

INSTITUTO DEL MUSEO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

TOMO VII

NOTAS DEL MUSEO DE LA PLATA

Geología, N.º 18

ALGUNAS PARTICULARIDADES

DEL

SINCLINAL DE SALAGASTA

(PROVINCIA DE MENDOZA)

POR

ENRIQUE FOSSA MANCINI



LA PLATA
REPÚBLICA ARGENTINA

—
1942

ALGUNAS PARTICULARIDADES

DEL

SINCLINAL DE SALAGASTA

(PROVINCIA DE MENDOZA)

POR

ENRIQUE FOSSA-MANCINI



LA PLATA

REPÚBLICA ARGENTINA

—
1942

ALGUNAS PARTICULARIDADES DEL SINCLINAL DE SALAGASTA

(PROVINCIA DE MENDOZA)

POR ENRIQUE FOSSA-MANCINI

I. LAS FALLAS DE SALAGASTA EN LA LITERATURA GEOLÓGICA

Creo que el primer estudio geológico sobre el sinclinal de Salagasta fué hecho por Bodenbender. Él no atribuyó importancia a las fallas, aunque seguramente vió y reconoció algunas de ellas, pues mencionó (1902, pág. 149) sedimentos del Cuaternario que, en cierto lugar, al contacto con estratos del Rético, se presentan en posición vertical; y observó con razón que « este hecho tiene interés científico, pues él nos enseña de que también en tiempos muy modernos han tenido lugar dislocaciones y movimientos del terreno ».

Entre marzo y junio de 1906 Stappenbeck efectuó sus primeros reconocimientos en la precordillera de San Juan y Mendoza; uno de los lugares que visitó fué justamente Salagasta (Keidel, 1910, pág. 45). Huergo (1906, pág. 215, láms. 1 y 2) dice que Stappenbeck presentó un informe preliminar, un bosquejo geológico y dos cortes geológicos; reproducciones en colores del bosquejo y de los cortes están agregadas al artículo de Huergo. En el bosquejo geológico hay indicación de sólo dos fallas, que atraviesan transversalmente una parte del ala occidental del sinclinal. Los cortes, aunque evidentemente demostrativos y sin escala, dan una idea clara de la asimetría del sinclinal; en uno de ellos se observa, en el Terciario, una discordancia muy acentuada que con toda probabilidad quiere representar una falla. Es significativo el hecho de

que Huergo, aun diciéndose « un lego, obligado por circunstancias excepcionales a formarse un juicio propio » y sin tener conocimiento del contenido del informe de Stappenbeck, redactado en alemán, llega lógicamente a la conclusión de que los estratos del sinclinal pueden estar « cortados por menores dislocaciones, sin importancia desde el punto de vista geológico, pero que pueden tenerla grande desde el punto de vista de las obras a ejecutarse para una económica explotación del combustible » (págs. 215 y 216).

Keidel estudió el yacimiento de carbón de Salagasta en septiembre de 1906 y en los primeros meses de 1907. Debió notar en seguida la existencia de muchas fallas ordenadas en sistemas, pues en una carta dirigida a Suess en fecha 25 de diciembre de 1906 escribía : « Ich glaube, dass man schwerlich ein schulmässigeres Beispiel für Torsionssprünge finden könnte als bei den Kohlen-gruben von Salagasta » (Keidel, 1907, pág. 654). En otra carta al mismo Suess, de fecha 4 de marzo de 1907, Keidel condensó los resultados de sus últimas observaciones en estas palabras : « Der hauptsächliche Typus der Dislocationen ist die Querverschiebung. Dadurch aber, dass zu der vertikalen Bewegung die horizontale aus Westen kommende getreten ist, die Torsion entstanden. Man kann nicht sagen dass eigentliche Längsbrüche vorhanden sind, sondern zwischen den grossen und kleinen Querverschiebungen liegen in unregelmässiger Anordnung Verschiebungen, die die paläozoischen, rhätischen and jüngeren Bildungen spitzwinkelig zum Streichen abschneiden » (*ibidem*, págs. 659 y 660). Más adelante, dió las razones que lo inducían a afirmar que el empuje venía del oeste y que las últimas dislocaciones se habían producido en tiempos muy recientes (págs. 666 a 669). En otro escrito sucinto, Keidel vuelve a insistir sobre « el hecho de que las dislocaciones se han repetido varias veces y que las últimas son seguramente las más poderosas. Al sur de Salagasta, por ejemplo, margas carboníferas del Rético se apoyan por medio de fallas, contra el loes y acarreo de conos de deyección » (1910, pág. 75).

Stappenbeck (1910, pág. 117), al referirse a estas observaciones, dice : « Keidel ha probado ahora que las dos alas del sinclinal y junto con ellas la gran falla, están directamente afectadas por un

inmenso número de fallas de torsión, que corren en la ala occidental de sudoeste a nordeste y en la oriental de sudeste a noroeste ».

En agosto de 1909 el ingeniero Lahaye presentó al Directorio de la sociedad « Cales y Cementos Argentinos » un mapa geológico detallado del yacimiento de carbón de Salagasta, acompañándolo con un informe explicativo. El mapa, que ha sido publicado en 1910 en un folleto titulado *Memoria y Balance presentados a la asamblea nacional de accionistas de la sociedad « Cales y Cementos Argentinos, Ltda. (Compañía de Minas) »*, constituye una importante contribución al conocimiento de aquel campo de fallas. En el folleto sólo está transcrito un breve trozo del informe que revela « el temor de que las perturbaciones y las numerosas fallas del terreno hayan hecho desaparecer el carbón en hondura » (pág. 5).

Una opinión completamente diferente fué expresada (al parecer, en la primera mitad del año 1910) por el doctor Moehring, quien opinó que « la cuenca geológica de Salagasta se compone de estratos cuya colocación es normal y no está impedida por las fallas tan temidas por otros geólogos, porque dichas fallas son sólo superficiales y en su opinión no han estorbado mayormente la estratificación total de la cuenca » (*Memoria y Balance, etc.*, pág. 6).

En 1922 el topógrafo Migliarini, de la Dirección de Minas y Geología, efectuó un excelente relevamiento a plancheta de los alrededores de Salagasta. Con esta base, Wichmann confeccionó el bosquejo geológico que, juntamente con tres cortes geológicos esquemáticos y muchas instructivas vistas fotográficas, acompaña a su conciso informe sobre la región de Salagasta, aparecido en 1928.

El bosquejo de Wichmann en la escala de 1 : 25000 indica esquemáticamente, con varios colores, la distribución de afloramientos del « Silúrico », del « Devónico », de los « Estratos de Paganzo », del « Rético », del « Cretáceo superior », de los « Estratos calchaqueños », de los « Rodados y ripios dislocados » y de los « Terrenos de acarreo » en un área de aproximadamente 70 kilómetros cuadrados. No hay indicación de la orientación de los estratos : en cambio están marcadas veintitrés fallas. Una de éstas, longitudinal, atraviesa de norte a sur toda la zona representada en el bosquejo,

con una interrupción en proximidad de las canteras de caliza ; otra, también longitudinal, aparece por corto trecho unos tres kilómetros al este-sudeste del Cerro Negro ; dos, de dirección entre oeste y oeste-noroeste, cortan el flanco sudoeste del Cerro Negro ; once, de dirección entre nordeste y este-nordeste y de pocos cientos de metros de largo, atraviesan el ala occidental del sinclinal de Salagasta ; otras ocho, de dirección entre noroeste y oeste-noroeste y de pocos cientos de metros de largo, atraviesan el ala oriental. En el texto (pág. 5) Wichmann dice que « las márgenes de este sinclinal en sus dos lados están dislocados por fracturas y fallas transversales y de torsión de diferentes direcciones y medidas » ; y agrega, en nota, que « en el bosquejo geológico estas fallas están indicadas esquemáticamente ».

Los tres cortes geológicos (pág. 21, fig. 12) llevan la leyenda « Perfiles esquemáticos ». En ellos el bloque central aparece como un sinclinal ligeramente asimétrico ; no hay indicación alguna del pequeño anticlinal apretado y agudo que se observa entre el sinclinal de Salagasta y la gran falla longitudinal oriental. Este pequeño anticlinal está representado en los cortes geológicos de Bodenbender (1902) y de Stappenbeck (en Huergo, 1906).

II. CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS

Wichmann define claramente los caracteres litológicos de los grupos de estratos que refiere al « Rético » y al « Cretáceo superior ».

En el conjunto de capas que aflora en el tramo austral del sinclinal de Salagasta, podemos distinguir tres grupos de estratos, que refiero provisoriamente al « Rético », al « Cretáceo » y al « Terciario ». Para no contribuir a acrecentar la confusión que reina en la nomenclatura de nuestras formaciones continentales, adopto esta tripartición que figura en los trabajos de autores que se han ocupado con anterioridad del sinclinal de Salagasta y empleo términos idénticos o equivalentes a los usados por ellos.

En realidad, creo que no tenemos el derecho de referir al Rético

un conjunto de estratos (que más al oeste llega a muchos cientos de metros de espesor) de los cuales sólo unos pocos son fosilíferos, conteniendo restos de plantas y de animales que también pueden haber vivido en edades geológicas anteriores o posteriores. En otras publicaciones (Fossa, 1934, págs. 53 y 54 ; 1937, págs. 35 a 44 ; 1940, pág. 289) he expuesto consideraciones que, en mi opinión, justifican plenamente mis dudas. Posteriormente Harrington (1941, págs. 25 a 27), en un excelente resumen crítico de los criterios invocados por distintos autores para referir a uno u otro piso los estratos con *Dicroidium*, *Estheria* y *Semionotus*, ha afirmado que la presencia de restos de *Semionotus* « indica claramente que estos estratos no pueden ser considerados como liásicos, ya que es aquél un género de peces característico y exclusivo del Triásico, aunque quizá esté también representado en el Pérmico más superior ». De aceptarse esta conclusión, sólo quedaría por establecer si los estratos con *Dicroidium*, *Estheria* y *Semionotus* corresponden al verdadero Rético o bien a algún otro piso del Triásico superior. Pero la argumentación que antecede no logra disipar mi inveterada desconfianza en las pruebas paleontológicas negativas; la noticia de que frente a la costa del extremo austral de África se ha pescado un pez (*Latimeria chalumnae*) que pertenece al grupo de los *Crossopterygii*, que creíamos extinguido desde fines del Cretácico (Smith, 1941), me hace siempre más escéptico en materia de paleontología estratigráfica. Por consiguiente, sigo firme en mi opinión que los estratos que en la Argentina se suelen considerar del Rético pueden corresponder a otros pisos del Triásico superior o del Liásico. En los últimos tres años he acumulado muchos datos que corroboran esta opinión; me propongo hacerlos conocer en un trabajo que tengo en preparación, en el cual haré la historia de la transformación (mejor dicho, la deformación) que ha sufrido el concepto de « Rético » a medida que los criterios paleozoológicos han sido suplantados por criterios paleobotánicos.

La presencia de estratos colorados del Cretácico superior en el sinclinal de Salagasta es mencionada incidentalmente por Keidel (1910, pág. 75). Las razones que militan en favor de la edad neocretácea de éstos y de otros estratos colorados sin fósiles son de

índole paleoclimatológica y han sido indicadas brevemente por el mismo investigador (Keidel, 1911, págs. 3 y 4; 1918, pág. 140).

No me consta que en estos últimos treinta años se hayan hecho descubrimientos que las invaliden. En mi opinión, es posible que esta serie de estratos colorados, que en general empieza (desde abajo) con un banco de conglomerado rojo de aspecto muy característico, pertenezca al Jurásico, al Cretácico o al Terciario; pero me parece más probable que corresponda a una parte del Cretácico, porque entonces el tiempo transcurrido entre la deposición de los estratos con *Dicroidium* (del Triásico superior o del Liásico) y la formación del conglomerado rojo no estaría fuera de proporción con la moderada denudación que los sedimentos del « Rético » (en general poco resistentes) han padecido.

Stappenbeck (1910, pág. 66) refirió al Cretácico esta « serie de areniscas, margas y conglomerados que descansan sobre el Rético », basándose principalmente en observaciones hechas por Keidel en la cuenca de Salagasta.

Wichmann (1928, pág. 4) pone en el Cretácico superior una serie « de poco espesor » constituida por areniscas violáceas y coloradas que, en la región de Salagasta « pasan en paulatina transición a las capas arenosas del Terciario », cosa ya observada por Keidel, como lo recuerda Stappenbeck (1910, pág. 66). En el bosquejo geológico de Wichmann, el ancho del afloramiento de su « Cretáceo Superior » corresponde a unos 150 metros en el trecho que se encuentra al sudeste del Pique Eloisa, trecho donde he medido los buzamientos en muchos puntos, hallándolos siempre superiores a 50°; si el bosquejo, en esta parte, ha sido confeccionado en escala, el espesor total del « Cretáceo superior » de Wichmann pasa de cien metros. Por consiguiente, es pequeño en comparación del espesor del Terciario, pero no es despreciable en comparación con el espesor del « Rético » que aflora en Salagasta.

En estos últimos años se ha manifestado una marcada propensión hacia el rejuvenecimiento de estas capas coloradas y violáceas que afloran en tantos lugares en la parte boreal de la provincia de Mendoza; ahora las incorporan a los « Estratos Calchaqueños » o, mejor dicho, « Estratos Calchaquíes ». Así lo hizo Groeber al expo-

ner oralmente sus ideas sobre la Geología de Mendoza en la sesión del 3 de abril de 1937 de la Segunda Reunión de Ciencias Naturales. Esta incorporación puede hallar una justificación aparente en la transición gradual entre los estratos que anteriormente se referían al Cretáceo y aquellos que siempre hemos considerado como Terciarios. Pero, en este caso sería necesario atribuir a los « estratos Calchaquíes » el carácter de una serie comprensiva cuya parte superior llega hasta el Plioceno (así como lo indican restos de mamíferos hallados en las cercanías de los pozos petrolíferos de Tupungato) y cuya parte inferior, hasta ahora no fosilífera, es de edad dudosa, no pudiéndose excluir ni siquiera la posibilidad de que sea jurásica; lo único que podemos afirmar es que sus capas más inferiores son más recientes que aquellas que contienen *Dicroidium*, *Estheria* y *Semionotus*.

Es verdad que en toda la serie de estratos que han sido referidos en parte al Cretáceo y en la parte restante al Terciario no se ha señalado discordancia alguna de carácter regional. Pero esto, a mi manera de ver, no significa que aquella serie se ha depositado en un tiempo relativamente corto. Recuerdo que en la Patagonia hemos buscado empeñosamente discordancias en la serie de estratos que se hallan arriba del Salamanqueano y debajo del Patagónico; nuestras minuciosas investigaciones en el terreno han durado años y han resultado infructuosas. Afortunadamente, aquellos estratos han proporcionado muchos restos de mamíferos, que han sido estudiados por especialistas de capacidad indiscutible. Y ahora, basándose en los resultados de estos estudios, Simpson (1941, pág. 11) nos dice que algunos de aquellos mamíferos vivieron en el Paleoceno, otros en el Eoceno, otros en el Oligoceno y otros a principios del Mioceno; y, además, que hubo tres importantes interrupciones en la deposición de la serie de estratos de donde proceden los fósiles. Nótese que el espesor total de los « Estratos Calchaquíes » es enormemente mayor que el de los estratos con restos de mamíferos de la Patagonia.

En su importantísima síntesis de la geología de la provincia de Mendoza (que es una contribución de la Dirección de Minas y Geología a la Segunda Reunión de Ciencias Naturales, que se celebró

en Mendoza en abril de 1937, pero ha sido publicada dos años después) Groeber (1939, pág. 188) pone en la parte inferior de sus « Estratos Calchaquíes » las areniscas conglomerádicas rojas de los Papagayos y de Cacheuta que anteriormente se referían al Rético. En un trabajo más conciso, aparecido con anterioridad, refiere terminantemente al Neógeno « estratos que, en los alrededores de Cacheuta, han sido tomados por mucho tiempo por cretáceos » (Groeber, 1937, pág. 44). Esto quiere decir que, según Groeber, en la parte boreal de la provincia de Mendoza no existen estratos de edad comprendida entre el Rético y el Mioceno. Lo mismo ocurriría en toda la provincia de La Rioja (Groeber, 1940, pág. 23), en toda la provincia de Córdoba (Pastore, 1938, págs. 44 y 45) y en toda la provincia de Catamarca (Tapia, 1941, págs. 23 y 24).

