

REVISTA
DE LA
ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

Tomo III

Abril de 1948

Nº 2

CUADRO TECTONICO DEL VALLE DE PUNILLA *

Por WOLFGANG GROSS

INTRODUCCIÓN

El Valle de Punilla, tema del presente trabajo, constituye, sobre todo en su parte oriental, una de las zonas de turismo más renombradas del país. Huelga, pues, explayarse acerca de su ubicación geográfica. He aquí los puntos límites de la zona estudiada que, en ciertas partes (especialmente al noroeste), sobrepasa en algo los confines naturales de nuestro Valle: La Cumbre (y Capilla del Monte), al norte; la línea cumbre de la Sierra Chica, al este; San Antonio y Copina al sur; Los Gigantes y el Cerro Characato, al oeste. Queda encaadrada dentro de los Departamentos Santa María, Punilla y Cruz del Eje y sus dimensiones son de unos 70 km de largo por 20-40 km de ancho.

Todos los datos geográficos de interés, el lector los encuentra en el croquis adjunto y, más completamente, en las hojas 19*i*, 20*i*, 21*i*, 20*h* y 21*h* de la *Carta Geológico-Económica de la República Argentina* en escala 1 : 200.000 (editada por la Dirección General de Minas y Geología, Buenos Aires). De éstas, ya se ha publicado el relevamiento geológico de las hojas 19*i* y 20*i*, realizado por F. Pastore. Habría sido imposible o, a lo menos, muy difícil realizar la investigación aquí comunicada, sin la base de los levantamientos topográficos y geológicos precisados.

Relativamente numerosos son los autores que trabajaron en las Sierras ¹ de Córdoba, y es sobre todo en tiempos muy recientes cuando el carteo geológico de las hojas 20*h* y 21*h* de la citada *Carta*, ejecutado por J. Olsacher, así como la realización de varios trabajos de tesis, han

* Constituye, el presente, parte de un trabajo más extenso, intitulado *El Valle de Punilla — Morfología y Tectónica. Contribución a la orogénica de las Sierras Pampeanas*, y que se presentó como tesis doctoral ante la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

¹ Empleo el término de « Sierras de Córdoba », cuando me refiero a ellas como integradas por diversas cadenas; y « Sierra », cuando las considero como unidad.

dado motivo de ocuparse con aquellas regiones de nuestras Sierras, menos accesibles y poco conocidas hasta la actualidad.

Sin embargo, abstracción hecha del breve trabajo morfológico de O. Schmieder (41), otro alguno específicamente se ocupa con las cuestiones que se propone el presente. Motivo de encargarme su ejecución, han sido ciertas observaciones de existir, en el ámbito de la llamada «Sierra Grande», grandes dislocaciones no descritas hasta ahora ¹. Relevarlas y estudiar su influencia sobre la conformación superficial del terreno, así como elaborar, en lo posible, los procesos tectónicos que las generaron, han sido los principales objetos perseguidos.

Antes de entrar en el tema propiamente dicho, me siento impulsado a expresar el agradecimiento que profeso hacia cuantos me ayudaron durante la ejecución de mi trabajo.

En primer lugar, debo citar a mi amigo paternal, el profesor doctor P. Busse Grawitz (Córdoba), sin cuya ayuda material y moral habría sido imposible realizarlo.

Mis profesores, doctores J. Olsacher y O. Schlagintweit, quienes me encargaron la ejecución del presente estudio, siguiendo con interés su desarrollo, me dieron numerosísimas sugerencias, me ayudaron a desentrañar problemas y me permitieron generosamente el uso, libre de restricciones, de sus respectivas bibliotecas. Además, el segundo de los nombrados me guió en numerosas excursiones y, aparte de los gratos e inolvidables recuerdos que éstas me han proporcionado, del rico caudal de su larga experiencia práctica, me surtió, enseñándome a observar, del «instrumental» indispensable para todo trabajo científico.

Gracias a la mediación del doctor R. Lambert, Subdirector de Geología (Buenos Aires), obtuve parte del material topográfico, difícilmente accesible en ese entonces.

El profesor doctor L. Picard, Departamento Geológico de la Universidad Hebrea de Jerusalem, en ocasión de una breve visita a nuestras Sierras, expresó la posibilidad de que el Valle de Punilla tuviese carácter de fosa tectónica bilateral. Gentilmente me remitió diversos trabajos que me han permitido establecer comparaciones con otras regiones de la Tierra y extraer importantes conclusiones acerca de la nuestra.

Los señores R. y T. Sahade (Córdoba), propietarios de la estancia «Al Pie del Potrero» (hoy «Las Mercedes»), me hospedaron durante varias semanas y me brindaron toda la ayuda posible.

Lo mismo cabe mencionar acerca del ingeniero E. J. Fleurent (Córdoba), propietario de la estancia «Santa Rosa», quien en su calidad de ex ayudante de R. Beder mostró vivo interés por mi trabajo.

¹ A. Windhausen (46, pág. 53) reproduce un perfil de R. Beder que marca algunas de estas zonas de fracturación. Dicho perfil, empero, antes no fué publicado por este último, ni descrito, en ninguno de sus trabajos.

Los señores A. Cohn (Altos de San Pedro, Huerta Grande) y E. Olivera (La Falda y Mula Muerta) — grandes conocedores de nuestras Sierras — a más de hospedarme liberalmente, me guiaron en numerosas excursiones, contribuyendo así eficazmente al éxito de la presente investigación.

A ellos y a tantos otros, ¡ cordiales gracias !

Descripción de los elementos tectónicos integrantes del Valle de Punilla y sus adyacencias

I. ALGUNAS CONSIDERACIONES GENERALES

Semejante a las demás unidades que componen el Sistema de las Sierras Pampeanas, la de Córdoba está constituida por un núcleo granítico (alargado en dirección NS) rodeado por manto de rocas metamórficas. Como tercer elemento caracterizante sobrevienen los Estratos de Paganzo, pertenecientes al Sistema de Gondwana. En Córdoba son de difusión relativamente escasa: faltan casi del todo en la sección central de las Sierras; los afloramientos importantes se hallan en el norte (Ongamira) y el sur (Sierra de los Cóndores). En los bolsones interserranos, los Estratos de los Llanos se disponen sobre los arriba mencionados en discordancia erosiva o concordancia y transgresivamente sobre el zócalo cristalino. Abstracción hecha del acarreo moderno, la pila sedimentaria es rematada por los Estratos Calchaqueños que, empero, en Córdoba no parecen existir, al menos sus posibles afloramientos son muy escasos e inseguros.

No entra en los propósitos del presente trabajo estudiar detenidamente y en todos sus aspectos las rocas de nuestra región. Aquí sólo interesa lo concerniente a los rasgos tectónicos. Pero muchos de los problemas que éstos presentan, únicamente obtienen su solución con ayuda de otras ramas de la geología, y en especial de la estratigrafía. Según los resultados a que arriben, se hará también la interpretación tectónica.

Son sobre todo los problemas relacionados con la edad del granito de Achala y la correlación estratigráfica de las rocas sedimentarias, los que se oponen más al esclarecimiento de la historia geológica de la Sierra de Córdoba. Para el segundo complejo de cuestiones, remitimos a la literatura especial y pasaremos, en seguida, a examinar sucintamente los resultados de investigación acerca del granito. Ésta, lejos de hallarse concluida, parece entrar actualmente en fase nueva.

Hasta lo presente, para las intrusiones graníticas en las Sierras Pampeanas, de dimensiones tan notables, se viene aceptando la edad devó-

nica (46, pág. 114; 28, pág. 52; 30 a, etc.), aunque ha habido siempre autores que se inclinaran en favor del origen precámbrico (p. ej. 16). La primera hipótesis descansa sobre argumentos muy débiles, si bien, justo es reconocerlo, está completamente dentro de lo posible y no se halla en pugna con ninguno de los hechos observables. También es lógico pensar que deban existir intrusiones relacionadas con aquella orogénesis antigua que dió origen a los esquistos cristalinos y quizá las tenemos en los cuerpos de «gneis central» descritos por A. Stelzner (42), G. Bodenbender (6 y 7), H. Gerth (16), E. Rimann (38) y W. Penck (32, pág. 74).

Entiendo que es a W. Penck a quien corresponde el mérito de haber señalado, el primero, la existencia, dentro del área de las Sierras Pampeanas, de intrusiones graníticas de diferente edad: distingue entre las antiguas, concomitantes de la orogénesis antigua (32, pág. 86 y sigs.) y las «andinas» del Famatina (pág. 316 sigs.).

En un trabajo muy reciente, A. Heim (20) menciona la probable existencia, en la Sierra de Paganzo, de un contacto intrusivo entre el núcleo granítico y la cubierta sedimentaria (Estratos de Paganzo) suprayacente. De modo indubitable, dicho autor observó fenómeno análogo en la Sierra de Molle o de Cerro Blanco (19). Luego, es probable que en el Sistema de las Sierras Pampeanas existan batolitos graníticos de edades diferentes.

Volviendo, ahora, a la consideración de nuestro granito de Achala (compárese 28, págs. 45-52), ha de decirse lo siguiente:

1. El granito no acusa, en ninguna parte según sepamos, relaciones con la Serie de Gondwana. Ellas tal vez existan al norte de Capilla del Monte. Pero toda la zona está muy cubierta por acarreo moderno que, naturalmente, dificulta mucho la investigación.

2. El granito de Achala acusa, en algunas zonas marginales, especialmente de apósis, cierta esquistosidad, pero, en cambio, ningún otro síntoma de presiones sufridas (cataclasis, extinción ondulada). Empero, sí lo hacen los cuerpos aplíticos de la Sierra Chica (intensa cataclasis y cierta equistosidad). Sin embargo, parece inverosímil que estos fenómenos sean análogos a los observados por Penck (32, p. 101). Por el hecho de que, en el caso nuestro, tan sólo ocurren en porciones *marginales* del batolito, o bien en cuerpos pequeños, enclavados entre el gneis, puede inducirse que los citados fenómenos no son nada más que la consecuencia de la presión y reacción ejercidas por el cuerpo intruyente y el gneis de la caja, respectivamente.

3. Uno de los resultados más importantes del presente estudio consiste, según se verá más adelante, en que el granito de Achala está fracturado por dislocaciones de gran magnitud y, por encima de toda duda, de edad bastante reciente. Como éstas son consecuencia de la orogénesis moderna (andina), se impone que el granito ha de ser anterior a la misma.

Como se ve, por el momento, este dilema no puede ser resuelto.

La *composición litológica* de nuestra región, *esencialmente uniforme*, sobre todo desde el punto de vista de la resistencia contra los procesos exógenos, hace que no se presente la dificultad, muchas veces hallada en regiones litológicamente heterogéneas, de la distinción entre *fault scarps* (escarpas de dislocación), *fault-line scarps* (escarpas erosivas, localizadas sobre antiguas líneas de dislocación y debidas a que allí establecen contacto mutuo rocas de resistencia marcadamente distinta) y escarpas puramente erosivas. Por otro lado, la carencia de elementos de juicio estratigráficos, a veces dificulta grandemente, y aun imposibilita, la interpretación de las formas, sobre todo allí donde falta la milonitización (sea de modo primario o por efecto de procesos erosivos), que es elemento de juicio seguro para deducir el haber tenido lugar dislocación.

La línea estructural *litológica* más importante es la que determina el límite entre gneis y granito. *Morfológicamente*, empero, ella no resalta. Con perfección diagramática se visualiza este hecho mirando desde cierta altura de la pendiente occidental de la Cumbre del Perchel, arriba de Los Talas, puesto situado al pie de ésta, hacia la Mesa de la Mula Muerta (es decir, hacia sudoeste). Este pequeño *horst* (o abovedamiento) es atravesado por aquel límite (transversal boreal). Ningún dibujo esquemático podría representar más claramente la intersección del plano inclinado hacia el sur, con que el granito parece sobreponerse al gneis y que se destaca tan bien gracias a los distintos matices de las formaciones que lo limitan (el gneis, al norte, aparece más oscuro que el granito, al sur), por un lado, y de la caída abrupta — como cortada por cuchillo — de la Mesa hacia nordeste, por el otro. Ni en el perfil, ni en la superficie misma de la Mesa, plana en la acepción literal de la palabra, es dable observar alguna interrupción del relieve, causada por una posible diferencia en el comportamiento de las dos rocas frente a los procesos de degradación.

De esta observación, que puede repetirse en otros lugares apropiados de nuestras Sierras, se infiere que *gneis y granito poseen la misma resistencia* (« *Widerständigkeit* ») *respecto de los procesos exógenos operantes en nuestra región*, hecho señalado, en forma más general, ya por W. Penck (33, pág. 163).

De lo dicho se entrevé que el tamaño de la masa plutónica parece disminuir hacia abajo. Su contacto transversal *a u s t r a l*, que corre por el Champaquí y puede muy bien observarse desde el valle longitudinal de Nono, muestra análogo comportamiento, es decir, buza hacia *n o r t e*.

El granito aparece, pues, como yaciendo encima del gneis, el cual haría las veces de « fondo » o « base » de la intrusión. Como ésta, por otra parte, parece, en grandes rasgos, estar en concordancia con su

manto de rocas metamórficas, podrían surgir dudas respecto de si el granito de Achala realmente corresponde al tipo de « batolito » (como lo define, por ejemplo, R. A. Daly (13, pág. 112 sigs.) o, más bien, al del « lacolito » o « conolito » (*Ibid.*, pág. 81 sigs. y 105-106). Cobra importancia esta cuestión, en vista de que J. Rassmuss (37, pág. 6-7) habla de « lacolitos » en las Sierras Pampeanas. (A. Peirano manifiesta ideas en cierto modo parecidas (30, pág. 9). Su dilucidación suministraría, probablemente, criterio importante para elaborar la orogénesis antigua de nuestro sistema montañoso.

Pero para lograr conclusiones seguras se requiere antes conocer los contactos de rumbo meridiano, este y oeste, sobre los que nada sabemos todavía debido, posiblemente, a las desfavorables condiciones estructurales y topográficas que impiden su observación.

Si el granito, en la mayoría de las Sierras Pampeanas, ocupa sus partes cretales, ello *única y exclusivamente se debe a causas tectónicas*, hecho ya señalado por L. Brackebusch (10, pág. 178), G. Bodenbender (5, pág. 105) y explicado por W. Penck (32, pág. 95). Las observaciones que preceden contribuyen a fortificar tal concepto. No es, pues, su mayor resistencia — no existente, según hemos visto — la que hace destacarse dicha roca sobre el nivel general.

Este hecho nos permite extraer una conclusión muy importante. Si, por una parte, aceptamos que el relieve actual de las Sierras Pampeanas está condicionado por fallas y, por el otro, siempre las intrusiones graníticas ocupan los niveles más altos, *la fracturación no puede representar el proceso orogénico primordial*. Muy al contrario, no ha de constituir sino la *consecuencia*, subordinada a otro proceso tectónico de alcances mayores. Al actuar éste, el conjunto heterogéneo de las rocas reaccionará de modo distinto, según sus cualidades físicas peculiares, el granito destacándose en masas cuspidales. Es decir: no serán las fallas las que determinarán el emplazamiento de altos y bajos, ascensos y descensos, sino, a la inversa, los ascensos y descensos determinarán la ubicación de las dislocaciones en planos de debilidad preexistentes. Es a W. Penck a quien corresponde el mérito de haber llegado, el primero, a esta conclusión, aunque por argumentos diferentes.

Si el granito, frente a la degradación, resiste igual que el gneis, no sucede lo mismo con sus derivados pegmatíticos y aplíticos, que muestran resistencia considerablemente mayor y resaltan morfológicamente, tanto sobre el granito como sobre el gneis.

En el área granítica, muchas *pegmatitas* muestran, sobre todo en masas mayores, gran enriquecimiento del cuarzo a expensas de feldespato y mica. Parecen corresponder a una fase póstuma, cuando la consolidación del granito ya había llegado a ser muy completa. Tal vez bajo la influencia de movimientos orogénicos se originaron fracturas, algunas

dicó alguna atención. Los resultados ¹ dan lugar a las siguientes inducciones:

1. Existen diaclasas en todas las direcciones posibles. El rumbo predominante en las diversas zonas varía entre los 100-130° ² (ESE-WNW), preponderancia que es absoluta e indubitable. Ningún otro valor lo alcanza de cerca. Síguenle en importancia los valores comprendidos entre los 360° y 20° (NNE-SSW), pero su número es considerablemente inferior.

