le confiere un sello característico.

Los movimientos de los dos primeros ciclos de desigual intensidad e importancia, han dado origen a estructuras de plegamiento e imbricación que afectan a las series ordovícicas y mississippianas, conservadas hoy en remanentes relativamente pequeños e inconexos. Los movimientos del tercer y último ciclo, que afectan naturalmente a aquellas series pero, ante todo, a su cubierta pennsylvaniana, ha dado origen a una compleja estructura de plegamiento e imbricación que domina actualmente el paisaje.

Los sedimentos pennsylvanianos, han sido plegados en dos grandes braquianticlinales, alargados en sentido norte-sur, dispuestos « en échelon » y separados por un angosto y apretado sinclinal. Los núcleos de estos dos grandes braquianticlinales están constituidos por las series ordovícicas y mississippianas afectadas por dislocaciones anteriores, mientras que las alas, así como el sinclinal interpuesto están formados exclusivamente por la cubierta pennsylvaniana.

Estos grandes pliegues primarios, que afectan a los sedimentos pennsylvanianos, tienen amplitud y longitud de onda del orden de los 1500 metros. Los planos axiales de estos grandes pliegues son subverticales y como la longitud de las estructuras cerradas es apenas mayor que el doble de su ancho, merecen el nombre de « domos » y « cubetas ».

Estas estructuras primarias llevan sobreimpuesto un plegamiento secundario, de menor amplitud. Los planos axiales de estos pliegues de segundo orden son inclinados, buzando « hacia afuera » en los braquianticlinales y « hacia adentro » en el sinclinal interpuesto o sea en el mismo sentido de la inclinación de las alas de los pliegues primarios.

La estructura resultante, pues, corresponde al tipo de « braquianticlinalario anormal » de Billings. En nuestro caso, la intensa compresión en sentido este-oeste, ha originado la rotura de las alas de estos pliegues de segundo orden y una imbricación intensa a lo largo de fallas subparalelas, inclinadas también, como los planos axiales secundarios, en el sentido de la inclinación de las alas primarias.

Esta estructura, que pese a la complejidad de sus pormenores en el terreno, es de líneas comparativamente sencillas, fué afectada por dislocaciones de un tipo enteramente distinto antes de la acumulación de la cubierta meso-(?) Triásica.

Una falla transversal, de plano subvertical, afectó al ala oeste del Braquianticlinal de Hoyada Verde, cortando normalmente a la estructura de plegamiento e imbricación ya descrito. Esta fractura muere contra una de las varias fallas subparalelas que imbrican aquella ala y delimita un bloque noroeste, que fué levantado diferencialmente a lo largo de tales fallas. A estos movimientos se debe la yuxtaposición que observamos aquí de sedimentos mississippianos (Formación de El Retamo) y capas pennsylvanianas (Formación de Tres Saltos y Mono Verde). Que estos movimientos, posteriores sin duda al plegamiento e imbricación, que afectó a las series pennsylvanianas, son anteriores a las tobas meso (?)-triásicas, se deduce por la posición actual de los remanentes triásicos que todavía recubren localmente a la Formación de El Retamo.

Esta estructura paleozoica fué afectada por varios movimientos post-triásicos, y probablemente terciarios a pleistocenos, que sin modificarla en esencia se tradujeron en reactivación de algunas fallas subparalelas antiguas, en fracturación oblicua de esfuerzo de corte y en amplios abovedamientos. Quizá el abovedamiento que afectó a las tobas y andesitas terciarias y a los fanglomerados pleistocenos antiguos (25) sea el producto del acomodamiento «plástico» de esta cubierta moderna a las dislocaciones radiales del substrato paleozoico, por reactivación de las antiguas fallas.

De cualquier manera, dos juegos de fallas «en échelon», delimitan por el este la estructura Paleozoica de la Sierra de Barreal, yuxtaponiéndolo a los sedimentos del Triásico superior que aflora al naciente de la Quebrada de Un Salto. La Sierra de Barreal constituye en la actualidad, pues, un angosto «Horts» o pilar interpuesto entre dos fosas o «Graben» mayores: el de las «Lomas Bayas» al este donde afloran sedimentos triásicos y el del Río de Los Patos al oeste, rellenado por depósitos aluvionales recientes.