De acuerdo con estas ideas tan modernas, en la Argentina habría una región amplísima de más de 400.000 kilómetros de superficie que no ha sido cubierta por el mar desde el Devónico, o el Carbonífero, en adelante y donde, sin embargo, no hay sedimentos del Jurásico, ni del Cretácico, ni del Paleoceno, ni del Eoceno, ni del Oligoceno. ¿Qué ha ocurrido durante los ciento veinte (o más) millones de años que han transcurrido desde el comienzo del Jurásico hasta el final del Oligoceno? Para explicar la falta completa de estratos del Jurásico, del Cretácico y del Eógeno deberíamos suponer que durante todo el tiempo correspondiente se ha quedado paralizada toda acción erosiva, o bien que los productos de la erosión han sido llevados en su totalidad hasta distancias enormes, o aun que sedimentación y erosión han actuado alternadamente con tal admirable equilibrio que a fines del Oligoceno ésta había barrido exactamente todos los sedimentos que se habían acumulado después del Rético, o sólo un poquito más. Pero no todo lo que se puede imaginar resulta verosímil. En nuestro caso, considero prudente atenerme a la hipótesis formulada por Keidel más de treinta años atrás, por cuanto ella es verosímil, estando basada en una analogía indiscutible; la abandonaré el día que llegue a mi conocimiento otra aun más verosímil.

Mediante la digresión que antecede he querido justificar mi apego

a ideas que, sin las explicaciones que acabo de dar, podrían parecer anticuadas.

III. OBSERVACIONES REALIZADAS POR EL AUTOR DE LA PRESENTE NOTA

Algunos años atrás, antes de visitar la zona de Salagasta, yo no lograba formarme una idea clara de sus condiciones tectónicas. La expresión « fallas de torsión » ha sido empleada para indicar más de un tipo de dislocaciones : yo pensaba en la clasificación de las fracturas adoptada por Höfer (1917, págs. 3 a 11), según la cual ellas se reparten en tres categorías : las de tracción, las de compresión y las de torsión. Estas diaclasas y fallas de torsión se hallan, por lo general, asociadas en gran número, distribuyéndose en dos sistemas que se cruzan formando ángulos de 70° a 90° ; el modelo de estas asociaciones de diaclasas (y fallas) de torsión es el doble sistema de grietas paralelas que se obtiene torciendo una placa rectangular alargada de vidrio de espejo, en el clásico experimento de Daubrée (1887, pág. 141 pág. 76). Pero también se ha dado el nombre de fallas de torsión a fallas en las cuales el resbalamiento de los labios se ha producido a lo largo de una superficie helicoidal. No me parecía probable que uno u otro de estos tipos de fallas se hubiera formado en un sinclinal tan acentuado como el de Salagasta. Las indicaciones dadas por Windhausen, quien cita Salagasta una vez como ejemplo típico de estructura imbricada o en escamas (1929, pág. 227) y otra vez como ejemplo típico de abundancia de fallas de torsión (1931, pág. 422), contribuían a acrecentar mis dudas. En realidad, ambas indicaciones responden a la verdad, pues hay fallas inversas paralelamente dispuestas (o sea estructura imbricada) cerca de la gran falla occidental y fallas de otro tipo más al este, pero yo ignoraba que él se refería a dos zonas distintas. Naturalmente, grande era mi deseo de ver de qué se trata.

Cierta tarde, en mayo de 1935, trasladándome en aeroplano de San Juan a Mendoza, aproveché la ocasión para pasar sobre la parte austral del sinclinal de Salagasta. Volando a unos tres mil

metros de altura (sobre el nivel del mar) quedé admirado por el aspecto que, en aquel momento, presentaban los extensos afloramientos de estratos del Terciario que constituyen su núcleo : en conjunto aparecían como una gran mancha rosada con un sinnúmero de rayas rectilíneas oscuras, orientadas uniformemente con dirección nordeste a sudoeste y especialmente numerosas en el ala occidental del sinclinal en la cual yo veía muchas rayas cortas intercaladas entre rayas más largas. Tres o cuatro de las rayas largas estaban relacionadas evidentemente con fallas de considerable corrida horizontal, pero la gran mayoría de las rayas atravesaban simplemente las fajas de distinta tonalidad que representaban grupos de estratos de distinta naturaleza y edad. Luego, volando más bajo, distinguí que las rayas oscuras eran angostas zonas de sombra proyectadas por crestitas de relieve modestísimo sobre tramos de vallecitos que las flanquean. Pensé en seguida que esta orientación uniforme de crestitas y vallecitos debé estar relacionada con un sistema de fracturas paralelas entre sí y sospeché la existencia de otras tantas fallas, de las cuales sólo algunas pocas tendrían corridas horizontales suficientemente grandes como para ser percibidas desde el aeroplano ; pero no logré explicarme el porqué de la mayor abundancia y frecuencia de estas fracturas en el ala occidental del sinclinal, dado que veía claramente que las mismas series de estratos afloraban en la otra ala algunos cientos de metros más al este, donde pocos indicios de fracturas eran visibles desde el aeroplano. Debo agregar que entonces me pareció posible que hubiera otro sistema de fracturas (simples diaclasas o bien fallas de pequeña corrida horizontal) de dirección noroeste-sudeste, y que este segundo sistema no resultara visible en aquel momento por no hallarse en condiciones de iluminación tan favorables como el otro ; yo recordaba que el bosquejo geológico de Wichmann indica la existencia de fallas de dirección nordeste en el ala occidental y de dirección noroeste en el ala oriental del sinclinal.

Las rápidas observaciones efectuadas en este vuelo me dejaron un vivo deseo de examinar de cerca las condiciones tectónicas del sinclinal de Salagasta. La oportunidad de hacerlo se me presentó en 1939, al ser designado inesperadamente miembro de cierta

comisión que debía proponer unas ubicaciones para sondeos de exploración con el objeto de tratar de averiguar si los conocidos bancos de carbón de Salagasta son industrialmente explotables. La comisión, constituida por el capital Daul, del Instituto Geográfico Militar, por el señor Rigal, de la Dirección de Minas y Geología, y por el autor de la presente nota, efectuó en el terreno desde el 8 al 18 de diciembre de 1939, las observaciones exigidas por su cometido y también otras que, sin ser absolutamente necesarias para proponer ubicaciones adecuadas para perforaciones, podían resultar de utilidad indirecta, por contribuir al mejor conocimiento de las condiciones geológicas regionales. Rigal se dedicó especialmente a estudiar en detalle la sucesión de los estratos que solemos referir al « Rético »; yo me ocupé de preferencia de las dislocaciones que afectan a los estratos de la parte superior del Rético y a aquellos aun más recientes. Naturalmente, traté de aprovechar esta ocasión para ver si la curiosa disposición de crestitas y vallecitos alineados tenía su origen en simples diaclasas o en fallas de uno u otro tipo.

Pocos días antes de nuestra llegada a Salagasta había caído una lluvia excepcionalmente fuerte, causando crecientes extraordinarias en todos los torrentes de la zona; la violencia de las aguas limpió los afloramientos ya existentes y descubrió otros, barriendo una cantidad de detrito. Esta circunstancia resultó muy provechosa para nuestras observaciones.

En aquellos días se hallaba en Mendoza, para tomar vistas aéreas verticales de una amplia zona que llegaba hasta Salagasta, el avión fotográfico del Instituto Geográfico Militar. Por cortesía del capitán Daul nos fué permitido, a Rigal y a mí, participar en el vuelo que se realizó la mañana del 18 de diciembre para la toma de las vistas de la zona que nos interesaba. En aquel vuelo, efectuado a la altura de aproximadamente dos mil metros, noté nuevamente la alineación de las sombras de las crestitas de dirección nordeste-sudoeste, aunque no aparecían tan netas como las había visto en mayo de 1935, lo cual tiene fácil explicación en la diversa posición del sol (al noroeste en el primer vuelo, al este en el segundo); al mismo tiempo me aseguré de que, a pesar de las condiciones de

luz particularmente favorables para ello, no se veían indicios de la existencia de crestas y tramos de vallecitos alineados en dirección noroeste-sudeste, aunque los colores de las rocas indicaban la existencia de una falla de importancia que corta oblicuamente, de noroeste a sudeste, el núcleo del sinclinal.