2. Debemos abstenernos de ensayar una clasificación genética de los diferentes sistemas de diaclasas, pues nuestros conocimientos resultan insuficientes desde todo punto de vista. Por otra parte, O. Braccacini tampoco la intenta y se limita a la clasificación geométrica en diaclasas verticales, transversales y horizontales. Para una clasificación genética deberían conocerse los siguientes 4 factores principales:

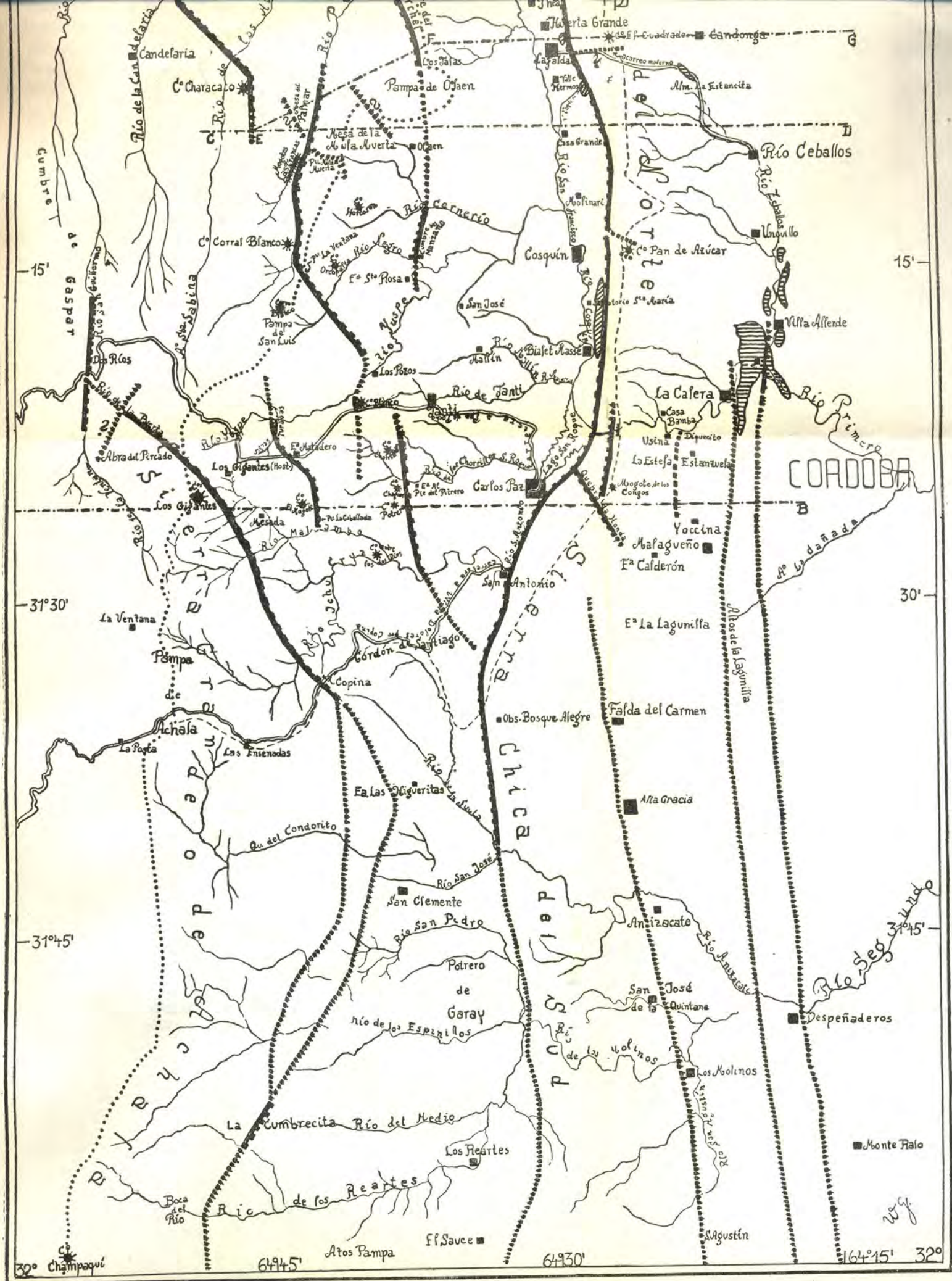
a) Las *cualidades intrínsecas* de las diaclasas: *rumbo* y *buzamiento*. En mis itinerarios, generalmente largos, no disponía de tiempo para medir y contar minuciosamente todas las diaclasas en un área dada (además, ellas constituían tan sólo uno de los puntos por estudiar, ni el más importante). Por eso, comúnmente seguí la práctica de medir, a lo largo del itinerario, aquellas que más se destacaban morfológicamente, las *abiertas* (*Spalten* — en contraposición a las cerradas, fisuras o diaclasas propiamente dichas, llamadas *Klüfte* en la terminología de H. Cloos). Las diaclasas abiertas casi siempre son más o menos verticales. Las diversamente inclinadas no faltan; pero, aparte de no influir apreciablemente sobre las formas del terreno, por lo general son escasas, y ciertas observaciones parecen indicar que sólo abundan relativamente en *cortes artificiales*, debido a su menor estabilidad frente a los procesos de degradación. No así las paredes verticales que, en terreno tan coherente como lo es el granito, parecen ser muy estables. Además, aun en las diaclasas inclinadas el buzamiento casi siempre es muy empinado de modo que para nuestros fines puede no tenérselo en cuenta. En las diaclasas *cerradas* generalmente es imposible averiguar siquiera la dirección general del buzamiento.

En cuanto al *tamaño relativo*, naturalmente, las diaclasas más largas (y hondas) suelen corresponder (aunque no siempre) al sistema predominante.

b) *Relación geométrica con el cuerpo o unidad geológica que les sirve de « substratum », con la textura del mismo (especialmente con la textura pa-*

¹ Para ahorrar espacio, no se publican las rosas de diaclasas preparadas para el trabajo original, que tampoco son indispensables. Por la misma razón, este resumen se da muy abreviado.

² Súmense +5°55' en concepto de declinación magnética.



1, Fajas de dislocación; 2, fajas probables de dislocación; 3, estratos de Gondwana, según F. Pastore (en el croquis sólo se han registrado los afloramientos visitados); 4, estratos de Los Llanos; 5, divisoria principal de las aguas de la Sierra de Córdoba; 6, divisoria secundaria de las aguas de Punilla; 7, traza de los perfiles de la figura 19 del texto. El dentado de las dislocaciones indica el labio topográficamente inferior.

ralela si la hubiere) y con rasgos tectónicos posteriores (a la consolidación): Faltan datos definidos. Según O. Bracaccini, los sistemas principales de diaclasas, E-W y N-S, concuerdan con las direcciones, idénticas, de las estructuras fluidales más importantes. Pero dichos sistemas, según más arriba se ha expuesto, no parecen desempeñar sino papel subordinado.

c) La *distribución relativa* de los diversos sistemas de diaclasas, según nuestros conocimientos deficientes permiten apreciarlo, en grandes rasgos parece ser bastante uniforme sobre toda el área recorrida. Las diaclasas abiertas adquieren difusión y desarrollo verdaderamente notables en ciertas zonas (v. gr. Los Gigantes), donde muy probablemente se relacionan con procesos tectónicos modernos, y son más escasas en otras. En cambio, las fisuras abundan doquiera y aparecen distribuidas más o menos uniformemente sobre todo el cuerpo plutónico. Según H. Cloos (12, pág. 221), de varias direcciones, las diaclasas abiertas suelen mostrar preferencia por una. Este decididamente es el caso aquí, donde las diaclasas abiertas más notables y más numerosas siguen el rumbo de 110-130°.

d) *Procesos que pueden haberle dado origen*: O. Bracaccini (9, pág. 103) implícitamente supone que todas las diaclasas son concomitantes a la consolidación del magma. Sin embargo, muy bien sabemos que las Sierras de Córdoba fueron profundamente modificadas por la orogénesis andina, y es, por lo tanto, lógico suponer que ésta también haya afectado el granito de Achala y, con él, las diaclasas. Surge aquí otro de los problemas que con el estado actual de nuestros conocimientos no obtienen su solución inequívoca, pues ésta se halla entre tres alternativas:

Primera: Hay diaclasas de dos «generaciones». Algunos sistemas de diaclasas estarían genéticamente relacionados a la intrusión y consolidación magmática y otros, a la orogénesis. Es lo que para otra región (San Luis) asume F. Pastore (29, págs. 8-9).

Segunda: Todas las diaclasas se originaron durante la intrusión del granito o después de ella. Al sobrevenir la orogénesis moderna, actuó sobre las diaclasas ya preformadas abriéndolas. Habla en favor de esta hipótesis que algunos diques o filones pegmatíticos parecen haber rellenado diaclasas primarias; y, por otra parte, es casi forzoso admitir origen tectónico para las grandes diaclasas abiertas, pues si hubiesen sido originadas por efecto de la erosión sobre diaclasas cerradas, sus superficies limitantes no podrían ser tan planas y regulares como en realidad lo son. Finalmente y en analogía con lo observado en otras instancias, parece lógico concebir que las fuerzas orogénicas terciarias hayan actuado sobre líneas o, mejor dicho, planos de debilidad ya existentes, dados en las diaclasas (fisuras) preformadas.

Tercera: Tal vez las dos hipótesis anteriores sean ambas correctas.

En ese caso, ciertas diaclasas o sistemas de éstas, de origen «intrusivo» habrían sido modificadas (abiertas) por la orogénesis moderna, y creadas exclusivamente por la misma, otras.

3. ¿Cuál será la razón a la cual hay que atribuir la evidente discrepancia entre los resultados de O. Bracaccini y los aquí comunicados? Aquel autor efectuó sus mediciones en 1935/36. Lamentablemente, en todas las rosas de diaclasas marca el norte sin especificar si se refiere al magnético o al geográfico; pero, posiblemente, se refiera a aquél. Así y todo, la diferencia entre los valores de la declinación actual y la de 1935/36, no puede exceder el grado y medio, valor que no influye de modo apreciable.

Parte de las diferencias entre nuestros resultados respectivos, seguramente se deben al método seguido para confeccionar las estadísticas, pues del trabajo de O. Bracaccini parece surgir que este autor midió todas o, al menos, la mayor parte de las diaclasas en determinados puntos o áreas muy limitadas y las reunió en pocos sistemas. Sin embargo, la divergencia parece tan grande que no es posible achacarla sólo a métodos estadísticos diferentes, tanto más cuanto que mis resultados están de acuerdo con aquellos de J. Olsacher — véase más adelante, — quien también empleó un método estadístico diferente del usado por mí; su raíz debe, más bien, residir en diferencias de la técnica misma de determinar el rumbo de cada diaclasa individual, o sea, en el factor personal.

4. Los resultados obtenidos por J. Olsacher (26) en el gneis de la región del Dique San Roque y el granito de Biale Massé, nos enseñan que los sistemas más importantes de diaclasas no están restringidos a este último, sino que con el mismo carácter, si bien, según parece, en número considerablemente menor y dimensiones también inferiores, se encuentran en el primero, así como en las rocas plutónicas y filonianas que aloja. Luego, tienen carácter regional y ello significaría, posiblemente, que en nada pueden ilustrarnos acerca de la forma en que se produjo la intrusión granítica, fin apetecido por la *Granittektonik* de H. Cloos (véase también 13, pág. 314).

Por otra parte, el que las diaclasas sean mucho más abundantes y conspicuas en el granito que en el gneis, demuestra cierto grado de dependencia litológica.

5. R. Beder (2, págs. 8-9), en la región de La Viña (Villa Dolores) registró diaclasas preponderantemente en direcciones 120-130°, de inclinación hacia NE más frecuentemente que al SW, muy empinadas en ambos casos. Las explica como fracturas de presión concomitantes a la intrusión y paralelas a su rumbo general, así como a la estructura fluidal. Las hendiduras orientadas según otros rumbos, también abundantes pero nunca tan largas, las interpreta como fracturas de tracción.

Como se ve, los resultados numéricos de este autor esencialmente concuerdan con los publicados por J. Olsacher, así como con los propios. Lo mismo parece ser el caso respecto de los rumbos predominantes obtenidos por P. Quiroga (36) en el granito de Pampa de Pocho.

Las observaciones de E. Rimann (38, pág. 70), en cambio, procedentes de los alrededores de Capilla del Monte, arrojan resultados algo distintos. Pues observó: «...dos direcciones de los planos de presión. En rumbo norte-sur (170°) predominan, cruzados por el rumbo 70° hasta 100° ; los planos de las dos direcciones inclinándose con ángulos diferentes (hasta 90°) hacia oeste o este, respectivamente, hacia norte o sur».

En resumidas cuentas, nuestros conocimientos actuales son insuficientes para darnos un concepto, aproximado siquiera, acerca de la tectónica del granito de Achala, y menos aún cuanto que los estudios sobre tectónica de los plutones, en general, están muy en sus comienzos todavía y sus resultados sujetos a muy diversas interpretaciones. (Compárese 4, págs. 310-11 y 13, págs. 313-14).

Para lograr la solución real del problema que nos ocupa (véase 12, págs. 216, 219 y 224-226), será necesario y aun ineludible realizar mediciones minuciosas sobre áreas pequeñas (p. ej. de 1 km^2), determinando todas las diaclasas que en dichas áreas se encuentren, especificando por separado las abiertas y las cerradas, las grandes y las chicas y verificando las relaciones angulares que pudieran existir entre diaclasas o entre éstas y otros rasgos estructurales. Una vez que, de esta forma, se haya estudiado toda la superficie del granito de Achala o su mayor parte, al menos, y comparando áreas dislocadas con otras que no se alteraron, recién se dispondrá de bases suficientes para sacar conclusiones y elaborar la tectónica con la seriedad, eficiencia y exactitud que deben ser el santo y seña de toda investigación que pretenda llamarse « científica ».

II. DESCRIPCIÓN REGIONAL

1. *La Escalera Sintética del borde occidental del Valle de Punilla.* — Llamo «escalera sintética» el conjunto de escalones tectónicos que descienden en el sentido de la pendiente general de la Sierra, o sea, desde oeste a este (véase, también, 12, pág. 266 sigs.).

a) *El escalón tectónico de El Pircado-Los Gigantes-Copina (escalón de la Sierra Grande o de Achala) y el de la Cumbre de Gaspar.* — Lo describimos primero, pues aparte de constituir el «peldaño» superior de la «escalera» es el más conspicuo y el más interesante. Es en esta zona donde parecen juntarse todas las circunstancias favorables para permitirnos formar juicio concreto acerca de los procesos tectónicos que han intervenido.

El macizo de Los Gigantes, perteneciente a este escalón, es visible desde numerosos puntos de nuestras Sierras y aun, en días claros, desde la ciudad de Córdoba. Examinémoslo de cerca. Viajamos en automóvil u ómnibus y, una vez que pasamos Tanti, el camino asciende fuertemente durante varios kilómetros, hasta que, poco más allá del Cerro Blanco (El Durazno) se abre una planicie amplia, suavemente ondulada. Y allá al oeste, a pocos kilómetros, la superficie llana se halla bruscamente cortada por una muralla coronada de dos puntas gemelas: Los Gigantes. Hacia sur, vemos que ésta pierde algo de altura, pero puede seguirla con la vista lejos, hasta donde se pierde en el horizonte. Al norte, en cambio, parece hundirse rápidamente en la planicie, antepuesta, de la Pampa de San Luis.

Nos impresiona cómo el *Vorland* casi llano, suavemente ondulado, de repente es interrumpido por empinada escarpa. Casi creeríamos ver la línea de intersección, tan nítida parece ésta. Sospechamos que tal cuadro sea efecto de dislocaciones y examinamos detenidamente el pie de la escarpa. Partimos del zócalo de uno de sus cerros más característicos y el más conocido, a la vez, el de la Cruz, y seguimos las líneas tectónicas primero hacia sur y hacia norte, luego.

Lo que en nuestro complejo montañoso principalmente llama la atención, es la existencia de gran número de dislocaciones más bien pequeñas, distribuidas sobre toda el área, desde lo más alto del escalón hasta su pie y que aquí alcanzan desarrollo verdaderamente notable. Tal observación es dable repetirla a lo largo de todo el escalón, aunque más al sur y al norte las fracturas tienden a concentrarse, más bien, en dos (o más) líneas tectónicas principales.

Frente al Cerro de la Cruz, llama la atención todo un fascículo de dislocaciones más o menos paralelas (rumbo general de unos 300° ¹). De nuestro Cerro *hacia el noroeste* (El Pircado), la dislocación más conspicua consiste de unas 2-3 fallas paralelas, rumbo $296-306^{\circ}$. En ciertas partes, especialmente al norte y nordeste del Cerro de la Cruz, hallanse desarrolladas milonitas bastante potentes y bien típicas, de color rojizo pronunciado. Además, el granito que aflora en los alrededores de la dislocación, da muestras de haber sido quebrado y se halla dividido en bloques de aristas vivas. Tal aspecto es típico para el granito alterado por acciones tectónicas y muy distinto del que adquiere debido a la meteorización (las características formas redondeadas — «bolsas de lana»). En la línea de falla se observan numerosas vetas de ópalo (¿ y calcita ?) ferruginoso y una especie de brecha de falla, con aspecto muy parecido al pórfido. Otro rasgo muy característico y que es dable obser-

¹ De aquí en adelante, todos los rumbos que se dieren, se entenderán referidos al norte geográfico.

var a lo largo de todo el escalón, son los numerosos manantiales relacionados a las dislocaciones; por las praderas pantanosas que aquéllos ocasionan, márcanlas de un color verde vivo, de manera que su curso puede trazarse desde lejos.

Llama la atención que el rumbo medio de las dislocaciones en esta zona, concuerda sensiblemente con el de uno de los sistemas principales de diaclasas (300°). (Más abajo tendremos que volver a considerar esta parte de la dislocación).

Digno de mención es, también, el sistema de diaclasas (de 300°) y



Fig. 1. — Dislocaciones al sur del Cerro de la Cruz. Nótese cómo en el plano medio (ribera sur del Río del Cajón (C) la dislocación se desdobra dejando en el medio un bloque de granito despedazado, el promontorio de « Calderón » (P). Fotografía tomada en dirección hacia sur).

fallas que alrededor del Cerro de la Cruz forman como una muralla de circunvalación, de tres lados (sur, oeste y este).

Desde el Cerro de la Cruz hacia el sur, toda la escarpa experimenta un cambio de rumbo bien marcado que se manifiesta en un mayor acercamiento a la dirección meridional y que claramente se percibe a través de la dirección media de las numerosas fallas individuales que limitan la escarpa por el naciente.

Entre el Cerro de la Cruz y el Río del Cajón (fig. 1) existe una sola línea principal de fracturación (aparte de numerosas otras, secundarias), con rumbo medio de 350° - 360° . Justo sobre la orilla sur de dicho río, llama la atención que el granito se separa en lajas, inclinadas hacia este, forma de presentarse ésta desacostumbrada y que posiblemente deba atribuirse a los efectos de dislocación.

Morfológicamente, todas estas dislocaciones son muy características. Mirándolas a distancia, desde algún punto alto (el Cerro de la Cruz reúne para ello condiciones inmejorables), se presentan cual franjas verdes, rectas y aparentemente llanas. Pero cuál no es la sorpresa y decepción cuando, al seguir tal franja en el terreno, nos encontramos con un relieve sumamente quebrado: es un continuo subir y bajar, desde quebradas (transversales) muy incididas, se asciende por escarpada pendiente hacia el alto o «abra» contiguo, para volver a bajar con brusquedad, y esto en sucesión «interminable». Esta característica conformación del terreno es, en parte, consecuencia de que los ríos y arroyos, con la excepción del Río de la Puerta, del Arroyo Bola (por corto trecho) y del de la Quebrada Honda, corren transversalmente respecto de la faja de dislocaciones (no son, pues, subsecuentes). (Compárese en 25 la descripción idéntica con que W. J. Miller caracteriza las dislocaciones por él estudiadas en el sur de California).