D. *Ciclos diastróficos y edad de los movimientos tectónicos*

El estudio de la estructura tectónica de la Sierra de Barreal lleva a distinguir varios ciclos de movimientos diastróficos de intensidad e importancia desigual que, si bien muy manifiestos por discordancias evidentes, no pueden datarse con gran exactitud. Ello se debe a que, en todos los casos, estas discordancias coinciden con hiatos importantes que no permiten establecer la edad de aquellos movimientos dentro de reducidos límites.

En el estado actual de los conocimientos no conviene correlacionar estos movimientos con los Europeos o con los de los Estados Unidos, pues es grande la ambigüedad que existe en la determinación de sus

edades. La investigación detallada y amplia de la Precordillera permitirá, tal vez más adelante, establecer una correlación más exacta, pues el descubrimiento de nuevas discordancias podrá disminuir la importancia de los hiatos, y conocer entonces con mayor precisión la edad de los movimientos tectónicos.



Fig. 4. — Discordancias en la Sierra de Barreal

En esta región se puede, pues, reconocer los siguientes ciclos de movimientos (fig. 4):

- | | |
|--|---|
| 6. Movimientos post-Pliocenos a pre-Pleistocenos superior..... | <i>Pleistoceno superior.</i> Reactivación de las fallas subparalelas y abovedamiento suave. Discordancia angular suave. |
| 5. Movimientos post-triásicos y pre-Pliocenos..... | <i>Pleistoceno inferior.</i> <i>Plioceno.</i> Fracturación y abovedamiento. Discordancia angular. |
| 4. Movimientos intertriásicos ?..... | <i>Triásico superior.</i> Levantamiento y erosión ? Discordancia de erosión leve ? |
| 3. Movimientos post-Pensylvanianos y pre-Triásicos | <i>Triásico medio ?</i> Plegamiento e imbricación intensa Discordancia angular fuerte. |
| 2. Movimientos post-Waverlyano y pre-Pensylvanianos | <i>Pensylvanianiano superior.</i> Plegamiento e imbricación incipiente. Discordancia angular. |

1. Movimientos post-Ordovícicos (Caradocianos) y pre-Waverlyano. *Mississippiano Inferior (Waverlyano).*
Plegamiento e imbricación muy intensa.
Discordancia angular muy fuerte.
Ordovícico superior. (Caradociano).