Creo que la manera más expeditiva de hacer conocer los resultados de mis observaciones sobre aparentes anomalías tectónicas en Salagasta consiste en representarlos mediante dibujos esquemáticos y agregar sucintas explicaciones a las figuras.

La figura 1 reproduce un croquis que he confeccionado teniendo a la vista algunas de las vistas aéreas tomadas el 18 de diciembre de 1929 y mis apuntes de campaña.

La escala del croquis es aproximadamente 1 : 22000.

He marcado con trazos gruesos, empleando signos convencionales de uso corriente, las dos grandes fallas que limitan, al oeste y al este, el bloque tectónico en donde se halla el sinclinal de Salagasta. En ciertos trechos, el recorrido de estas grandes fallas es hipotético ; lo indican los espacios entre los signos.

Hay otras fallas, de salto vertical no despreciable, cuyas trazas corren paralelas a la gran falla occidental ; algunas de ellas pertenecen a la categoría de las *fallas inversas conformes*, otras (visibles sólo en casos particularmente favorables) a la de las *fallas paralelas*. No están indicadas en el croquis. También he omitido la indicación de varias fallas transversales próximas a la gran falla occidental.

Los segmentos de recta que corren de nordeste a sudoeste representan, esquemáticamente, las trazas de las superficies de fractura (sean ellas las trazas de simples diaclasas o bien de verdaderas fallas) que he visto desde el aeroplano. Al confeccionar el dibujo, he utilizado vistas aéreas para indicar la posición aproximada de esta líneas de menor resistencia a la erosión, dado que no me era posible situarlas más o menos correctamente con la sola ayuda de la memoria ; una vez terminado el croquis, he notado que refleja bastante bien la impresión que recibí en mayo de 1935, aunque las rayas obscuras eran seguramente más numerosas y tupidas que los trazos rectilíneos que he dibujado para representarlas.

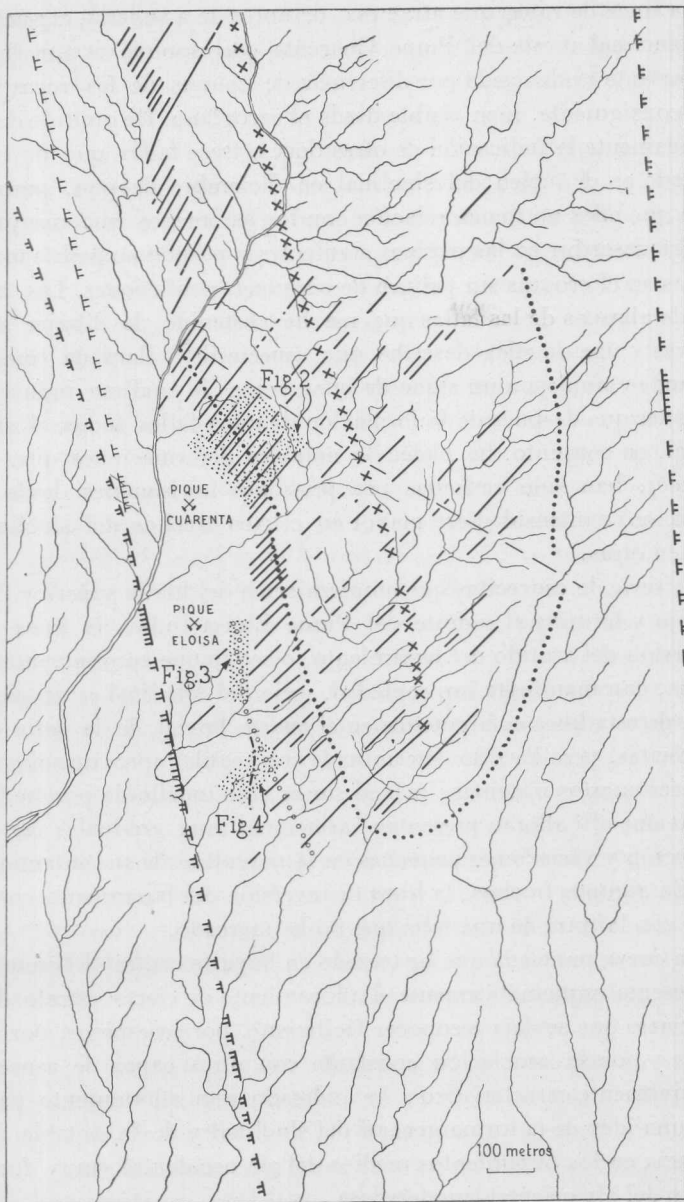


Figura 1

La línea de rayas que atraviesa, de noroeste a sudeste, el núcleo del sinclinal al este del Pique Cuarenta corresponde a una falla importante evidenciada por diferencia de colores de las rocas y, por consiguiente, bien visible desde el aeroplano. He omitido deliberadamente la indicación de otras doce o trece fallas que he observado en el núcleo del sinclinal en diciembre de 1939, porque creo que ellas no tienen relación con los fenómenos que me propongo describir en las páginas siguientes y porque no podría marcarlas en el croquis sin peligro de ocasionar confusiones. Las trazas de algunas de las fallas que me he abstenido de dibujar son curvas y una de ellas describe una especie de S alargada (mejor dicho, se asemeja a un signo de integración) lo cual me induce a suponer que después de la formación de estas fallas todos el sinclinal, en conjunto, ha padecido notables deformaciones que, al parecer, han sido causadas por presiones horizontales desde el oeste, cuya intensidad era mayor en ciertos trechos del sinclinal que en otras.

La serie de crucecitas que empieza cerca del borde superior del dibujo y termina al sudeste del Pique Eloisa indica la línea de inversión del sentido del buzamiento, o sea lo que comúnmente se llama, con manifiesta impropiedad, « eje del sinclinal »; la posición de esta línea es hipotética en el cuarto boreal de la serie de crucecitas, pero ha sido determinada con regular aproximación en los tres cuartos restantes; más al sur es algo indefinida porque las capas que allí afloran presentan variaciones muy graduales en su dirección y variaciones pequeñas en la magnitud de su buzamiento. En algunos trechos, la línea de inversión del buzamiento coincide con la traza de una falla que no he marcado.

La curva punteada que he trazado en la parte central del croquis representa esquemáticamente el afloramiento de cierto estrato del Terciario que se deja reconocer fácilmente, por su espesor, por su color y por su asociación constante con otras capas de aspecto relativamente característico; he indicado este afloramiento para dar una idea de la forma general del sinclinal y de la notable diferencia en los buzamientos medios del ala occidental (muy fuertes) y del ala oriental (moderados).

La serie de circulitos que empieza entre el Pique Eloisa y la curva punteada y se continúa hacia el sur-sudeste representa esquemáticamente el afloramiento de un banco muy característico de conglomerado rojo que ha sido referido a la parte basal del « Cretácico ».

La línea de puntos y rayas representa esquemáticamente el afloramiento (supuesto continuo) de cierto banco de arenisca gris amarillenta en parte conglomerádica referible a la parte superior del « Rético ».

En realidad, los afloramientos representados por la curva punteada, la línea de circulitos y la línea de puntos y rayas están interrumpidos por numerosas fallas con corridas horizontales no despreciables; los he representado como si fueran continuos porque me resultaba imposible indicar, en la escala del croquis de la figura 1, los distintos segmentos en que las fallas los dividen.

Para dar una idea de estas dislocaciones he escogido tres áreas rectangulares que me parecen particularmente instructivas (punteadas interiormente en la figura 1) para representarlas, en escala mayor, en las figuras 2, 3 y 4.