Es sobre todo en la sección a la que nos hemos referido más arriba, pero también más al noroeste, donde en varios puntos se observa claramente que las dislocaciones buzan hacia oeste (en cierto sitio se midió el ángulo de buzamiento aparente con unos 50°). Trátase, pues, de fallas *inversas* — ya que el labio alto es el occidental —, producidas por *compresión*, lo cual es, también, indicado por el abundante desarrollo de las milonitas.

Es al sur del Río del Cajón (fig. 1) donde se entrevé una subdivisión del complejo fracturado en dos sistemas de fallas¹: el primero, denominado *Dislocación de la Quebrada de Calderón*, según el lugar donde primero ha sido observado, separa el macizo de la Sierra Grande propiamente dicha del promontorio (*Vorgebirge*) granítico despedazado. En parte, este sistema de Calderón muestra estructura de bastidores (*en échelon*); constituye «astillas de falla» (*fault splinters*) que oblicuamente penetran el macizo principal (Quebrada del Río del Cajón, Quebrada de Calderón, Cuchilla del Crespo, etc.). Más al sur, este sistema muestra complicaciones mayores, se ramifica (de modo arborescente); a veces, los tramos subdivididos vuelven a unirse entre ellos o se comunican con dislocaciones paralelas, etc. Difuso y poco marcado al norte, el promontorio se insinúa con intensidad cada vez mayor hacia el sud, separando el macizo principal del *Vorland*. Entre el promontorio y el macizo principal se intercala un profundo surco, un verdadero «corredor», el Sistema de Calderón. Pero luego desaparece el primero en las cercanías de Copina, donde tan sólo se nota una zona de dislocaciones, única. Este modo de insinuarse el promontorio paulatinamente haciéndose cada vez

¹ Sin contar las numerosísimas dislocaciones secundarias al este y oeste de la zona dislocada «principal».

más intenso para desaparecer luego de repente, hace pensar en la posibilidad de que hayan intervenido, en su formación, movimientos « pivotantes » o giratorios, con el « eje » al norte del Río del Cajón. El desarrollo de milonitas es muy notable.

El segundo escalón está determinado por la faja fracturada del *Pie de la Cuesta*, que separa el promontorio del *Vorland*. No es tan conspicua como la primera, ni parece, salvo en contados lugares, poseer esa nitidez e interesantes detalles tectónicos que abundan en aquélla.

Con rumbos medios comprendidos entre $300-320^{\circ}$, la línea de Calderón arriba a Copina hasta donde es fácil seguirla.

En cambio, el sistema del Pie de la Cuesta, como ya se ha dicho,



Fig. 2. — Escalón de Copina (1), escalón « Problemático » (2) y escalón « Principal de Las Higueritas » (3), vistos (en dirección hacia sud) desde algo al norte del Cerro entre los dos Ríos. Nótese que la superficie del escalón principal de Las Higueritas parece más alta que el nivel desde el cual se ha tomado la fotografía. (Compárese el diagrama de la fig. 3).

parece que cerca del aquel pueblo (al norte del mismo) se va borrando, de modo que más al sur ya no hay más que una sola línea de dislocaciones (habiendo desaparecido el promontorio) y que vendría a ser continuación de la de Calderón. Pero sucede que a poca distancia de Copina se borran los indicios que tanto caracterizaban las fracturas descritas en párrafos anteriores. Ya no hay seguridad en el trazado de los rumbos. Sin embargo, el escalón claramente existe. Mejor dicho, hacia el sur se divisan dos escarpas o escalones bien marcados: uno al sudoeste, a nivel bastante superior del de Copina, y otro al sudeste, cuyo nivel habría de corresponder, más o menos, al supuesto rumbo de las fallas que se vienen signiendo. (Véase la hoja 21 i de la *Carta Geológico-Económica*, donde ambos peldaños tectónicos resaltan en el dibujo topográfico) (fig. 2).

Ante la alternativa — difícil de resolver *in loco* — de cuál de los dos fuese la prolongación del nivel de Copina, se visitó el inferior, el *escalón de Las Higueritas*, así llamado porque se encuentra en el campo de la estancia de igual nombre. Más adelante, al acercarse a este escalón, nuevamente se observan numerosos manantiales y el color verde intenso, característico para los cursos de falla.

El escalón de Las Higueritas posee forma del todo típica. Se extiende en dirección meridional (176° , más o menos) y es fácil seguir su rumbo. El granito aparece despedazado (bloques de aristas vivas), en parte. Por lo demás, no se observan claros indicios de dislocación (aunque ésta, por encima de toda duda, debe haber tenido lugar), abstracción hecha, quizás, de las vertientes que se observaron en su pie, al norte de la Estancia. El rumbo, hacia norte, de la escarpa es de unos 315° , o sea, ésta se enfila claramente en dirección hacia Copina ¹. También la hoja 21 *i* la marca como pasando por este pueblo. Hacia el norte (de la Estancia citada), el escalón de las Higueritas se hace cada vez más bajo y menos conspicuo hasta desaparecer completamente. En las inmediaciones de (las casas o el «casco») Las Higueritas misma — también de lejos se lo observa muy bien — existe otro pequeño peldaño tectónico, secundario, más bajo que el principal y que parece tener extensión puramente local.

La magnífica vista panorámica de que se goza desde el Observatorio de «Bosque Alegre», contribuye a resolver el problema, a que arriba aludimos, de la prolongación del escalón de Copina hacia sudeste o sudoeste. Se hace manifiesto que, indudablemente, la escarpa de la Sierra Grande continúa en esta última dirección. Desde Copina, comienza a ascender paulatinamente y la otra, la de Las Higueritas, se desprende de ella cual astilla de falla (*fault splinter*). Además, hacia sur parece intercalarse, entre la «escarpa de Copina» y la «principal de Las Higueritas», otra cuarta, no del todo segura, que se ve perfilada contra el horizonte (fig. 3).

En el diagrama de la figura 3 se hallan esquematizadas las relaciones que se acaban de describir.

En el mapa de «Escalones Tectónicos» que acompaña el presente trabajo, se ha marcado con línea de rayas el trazado probable de las escarpas, según se desprende de las curvas de nivel de la hoja 21 *i*, es decir, ese trazado no se basa sobre observaciones efectuadas en el terreno. Sin embargo, vienen a corroborarlo, en cierto modo, dos observaciones positivas: 1) En la desembocadura de la Quebrada de los Con-

¹ Mirando el escalón de Las Higueritas en perfil desde más al norte, v. gr. desde las inmediaciones de «El Matadero», aparece ligeramente más elevado que el nivel local, en que se encuentra el observador.

doritos, al norte de la Estancia « La Granadilla » (San Clemente), creo haber visto milonitas. El lugar está situado justo al pie del escalón (de Las Higueritas) y no bien accesible. Por allí ha de correr, pues, una dislocación. 2) Otra dislocación visible por buen trecho, corre por La Cumbrecita (comunicación verbal del doctor O. Schlagintweit). Entre San Clemente y la Cuesta de Argel, en cambio, no se observan efectos tectónicos de falla, a pesar de existir el escalón bien nítido.

En numerosos lugares del trayecto que se acaba de describir, al norte de Copina (pues al sur de este pueblo se atraviesa o toca el límite litológico entre gneis y granito correspondiente a una proyección o lengua que aquél adelanta desde naciente), obsérvanse xenolitos de gneis (so-

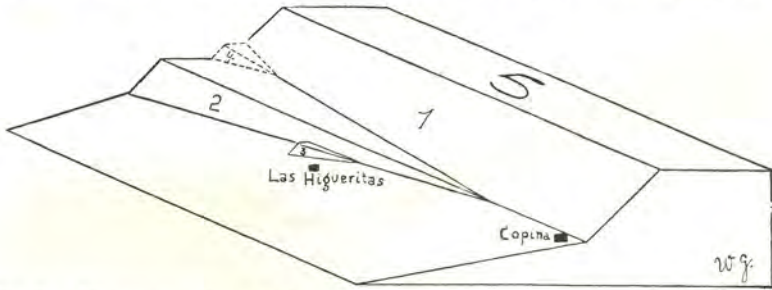


Fig. 3. — Diagrama en bloque de las «astillas de falla» tal como se presentan vistas desde el Observatorio Bosque Alegre. 1 = escarpa El Pircado-Los Gigantes-Copina (escalón de la Sierra Grande) ; 2 = escarpa principal de Las Higueritas ; 3 = escarpa secundaria de Las Higueritas ; 4 = escarpa problemática ; 5 = Pampa de Achala (compárese fig. 2).

bre todo anfibolítico, según el aspecto macroscópico), y numerosos arroyos y ríos conducen rodados del mismo. Esta abundancia llamativa de xenolitos, me parece indicar que el cuerpo plutónico no ha sido denudado hasta niveles muy profundos ; antes bien, lo que hoy aflora ha de ser el techo, ya que, según se cree, a causa de la gran densidad del magma, los fragmentos de roca de caja que, durante la intrusión, caen en el mismo (xenolitos) no pueden hundirse mucho.

Con los conocimientos adquiridos, volvamos ahora a nuestro punto de partida, el Cerro de la Cruz, y ocupémonos, con algún detalle, del extremo noroccidental de nuestro escalón.

Entre el Cerro de la Cruz y el de la Esquina se extiende, con dirección aproximada de 336° y con ancho de unos 500 m, una franja o zona dislocada, a modo de fascículo de fallas, desde el cual parten grietas hacia el primero de los cerros mencionados. Esta sección muestra fenómenos de silicificación muy intensos.

Llaman la atención varias dislocaciones que se localizan en diques pegmatíticos, uno de ellos muy milonitizado, por distancia de $1\frac{1}{2}$ -1 km.

No existe, en esta sección, un promontorio, pero sí más al norte donde claramente se diferencia, aunque no con el carácter tan prominente del

que hemos visto al sur de la Quebrada de Calderón. Siguiendo una u otra de las dos líneas de dislocación así resultantes, llegamos al *Abra de El Pircado* por donde pasa la línea divisoria de las aguas entre el Río Yuspe, o sea el Río Primero (pendiente hidrográfica endorreica oriental: Mar Chiquita) y el de San Guillermo, tributario del Soto (pendiente endorreica noroccidental) (fig. 4).

Constituye, pues, el « Abra de El Pircado », una especie de *col* o *Talwasserscheide* (divisoria de aguas dentro de valle) condicionada o localizada por la franja de roca más débil de la zona triturada por las dislocaciones.

Esta franja dislocada, luego, atraviesa la divisoria de las aguas entre



Fig. 4. — El abra de « El Pircado », visto desde nacimiento. En el primer plano: dislocación intensamente milonitizada (perteneciente al sistema de fallas oriental). En el fondo, la quebrada subsecuente del Río de la Puerta (o del Retamillo) y, muy esfumada, la Cumbre de Gaspar, que aparenta cerrarla transversalmente.

el Río Yuspe y Soto y aprovéchala el Río del Retamillo (los habitantes de la zona únicamente lo conocen bajo el nombre de « Río de la Puerta »), afluente del San Guillermo. Es ejemplo muy hermoso de río *subsecuente*, no muy frecuentes, como ya se apuntó, pues de regla los cursos de agua cruzan las dislocaciones de oeste a este, siguiendo el declive general (ejemplos: Cajón, Cambucho, Malambo, Ichu Cruz, etc.). Son ríos *consecuentes* (que siguen el declive original creado por procesos endógenos).

Resulta interesante, como hecho general, observar la influencia de las diaclasas sobre los cauces fluviales. Éstos, tanto en las áreas graníticas como en el gneis — con las excepciones que acabamos de ver y

algunas más — son esencialmente consecuentes y corren, por lo tanto, con dirección general de oeste a este. Empero, aparece que en las áreas graníticas las quebradas aprovechan, en sus tramos sucesivos, las direcciones de diaclasas, líneas de debilidad, y así adoptan la « pauta » característica de líneas quebradas en zig zag, con los codos muy pronunciados. Es decir, son cauces en cierto modo subsecuentes (o sea, influidos por la estructura intrínseca de las rocas). Parece que, en nuestra Sierra, tal ajuste es más perfecto en los cauces poco considerables; y a medida que progresa su desarrollo y tamaño, los ríos se emancipan de esta tutela que, entonces, posee carácter de transitoria.

Al bajar hacia la planicie o depresión que separa Los Gigantes de la Cumbre de Gaspar, la línea de dislocación, muy intensa en un principio y marcada por abundantes milonitas, vertientes, etc., se va borrando y poco antes de extinguirse sigue, por algún trecho, un dique de pegmatita (rumbo 311°).

Donde el Retamillo sale de la montaña (para entrar en la depresión mencionada), llama la atención una especie de escarpa — casi transversal al rumbo de la dislocación —, no muy nítida y que ha de ser dislocación; aunque quizás se trate, más bien, de flexura monoclinal, dado que en su base no se observan los rasgos que tanto caracterizan las dislocaciones descritas en lo que precede (con excepción de un dique pegmatítico dislocado que fué descubierto por el doctor O. Schlagintweit en el pie de dicha escarpa, cerca de donde el Retamillo entra a la depresión).

Estamos en la región donde el « Batolito » de Achala se hunde por debajo del gneis y se suscita el importante problema de si la superficie actual es obra de la denudación, exclusivamente, o si, más bien, refleja la superficie original de la masa intrusiva, su techo que se hunde hacia noroeste. Ya dijimos que los numerosos xenolitos que se observan hablan en favor de esta última suposición.

La línea tectónica que separa el promontorio del macizo principal y que termina en el Abra de El Pircado, parece continuarse en una o varias fallas paralelas e inmediatamente al suroeste de la quebrada del Retamillo (dislocación del « Hueco Verde »).

El Río del Retamillo, después de salir del macizo montañoso, atraviesa una depresión bastante ancha limitada al naciente, por lo que tal vez sea flexura monoclinal (coronada por verdadera altiplanicie, con la espaciosa cueva de « Casa Grande ») y al oeste por el *escalón de la Cumbre de Gaspar* (ya enteramente compuesto por rocas metamórficas). Éste ostenta escarpa bien definida, limitada por fallas. Sobre su base encontré, algo al norte de « Dos Ríos » (km 808 de la carretera a Mina Clavero por Taminga), gneis y rocas filonianas (¿ aplita ?) milonitizados, en afloramientos bastante considerables.

Más o menos 1 km al sur de « Dos Ríos » (medido sobre la carretera) la escarpa está interrumpida por dislocación oblicua, que se encuentra exactamente en la prolongación de la quebrada subsecuente del Retamillo (rumbo aproximado de 326°).

La ubicación y extensión de las dislocaciones pertinentes ha sido estudiada y relevada por J. Olsacher.

La depresión de « Dos Ríos », a mi modo de ver, muestra carácter definitivamente tectónico, que correspondería a una fosa o semifosa.

El pie oriental de la Cumbre de Gaspar en « Dos Ríos », es el punto más occidental a que he extendido mis investigaciones. Constituyendo la Cumbre de Gaspar el escalón más occidental que mira hacia nacimiento, considérola arbitrariamente no ya como perteneciendo a Punilla — puesto que la divisoria de las aguas corre más al este (por el Abra de El Pircado) —, sino como transición entre Punilla (en su carácter de estructura tectónica) y los elementos tectónicos adyacentes, de los cuales, en rigor, no lo separa ningún rasgo diferencial.

DISCUSIÓN. Las dislocaciones estudiadas, como se ha dicho, son las más nítidas de nuestra región, lo cual nos permite extraer consecuencias de orden general.

Resumamos los rasgos más característicos.

1. No existe falla única, sino todo el escalón, desde su superficie hasta la base, está muy fracturado por dislocaciones escalonadas, cuyos rechazos individuales, generalmente pequeños, se acumulan para producir el efecto del escalón tectónico. Debido a la falta de criterios stratigráficos, este rechazo total resulta indeterminable. Calculando el rechazo *aparente*, sobre la base del desnivel producido en el relieve, resultarían, término medio, cifras comprendidas entre los 200 y 500 m.

2. Dichas fracturas están, a veces, dispuestas a modo de bastidores (*en échelon*) o pinadas. En ciertos lugares se ramifican, bifurcan y complican de las maneras más variadas.

3. Se concentran en líneas tectónicas de curso sinuoso. Además, la escarpa misma describe grandes curvas. Dentro de nuestra área, la más importante es aquella que desde Los Gigantes al norte hace retroceder el escalón hacia oeste.

4. Caracterízanse las dislocaciones por la intensa milonitización de la roca adyacente. En cambio, muy pocas veces (y entonces sobre extensiones muy reducidas) se observan los planos de falla directamente; particularidades éstas que suelen atribuirse a desplazamiento horizontal de las dislocaciones, movimientos sesgados (*shearing*). (Véase, p. ej., 25, pág. 89).

5. *Morfológicamente*, las dislocaciones producen pronunciadísimos acodamientos de pendiente y se destacan, en el paisaje, como típicos *rift valleys* (valles causados por franjas de dislocación), así como, gene-

ralmente, por su subida coloración verde (gracias a la vegetación más exuberante condicionada por que esas líneas de fractura, son colectoras de agua: hileras de vertientes, pantanos).

6. Al pie del escalón principal se diferencia otro secundario (promontorio), muy despedazado, a su vez. Desde Copina hacia el sur, está muy nítida la formación de «astillas de falla» (véase fig. 3).

7. La descripción de la morfología y estructuras dada en las páginas que preceden, hace surgir llamativas analogías con aquella de ciertas dislocaciones de California austral, descritas por W. J. Miller (25).

8. Este autor, sobre la base de numerosas observaciones, caracteriza la tectónica de dicha región como claramente causada por «intensas fuerzas de compresión acompañadas frecuentemente por movimientos sesgados horizontales, combinación que resultó en fuerzas de torsión» (24, pág. 405). Produjéronse tanto fallas normales como inversas, pero ambas casi exclusivamente con buzamiento muy escarpado hasta vertical. También se desarrollaron grandes fuerzas verticales. Según Bailey Willis (cit. por Miller), «fallas con buzamiento muy grande requieren la acción de fuerzas verticales en combinación con otras horizontales (de compresión)... La sola presión horizontal, siempre producirá fallas de buzamiento inferior a los 45°».