Base oculta

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

1. ANGELELLI, V. Y TRELLES R. A. 1938. *Las Alumbreras de Rodeo y Barreal y los sulfatos de hierro de La Alcaparrosa, Prov. de San Juan.* — Bol. n^{os} 8-9-10, O. S. N., Buenos Aires.
2. BILLINGS, M. P. 1942. *Structural Geology*, Prentice Hall, Inc., New York.
3. BRACACCINI, O. 1946. *Contribución al Conocimiento Geológico de la Precordillera Sanjuanina-Mendocina.* — Bol. de Inf. Petroleras n^o 258-260-261-262-263-264-265, Buenos Aires.
5. — 1950. *Investigaciones Tectónicas en la Precordillera Sanjuanina.* — Bol. de Inf. Petroleras n^o 301, Buenos Aires.
4. — 1949. *El perfil de El Tambolar (Prov. de San Juan).* — Rev. Asoc. Geol. Arg., tomo IV, n^o 3, Buenos Aires.
6. COWPER REED. 1927. En *A Geological comparison of South America with South Africa (Du Toit A.)* — Carnegie Institution. Pub. n^o 381, Washington.
7. CUERDA, A. 1946. *La sierra de Los Colorados, desde el arroyo de las cabeceras (Estancia Leoncito) hasta frente a la población de Barreal*, Museo de La Plata. Tesis inédita.
8. DU TOIT, A. *Our Wandering continents.*
9. — 1927. *A Geological comparison of South America with South Africa.* — Carnegie Institution. Pub. n^o 381, Washington.
10. FOSSA MANCINI, R. 1944. *Transgresiones marinas del Antracolíptico Marino en la América del Sur.* — Rev. del Museo de La Plata (nueva serie), tomo II, Sección Geología, págs. 49-183, La Plata.
11. — 1948. *Sobre la edad de los Estratos con Braquiópodos de Barreal y Leoncito Encima, San Juan.* — Rev. Museo de La Plata (Nueva Serie), tomo I, Sección Geología, págs. 299-344, La Plata.
12. HARRINGTON, H. J. 1941. *Investigaciones Geológicas en las Sierras de Villavencio y Mal País, Prov. de Mendoza.* — Dir. de Minas y Geología, Bol. n^o 49, Buenos Aires.
13. HEIM, A. 1945. *Observaciones Tectónicas en Barreal. Precordillera de San Juan.* — Rev. del Museo de La Plata (Nueva Serie), Sección Geología, tomo II, págs. 267-286, La Plata.
14. — 1948. *Observaciones Tectónicas en la Rinconada. Precordillera de San Juan.* — Dir. de Minas y Geología, Bol. n^o 64.
15. KEIDEL, J. 1938. *Ueber die Gondwanidien Argentinien.* — Geol. Rundschau, Bd. XXX, Hef. 1-2, Stuttgart.
16. KEIDEL, J. 1939. *Las estructuras de corrimientos Paleozoicos de la Sierra de Uspallata, Prov. de Mendoza.* — Physis (Rev. Soc. Argentina de Cs. Nts.), tomo XIV, Buenos Aires.
17. — 1949. *Estudios sobre las estructuras hercínicas en la margen oeste de la cuenca de Uspallata y Sierra de Cepeda. Frontón de la de Tontal (Provincia de Mendoza y San Juan).* — Bol. Acad. Nac. de Ciencias, tomo XXXVIII, págs. 253-346, Córdoba.

18. KEIDEL, J. AND HARRIGTON, H. J. 1938. *On the discovery of Lower Carboniferous tillites in the Precordillera of San Juan. Western Argentina.* — Geol. Mag., vol. LXXV, n° 885, March, London.
19. LEANZA, A. F. 1945. *Braquiópodos carboníferos de la Quebrada de la Herradura al N-E de Jachal, San Juan.* — Inst. del Museo de la Univ. Nac. de La Plata. Notas del Museo, tomo X, Paleontología n° 86.
20. NORTH, F. J. 1920. *On « Syringothyris » Winchell and certain carboniferous Brachiopoda referred to « Spiriferina » D'Orbigny.* — Quart. Journ. of Geol. Soc. of London, vol. LXXVI, part II, n° 302, lám. XIII, London.
21. POZZO, A. 1948. *Estudio geológico estratigráfico y tectónico de la Precordillera al E. del Río de la Plata y al S. de Calingasta (Prov. de San Juan).* — Univ. Nac. de Buenos Aires, Tesis inédita.
22. RICH, J. L. 1951. *Three Critical Environments of Deposition and Criteria for Recognition of Rocks Deposited in each of them.* — Bull. Geol. Soc. Am. Jan., vol. 62, n° 1. New.
23. STIPANICIC, P. 1947. *Estudio estratigráfico, geológico y tectónico de la Precordillera al E. del Río de los Patos en Sorocayense (Prov. de San Juan).* — Univ. Nac. de Buenos Aires. Tesis inédita.
24. STAPPENBECK, R. 1910. *La Precordillera de San Juan y Mendoza.* — Anal. Minis. de Agricultura, Secc. Geol., Minera y Minería, tomo IV, n° 3, Buenos Aires.
25. TURNER, J. C. *Graptolites de Sud América.* (Inédito).
26. ZÖLLNER, W., 1950. *Observaciones tectónicas en la Precordillera Sanjuanina. Zona de Barreal.* Rev. Asoc. Geol. Arg., tomo V, n° 3, 1950, Buenos Aires.

Buenos Aires, enero de 1953.