En la figura 1 he querido dar una idea de la hidrografía basándome en los resultados de la observación estereoscópica de pares de vistas aéreas. Se notará que los valles corren, en muchísimos trechos, de nordeste a sudoeste, o sea en la dirección de las fracturas paralelas marcadas en el croquis y, además, que muchos valles que tienen su cabecera al oeste de la gran falla occidental se dirigen al comienzo hacia el sur y luego tienden a desviarse hacia el sudoeste. Esto parece corroborar la impresión que recibí en uno de los vuelos, o sea que la red hidrográfica actual, en esta región, está constituida por restos de antiguas líneas de drenaje de dirección nordeste-sudoeste que han sido conectados en tiempos muy recientes por causas locales (actividad de ciertas fallas y acentuación del plegamiento del sinclinal).

La figura 2 representa, en escala mayor (aproximadamente 1 : 3000) una parte de los afloramientos del terciario que se hallan al Nordeste del Pique Cuarenta.

Combinando los resultados de la observación estereoscópica* de

dos vistas aéreas con los datos consignados en mi libreta de compañía, he trazado esquemáticamente la disposición de ocho fallas marcadas en la figura 1 y de los afloramientos de algunos estratos fácilmente reconocibles.

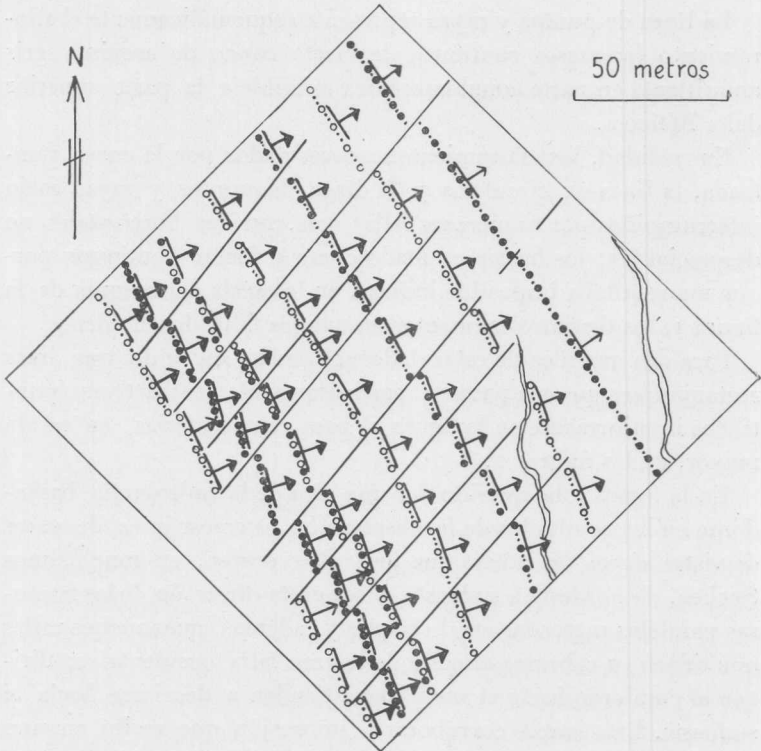


Figura 2

En el área representada en este croquis, las superficies de falla son sensiblemente planas y presentan buzamientos fuertes hacia el noroeste; el mínimo que he medido en esta área ha sido 65° , cerca del ángulo sur del croquis; el máximo ha sido 80° , algo al este del ángulo oeste. En dos de estas fallas he hallado espejos de fricción con estrías casi exactamente horizontales.

Los estratos que afloran en esta área pertenecen a la parte inferior de la serie que refiero al Terciario. Predominan areniscas, a veces conglomeráticas. Observé espejos de fricción en una arenisca arcillosa rosada.

Los afloramientos de los ocho bancos resistentes que he marcado indican, mediante sus interrupciones y sus direcciones no siempre constantes, que las intercalaciones relativamente blandas se han deformado, amortiguando el empuje; así me explico que el banco más grueso (marcado con puntos en la fig. 1) ha permanecido casi intacto, aunque los que lo flanquean a ambos lados se han deslizado de una manera perceptible a lo largo de las fallas.

Al parecer, estos deslizamientos se han producido en dirección horizontal.

En la pequeña área representada en la figura 2, la orientación de los trozos de estratos cortados por fallas es bastante uniforme; todos buzcan hacia nordeste o este-nordeste. Cerca del borde sudoeste del croquis he medido buzamientos de 60° a 75° ; cerca del borde nordeste son algo menores. La parte intermedia es inaccesible, pero el estudio estereoscópico de las vistas aéreas revela que, en general, los buzamientos son relativamente constantes en magnitud.

Se notará, en la figura 2, que los desplazamientos horizontales a lo largo de cualquiera de las ocho fallas son más fuertes cerca de los bordes sudoeste y norte del croquis, siendo relativamente pequeños en la parte intermedia; ésta corresponde a la cresta de una loma y las partes laterales a sus flancos. Han ocurrido, pues, desplazamientos mayores en las zonas de menor altitud que en la parte más elevada. Para explicar esta singularidad podemos formular tres hipótesis, a saber: 1° Los estratos que forman la cresta son más resistentes a la erosión, como también al empuje lateral; 2° La loma ya existía cuando se ha producido un empuje lateral tan fuerte como para obligar las arcillas (intercaladas entre capas resistentes) a escurrirse hacia arriba; este escurrimiento debió efectuarse en los afloramientos relativamente bajos, por cuanto más arriba estaba dificultado por el mayor peso de una columna más alta de roca; 3° El escurrimiento de las arcillas hacia arriba

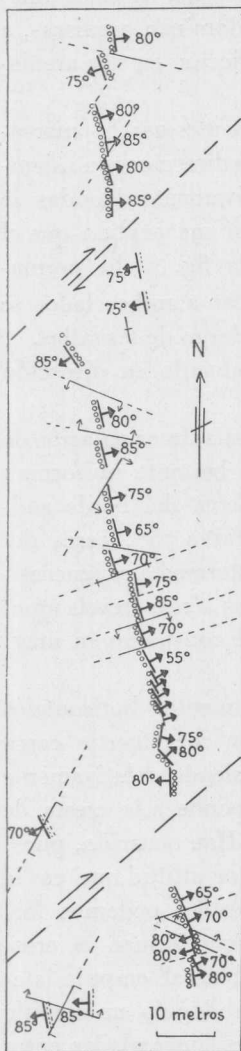


Figura 3

se produce cuando ellas están empapadas de agua hasta cierta profundidad, cosa que ocurre más difícilmente en las crestas de las lomas que en la parte inferior de los flancos, en la cual el agua encuentra condiciones más favorables para infiltrarse.

La figura 3 representa esquemáticamente la posición y la orientación de varios trozos del banco de conglomerado rojo de la parte basal del « Cretácico » (marcado con circulitos alineados) que afloran al este y sudeste del Pique Eloisa. Las líneas rectas continuas representan fallas observadas y las líneas de rayas representan fallas supuestas, o sea fallas cuya existencia y dirección han sido deducidas de la posición de los trozos del banco de conglomerado rojo y de otros estratos de aspecto característico. En los extremos del segmento de recta que representa una falla observada hay, a veces, dos flechitas que indican el sentido del buzamiento de la falla; dos trazos perpendiculares en los extremos significan que la superficie de falla es vertical. En esta figura, como también en la anterior, no está indicado cuál es el labio hundido de cada falla porque no he hallado indicio alguno de la existencia de una componente vertical apreciable; he visto cuatro espejos de fricción y he comprobado que estaban estriados en dirección aproximadamente horizontal.

Las condiciones que he representado en la figura 3 me parecen indicar que el potente banco de conglomerado rojo se ha dividido en tantos trozos porque está intercalado en una serie de capas relativamente blan-

das, en gran parte arcillosas o tobáceas. Cerca de la superficie del terreno estas capas blandas no pueden presentar una resistencia uniforme porque han sido alteradas más o menos profundamente, en distintos trechos, por los agentes meteóricos y también porque han sido atacadas en diverso grado por la erosión. Si el banco de conglomerado rojo ha sido sometido a una presión fuerte desde el oeste (donde el terreno es relativamente llano) y ha encontrado una resistencia no uniforme hacia el este (donde se levantan las lomas), debe haberse fracturado hasta cierta profundidad. Así pueden haberse formado las fallas diversamente orientadas que he indicado en la parte central de la figura 3.