La analogía con la tectónica de nuestra región salta a la vista: también aquí, la mayoría de las dislocaciones parecen ser esencialmente verticales. La intensa milonitización que se observa en numeros lugares, habla en favor de fuerzas de compresión y de fricción.

9. «Transformación, en ciertos casos, de escarpadas fallas directas en otras inversas, debido a las fuerzas de compresión en juego» (24, pág. 420). Este proceso, llamado «sobrecorvamiento» por J. Rassmuss (37, pág. 9) y supuesto por este autor de haber tenido lugar en las Sierras de Tucumán, también actuó, muy probablemente, en nuestra región.

10. «Deformación de rocas cristalinas, relativamente rígidas, sobre todo por extensa fracturación o despedazamiento, especialmente a lo largo y cerca de fallas, pero también a través de toda la masa de bloques fallados, pequeños y grandes, compuestos por aquellas rocas» (W. J. Miller, *Ibid.*).

Existe cierta tendencia de calificar *Los Gigantes* de «*monadnocks*». W. Penck, basándose sobre un trabajo de O. Schmieder (41, págs. 190-191), parece considerarlos restos de una zona montañosa central que correspondería a las elevaciones primarias de un plegamiento de gran radio. Del estudio detallado *in situ*, a las claras se manifiesta que dichos cerros se hallan profundamente afectados por dislocaciones correspondientes a la orogénesis andina y, en realidad, no son otra cosa que el borde, despedazado, de un escalón tectónico.

Es muy interesante notar la adyacencia de estos cerros más altos de

nuestra región con grandes fallas, considerando que W. J. Miller reporta el mismo fenómeno de California del Sur. La analogía es tanto más completa cuanto que, en la región estudiada por dicho autor, los cerros más altos se asocian a importantes sinuosidades de las líneas de dislocación. Evidentemente, es lo que sucede, también, aquí. Atribuye, Miller, el fenómeno a que «Indudablemente, presión especialmente grande del sur, produjo en esta franja, tanto las sinuosidades de las fallas y las altas montañas acompañantes».

Ya se ha mencionado que, también en nuestra región, ciertos indicios inducen a suponer el haber tenido lugar movimientos horizontales, sesgados. Por razones teóricas, me inclino más bien a que, en nuestro caso, provinieron del norte, ya que, con W. Penck, creo que la génesis de las Sierras Pampeanas partió desde la Puna.

b) *El escalón tectónico de «El Matadero»*. — Ya O. Doering (14) hace mención de la terraza topográfica a que se asciende inmediatamente al oeste de la Estancia «El Matadero». Aun a través de las fugaces impresiones como las brinda un viaje en automóvil, se nos hace manifiesto el cambio rápido de pendiente que allí aparece interrumpiendo, con extensión meridional, el paisaje relativamente llano (altiplanicie) que se escala cuando, procedente de Tanti y en viaje hacia el oeste, se ha pasado el Cerro Blanco (El Durazno) y se llega a los kilómetros 775 y 776.

Desde la casa de «El Matadero» y hacia el norte, con rumbo inicial de 336° y que luego tuerce hacia 356° , se extiende una franja fracturada, en forma de quebrada angosta, recta, relativamente honda, surcada por afluente del Arroyo Aguas Turbias (y este mismo, más al norte).

Hacia el norte, paulatinamente la fractura se vuelve más borrosa hasta que, a unos 2 km y sobre la orilla sur del Río Yuspe, va a dar sobre el potente dique pegmatítico (con cuarzo predominante) de las «Cuchillas del Yuspe», visibles casi desde todos los puntos de la parte oriental de Punilla, el cual, viniendo del sudoeste con dirección media de 20° , forma con la dislocación de «El Matadero» ángulo agudo, con vértice sobre el Yuspe, aproximadamente, y *parece constituir la prolongación hacia norte de la escarpa limitante del escalón tectónico*.

Pero es sobre todo hacia el sur de la Estancia (y del camino nacional), donde la fractura cobra sus dimensiones mayores (pues aumenta, probablemente, su rechazo): en las inmediaciones (algo más arriba) del mojón que marca el km 776, se observa granito algo milonitizado. Luego, tomando desde ese punto hacia el sur, a los pocos metros se abre ante el sorprendido observador una quebrada meridional, recta, angosta, más profunda que la arriba descrita y, como ésta, surcada por arroyo típicamente subsecuente (que corre en dirección opuesta, hacia el sur). El granito que compone sus empinadas laderas, muestra indicios de fractura-

ción tectónica, cuya intensidad va aumentando hacia el sur (compárense figs. 17 y 18).

De sudeste (146°), la fractura paulatinamente tuerce hacia sudsudeste (170°) y, finalmente, sudsudoeste (186°).

Algo al sur del Cerro «El Mogote» (fig. 5), al cual orilla por el este, la dislocación se vuelve borrosa y ya no es posible seguirla, con seguridad, más allá del Río Malambo.

Carácter general de la fractura de «El Matadero»: A pesar de registrarla minuciosamente no fué dable observar buzamientos. Parece que en el sur (El Mogote) el rechazo sea mayor que al norte, si bien la mayor altura del escalón en esa parte (que sobre todo resalta mirándolo, p. ej.,



Fig. 5. — Superficie del escalón de «El Matadero». Nótese la forma característica del Cerro Mogote, al medio. En el fondo: escalón de la Sierra Grande. (Fotografía tomada en dirección sudsudoeste.)

desde Cerro Potrero) podría ser debida a la configuración original del relieve antes de producirse la dislocación.

Llama la atención el carácter simple, *unitario* de la fractura en contraposición a las complicaciones descritas para la línea de dislocaciones de Dos Ríos-Los Gigantes-Copina.

Aparece, pues, esta fractura causada por fuerzas mucho menos intensas que aquellas que produjeron la zona dislocada susodicha.

c) *El escalón tectónico de «El Pie del Potrero»* (fig. 6). — Llamado así por alcanzar su desarrollo más típico en terreno de la estancia de ese nombre (hoy llamada «Las Mercedes»), se extiende al nacimiento del anterior. Ningún diagrama podría diseñar mejor los rasgos morfológicos característicos de un escalón de fractura del modo que aquí nos lo prodiga la Naturaleza. Al venir desde Carlos Paz, por el camino a Caballango, ascendiendo continuamente, de pronto la escarpa se alza ante

nuestra vista asombrada, cual muro de fortaleza medieval, recto, como trazado por regla, con sus potentes bastiones antepuestos, representados por los tres cerros Potrero, Chagnaral y Chorrillos (de sur a norte). Pero no se crea que estos tres cerros son «testigos», remanentes perdonados por la erosión en su afán de hacer retroceder el borde del escalón o escarpa y que ahora se presentan como cerros aislados (*Inselberge*), cual vanguardia, frente a aquélla. Muy de lo contrario, al escalarlos muy pronto nos damos cuenta de que forman parte integrante de la planicie que arriba se extiende hacia oeste donde da bruscamente contra la imponente mole de Achala. Al igual del «Mogote», nombrado con anterioridad, son cerros sólo vistos desde naciente (véanse figs. 5,



Fig. 6. — El escalón del Pie del Potrero, visto de frente. A la izquierda : Cerro Potrero. A la derecha : Cerro Chagnaral. Nótese el borde superior de la escarpa, casi recto.

6 y 7). El que algo sobrepasen el nivel general de la «altiplanicie» que corona el escalón, no puede invalidar tal hecho y se explica, probablemente, porque se encuentran en la proximidad inmediata de importantes dislocaciones, a las que deben su existencia. (La litología es uniforme: granito — con variaciones aplíticas en algunos puntos, p. ej., encima del Cerro Potrero — atravesado por pegmatitas poco importantes.)

Al norte del Cerro Chorrillos, el escalón se vuelve borroso, casi se diría desaparece súbitamente. Sin embargo, al examinar la región a través de los prismáticos desde la Sierra Chica, se tiene la impresión de que el escalón se continúa en flexura o abovedamiento del terreno granítico. Efectivamente, el pronunciado cambio de declive entre Tanti y Cerro Blanco, que al viajar por la carretera a Pocho se hace manifiesto en fuerte ascenso, hace suponer de inmediato la intervención de factores

tectónicos. Pero la inspección detenida del terreno *in situ* no revela dislocación alguna de importancia.

También hacia sur y a partir, más o menos, de la latitud de Ichu Cruz, el escalón se hace más bajo y difuso. Donde cruza la carretera provincial a Copina y Pampa de Achala, más o menos entre los kilómetros 52-53, resulta bastante difícil localizarlo. Luego, más al sur aún, parece nuevamente volverse más nítido. Después parece merger en la baja cadena (Cumbre de Achalita o Cordón de Santiago) que cierra el valle de Punilla por ese lado, constituyendo la divisoria de las aguas entre los Ríos Primero y Segundo, y « chocar » contra el frente de la Sierra Chica en algún punto, no bien determinado, entre Bosque Alegre y San Antonio.

Es muy notable el hecho de que el pie de la escarpa en ningún punto muestra efectos de acciones tectónicas. Mientras que, p. ej., en el caso de la dislocación de « El Matadero », la fractura se manifiesta como profundo surco (*rifft*) que separa el *Vorland* del escalón, aquí no hay tal. Es insensible la transición entre la escarpa propiamente dicha y su pie (fig. 8). Todos los arroyos y ríos son consecuentes, por tanto transversales. Baján por la escarpa en quebradas angostas, con majestuosas cascadas (Los Chorrillos, Chaguaral) e innumerables rápidos.

Sería, pues, muy justificado dudar de si realmente nuestro escalón representa el rechazo vertical de una dislocación o si, mas bien, se trata de una terraza de pie de monte en el sentido de W. Penck, formas éstas descritas por aquel autor para el Bolsón de Fiambalá y alrededores y, también, supuestas de existir en nuestra Sierra de Córdoba (33, págs. 208-212).

Razones importantes se oponen a la segunda interpretación, inobjetable a primera vista :

1. Las típicas terrazas de pie de monte orillan toda la sierra o cadena a que pertenecen. Aquí se encuentra desarrollada tan sólo en corto trecho.

2. El borde de una terraza de pie de monte es característicamente irregular, con muchas saliencias y escotaduras, de acuerdo con la distinta capacidad erosiva de las aguas corrientes que la generan. Además, se prevé que, donde los hilos del agua corriente están muy espaciados, el borde debe ser más difuso que en otros trechos con la red hidrográfica más densa.

En cuanto a la primera característica ya se mencionó que la escarpa es recta, como trazada por regla. Existen dos escotaduras de regular magnitud producidas por el Río Chorrillos y el Arroyo Potrero, respectivamente, combinada, esta última, además, con cierto cambio de dirección de la escarpa (de 180° al norte del Cerro Potrero a 120° - 130° - 160° al sud del mismo). Pero de la reconstrucción ideal de la escarpa siempre resultará el frente unitario, recto (de dirección algo distinta al norte y sud del Cerro Potrero). La configuración del borde parece indepen-

diente del desarrollo de la red hidrográfica (si bien es innegable que los arroyos más caudalosos — el Río Chorrillos con sus afluentes Potrero y Chaguaral — se ubican en el tramo más típico y pronunciado de la escarpa e indudablemente en algo han contribuído a modelarla).

3. Típicamente, la planicie de pie de monte inferior penetra como fondo de valle en la inmediatamente superior. (Véase, v. gr., el ejemplo modelo descrito por J. Keidel, 22, pág. 39, para la Sierra de la Ventana). Sin embargo, en nuestro caso, ninguna quebrada muestra tal prolongación, ni en las otras escarpas descritas o por describir en el presente trabajo. Es así como con gran fuerza se impone la impresión de que la escarpa interrumpe la quebrada respectiva y que el río o arroyo — sea antecedente o consecuente — aun no ha podido eliminar el brusco desnivel así creado.

4. Delante de un escalón de pie de monte tan desarrollado como el presente, de modo necesario deberían encontrarse cerros testigos, consecuencia de la intensa erosión retrógrada ejercida por las aguas corrientes. Pero a lo largo de todo el escalón no se observa ni uno solo. El único cerro algo prominente al este de la escarpa, es el Mogote del Corral (fig. 8), al sudeste del Cerro Potrero. Antes que un cerro propiamente dicho parece el extremo occidental (y más alto) de una serie de colinas o elevación transversal (de rumbo sensiblemente oeste-este; ¿de origen tectónico?) y que paulatinamente pierde altura, a medida que avanza hacia naciente. Esta descripción excluye la posibilidad de que se trate de cerros testigos. Pero aun tomando por sí solo el Mogote del Corral, no cabe dicha interpretación: pues su superficie es aproximadamente llana (ocupada por un corral). Luego, si antes hubiese formado parte integrante de la terraza del Potrero, debería tener la misma altura de ésta, ya que son únicamente los cerros testigos sin superficie cuspidal conservada (o sea, los puntiagudos), los cuales — gracias a que la degradación siempre actúa atacando las laderas, pero no rebajando la superficie cuspidal, más o menos horizontal — pueden tener altura inferior a la de la superficie a que originalmente pertenecieron. En el presente caso, la diferencia de altura es considerable y, además, el abra que separa el Mogote del Corral de la escarpa, fuertemente sugiere origen tectónico.

5. La misma definición o descripción genética de los escalones de pie de monte, implica su desarrollo en series, al modo de formar como los peldaños de gigantesca escalera que conduce a lo más alto de la cadena montañosa. Atendiendo a la altura de nuestra sección de la Sierra, considerable, de haber la interpretación que estamos comentando, debieran poder diferenciarse varios peldaños de pie de monte. Pero ya se dijo que no es así (puesto que para los escalones de la Sierra Grande y de « El Matadero », está asegurado su origen tectónico, por encima de toda duda).

d) *Los escalones de la Pampa de San Luis (fig. 9) y de Characato (fig. 10).* — De los escalones sintéticos, el de San Luis es segundo en magnitud, después del de Achala (o de la Sierra Grande). Constituye el borde oriental de la Pampa de San Luis y de su prolongación hacia norte, la Mesa del Corral Blanco. Tuerce, luego, hacia naciente y termina frente a la Mesa del Palmar.

Por el oeste, sobrepónese al anterior el escalón de Characato, el cual haciéndose cada vez más bajo sigue por largo trecho hacia norte, hasta morir, probablemente, con el extremo boreal de la Sierra.

Tal como en el escalón del Pie del Potrero, también aquí se opera



Fig. 7. — Desde el pie del Cerro Potrero, mirando a lo largo del escalón hacia norte. En el centro: la «terrazza» del Cerro Chaguaral. En el fondo (a la derecha del anterior): Cerro Chorrillos. Nótese las formas tan características de la escarpa.

con transición imperceptible el pasaje del antepaís a la escarpa. Pero mientras aquel escalón es muy imponente y nítido desde cerca y casi no resalta visto, p. ej., desde la cumbre de la Sierra Chica, aquí sucede a la inversa: el escalón de San Luis, muy nítido desde lejos, al acercarse uno del naciente va «esfumándose». En cambio, el de Characato parece bastante nítido, a lo menos en la sección estudiada, al sur del Cerro homónimo. La «escarpa» de San Luis prácticamente no existe, sobre todo entre Mesa del Corral Blanco y del Palmar, sino se resuelve en grandioso laberinto de cerros, puntas, rocas, crestones, mesas, tan extraño que estoy tentado a calificar esta zona como una de las más pintorescas de Córdoba. Este carácter de la escarpa tal vez se deba a la existencia de varias fracturas escalonadas o a su posible naturaleza de flexura monoclinial.

No se observan efectos de presiones tectónicas dignos de ser tenidos en cuenta.

Sin embargo, hay un criterio morfológico muy interesante que puede ilustrarnos en cierto modo acerca de los movimientos tectónicos habidos lugar. Pero para describirlo tendré que referirme previamente a otro rasgo característico de la zona y son los potentísimos diques de pegmatita con cuarzo predominante, de rumbo sensiblemente meridional. El más oriental de éstos, con buzamiento hacia naciente, tiene por lo menos 4 km de largo; forma el Cerrito Negro (fig. 11) y el Cerro del Corral Blanco (también llamado «de la Cordillera» por los habitantes vecinos) y en su contacto con un xenolito de gneis se encuentra el famoso yacimiento de magnetita de la «Huerta del Clérigo» (Mina Sarmiento), descrito por F. Pastore (27). Según el mismo autor (*Ibíd.* y 28, pág. 49), «la faja pegmatítica se despegó del granito, y hacia el extremo norte de la fractura formada surgieron exhalaciones neumatolíticas portadoras de magnetita...». El hecho de producirse esta gran fractura cobra importancia al considerar que en el mismo lugar y posición ha de ubicarse importantísima dislocación o dislocaciones actuales. Además, ya hemos tenido («El Matadero») y tendremos aún oportunidad de verificar la asociación de diques de pegmatita con líneas de fractura modernas.

El que aquí nos ocupa se destaca, en el paisaje, en forma de grandes «bardas» blancas, al sur del Cerro del Corral Blanco, de modo que recuerdan los *flatirons*, término con que los morfoloólogos de la escuela norteamericana designan la forma de erosión trabajada en complejo sedimentario muy resistente, muy inclinado y «en contacto directo con el intrusivo cristalino ascendente» (43, pág. 282). Son tan conspicuos que desde la Cumbre del Manzano y aun de la cumbre de la Sierra Chica (más o menos frente a Molinari) y con ayuda de prismáticos, se los distingue pegados al pie de la escarpa cual grandes cortes blancos, parecidos a gigantescos espejos de fricción (fig. 12).

Aproximadamente $\frac{1}{2}$ km al sur del Cerro del Corral Blanco y con dirección general nornordeste, desde lo alto de la escarpa y de cascada en cascada se precipita el Río Pintos; ya al pie de la fuerte pendiente, su torrente, incidida en honda quebrada, de pronto halla interceptado el paso por el gigantesco muro pegmatítico. Lo rompe, pasa a su lado este y, torciendo a norte, le sigue paralelo (e inmediatamente contiguo) por un trecho (figs. 12 y 13). De pronto y sin causa aparente que lo justifique, tuerce bruscamente hacia oeste, vuelve a atravesar el dique y nuevamente le sigue en curso paralelo hacia norte. A un par de centenas de metros, escarpa y dique divergen algo en su rumbo. El río, disponiendo de mayor espacio, forma algunos meandros incipientes; con la cabeza del primero (*a*) (fig 13), toca el dique y en ese punto lo rompe, pero no pasa sino vuelve, divagando algo por el oeste. Es recién al encontrarse con la torre del Cerro del Corral Blanco — formado por el

mismo dique — cuando al fin se « decide » a atravesarlo y lo abandona por el naciente.

Analicemos, ahora, qué puede haber dado origen a relaciones tan extrañas entre dique pegmatítico y río.

Por de pronto, éste debe haber seguido su curso actual antes de que aquél adquiriera el relieve de muro que posee hoy. Si no fuese así, el dique habría actuado de represa que el río, tarde o temprano, habría conseguido perforar y agotar en su punto más bajo. En este caso, se habría formado un paso estrecho, único, a manera, p. ej., del que el Río Yuspe forma al noroeste de « El Matadero ». Luego, el relieve general debe haber sido distinto : la región al este del dique más alta que



Fig. 8. — El abra (tectónica ?) entre la escarpa del Pie del Pobrero (derecha) y Mogote del Corral (izquierda). Entre los dos, en último plano, la Sierra Chica del Sud. Nótese la transición suave, paulatina, entre la escarpa y su pie.

en la actualidad o más baja la del oeste. (Puesto que el dique, en partes, está como pegado contra la escarpa y para hacerlo visible, tal cual se encuentra hoy en día, ha sido necesario crear un desnivel considerable entre su pendiente y su yacente).

Aquí, pues, nuestro río decididamente hace la impresión de haber sido *sobreimpuesto* encima del dique, y ello debido al movimiento tectónico que localizó su acción, en parte, sobre antiguo plano de discontinuidad dado por el contacto entre la gran masa pegmatítica y el granito de Achala. Aquélla, debe su posición, destacada en el relieve, mayormente a ese proceso tectónico y en parte, también, a la degradación (= erosión + denudación).

Sin embargo, los dos pequeños afluentes que, también ellos, atraviesan el dique para juntarse con el río, nos hacen titubear en aceptar, sin más, la condición sobreimpuesta, pues generalmente se supone que son

solamente los ríos caudalosos los que consiguen sobreimponerse mientras que los más débiles se ven forzados a adaptarse a la estructura. De modo que aquí podría, asimismo, creerse que, originalmente, el Río Pintos y sus afluentes aprovecharon, para pasar, brechas preexistentes en el dique y que el aspecto actual de éste, es obra, exclusivamente, de la degradación.

El dilema sería insalvable de no acudir, en nuestra ayuda, las relaciones estructurales más río abajo.

En agudo contraste con el paisaje tan quebrado al oeste del río, al este está orillado por llanos que de sur a norte son, respectivamente ¹:



Fig. 9. — El puesto de « La Ventana » (Estancia Santa Rosa), a « media » altura de la escarpa de « San Luis ». (Fotografía tomada hacia oeste)

Pampita, Pampa de la Mula Muerta y la altiplanicie sobreelevada de la Mesa de la Mula Muerta y Mesa del Palmar; esta última ya sobre la orilla occidental.

La Mesa de la Mula Muerta (fig. 15), a que ya se aludió al describir el límite entre gneis y granito, parece originalmente haber formado superficie única con la Pampita, la Pampa de la Mula Muerta (que le está antepuesta por el sudoeste) y la Mesa del Palmar. Pero luego sucedió que, posiblemente por los mismos procesos tectónicos que generaron el escalón que estamos tratando, se sobreelevó por encima del nivel general llegando a formar, junto con la Mesa del Palmar, un « semipilar » (*semihorst*), pues mientras hacia sud (y sudeste) pasa al nivel general mediante transición insensible (abovedamiento, flexura), hacia sudoeste

¹ Aparte de la citada hoja 20 i, consúltense las hojas 31-65 B (1 : 100 000) y « Pampa de Olaen » (1 : 25 000) del Instituto Geográfico Militar.

y nordeste se destaca por escarpas muy pronunciadas, resultado, con la mayor probabilidad, de dislocación.

Por otra parte, esto se confirma por las relaciones entre el río y la Mesa. Ésta parece formar una sola masa, o altiplanicie, con la del Palmar, separadas sólo por el río que las atraviesa a manera de « antecedente ».

Pero la inspección de cerca revela que la Mesa del Palmar es bastante más alta que la de la Mula Muerta; sepáralas una depresión con pendiente suave del lado sur (Mula Muerta) y escarpada del norte (Palmar), más ancha que el río y de origen tectónico. *El lado escarpado boreal*



Fig. 10. — Cerro Characato (desde nacimiento)

está formado por grandes « bardas » blancas (fig. 16), con buzamiento hacia este, pertenecientes a un dique pegmatítico que con la mayor probabilidad es el mismo que forma el Cerro del Corral Blanco.

No cabe, pues, duda alguna: el río corre a lo largo de una gran fractura que puede trazarse desde más al sur del Cerro del Corral Blanco hasta la Mesa del Palmar-Mula Muerta. Luego, el río es subsecuente (es decir, su curso está ajustado a la estructura), pero antecedente respecto de la altiplanicie sobreelevada, puesto que la atraviesa.

La dislocación principal, posiblemente termine algo al norte de la Mesa del Palmar. (Fractura secundaria, oblicua respecto de la principal, quizás exista a lo largo de la llamada « Cañada Honda »).

El hecho de existir por lo menos dos fracturas principales, escalonadas, las de la Pampa de San Luis y de Characato ¹, me parece explicar

¹ Visité este escalón sólo al sur del puesto homónimo; la parte de su recorrido marcada en el mapa de « Escalones Tectónicos », lo ha sido según datos facilitados por el doctor O. Schlagintweit.

lo bastante satisfactoriamente por qué el escalón se aplana tanto al norte del Corral Blanco ¹.

Ya se dijo que el dique pegmatítico buza hacia este; luego, no es aventurado suponer que también la dislocación buza en el mismo sentido que el plano de discontinuidad que la generó. Se trataría, pues, de una falla directa con el labio bajo hacia este.

DISCUSIÓN DE LOS ESCALONES DEL PIE DEL POTRERO Y DE LA PAMPA DE SAN LUIS: Ya se hizo notar que éstos, aunque a mi modo de ver de origen indudablemente tectónico, no muestran prácticamente nada de efectos de presión tectónica sufrida. Ello podría interpretarse aceptando que — aparte de tener menor intensidad —, las fuerzas tectónicas sólo actuaron en sentido vertical y carecían, en cambio, de las componentes de compresión y horizontal que produce, ésta última, los movimientos sesgados.

Comparando entre sí los dos escalones llama la atención que el de la Pampa de San Luis es bastante menos definido, pero mucho más alto, que el primero y ello tal vez se deba a que habría sido generado por numerosas fallas escalonadas de poco rechazo individual. El escalón del Pie del Potrero es más corto, más bajo y, en cambio, más escarpado y nítido que aquél.

e) *Región del Cerro Blanco (El Durazno-Tanti)*. — Es aquí donde, de algún modo, deben vincularse los escalones de la Pampa de San Luis y Pie del Potrero. Pero éste, ostensiblemente, termina en el Cerro Chorrillos. En cuanto al primero, no está seguro si se continúa o no al sur del Río Yuspe. Desde lejos parece como si este escalón continuase hacia sur, sobreponiéndose al del Potrero, y se borrara al norte del Cerro Potrero. *In situ*, las cosas se tornan confusas. El fuerte ascenso topográfico entre Tanti y Cerro Blanco, brevemente interrumpido sólo en El Durazno (¿terrazza?), es el único indicio que podría interpretarse efecto de acciones tectónicas. Además, justo al oeste del Cerro Blanco (km 765 de la carretera) existe una dislocación bien típica, con rumbo de unos 168° y que podría, teóricamente, considerarse la prolongación del escalón de la Pampa de San Luis (figs. 17 y 18).

Contemplando el mapa de « Escalones Tectónicos » adjunto, adquiere probabilidad la suposición de que el escalón del Pie del Potrero desde el Cerro Chorrillos sigue en dirección nornoroeste (hacia « Los Pozos ») para empalmar con el de la Pampa de San Luis. *In situ* (Cerro Blanco) parecía como si entre Cerro Blanco y Cerro Chorrillos la erosión

¹ Mirando desde « El Matadero » hacia noroeste, Pampa de San Luis, se tiene la impresión de que encima de ésta haya como un escalón tectónico superpuesto. Sin embargo, *in situ* no fué dable percibir nada que indicase la existencia de tal escalón.

hubiese abierto un gran claro en la escarpa, de modo que la disposición superpuesta de los dos escalones, a que arriba se alude, fuese tan sólo aparente.

Pero, considerando que el único río digno de mención, el Yuspe, corre en estrecha quebrada y no puede, por sí sólo, haber abierto brecha tamaña y recordando, por otra parte, la ancha depresión oblicua (sud-oeste-nordeste) por que sigue la carretera, me inclino a la siguiente conclusión :

En la región entre Cerro Blanco y Tanti, el escalón se torna confuso y aun desaparece debido a « undación » (bajo) *transversal*. Sin embargo, también aquí se manifiesta la acción tectónica a través del considerable cambio de pendiente que, viajando de Tanti hacia oeste, se hace manifiesto por el fuerte ascenso entre este lugar y el Cerro Blanco.

Tal vez aquí no se llegó a la ruptura sino que la acción tectónica cesó cuando recién se hubo producido un abovedamiento (abstracción hecha de la poco importante fractura al oeste del Cerro Blanco). Apoya esta hipótesis el hecho de que más al norte de dicha depresión oblicua, el mismo ascenso fuerte termina frente a la escarpa. Es decir, aquí, faltando la acción contrarrestante de la « undación » negativa y, al contrario, realzada por otra positiva, después de producido el abovedamiento primario la acción tectónica habría seguido actuando hasta producirse la ruptura.

Naturalmente, sería posible, también, que ese « acodamiento » de pendiente fuese original (es decir, no causado por modificación tectónica secundaria). Pero no parece muy probable, tanto menos cuanto que, en otros lugares, pudieron hacerse observaciones concordantes. Por otra parte, ese ascenso parece faltar frente al escalón de Achala.

2. *La Escalera Antitética oriental*. — Mientras hasta aquí se han descrito escalones tectónicos que descienden en el sentido de la pendiente general de la Sierra (o sea, de oeste a este), ahora nos resta considerar aquellos que lo hacen en sentido contrario y que son dos: el pedáneo de Cumbre del Manzano-Perchel-Sierra de San Marcos y la Sierra Chica.

a) *El escalón de Cumbre del Manzano-Perchel-Sierra de San Marcos*. — Truncada al sur por dislocación oblicua y atravesada en su prolongación austral (dislocada) por el Río Yuspe en curso, al parecer, antecedente, la Cumbre del Manzano (o de Tasti¹) constituye el extremo austral de una cadena de lomadas que, haciéndose paulatinamente más alta, hacia el norte pasa a formar la caída occidental de la Pampa de Olaen (entre Olaen, que ya está en el bajo, y Los Talas, que se halla justo al pie de la escarpa) y, luego, constituye la Cumbre de Los

¹ No debe confundirse con el Cerro Tasti.

Talas — Cumbre del Perchel — Cumbre de Pintos y Sierra de San Marcos la cual, frente al pueblo de Los Sauces se hunde en el llano de Cruz del Eje.

El borde occidental de esta cadena, indudablemente constituye escarpa tectónica. De la sintética descripción arriba dada se colige que debe haberse producido por movimiento « pivotante », cuya charnela pasaría, más o menos, por la Cumbre del Manzano, ya que al sur de la misma no se observa ningún rasgo de dislocación.

Gracias a la prohibición de desmontar, imperante en Olaen, al norte de Los Talas y hasta más allá de la Estancia Pintos de Arriba, las laderas y el pie de la escarpa están cubiertos por monte casi impenetrable, en partes, y gruesa capa de tierra vegetal. Así y todo, el carácter tectónico de la escarpa está por encima de toda duda. En contraposición a aquella de la Pampa de San Luis es muy brusca y empinada y, por lo tanto, puede localizársela muy bien en el mapa (hoja 20 *i*). La crucé frente a la Estancia Pintos de Arriba para subir a la Mesa de Cuchicorral, pero nada de especial pude observar. El gneis tiene aspecto rojizo, efecto, probablemente, de la inyección por las grandes masas aplíticas cercanas.

El Río Pintos, después de cortar por entre las Mesas de la Mula Muerta y del Palmar cruza diagonalmente la depresión (— que lo es más bien en sentido tectónico que morfológico —) meridional que al oeste está limitada por el escalón de Pampa de San Luis-Characato y al este por el que estamos tratando. A partir de La Puerta, el Río vuelve a seguir estrechamente una línea tectónica, la escarpa del Perchel.

El borde oriental de la cadena Los Talas-Perchel, constituye la limitación occidental de la cuenca de Punilla. Mirándolo desde la cumbre de la Sierra Chica, se gana la impresión de que no es más que el borde, doblado hacia arriba, de dicha cuenca. Este borde que, como queda dicho, está, por el oeste, limitado por zona fracturada que lo separa de la cuenca de Pintos, parece haber sido empujado por sobre ésta produciéndose así la pronunciada combadura o concavidad del Valle de Punilla.

Claro está que, para cobrar fuerza, esta hipótesis debería corroborarse por elementos de juicio geológicos: pues de ser cierta, la dislocación de Los Talas-Perchel debe tener, en parte al menos, el carácter de inversa. Tampoco se excluye la posibilidad de que, quizás, la Cumbre de Los Talas-Perchel-Pintos-San Marcos, esté limitada por dislocaciones también al naciente.

Concluimos, pues, de la descripción precedente que la depresión de Los Talas — Perchel — Pintos, está limitada por dislocaciones en el oeste y este; la primera, muy probablemente es del tipo directo y tal vez del inverso, la segunda.

Al sur, dicha depresión emerge en la de Punilla y, en cierto modo, representa rama colateral de ésta.

b) *El escalón de la Sierra Chica. Descripción del pie occidental de la Sierra Chica.* — Desde hace mucho se sabe que está determinado por línea tectónica de gran magnitud. Sin embargo, abstracción hecha del trabajo de J. Olsacher (26) sobre las inmediaciones del Dique San Roque, no ha sido estudiado en detalle.

En la descripción que sigue lo iremos viendo, a partir del Lago San Roque, progresivamente hacia norte.

En dicho punto, las condiciones para la observación geológica son



Fig. 11. — El Cerro Negro desde nordeste. Este cerro, situado al pie de la escarpa, forma parte del gran dique pegmatítico descrito en el texto. Debido a su inclinación suave, la escarpa no se destaca.

excepcionalmente buenas gracias a los relativamente numerosos cortes artificiales de la vía férrea y del dique.

Justo allí donde se asienta la muralla nueva, sobre la orilla austral del Río Primero, existe una angosta faja de gneis triturado, de rumbo probable aproximadamente meridional. Significativamente, está relacionada a una quebrada que sube hacia sur. Sobre la orilla norte, no es posible señalar su continuación.

Algunos centenares de metros más hacia el Lago, justo sobre la boca occidental del nuevo túnel, hay una nítida faja de gneis triturado, ligada a dique pegmatítico en las mismas condiciones. Esta dislocación tiene rumbo de unos 358° y buza hacia este (unos $60-70^\circ$). Se trata, pues, de *falla inversa, cuyo techo, sobreelevado, constitúyelo la Sierra Chica*. Esta dislocación, claramente se relaciona con una quebrada que sube hacia norte y en la cual pequeños afloramientos de gneis triturado

y brecha silicificada dan testimonio de su carácter subsecuente. Se borra más o menos 1 km al norte de su desembocadura en el Lago.

Desde el cerro que da justo sobre la estación Casaffousth, perteneciente al promontorio diferenciado por dicha fractura, se advierte que también hacia sur la dislocación se extiende determinando un escalón bien nítido. Éste por lo menos llega hasta la Quebrada Honda que parece truncarlo. Así se confirma la impresión que se tiene, al mirar la región del Lago San Roque desde la Sierra Grande, de que allí existen complicaciones tectónicas. Mirándolo de frente parece, asimismo, como si en el sitio justo donde el Río Primero o, más propiamente, el Lago San Roque, penetra dicho promontorio, existiera una fractura transversal, pues de norte y de sur el promontorio desciende paulatinamente hacia el « canal » y aún, la sección norte parece antepuesta a la austral.

Contribuye a enturbiar las cosas, la cercanía de la Quebrada Honda, gran fractura que desde la depresión de San Roque « irradia » hacia sudeste. Separa entre ellas las Sierras Chicas del Norte y del Sur; aquélla es más alta, de modo que existe, entre ambas, un fuerte salto tectónico. Además, el cabo austral de la Sierra Chica del Norte está echado hacia oeste y hacia este el cabo norte de la Sierra Chica del Sur. Así es como se forma una especie de « bahía » que alberga Villa Carlos Paz.

Más al oeste, allí donde el Lago se ensancha y la vía férrea, de su dirección este-oeste tuerce bruscamente hacia sur-norte, hay otra dislocación bien definida. Al norte de la misma, se observa el gneis de rumbo aproximado de 46° y buzando empinadamente hacia sudeste. En el sitio de la dislocación, en cambio, y más al este de la misma, ese ángulo de buzamiento es mucho menos pronunciado. Es ésta mi única observación que, aunque de modo dudoso, parece sugerir cierta relación entre cambios de la disposición del gneis y fractura moderna. También esta dislocación se relaciona con un filón o dique pegmatítico triturado y una quebrada de dirección nordeste. Su rumbo (falla inversa) debe estar entre los $16-46^\circ$. Algo al norte de esta zona dislocada hay otra, poco notable.