Nótese que en la figura 3 aparecen las trazas de dos fallas (supuestas) que son la continuación de las trazas de fallas visibles que están indicadas en la figura 1. A lo largo de ellas se han producido desplazamientos horizontales de muchos metros. Entre estas dos fallas hay muchas otras, de distintos rumbos, que han determinado, en el mismo banco de conglomerado rojo, desplazamientos horizontales de algunos decímetros o, a lo sumo, de dos o tres metros. Podríamos distinguir, pues, en esta zona, unas fallas principales (de dirección noroeste-sudoeste) y unas fallas secundarias (orientadas en varios rumbos). Esta distinción se justificaría por dos consideraciones, a saber: 1°, la dirección uniforme de las fallas principales indica que ellas han sido producidas por fenómenos tectónicos regionales y no por irregularidades locales como aquellas a que atribuyo la formación de las fallas secundarias; 2°, las fallas principales llegan seguramente hasta profundidades relativamente considerables, pues de otra manera no podrían presentar desplazamientos horizontales de muchos metros, mientras que es difícil concebir que las fallas secundarias, que separan bloquitos de orientación tan diferente, puedan alejarse mucho de la superficie.

La parte superior de la figura 4 representa un área rectangular de aproximadamente 130 metros de largo y 65 metros de ancho en la cual he determinado, aproximadamente, la posición de seis afloramientos del banco de conglomerado rojo del « Cretácico », y de seis afloramientos del banco de arenisca gris amarillenta, en parte conglomerádica, del « Rético », que está indicado con una

línea de puntos y rayas en la figura 1. Ocho fallas, visibles en parte, dividen el área rectangular en nueve o más zonas : en cuatro de estas zonas encontramos un afloramiento de conglomerado rojo (C3, C5, C6 o C7) y un afloramiento de arenisca gris amarillenta (A3, A5, A6 o A7). La figura indica los rumbos de los buzamientos, pero no las magnitudes en grados ; los buzamientos son tan fuertes (siempre más de 75° , a veces cerca de 90°) que su medición no habría aportado datos de importancia para la solución del problema tectónico que nos interesa. Lo más notable es que la distancia entre un afloramiento de conglomerado rojo y el afloramiento de arenisca gris amarillenta de una misma zona aumenta desde norte a sur en una manera que está fuera de toda relación con las pequeñas variaciones de distancia que podrían proceder de un cambio de buzamiento entre 75° y 90° . A3 y C3 distan unos 20 metros, A5 y C5 un poco más, A6 y C6 más de 25 metros ; la distancia entre A7 y la prolongación de la « dirección » de C7 pasa de 50 metros. Las direcciones de los estratos varían entre nor-noroeste y noroeste ; los rumbos de los buzamientos normales están comprendidos entre nordeste y este-nordeste, pero donde ha habido inversión del buzamiento (como en A3, A4, A5, A6, A7 y C3) su rumbo está comprendido entre sudoeste y oeste-sudoeste.

Para interpretar las relaciones geométricas que puede haber entre los afloramientos de conglomerado rojo y de arenisca gris amarillenta podemos imaginar un modelo en escala constituido por dos hojas de papel cortadas, dobladas y dispuestas en la manera que he indicado en un estereograma que está reproducido en la parte inferior de la figura 4.

Los doce segmentos rectilíneos representan las aristas de un prisma recto de base rectangular de largo, ancho y altura proporcionales a 130, 65 y 100. Si suponemos que la base superior representa el área rectangular de la parte superior de la figura 4, entonces la longitud de las aristas verticales corresponde a 100 metros. La superficie alabeada marcada con A representa el banco de arenisca gris-amarillenta ; sus extremos superiores representan los afloramientos A3, A4, A5, A6, A7, y otros dos imaginarios que he agregado para hacer más inteligible la figura ; el extremo inferior de

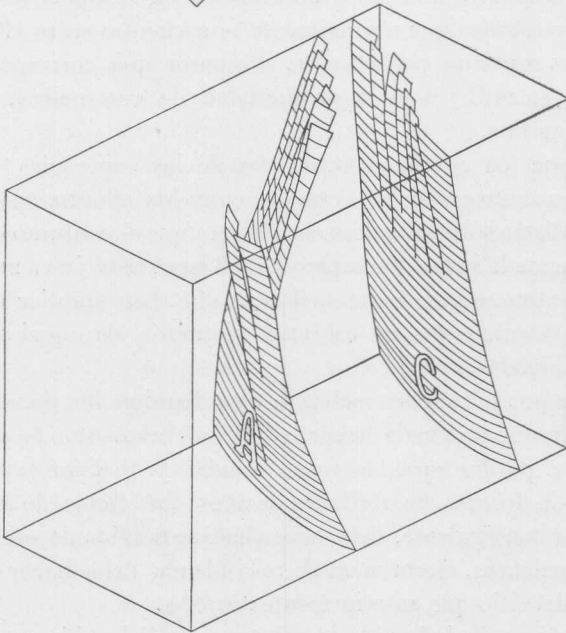
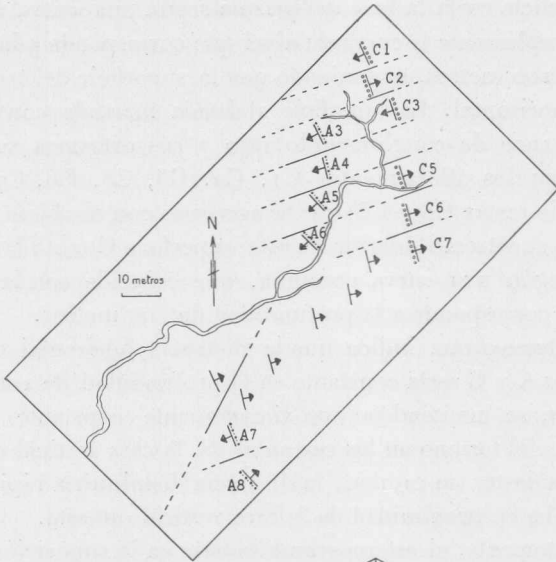


Figura 4

esta superficie corta la base del prisma según una curva continua que es simplemente la curva de nivel que corresponde a la profundidad de 100 metros, suponiendo que la superficie del terreno sea plana y horizontal. La superficie alabeada marcada con C representa el banco de conglomerado rojo y sus extremos superiores representan los afloramientos C₁, C₂, C₃, C₅, C₆, C₇ y otro imaginario (entre C₃ y C₅) que he agregado con el objeto ya mencionado: el extremo inferior de esta superficie C corta la base del prisma según una curva continua, que coincide con la línea de nivel que corresponde a la profundidad de 100 metros.

Este estereograma indica que la distancia horizontal entre las superficies A y C sería constante en la profundidad de 100 metros y también se mantendría aproximadamente constante hasta la superficie del terreno en las cercanías de la cara vertical que mira hacia el sudeste; en cambio, la distancia disminuiría rápidamente hacia arriba en proximidad de la cara vertical opuesta.

Evidentemente, el estereograma se basa en la suposición de que la serie de estratos que normalmente se encuentra entre C y A posee, en las zonas no perturbadas, el espesor que corresponde a la distancia entre C y A en la profundidad de 100 metros, o sea de unos 55 metros.

Para que los extremos superiores de las superficies A y C se aproximen tanto como ha ocurrido entre los afloramientos A₃ y C₃, que distan sólo 20 metros, se requiere que el conjunto de rocas relativamente blandas que separa A de B haya reducido a 20 metros su espesor que originariamente llegaba a 55. Esto implica una considerable disminución del volumen originario de aquel conjunto de rocas blandas.

¿Cómo puede haberse realizado esta disminución de volumen?

Es claro que no puede haber habido un aumento de densidad apreciable, porque aquellas rocas blandas ya habían experimentado, desde decenas de millones de años, los efectos de la diagénesis. Por consiguiente, debe haber habido pérdida de substancia; en otras palabras, cierta masa de roca blanda debe haber sido expulsada del sitio que anteriormente ocupaba.

¿Adónde puede haber ido la substancia que ha sido expulsada?

Seguramente no ha podido migrar ni hacia el oeste ni hacia el este, porque en estos sentidos habría debido vencer el máximo de la presión. Es improbable que haya podido cruzar sin dejar rastros llamativos (que nadie ha señalado) las numerosas fallas que corren del nordeste a sudoeste o de este-nordeste a oeste-sudoeste. Por consiguiente, debe haberse desplazado hacia arriba. Puede no haber ocasionado ningún relieve perceptible porque la erosión es capaz de remover en breve grandes cantidades de materiales blandos.

¿Qué pruebas tenemos de la posibilidad de expulsiones hacia arriba de intercalaciones relativamente blandas?

Hay cientos de ejemplos debidamente comprobados de erupciones de arena o de arcilla (generalmente acompañadas por mucha agua) que se han producido durante terremotos; varios casos han sido señalados aun en la provincia de Mendoza.

¿Por qué la expulsión hacia arriba de materiales blandos se habría producido justamente en la parte boreal del área rectangular representada en la parte superior de la figura 4?

Es posible que ello tenga su causa principal en el pequeño curso de agua temporario que sigue la dirección de los estratos en la parte boreal del área rectangular que consideramos y que más al sur atraviesa oblicua o normalmente la dirección de los estratos; sin duda, el agua que corre a lo largo de los afloramientos de estratos arcillosos, arenosos o tobáceos tiene mejores oportunidades para penetrar en ellos y empaparlos hasta cierta profundidad. Una vez que estén empapadas de agua, las arcillas presentan un grado de plasticidad suficiente como para desplazarse con cierta facilidad.

Las consideraciones que anteceden justifican, en mi opinión, la presentación de la hipótesis que he tratado de aclarar mediante el estereograma de la figura 4. No hay que olvidar que este estereograma es puramente demostrativo, como ya lo indica el hecho de que al confeccionarlo he prescindido de considerar las diferencias de altitud entre los varios afloramientos, aunque ellas llegan a más de diez metros (la equidistancia de las curvas de nivel de las superficies A y C es 3,33 metros); dado los fuertes buzamientos, las diferencias de altitud no pueden tener influencia sensible sobre la

configuración de dichas superficies; en cambio, la construcción del estereograma habría resultado muy difícil si la superficie superior no hubiera sido plana y horizontal.

Huelga decir que las profundidades en que, en el estereograma, desaparece una u otra falla son totalmente hipotéticas; sólo he querido representar en forma clara una hipótesis que creo nueva y que me parece aceptable.

La figura 5 indica esquemáticamente cómo pueden haberse producido las diaclasas de dirección nordeste y cómo luego ellas pueden haberse transformado, en parte, en fallas. Nótese que esta figura debe considerarse como la expresión gráfica de una de las varias hipótesis posibles.

IX. CONCLUSIONES

En la parte austral del sinclinal de Salagasta hay lugares en donde los estratos más superiores del « Rético », los estratos del « Cretácico » y los estratos más inferiores del « Terciario » están interrumpidos por muchas fallas sin desplazamiento vertical perceptible y con desplazamiento horizontal no despreciable. El espesor de los grupos de estratos relativamente blandos varía de una manera más o menos considerable de un lado y otro de las fallas; esto ocurre tanto en la parte más alta del « Rético » y en la base del « Cretácico » como también en la parte inferior del « Terciario ». Al parecer, las rocas algo plásticas han sido exprimidas hacia arriba, por efecto de un empuje horizontal desde el oeste. El comportamiento de estas rocas plásticas ha impedido, en muchos casos, que los movimientos horizontales a lo largo de las fallas se propagaran hacia el este, donde efectivamente ellas son menos numerosas. Hay motivos para creer que la magnitud de los desplazamientos horizontales a lo largo de las fallas decrece a medida que aumenta la profundidad, y que en profundidades moderadas (algunas decenas o pocos cientos de metros) pueden desaparecer del todo.

En muchas de las fallas de dirección nordeste que he observado

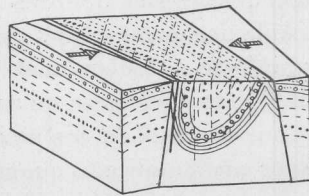
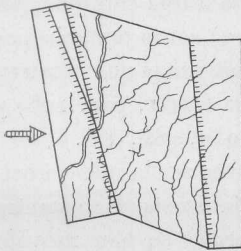
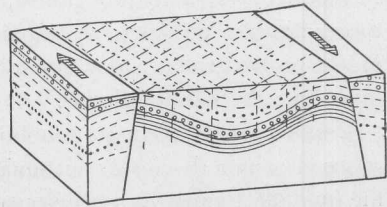
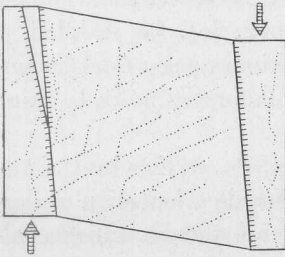
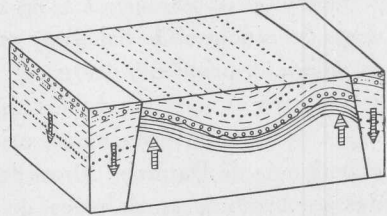
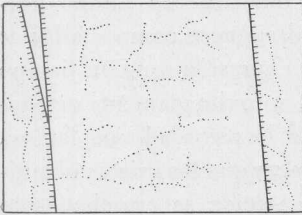
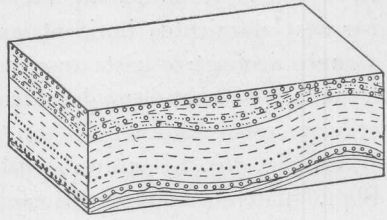
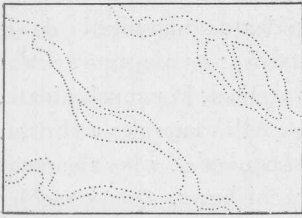


Figura 5

en el ala occidental del sinclinal de Salagasta he podido comprobar desplazamientos horizontales de moderada magnitud (desde algunos decímetros hasta unos quince metros); en ninguna de ellas he hallado pruebas de un desplazamiento vertical. Por consiguiente, creo que estas dislocaciones son típicas « fallas laterales » (Fossa, 1936, pág. 76). La expresión falla lateral equivale: a las alemanas Blatt, Blattverschiebung, Horizontalverschiebung, Querverschiebung, Seitenverschiebung; a la francesa Décrochement; a las inglesas Heave fault, Transcurrent fault, Strike-slip fault y Flaw.

Podemos preguntarnos si las fallas y diaclasas de rumbo nordeste del sinclinal de Salagasta pueden designarse como « fallas de torsión ». A propósito del origen de esta expresión (que un tiempo se aplicaba al conjunto de dos sistemas, aproximadamente ortogonales, de fallas uniformemente orientadas) he recordado una famosa experiencia de Daubrée. Ahora debo agregar que las grietas obtenidas por Daubrée en su placa de vidrio torcida se cruzaban sólo en apariencia, pues uno de los dos sistemas se hallaba en una cara y el otro en la cara opuesta, cosa que ocurre necesariamente cuando se repite el experimento (Leith, 1923, pág. 40). En realidad, al torcer la placa de vidrio se originan tracciones y son éstas las que producen las grietas; por consiguiente, la torsión no es la causa inmediata del agrietamiento.

Desde 1919 en adelante mucho se ha escrito, en Estados Unidos, sobre el origen de ciertos sistemas de fallas de orientación uniforme que allá llaman « en echelon » y que no difieren substancialmente de aquel de Salagasta. Actualmente se cree que pueden originarse tanto por una verdadera torsión debida a una combinación particular de fuerzas verticales (Sherrill, 1929) como también por una cupla horizontal (Fath, 1920); claros diagramas que ilustran estas hipótesis se hallan en el libro de Nevin (1931, pág. 105) y han sido reproducidos en un artículo mío (1939, pág. 42).

En nuestro caso, la hipótesis de Fath parece ser la más verosímil, por cuanto sabemos que el sinclinal de Salagasta se encuentra entre dos grandes fallas; si los bloques laterales se han movido horizontalmente en sentido opuesto (el occidental hacia el norte, el oriental hacia el sur) el frotamiento contra el bloque del me-

dio puede haber determinado la formación de la cupla requerida.