Vemos, entonces, que no hay una falla principal, única, que limite la Sierra Chica por el oeste, sino más bien parecen existir numerosas fracturas menores. Más al norte, por la escasez de cortes artificiales de ubicación adecuada (sobre el pie mismo de la Sierra), las condiciones de observación se vuelven más desfavorables, sobre todo debido a la gruesa cubierta de acarreo de pie de monte.

En Bialet Massé y en las inmediaciones de un vado de cemento a través del Río Cosquín (al sur del pueblo), frente a los potentes conos de deyección, afloran (especialmente sobre la ribera oeste, pero también sobre la oriental en una quebrada que se interna en la Sierra muy cer-

cana) areniscas muy calcáreas, duras, de componentes bastante gruesos, poco redondeados, autóctonos y hasta un banco puramente calcáreo. Su color, en ese lugar, es blanquecino, grisáceo. En otras partes, es más bien rojizo hasta blanco níveo. Las superficies viejas son negruzcas (parecidas al mármol de la Sierra Chica). En las fracturas frescas muestran a menudo costras de calcita cristalizada. Algunas veces, esas areniscas ostentan forma de descomposición muy característica: desaparecen los componentes gruesos, de modo que sólo queda el cemento margoso, duro, con aspecto poroso como de piedra pómez. En el lugar que nos ocupa, siguen el rumbo aparente de $36-56^\circ$ y buzan, con inclinación in-



Fig. 12. — Punto donde el Río Pintos atraviesa el dique pegmatítico entre Cerro Negro y Cerro del Corral Blanco, en dirección hacia la escarpa. (Compárese el croquis de la fig. 13).

determinable pero fuerte, hacia sudeste. Algo al sur y este de este afloramiento existe una zona de gneis fracturado y algo milonitizado (de rumbo más o menos meridional). Estos dos hechos, vistos en conjunto, cobran importancia para el ensayo de interpretar la tectónica local.

Estas areniscas, sin lugar a dudas, pertenecen a los *Estratos de los Llanos* en su facies típica, que fueron encontrados por otros autores en diversas partes de nuestras Sierras: E. Rimann (38) los estudió cerca de Capilla del Monte; J. R. Guñazú los vió en Altos de San Pedro (18); P. J. Quiroga, en Pampa de Pocho (36) y T. García Castellanos (15) en la Sierra Norte¹.

¹ En vista de las dificultades que se oponen a correlacionar estratos de carácter continental como los que acaban de describirse, en un principio hesité en clasificar, sin más, las rocas mencionadas con los Estratos de los Llanos. Sin embargo, comparando especímenes tomados por mí en todos los afloramientos de Punilla con otros

Vamos a enumerar los afloramientos de esta roca, muy interesantes a los fines de la interpretación tectónica de nuestro Valle.

Del Sanatorio Santa María hacia el norte se extiende toda una faja de nuestros Estratos (que aflora con interrupciones accidentales). Su rumbo oscila entre sudsudeste y sudsudoeste y todos buzan fuertemente hacia este (20-40°, término medio). De modo muy característico, se relacionan con el pie de una terraza que, de no estar tan disecada por la erosión sería esencialmente llana. Al este, insensiblemente pasa a la escarpa de la Sierra. Encima de ella (cubierta por espeso manto de acarreo de pie de monte) no se observan areniscas.

El «casco» de la Estancia «Los Chinos» (en cuyo terreno existe

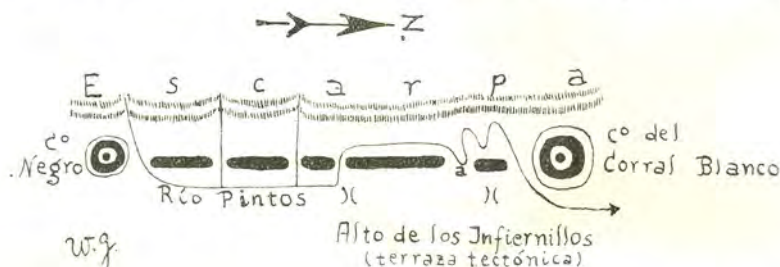


Fig. 13. — Bosquejo de campaña. Relaciones notables entre el Río Pintos y el dique pegmatítico que forma los cerros Negro y del Corral Blanco. (Véase la descripción en el texto). (Sin escala. Distancia abarcada : aproximadamente 1/2 km).

especialmente un afloramiento muy hermoso) se encuentra justo al pie de la supuesta terraza. Se tienen allí los mismos estratos rojizos adosados a una zona de gneis muy quebrado por acción tectónica y completamente transformado, en ciertos sitios, en milonita verde clara (y las vetas pegmatíticas intercaladas en otra blanca nívea hasta rosada).

Estos afloramientos, con interrupciones accidentales, siguen más o menos 1-1 1/2 km hacia norte donde desaparecen debajo de la espesa formación de pie de monte.

Al norte de «Los Chinos», la «terrazza» ya no tiene superficie más o menos llana. Se trata, más bien, de una especie de promontorio, de

traídos por G. Bodenbender de La Rioja y otras provincias del noroeste argentino (y que se conservan en el Museo de Min. y Geol. de la Fac. de Ciencias Exactas de Córdoba), surgió la más completa analogía litológica corroborada, además por la visita que efectué a ciertos afloramientos riojanos descritos por aquel autor y cordobeses señalados por E. Rimann. Luego, a mi juicio, no se justificaría crear denominación nueva para los estratos de Punilla y, por lo contrario se impone su ubicación estratigráfica del modo sostenido por los varios autores arriba citados. Por otra parte, numerosas «toscas» modernas poseen estructura, textura y composición muy análogas a los Estratos de los Llanos y su origen más reciente, a veces difícil de reconocer, surge de su consolidación generalmente menor, su estratificación prácticamente nula y su transición lateral con acarreo de pie de monte moderno.

indudable origen tectónico que se destaca en toda su extensión mirándolo desde la vía férrea (al norte de Cosquín). Según mi modo de ver, se trata de un fenómeno análogo a las «terrazas» tectónicas (más perfectas) que tuve ocasión de observar en los alrededores de San Javier (descritas por R. Beder, 2, del Bolsón de Nono, aunque con interpretación diferente).

Entre Cosquín y Casa Grande, nuestros Estratos, si es que existen, permanecen ocultos por la potente formación de pie de monte que allí ha nivelado las asperezas del relieve constituyendo un plano suavemente ondulado e inclinado. De paso mencionemos que la gran mancha rojiza que desde el camino o el ferrocarril se observa sobre el pie de la Sierra, entre Cosquín y Molinari, corresponde a brecha endógena, muy típica, destapada por vieja calera.

En Valle Hermoso, en la desembocadura de la Quebrada de las Vaquerías existe un afloramiento poco importante de nuestros Estratos, con buzamiento pronunciado hacia sudeste (20-25°). Poco más al norte, sobre el camino que de dicha Quebrada conduce directamente a La Falda, se observa gneis milonitizado, verdoso, en considerable extensión. En la Quebrada de las Vaquerías misma, más arriba del afloramiento, el gneis parece estar muy dislocado; probablemente, aquí se trata de los efectos de orogénesis antigua.

Los Estratos de los Llanos vuelven a aflorar recién *al norte de La Falda*, en las inmediaciones de la Granja «Los Sauces», con las características ya descritas. Los estratos buzan pronunciadamente hacia este o sudeste. Unos 500 m al norte, una falla los corta. 100 m más allá todavía, existe un corte muy interesante hecho evidentemente con el propósito de extraer cierta arcilla verdosa, allí existente. Se trata de una falla: el labio alto, oriental, consiste de gneis transformado en brecha tectónica, en el plano de falla; el labio bajo, occidental, está constituido por Estratos de los Llanos. En éstos, se observan espejos de fricción bien desarrollados y que buzan hacia este. La arcilla verde clara — así como la rojiza que también existe — es milonita. La primera, muy probablemente, generada por molienda de los Estratos de los Llanos.

Es una falla inversa, situada al pie de terraza tectónica bien desarrollada que se extiende algún trecho hacia sur. Encima de la terraza, no se advierten rastros de nuestras areniscas.

El último afloramiento que nos toca considerar — completamente análogo en sus rasgos esenciales a los anteriormente descritos — se encuentra entre Altos de San Pedro y Villa Giardino (Est. Thea), al este de la carretera. Hay una sucesión de cortes naturales a lo largo de toda la quebrada, pero el mejor se encuentra poco al sudeste del Hotel «Altos de San Pedro». Allí, el máximo espesor observable de las areniscas

ha de variar entre 20-30 m. En general, tienen el carácter de brecha relativamente gruesa. Pero existe también, algo más al sur, pequeño afloramiento de arenisca roja, suelta, de granos bastante gruesos, no redondeados de cuarzo, feldespato y abundantes fragmentos de arcilla ferruginosa¹; esta arenisca está asociada con cierto material blanco, calcáreo, análogo a las areniscas margosas arriba descritas, pero blando, suelto y, por eso, muy parecido o completamente igual a ciertas « toscas » modernas.

El rumbo general, cerca del Hotel, es de 156-162° y el buzamiento de unos 30-40° al este. Más al sur, debido a la exposición deficiente,



Fig. 14. — Escarpa oriental de la terraza tectónica del Alto de los Infiernillos vista desde el sur

ambos son indeterminables. También aquí, se observa la típica asociación de los Estratos con el pie de terraza bien desarrollada.

Más allá, los Estratos de los Llanos recién vuelven a aflorar *al norte de Capilla del Monte* donde fueron estudiados por E. Rimann (38). Este autor no indica ni rumbos ni buzamientos, por lo cual los Estratos deben estar o poco dislocados o mal observables. Yo mismo ví, en una rama lateral de la Quebrada de Ochoa, un afloramiento típico, considerable (no representado en el mapa adjunto), cuyos estratos parecían buzarse hacia sudeste. Teniendo en cuenta la distancia que media entre el mismo y el pie de la Sierra (1-2 km), es dudoso el papel que le pueda corresponder en la interpretación tectónica de éste. Allí, los Estratos se hallan subyaciendo un plano de pie de monte muy típico, o asociados con la base del mismo.

¹ Areniscas análogas (tal vez constituyan producto de desintegración mecánica) también se observan en los otros afloramientos descritos y en cantidad muy exigua.

Unos dos km al norte de Altos de San Pedro y sobre el costado este de la carretera aflora, en corte artificial (hecho con la intención de extraer arcilla), brecha endógena típica, de origen tectónico.

De aquí hasta el límite norte de nuestra zona de estudios, ya sólo afloran estratos que se consideran pertenecientes al sistema de Gondwana (¿ Paganzo ?). Son de dos clases, principalmente: la más conspicua consiste de potentes bancos de brecha, muy duros, de color rojo morado, con grandes bloques de gneis como componente esencial. Entre El Rosario y Los Cocos se encuentran subyaciendo la semiplanicie crestal de la Sierra. Aparecen casi horizontales hasta buzando ligeramente hacia oeste (unos 4-5° en El Rosario).

Otras veces, los estratos que se clasifican bajo este sistema consisten de brechas y areniscas sueltas, blandas, de color café claro y estratificación indefinida. Tal vez parte de ellos sea más reciente que Gondwana y consista de reacarreo de éste.

Afloramientos muy reducidos, se observaron en cortes artificiales del camino « El Cuadrado », ya algo al este de la línea crestal, inmediatamente arriba del Almacén « La Estancita » (unos 1000 m s. n. m.) y, con meláfiro, unos kilómetros más arriba aún (unos 1200 m s. n. m.).

Existe un perfil muy instructivo, el único digno de mención, sobre la carretera que desde El Pungo (La Cumbre), situada al pie de la escarpa, conduce a El Rosario. Allí se observan unos 100 m de las brechas descritas en segundo lugar, bastante bien estratificadas y con fuerte buzamiento hacia oeste (30-40°). Concordantemente intercalados, hay unos 3-4 m de areniscas finas, blandas, arcillosas, abigarradas, en capas finas que alternadamente ostentan colores rojo ladrillo y grisáceo, con intercalación de lantejuelas verdosas de unos 2-3 cm de espesor. Llama poderosamente la atención su estratificación muy nítida. Es en estas areniscas donde se observan a lo menos dos pequeñas fallas secundarias del tipo inverso y que buzan con unos 65° hacia este.

En El Rosario (ya casi en la cumbre de la Sierra) se encuentran las ya citadas brechas duras, con mantos de meláfiro descritos recientemente por Pensa (35) y, también, una arenisca de grano mediano, muy maciza, dura, ferruginosa, de color chocolate. En dos lugares, también afloramientos insignificantes de arenisca blanquecina, calcárea, blanda, con inclusiones marrones, arcillosas. Obsérvanse algunas dislocaciones secundarias.

Desde El Rosario y en dirección sudoeste, extiéndense los conglomerados, en afloramiento continuo, hasta el pie de la Sierra rellenando el llamado « Valle de Sol » que desemboca sobre la carretera Huerta Grande — Altos de San Pedro — El Pungo — La Cumbre.

Es evidente que en El Rosario debe existir una dislocación, depresión o undulación oblicua, gracias a la cual, según mi parecer, los con-

glomerados, areniscas y mantos de meláfiro han podido escapar a la erosión, en parte. Además, en ese mismo lugar el frente de la Sierra es tan bajo, aplanado, como en ningún otro del trayecto descrito en estas páginas. Aumenta de altura tanto hacia norte como hacia sur.

Al norte de La Cumbre, las fracturas que limitan la Sierra por el oeste, separan un promontorio grande y conspicuo. Entre éste y el cuerpo principal de la Sierra pasa el camino a Los Cocos.

Desde El Rosario hacia el norte, truncado por el plano creстал de la Sierra, se encuentran restos de Estratos de Gondwana, cuyo estudio



Fig. 15. — Escarpa occidental de la Mesa de la Mula Muerta, tomada desde la Pampa homónima (en el primer plano). Nótese la línea casi recta, ligeramente curvada, del borde superior de la escarpa.

detallado, sobre todo desde el punto de vista tectónico (dislocaciones secundarias), seguramente sería muy provechoso. No podemos detenernos en esto. Luego viene, más al norte aún, la capa coherente de Estratos de Gondwana que integra las Sierras del Pajarillo y de Copacabana.

Antes de ensayar la interpretación tectónica del pie occidental de la Sierra Chica, agregaremos algunas palabras sobre ciertos *depósitos modernos* observados en nuestra región ¹.

En diversos lugares de Punilla se observan, en clara relación con cauces fluviales de la actualidad, depósitos de rodados y de ripio, que, empero, se hallan unos 10-20 m sobre el nivel actual de los ríos a que pertenecen. Tal es el caso sobre la ribera norte del Río Primero cerca de Saldán (a la altura de la vía férrea); sobre la ribera austral del mismo Río al oeste de La Calera; sobre la margen norte del Río de las Mojarras

¹ En obsequio de la mayor brevedad se omite la reseña de todas las formaciones sedimentarias de Punilla, originalmente prevista.

(a unos 300 m del mismo); en las inmediaciones del Puente de Molinari (Río San Francisco-Cosquín, desvío a Pampa de Olaen) y, probablemente, en otros puntos más. Por otra parte tenemos, p. ej., entre Cosquín y Pan de Azúcar cierto corte (algo al norte del camino a Villa Allende) donde sobre una especie de loes pampeano con cierta estratificación (unos 3 m), yacen unos 5 m de ripio. Entre Cosquín y Bialet Massé hay potentes conos de deyección en los cuales el Río Cosquín ha cortado barrancas a pique. (Con la observación detallada los ejemplos se dejarían multiplicar, pero se reducen esencialmente a los efectos de acarreo intensificado, de material más grueso, y erosión más activa). Todos estos fenómenos, si bien de relativamente poca intensidad y extensión



Fig. 16. — La Mesa del Palmar vista desde el extremo noroccidental de aquélla de la Mula Muerta (más baja). Al pie de las « cuchillas » pegmatíticas (P) pegadas contra el borde (escarpa) de la Mesa, corre el Río Pintos (de izquierda a derecha).

parecen indicar, sin embargo, un período de acarreo y erosión más activos. Puesto que afecta formaciones modernas y únicamente se inauguró cuando éstas ya habían cubierto todo el fondo del valle en espesor considerable, debe ubicarse en el pasado geológico más reciente. Los ríos que recorren el fondo del valle no parecen, en la actualidad, ejercer acciones de sedimentación y erosión muy considerables. El reducido caudal que dichos ríos conducen durante la mayor parte del año, permite considerar los factores climáticos principales responsables de tal estado de cosas. Creo, pues, tener que atribuir aquellos fenómenos de erosión y acumulación intensificadas a la *oscilación climática diluvial* y esto más aun cuanto que W. Penck describe fenómenos análogos, si bien de mayores porporciones, del Bolsón de Fiambalá y llega a la conclusión de que, en general, « Sobre el margen sud de la Puna, la oscilación climática diluvial surtió el resultado paradójico de motivar acumu-

lación sobre las elevaciones ¹ y en las depresiones evacuación » (32, pág. 255).

Por lo visto, la oscilación climática diluvial no parece haber ejercido efectos muy importantes en nuestra región. Mientras, v. gr., los ríos pertenecientes al llamado Sistema del Desaguadero, por sus cauces desmedidamente grandes muestran haber conducido mayor caudal en tiempos pasados, diluviales, el cambio sufrido por nuestros ríos cordobeses es mucho menor, pues sus cauces están en proporción con la cantidad de agua que conducen durante crecientes normales.

Por otro lado, la influencia que aquella oscilación ha tenido en nuestra Sierra salta a la vista con nitidez, si bien con intensidad poco considerable, lo cual se explica, primero, por las alturas relativamente pequeñas y, después, por el emplazamiento en zona de precipitaciones ya por sí más abundantes.

Encima de la superficie crestral de la Sierra Chica, en los alrededores de El Cuadrado, se observan potentes acumulaciones de acarreo de pie de monte. Obviamente, éstas deben haberse formado antes de producirse el ascenso que dió a la Sierra Chica su relieve actual. Por otra parte, demuestran la cercanía, aun en aquellos tiempos, de áreas montañosas, de las que bajaron y que, posiblemente, se hallaban más al norte (o al sur), sobre la misma área ocupada por la Sierra Chica actualmente. Allí donde se acumularon debe, entonces, haber existido un claro que posteriormente se cerró, idea que concuerda por completo con lo que habremos de reconocer acerca de la historia de nuestra Sierra. Resulta evidente, también, la gran importancia que este hallazgo — realizado, primero, por B. v. Freyberg ² y, luego, por O. Schlagintweit — inviste para la ubicación cronológica de los movimientos orogénicos modernos.