Las fallas ilustradas en esta nota pueden llamarse *fallas de torsión*, pero no pertenecen a ninguno de los tipos que he visto designados con este nombre. En nuestro caso, las superficies de falla son sensiblemente planas y aproximadamente paralelas. La torsión ha afectado a los estratos más resistentes; cada trozo delimitado por dos fallas sucesivas ha sido torcido, adquiriendo una forma comparable a la de un helicoide recto de paso muy largo y de eje, en general, no vertical.

Tengo la impresión de que este tipo de fallas es muy común en la parte austral del ala occidental del sinclinal de Salagasta; pero los desplazamientos horizontales a lo largo de estas fallas, cuyas trazas siempre corren del sudoeste a nordeste, son relativamente fuertes cerca del borde occidental del sinclinal, débiles o nulos en el medio y en el ala oriental. En otras palabras, el sinclinal está atravesado por un sistema de diaclasas más o menos paralelas que en su parte occidental y austral se transforman en fallas. Esto se puede explicar de la manera siguiente: en un primer tiempo, antes de que el sinclinal se hubiera hecho tan agudo como ahora, se formó un sistema de diaclasas paralelas que posiblemente atraviesan todo el ancho del sinclinal. Luego se produjo una presión, de oeste a este, que determinó un plegamiento mas fuerte y, al mismo tiempo, expulsó hacia arriba una parte del material relativamente plástico (arcilloso) intercalado entre bancos resistentes; esto ocurrió mediante escurrimientos a lo largo de superficies de estratificación. Este movimiento hacia arriba del material de algunas intercalaciones arcillosas absorbió, en parte, la energía del empuje horizontal, actuando como un amortiguador. Por esta razón la presión de oeste a este ha dejado rastros evidentes sólo en la parte occidental del sinclinal.

De las observaciones y consideraciones expuestas en esta nota podemos deducir algunas consecuencias de importancia práctica para el geólogo que deba estudiar el ala occidental del anticlinal de Salagasta:

1ª La orientación de un estrato medida en un afloramiento puede

ser muy diferente de la que tiene en la profundidad a la cual no llegan las fallas (véase la parte inferior de la fig. 4).

2ª La dirección de un estrato medida en un afloramiento puede diferir mucho de la dirección general de la sucesión de afloramientos de aquel mismo estrato (véase la parte occidental de la fig. 2 y la mitad austral de la fig. 3).

3ª El espesor de una determinada serie de estratos (aun si ellos se han depositado en absoluta concordancia y con un paralelismo perfecto) puede variar considerablemente cerca de la superficie (véase fig. 4). En cierta profundidad, este espesor puede mantenerse constante, y entonces nunca es menor del espesor máximo medido directamente en los afloramientos o deducido de medidas efectuadas en la superficie del terreno.

Buenos Aires, 22 de abril de 1942.

OBRAS CITADAS

- BODENBENDER, G., *El carbón rhético de Las Higueras en la Provincia de Mendoza*, en *Bol. Acad. Nac. Ciencias Córdoba*, XVII, 139-160, Buenos Aires, 1902.
- «Cales y Cementos Argentinos, Lda. (Compañía de Minas)», *Memoria y Balance presentados a la Asamblea General de Accionistas*, Buenos Aires, 1910.
- DAUBRÉE, A., *Les eaux souterraines à l'époque actuelle*, tomo I, París, 1887.
- FATH, A. E., *The origin of faults, anticlines and buried granite ridges of the northern part of the Mid Continent oil and gas field*, en *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 128-C, 75-84, Washington, 1920.
- FOSSA-MANCINI, E., *Cómo Y. P. F. descubrió petróleo en Tupungato*, en *Bol. Inform. Petrol.*, XI, n° 124, 53-76, Buenos Aires, 1934.
- *Fallas actualmente activas en la Sierra del Morado (Provincia de San Juan)*, en *Bol. Inform. Petrol.*, XIII, n° 141, 65-138, Buenos Aires, 1936.
- *Las investigaciones geológicas de Y. P. F. en la Provincia de Mendoza y algunos problemas de estratigrafía regional*, en *Bol. Inform. Petrol.*, XIV, n° 154, 51-118, Buenos Aires, 1937.
- *Terremotos y yacimientos de petróleo*, en *Bol. Inform., Petrol.*, XVI, n° 176, 23-50, Buenos Aires, 1939.
- *Los caracteres paleontológicos del Rético en la Argentina y en Chile según H. Gerth*, en *Notas del Museo de La Plata*, V, Geol., n° 11, 261-293, Buenos Aires, 1940.
- GROEBER, P., *Datos geológicos (sobre la Provincia de Mendoza)*, en *Aguas Minerales de la República Argentina*, vol. VII, 39-46, Buenos Aires, 1937.
- *Mapa geológico de Mendoza*, en *Physis*, XIV, n° 46, 171-220, Buenos Aires, 1939.
- *Constitución geológica de La Rioja*, en *Aguas Minerales de la República Argentina*, vol. VI, 17-30, Buenos Aires, 1940.
- HARRINGTON, H. J., *Investigaciones geológicas en las Sierras de Villavicencio y Mal País, Provincia de Mendoza*, en *Dir. Gen. Minas, Bol.* n° 49, Buenos Aires, 1941.
- HÖFER VON HEIMHALT, H., *Die Verwerfungen*, Braunschweig, 1917.
- HUERGO, L. A., *El carbón y la Compañía Hullera de Salagasta*, en *Geología y Minas*, I, 14-25, 105-121, 191-233, Buenos Aires, 1906.
- KEIDEL, J., *Ueber den Bau der Argentinischen Anden*, en *Sitzungsber. K. Akad. Wiss., Math.-Naturw. Cl.*, CXVI, parte I, 649-674, Wien, 1907.
- *Informe sobre los trabajos efectuados por la Sección Geología de la División de Minas, Geología e Hidrología en los años 1906, 1907 y 1908*,

- en *Memoria de la División de Minas, Geología e Hidrología-1908*, en *An. Min. Agr., Secc. Geol. Miner. y Minas*, V, n° 2, 26-77, Buenos Aires, 1910.
- KEIDEL, J., *Sobre los progresos en la exploración geológica de la República Argentina, Guía para la Exposición de Turín-1911*. (No están indicados el lugar y la fecha de impresión).
- (*Discusión sobre la posición estratigráfica de los estratos rojos de la Provincia de Tucumán*), en *Actas de la Primera Reunión Nacional de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales, Tucumán, 1916; Sección Geología, Geografía y Geofísica*, 137-144, Buenos Aires, 1918.
- LEITH, C. K., *Structural Geology*, 2ª edición, New York, 1923.
- PASTORE, F., *Descripción geológica de la Provincia de Córdoba*, en *Aguas Minerales de la República Argentina*, IV, 23-49, Buenos Aires, 1938.
- SHERRILL, R. E., *Origin of Eu Echelon faults in North Central Oklahoma*, en *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.* XIII, n° 1, 31-37, Tulsa, 1929.
- SIMPSON, G. G., *The Eocene of Patagonia*, en *American Museum Novitates*, n° 1120, New York, 1941.
- SMITH, J. L. B., *A living fossil (Latimeria chalumnae J. L. B. Smith)*, en *Ann. Rep. Smithsonian Institution - 1940*, 321-327, Washington, 1941.
- STAPPENBECK, R., *La Precordillera de San Juan y Mendoza*, en *An. Min. Agr., Secc. Geol. Miner. y Minas*, IV, n° 3, Buenos Aires, 1910.
- TAPIA, A., *Descripción geológica de la Provincia de Catamarca*, en *Aguas Minerales de la República Argentina*, III, 21-75, Buenos Aires, 1941.
- WICHMANN, R., *Datos geológicos sobre la región de Salagasta*, en *Dir. Gen. Minas, Geol. Hidrol.*, Publicación n° 37, Buenos Aires, 1928.
- WINDHAUSEN, A., *Geología Argentina, Primera Parte*, Buenos Aires, 1929.
- *Geología Argentina, Segunda Parte*, Buenos Aires, 1931.