Interpretación tectónica del pie occidental de la Sierra Chica. — Entre Dique San Roque y Altos de San Pedro (y, quizás, todavía más al norte),

¹ Arriba de los 3800 m y motivada por la intensa producción de escombros. Así, no puede aplicar a nuestras Sierras, pues aparte de que no alcanzan esa altura, nunca tuvieron clima tan seco como para permitir a aquel proceso desarrollarse en medida considerable.

² Este autor, en su trabajo sobre la Sierra de los Llanos (44), habla de la superficie crestral de la Sierra Chica « sobre la cual se dispone, en muchos lugares, un conglomerado gris hasta rojizo, compuesto por gruesos rodados del subsuelo y, a causa de su escasa consolidación, su posición casi horizontal y, en general, de todo su hábito, debe ser considerado muy joven. Por otra parte, debe ser más antiguo que los movimientos más recientes y debe pertenecer a la planicie troncal, pues, ahora, está sujeto a destrucción y, en partes, se encuentra encima de colinas aisladas... ». Es sólo en El Cuadrado donde he podido observar tal formación, a pesar de buscarla a lo largo de toda la superficie de la Sierra Chica. De ahí que supongo que el conglomerado de v. Freyberg y el « acarreo de pie de monte », arriba descrito, sean una misma cosa.

la Sierra Chica está limitada por fallas inversas. Como lo parecen demostrar los diversos afloramientos descritos, de Estratos de los Llanos, que todos buzan hacia este, así como el hecho de que no se trata, probablemente, de dislocación única sino, más bien, de numerosas fallas pequeñas, el movimiento tectónico comenzó por producir una flexura. Ésta, sobreencorvándose ligeramente hacia oeste se rompió, dando lugar a la estructura como hoy se observa.

Sin embargo, tal explicación no es la única viable si se tiene en cuenta la interpretación de F. Pastore (28), sobre la base de criterios petrográficos, de que el margen oriental del Valle de Punilla corresponde



Fig. 17. — La falla del Cerro Blanco. Típica quebrada subsecuente. (La mancha blanca sobre la ladera orográficamente izquierda de la quebrada, está constituida por los escombros de uno de los piques de la mina).

a fractura muy antigua, revivida. En este caso, puede o no haber tenido lugar la flexura antes de producirse la nueva fracturación. Pero ésta, en todo caso (o la flexura, respectivamente) debe haberse iniciado ya antes de depositarse los Estratos de los Llanos, ya que éstos en ninguna parte (dentro de nuestra área) ¹ se encuentran encima de la Sierra. Ello me parece sugerir que la Sierra Chica ya existió como elevación antes o al mismo tiempo en que se inició el depósito de Estratos de los Llanos, limitando de tal suerte el área de su difusión por el este. Por otra parte, ¿por qué faltan, o escasean tanto, en los mismos los componentes gnéisicos que se creería deban existir cuando la Sierra está (y estaba) tan próxima? Ello se explicaría fácilmente asumiendo que otrora cubrieron

¹ Lo que E. Rimann (38, pág. 57) describe como Estratos de los Llanos encima de la Sierra Chica, al sur de Las Pampillas (Los Cocos), probablemente no es más que una facies del Gondwana, parecida, cierto es, a aquellos Estratos.

toda el área que hoy es Sierra Chica, de modo que su fuente de materiales estuviera en el oeste, dentro del área granítica de la Sierra Grande. Pero con esta suposición, ¿no deberían existir algunos restos, por más exigüos que fuesen, encima de la Sierra Chica misma? Y más aun teniendo en cuenta la edad relativamente reciente de las dislocaciones.

En ningún afloramiento conocido de nuestra región es dable observar la base de los Estratos de los Llanos. No se puede decir, pues, si está constituida por gneis, granito o Estratos de Gondwana. Pero es muy probable que éstos falten, pues en ninguna parte del fondo de valle se observan. Luego, éste se habría formado después de que se depositaron los Estratos de Gondwana, y el área que hoy constituye su fondo, antes habría sido parte de un área de erosión (no de acumulación), y quizás aun montañosa.

La estructura tectónica del margen oriental del Valle de Punilla corresponde muy fielmente a lo descrito por J. Rassmuss (37, pág. 9) para el zócalo del Aconquija limítrofe con el Bolsón de Santa María. Pero no podemos decidir, por lo pronto, si en nuestro caso se trata de falla inversa primaria o de sobreencorvamiento secundario de falla vertical¹.

En algunos trechos, el pie de la Sierra ostenta complicaciones interpretables como «terrazas tectónicas» o «promontorios», respectivamente. Éstas, son muy parecidas a las terrazas de pie de monte o penillanuras de pie de monte (*pediments*), tan frecuentes en nuestro país (véase, p. ej., 23, pág. 172 y lám. II). Pero vacilo en darles ese nombre por su evidente y estrecha asociación con dislocaciones «andinas», en ciertos lugares.

A partir de la latitud de La Cumbre (o ya algo más al sur), las cosas cambian fundamentalmente: en el ya descrito perfil de El Pungo los estratos buzan fuertemente hacia oeste y ello es condición general — con raras excepciones — más al norte, como surge de las mediciones efectuadas por E. Rimann (38, pág. 71).

Interesantes son, también, los resultados de ese autor, para la interpretación general de la estructura que nos viene ocupando: pues en el área por él estudiada, descubrió y relevó numerosísimas fracturas de al menos dos periodos orogénéticos diferentes (antiguo y moderno)².

¹ Compárese asimismo F. González Bonorino: *Los Yacimientos Metalíferos de la Región de Capillitas y sus Relaciones Estructurales: Nota Preliminar*. Ipimigeo, Secc. Arg., Primera Reunión de Comunic., Buenos Aires, 1945, pág. 35 y sigs.

² Empleo deliberadamente los términos, algo vagos, de «orogénesis antigua y moderna» para no tener que indicar periodos geológicos determinados, lo cual, en nuestra Sierra, resulta desde todo punto de vista imposible, ya que faltan criterios estratigráficos seguros. Morfológicamente muchas de las dislocaciones descritas en el presente trabajo, parecen bastante recientes.

y, vistas individualmente, de extensiones y rechazos reducidos. (Por esta razón, en el croquis de « Escalones Tectónicos » adjunto marco « fajas de dislocación » y no « fallas ».)

Los perfiles de Rimann, muestran el faldeo occidental de la Sierra Chica no como plano de falla, más o menos modificado por la erosión, concepto favorito de la geología, actualmente, sino, más bien, como flexura que, debido a la rigidez de las rocas, condujo a la rotura en numerosos lugares, resultando un verdadero enjambre de fallas de pequeños rechazos individuales. Pues bien, me inclino a hacer extensiva tal interpretación *a toda la falda oeste de la Sierra Chica y aun a la Sierra Grande*. Además, resulta obvio que si las dislocaciones entre Lago San Roque y Altos de San Pedro son inversas, ya por esta sola



Fig. 18. — Granito despedazado, por acción tectónica, en la falla del Cerro Blanco. Nótese la fragmentación angulosa, formas muy distintas de las redondeadas que resultan por la descomposición meteorica.

razón el faldeo occidental de la Sierra Chica, en esa sección, no puede representar plano de falla modificado por la erosión.

Inducimos, por lo pronto, que al norte de El Pungo, la fracturación del pie occidental de la Sierra Chica preponderantemente es del tipo directo (¡pero recuérdese la observación sobre los Estratos de los Llanos de la Quebrada de Ochoa que buzaban hacia este!). Ello no influye sobre las características generales, como p. ej., la existencia de complicaciones secundarias: « terrazas tectónicas », etc.

Desde dicha latitud, también, sobre la superficie cristal de la Sierra, los restos de Estratos de Gondwana se hacen cada vez más extensos. Indudablemente, no se depositaron en su posición actual sino, después de sedimentados se sobreelevaron. Luego, si comparamos con las inferencias hechas para el Valle, diremos que esta sección de la Sierra es más

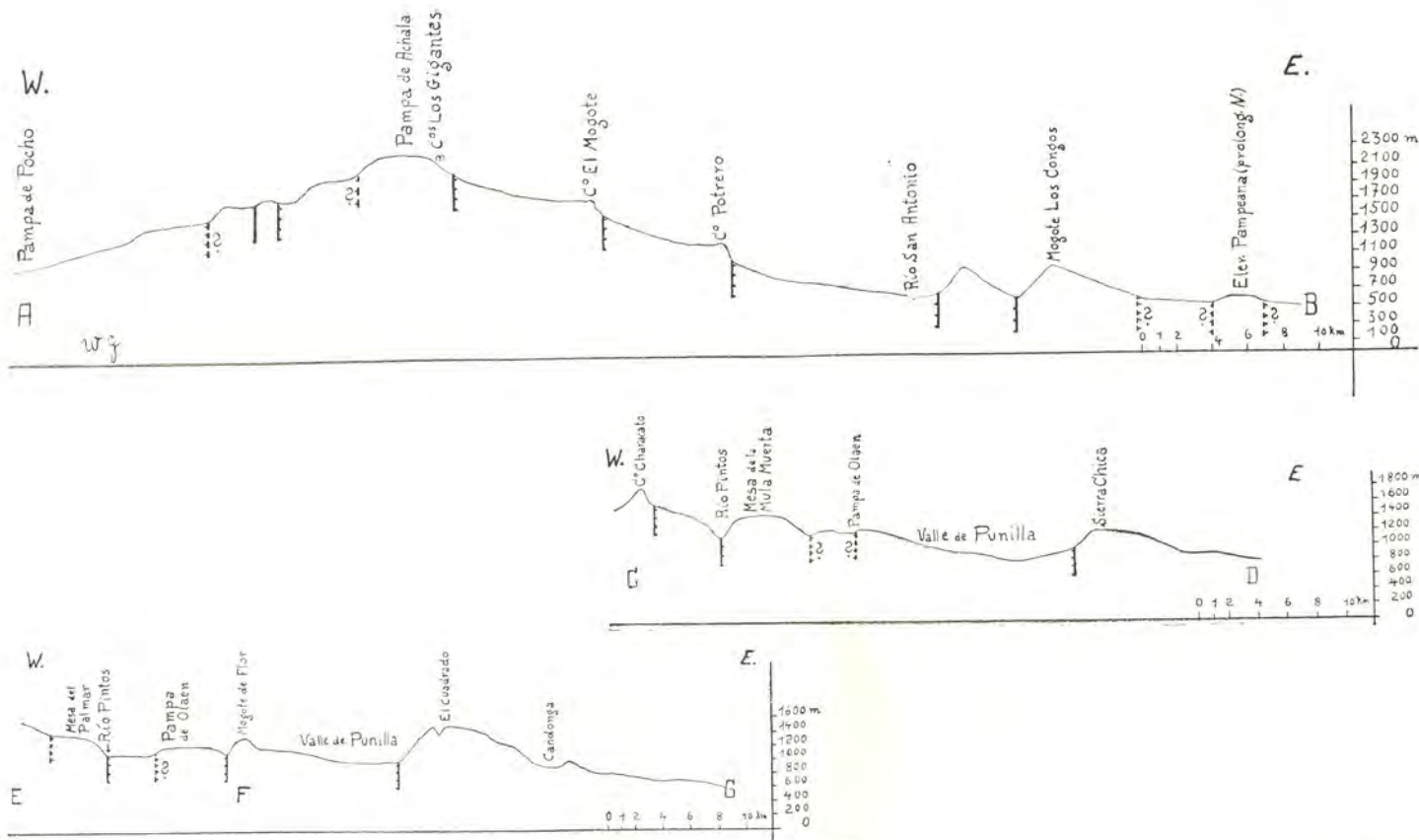


Fig. 19. — Perfiles morfológico-tectónicos a través de la parte oriental de la Sierra de Córdoba. Claramente se advierte la influencia tectónica sobre el relieve (pronunciados acodamientos de pendiente relacionados a fajas de dislocación). (Construcción sobre las hojas 20 i y 20 h de la Carta geológico económica de la República Argentina, editada por la Dirección General de Minas y Geología; y según datos de campaña del autor. Véase el trazado de los perfiles en el croquis tectónico). Escala vertical: 5 veces la horizontal.

reciente que la inmediatamente contigua al sur, puesto que, en el área que ocupa esta última, Estratos de Paganzo no alcanzaron a depositarse. En cambio, su ascenso debe ser anterior a la deposición de los Estratos de los Llanos, puesto que éstos sólo se encuentran al pie de la Sierra y en posición análoga a la que los caracteriza más al sur (compárense al efecto los mapas de Rimann y el adjunto).

Es poco probable que toda la Sierra Chica otrora estuvo cubierta por Estratos de Gondwana y de los Llanos y que la cubierta sedimentaria fué removida (*stripped off*) a consecuencia de los movimientos modernos de fallas. Porque en toda la sección central, desde Valle Hermoso hasta el Río Segundo (o el Tercero) no se han conservado, según el estado actual de nuestros conocimientos, ni los restos más exigüos.

Luego, es probable que los Estratos de Gondwana nunca cubrieron la región de la Sierra Chica actual y en su sección media. (Véanse, al respecto, las interesantes observaciones de v. Freyberg en Minas Geraes, 45, pág. 317, etc., y que oportunamente serán comentadas en un trabajo sobre la morfología de la Sierra de Córdoba.)

Los Estratos de Gondwana que constituyen, o subyacen, la superficie cumbre de la Sierra Chica (p. ej., en El Rosario, Las Pampillas, Ongamira, etc.) por lo general buzaron ligeramente hacia oeste (o sudoeste). Pero ello contradice abiertamente la hipótesis, tan en boga, de que la Sierra Chica constituye un bloque sobreelevado y volcado hacia este. Pues entonces los Estratos, depositados originalmente de modo horizontal, debieran buzarse hacia naciente y no hacia oeste como de hecho lo hacen; salvo que esto último se suponga representar el efecto de grandes dislocaciones secundarias, meridionales, sobre la misma superficie crestral de la Sierra; pero tales dislocaciones, a lo menos en la región que nos ocupa, no se conocen.

En cambio, dicho estado de cosas obtiene su fácil y lógica explicación considerando la Sierra Chica como pliegue de gran radio, asimétrico (con vergencia hacia oeste) y dislocado (en el flanco occidental) conforme el concepto de W. Penck.

El Valle de Punilla. Interpretación de su tectónica

1. RESEÑA DE LAS TEORÍAS ANTERIORES

a) *Garganta entre bloques volcados.* — Es ésta la interpretación según la teoría vigente sobre la tectónica de las Sierras Pampeanas y que las considera *tilted block-mountains*. Esta hipótesis es compartida por prácticamente todos los autores, excepción hecha de L. Brackebusch (?), W. Penck (y, quizás, A. Peirano). Puesto que el Valle de Punilla se limita

por dislocaciones en sus dos flancos, surge la necesidad de revisión.

b) *Valle de erosión*. — Según G. Rovereto (39), después del Paleozoico la Sierra de Córdoba ya no sufrió movimientos tectónicos considerables. Su forma actual («masa residual») sería obra de la erosión. Este autor, no se refiere expresamente al Valle de Punilla, pero como consecuencia implícita se extrae el concepto expresado en el epígrafe. De todos modos, ya no tiene más que importancia histórica — como manera de interpretar nuestras Sierras (y las Pampeanas en general) —, ya que contradice las evidencias acumuladas por numerosos autores acerca de la existencia de grandes movimientos tectónicos modernos.

c) *Sinclinal de gran radio*. — Esta interpretación de W. Penck, poco conocida (33, págs. 208-212), fluye de su interpretación de las Sierras Pampeanas como pliegues de gran radio. A pesar de que una visita de reconocimiento a nuestra Sierra, demasiado rápida, le sedujo a ciertas apreciaciones equívocas, sus ideas han resultado sumamente estimulantes y han vertido luz sobre fenómenos inexplicables por las teorías anteriores.

2. RESULTADOS DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN

El Valle de Punilla es rama de una fosa tectónica o «Graben», asimétrica, que hiende la Sierra de Córdoba a lo largo de toda su extensión, en sus zonas este y central. En adelante nos referiremos a ella como la Fosa Oriental de la Sierra de Córdoba, para distinguirla de otras depresiones tectónicas (de carácter posiblemente análogo) situadas en la zona oeste de nuestra Sierra.

La Fosa Oriental está limitada por dos sistemas principales de fracturas — de extensión sensiblemente meridional: uno, cuyas escarpas miran hacia naciente; otro, que al oeste. Forma, el primero, una «Escalera Sintética» y otra «Antitética», el segundo (fig. 19).

a) *La escalera sintética u homotética*. — Comprende los escalones que miran hacia este, o sea, en dirección del buzamiento general de la Sierra. Constituyen el sistema de dislocaciones al parecer más reciente y que durante mucho tiempo pasó casi inadvertido. Débese esto a que los caminos de comunicación más transitados que cruzan la Sierra, lo hacen justo en aquellos sitios donde los escalones tectónicos son más borrosos. Para reconocer su estructura es, pues, necesario recorrer la Sierra en sentido meridional. G. Rovereto (39), ha creído deber interpretar estos escalones como de origen erosivo (peneplanicies escalonadas). W. Penck (33), los ha comparado a sus «Escaleras de Pie de Monte»¹. O Schmie-

¹ Al describir el escalón del Pie del Potrero, ya vimos que tal interpretación es impropia.

der (41) fué el primero en mencionar la gran zona fracturada que limita la Pampa de Achala por el naciente (escalón de la Sierra Grande), comprobada y descrita en el presente trabajo. Indudablemente, es ésta la faja de dislocación más importante, en magnitud sólo comparable al escalón de la Sierra Chica, pues se continúa muy lejos hacia el sur, por lo menos hasta la latitud del Champaquí, pero probablemente bastante más allá. En ningún otro, es dable estudiar los fenómenos morfológicos y tectónicos con tanta claridad.

Así, la Sierra de Achala (Sierra Grande) se presenta como pilar (*Horst*) sobreelevado. Tanto en su pie oriental (zona fracturada de « El Pircado-Los Gigantes-Copina-Champaquí ») como en la caída occidental hacia el Bolsón de Nono, se observan fallas inversas, lo cual sugiere un origen por compresión.

No puede descartarse la posibilidad de que también la cadena de Cumbre de Los Talas-Perchel-Pintos-San Marcos constituya un pilar central y que divide la depresión de la fosa en dos. Sin embargo, los niveles diferentes de las dos depresiones así resultantes (Punilla y Pintos), más bien sugieren que no se trata simplemente de fosa única dividida por el pilar en dos depresiones secundarias; más bien, el escalón tectónico que se acaba de citar, constituiría el borde, fracturado (principalmente por el oeste) y combado hacia arriba (por compresión), del fondo del Valle de Punilla.

b) *La escalera antitética*. — Está compuesta por los escalones de la Sierra Chica y Cumbre de Los Talas-Perchel-Pintos-Sierra de San Marcos (y la escarpa occidental de la Sierra Grande, ya fuera de nuestro área de estudios).

El escalón de la Sierra Chica, entre Lago San Roque y Altos de San Pedro, posee el carácter de dislocación inversa. Más allá, ésta parece más bien directa. Sobre la base de criterios petrográficos, F. Pastore (28) asume que esa dislocación es de origen antiguo (¿caledónico?) y que ha revivido durante la orogénesis moderna. Según el mismo autor, se extendía sólo entre Lago San Roque y Capilla del Monte, marcada hoy por la franja de « gneis esquistoso » que delimita el Valle de Punilla por el naciente. Es interesante notar que termina casi exactamente sobre la Quebrada Honda (depresión tectónica), o sea, el posible lecho antiguo del curso inferior del Río Cosquín (o del San Roque) (8). Luego, creo poder concluir que también el curso *superior* del primero está originalmente condicionado por aquella dislocación antigua. Y dado que no existen en el fondo del actual Valle de Punilla, Estratos de Gondwana, muy desarrollados, en cambio, más al norte y muy al sur de nuestra Sierra, creo que las actuales Sierras Chica y Grande en ese entonces (al tiempo de depositarse dichos Estratos) formaban macizo único, área de erosión y no de acumulación pues, por otra parte, los Estratos de Gondwana que

se encuentran adosados al pie oriental de la Sierra Chica (entre Villa Allende y La Calera) y más al este, dan testimonio de la cercanía de áreas montañosas al tiempo de su sedimentación. (Véase 1, pág. 17 y 40, pág. 30). Luego, creo que, originalmente, el Río San Francisco-Cosquín siguió angosta quebrada subsecuente parecida a las actuales, v. gr., del Pintos o del Río de la Puerta.

Recién después, en el transecurso de la orogénesis andina, la angosta quebrada se transformó en la ancha y profunda fosa de hoy, la cual, simultáneamente, iba prolongándose hacia sur y norte.

Esta hipótesis da cuenta de dos hechos indiscutibles :

1. de la evidente supremacía y primacía que, en las Sierras Pampeanas sudorientales poseen las dislocaciones antitéticas, frente a las cuales las otras, sintéticas, parecen desempeñar sólo papel subordinado ;

2. de la manifiesta diferencia geológica morfológica e hidrográfica entre el Valle de Punilla y su prolongación sur (y norte), que sugiere un origen diferente (posterior) de dicha prolongación ¹.

Efectivamente, el declive general parece determinado por las dislocaciones antitéticas que, a la vez, son las mayores, tanto en lo que al rechazo como a la longitud se refiere. Sin embargo, reconocer este hecho no implica interpretarlas como la causa de ascensos diferenciales e inclinación hacia este de bloques, a consecuencia de empujes ocasionados por la orogénesis andina y dirigidos de oeste a este. En cambio, la modificación inicial debe haber sido un abovedamiento asimétrico, del tipo de las undaciones o plegamientos de gran radio.

Éste, aumentaba su fase (ancho), su amplitud (altura) y largo, es decir, iba incorporando nuevas áreas al macizo montañoso, áreas que, en parte, habían sido de sedimentación. De allí que hoy encontremos Estratos de Gondwana incorporados a las periferias norte, sur y este de la Sierra ². Al acentuarse el abovedamiento inicióse el proceso tafrogenético (es decir, de formación de la fosa tectónica). Al norte del Lago San Roque, se localizó en la antigua dislocación ya mencionada. Lo mismo que la montaña, la fosa iba creciendo hacia el norte y sur y ramificándose, hasta alcanzar su forma y dimensiones actuales. A la vez, iba

¹ Estas diferencias son, esencialmente : en el sur : drenaje consecuente (no subsecuente) en dirección oeste-este y subdivisión en varias cuencas hidrográficas subordinadas ; la depresión longitudinal tiene, pues, carácter tectónico de tal, pero no se manifiesta (o muy poco) morfológicamente (Punilla, en cambio, es depresión tectónica y, por encima, morfológicamente constituye fondo de valle) ; en el norte : drenaje subsecuente (?) en dirección opuesta (sud-norte) al de Punilla (norte-sud) ; estratos de Gondwana de las Sierras del Pajarillo y de Copacabana (flanco este de la depresión).

² Esto puede verse con especial claridad al naciente de La Calera, donde los conglomerados brechosos de Gondwana, originalmente depositados al pie de la Sierra, han sido incorporados al área de erosión, habiéndose elevado a altura considerable.

profundizándose y constituyéndose en receptáculo para los Estratos de los Llanos provenientes de la degradación de la Sierra Grande y sedimentados como depósitos fluviales o lagunares en ambiente árido o semi-árido (similar al actual).

Es posible que el proceso inicial creador de la depresión de Punilla no fuese la tafrogénesis sino un sinclinal de gran radio el que, muy pronto después de iniciada su formación, fué dislocado, primero en su flanco oriental y en el occidental más tarde, entrando así en acción la tafrogénesis. Tal interpretación se sugiere por la analogía estructural que guarda nuestra depresión con los bolsones interserranos descritos por W. Penck (31, 32) y J. Rassmuss (37), sobre todo debido a las fallas inversas que limitan la Sierra Chica por el oeste (y la Grande por el este).

c) *Partes y extensión de la Fosa Oriental.* — Resulta imposible indicar límites exactos, pues no se trata de unidad tectónica nítidamente diferenciada de las vecinas. Incidentalmente se ha mencionado que existe gran depresión tectónica también al oeste de la Sierra Grande: con la oriental, están unidas por transición gradual. Lo mismo vale decir de los confines orientales de nuestra «unidad» tectónica¹. Hecha esta salvedad diré que dentro del área comprendida en el mapa adjunto de «Escalones Tectónicos», nuestra Fosa (que aun la sobrepasa) comprende de norte a sur:

La depresión entre Sierra del Pajarillo y Sierra Chica, por un lado, y Sierra de Cunuputu-Cumbre de Pintos-Perchel, por el otro (continuación norte de Punilla);

La depresión al oeste de estas últimas (continuación boreal de la fosa del Río Pintos);

El Valle de Punilla: al sur de Cosquín se une con la depresión del Río Pintos; ésta es como una ramificación de aquél;

La Quebrada Honda, que une las anteriores a la depresión que existe entre la Sierra Chica, al oeste y la cadena Mal Paso-La Calera-Lagunilla-Elevación Pampeana, al naciente, descritas por G. Bodenbender (8);

La depresión tectónica entre Sierra Chica del Sur y Sierra Grande (continuación austral de Punilla) y que de norte a sur contiene las siguientes cuencas hidrográficamente independientes: del Río de la Suela y Río San José; del Potrero de Garay (que colecta los ríos: San Pedro, de los Espinillos y del Potrero); del Río Tercero; y, probablemente, otra u otras más al sur.

d) *Las undaciones transversales.* — En varias oportunidades hicimos

¹ Constituyendo las dislocaciones fenómeno acompañante, subordinado, del ascenso regional, desde luego también ellas tienen difusión general, ubicua, aunque, claro está, con intensidad mayor en ciertas zonas o franjas que en otras, lo cual justifica, en cierto modo, la diferenciación de ciertas unidades estructurales.

alusión a esta diferenciación de la Sierra, transversal u oblicua respecto del rumbo general.

G. Bodenbender (5, pág. 24) habla de depresiones prepampeanas (recorridas por los ríos I-IV), cuyo origen está en íntima conexión con la génesis de la Sierra. El macizo del Champaquí, v. gr., es la divisoria entre los ríos II y III; su prolongación oriental coincide exactamente con el medio que separa dichos ríos.

W. Penck (32, págs. 350-351, etc.) considera estas «undaciones» transversales elemento constante, característico y necesario (por razones de orden mecánico) del modo de orogénesis que, según él, produjo nuestra Sierra.

3. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE TAFROGÉNESIS

a) *Generalidades.* — Llábase tafrogénesis el proceso o conjunto de procesos tectónicos que conducen a la formación de fosas tectónicas.

La teoría tafrogenética clásica creada por E. de Beaumont y J. W. Gregory, atribuye dichas estructuras a la obra de fuerzas de *tensión*, exclusivamente.

E. J. Wayland y B. Willis, en cambio, asumen que las grandes fosas del Africa oriental, Arabia y Palestina se hayan generado por *compresión* («*Ramp Valleys*»).

Las dos teorías están de acuerdo en que a la tafrogénesis preceden, estando causalmente relacionados con ella (34, pág. 97 y 21, págs. 438-441), abovedamientos a modo de anticlinorios que sobre la base de las descripciones que he leído, estoy inclinado a paralelizar con los plegamientos de gran radio, conforme el concepto de W. Penck, de los cuales, quizás, se distinguen únicamente por su amplitud menor.

b) *Comparaciones con nuestra región.* — Si, ahora, comparamos los detalles tectónicos de nuestra región con los del Valle del Jordán y fosas vecinas, a primera vista resaltan diferencias considerables.

Abstracción hecha de la litología completamente distinta (magnética aquí, sedimentaria allí) — la cual indudablemente ha de ejercer su influencia sobre los resultados tectónicos — falta, en Punilla, la estructura en bloques crescénticos, resultado de la unión de dislocaciones longitudinales y transverso-oblicuas de diferente edad, estructura que L. Picard califica de típica y propia de la tafrogénesis.

En cambio, allí como aquí, movimientos sesgados parecen desempeñar papel importante.

Análogo es también, como ya apuntado, el proceso inicial, el abovedamiento anticlinal. Según B. Willis (cit. por O. D. von Engeln, 43, pág. 396), «las fallas opuestas, asociadas en par, tienen el mismo rum-

bo de la línea creстал del abovedamiento». Es lo que ocurre en Punilla.

Dijimos que, según todo lo indica, al iniciarse el proceso tafrogenético sólo se produjo la dislocación de la Sierra Chica. En sus comienzos el Valle de Punilla fué, pues, un *rift* unilateral. Fué recién más adelante cuando, al acentuarse el proceso, sobrevino la formación de la escalera sintética y, con ella, la transformación en un *Graben* bilateral, asimétrico.

Idéntica asunción, hízola Lartet (cit. por L. Picard, 34) en el caso del Valle del Jordán, el cual, según dicho autor, constituye fosa unilateral con una « falla principal » que se extiende a lo largo de la margen oriental del Mar Muerto. En varios peldaños, una escalera tectónica ($\frac{1}{2}$ sintética o antitética ?) baja desde las Montañas de Judea hasta la honda depresión así creada, que es la depresión continental más profunda que se conoce.

Experimentalmente, H. Cloos (cit. por L. Picard, *ibíd.*) reprodujo la formación de *rifts* unilaterales y que por modificación ulterior se transformaron en fosas tectónicas bilaterales.

E. C. Bullard (cit. por A. Holmes, 21, págs. 440-441) elaboró el mecanismo tafrogenético en el sentido de B. Willis y demostró que las dos fallas inversas o sobrecurrencimientos limitantes se forman sucesivamente (; no con simultaneidad !) y a medida que se va acentuando el abovedamiento. No hay por qué insistir sobre la analogía que tal concepto implica respecto de las ideas desarrolladas en páginas anteriores.

Fué, también, Lartet el primero en considerar las montañas palestineses como gran bóveda o pliegue (cit., 34).

Según Hull, el Valle del Jordán es sinclinal dislocado entre anticlinales (cit., 34).

W. Penck ha demostrado idéntico origen para los bolsones entre las Sierras Pampeanas ¹ (31, 32). Según este autor, las cadenas nuevas iban surgiendo de las partes más hondas de los sinclinales de gran radio que se extendían entre los cordones más antiguos. Para el Valle de Punilla, empero, creo inaplicable este concepto. Pues de ser así, la Sierra Chica — por la mayor imperfección de sus superficies de aplanamiento, su estado de disección más avanzado — debería ser más *reciente* (como en su oportunidad se verá) que la Sierra Grande. Ello estaría en desacuerdo con la suposición, bastante asegurada, de que la Sierra Chica ya existió, como área montañosa, al tiempo de depositarse los Estratos de Gondwana. Además, implicaría que ella surgió del fondo de sinclinal lleno de dichos Estratos y, por tanto, habría de estar cubierta por ellos.

¹ Para la Fosa del Rhin superior, W. Penck (cit., 17) ha demostrado que la Selva Negra se elevó independientemente de los Vosgos. No se trata, pues, del colapso de la cresta de anticlinal único.

Por otra parte, el carácter inverso de las dislocaciones que limitan el Valle de Punilla por el este, constituye analogía muy sugestiva con los bolsones interserranos del noroeste argentino descritos por W. Penck así como con los conceptos de B. Willis ¹. (Recuérdese también la antes citada interpretación de J. Rassmuss para el pie occidental del Aconquija).

Luego concluimos resumiendo :

Probablemente, las Sierras Grande y Chica, al iniciarse la orogénesis moderna, constituyeron abovedamiento único. Al acentuarse el movimiento, se produjo la ruptura a lo largo de fractura antigua. Así iba individualizándose la Sierra Chica. Por ascenso diferencial (y, probablemente, no por hundimiento) se diferenció el fondo de valle. Posteriormente, el *rift* unilateral así producido se transformó en fosa bilateral asimétrica (que simultáneamente iba creciendo hacia norte y sur). Una de sus ramas o pisos, constituyóela el actual Valle de Punilla.

Es indeciso si dicha dislocación antigua representa un sobrecorrimiento o conjunto de fallas inversas inicial o si adquirió la estructura actual por sobrecorvamiento posterior de dislocaciones esencialmente verticales (J. Rassmuss). De todos modos, se advierten analogías muy interesantes con el proceso tafrogenético según los conceptos de B. Willis y E. C. Bullard.

En trabajo aparte (por razones del espacio disponible) se tratará la morfología del Valle de Punilla, así como las interesantes generalizaciones a que se arriba aplicando al Sistema de las Sierras Pampeanas los conceptos de las escuelas morfológicas americana y alemana, representadas por W. M. Davis y W. Penck, respectivamente.

Sin embargo, en el resumen que sigue anticipamos, en cierto modo, las conclusiones más importantes marcándolas por * con el fin de distinguirlas de los puntos tratados en el presente estudio.

RESUMEN

1. Aplicando los métodos de la « tectónica del granito » de H. Cloos y con el estado actual de nuestros conocimientos, no puede arribarse a conclusiones seguras acerca de la naturaleza, intensidad y número de revoluciones orogénicas experimentadas por el cuerpo intrusivo de Achala. Probablemente, su configuración y estructura actuales sean consecuencia de 3 épocas diferentes : período de intrusión, orogénesis

¹ Según A. Holmes (21, pág. 433), « los fondos de algunas fosas obviamente se han hundido, pero en muchos casos resulta igualmente claro que, en el transcurso del ascenso general sólo han quedado rezagados respecto de las altiplanicies adyacentes ». Esto último, parece probable en el caso de Punilla.

antigua (¿ caledónica ?) y orogénesis moderna (andina). Sea como fuere, seguro es que su posición actual en las cúspides montañosas, débela el granito a acciones tectónicas, únicamente, mas no a su resistencia litológica.

2. Describense 8 grandes escalones morfológico tectónicos y se examina la naturaleza de los procesos causantes de los mismos. Como procesos parciales que desempeñan papel importante se reconocen movimientos sesgados, de compresión y verticales. Las grandes fallas, en realidad son fajas de dislocación integradas por numerosas fracturas relativamente pequeñas y los grandes rechazos, la suma de los pequeños desplazamientos de éstas.

3. Se describen, del Valle de Punilla, afloramientos de Estratos de los Llanos típicos. En cambio, parecen faltar los de Gondwana en la mayor parte de la extensión longitudinal del Valle.

4. Después de reseñar teorías anteriores, se define el Valle de Punilla como rama de fosa tectónica, bilateral, asimétrica, llamada « Fosa Oriental de la Sierra de Córdoba », cuyas diversas partes se enumeran.

5. Se resumen las dos teorías tafrogenéticas y se señala que, en Punilla, es la compresión la que parece constituir el proceso predominante.

6.* Las planicies de la Sierra de Córdoba y en cuanto caen dentro de la región objeto del presente estudio, se definen como partes de tronco primario, según el concepto de W. Penck, modificado por dislocación ulterior. Se demuestra, en cambio, que no puede tratarse de las partes, dislocadas posteriormente, de una supuesta « peneplanicie pregondwánica redescubierta ». Probablemente, nunca ha habido lugar al proceso de la peneplanización como lo concibe el ciclo geográfico, ni antes ni después de la sedimentación de los Estratos de Gondwana.

7.* Sobre la base de las investigaciones de diversos autores, se muestra que los elementos tectónicos esenciales de las Sierras Pampeanas muestran estrecha dependencia del espesor de la cubierta sedimentaria (*Oberbau*) — estructuras plegadas donde ésta es potente y falladas donde es delgada o ausente. Dichos caracteres tectónicos permiten definir este sistema de montañas como conjunto de *pliegues fallados de gran radio*.

8.* En las Sierras de Córdoba, dentro del proceso general (orogénico) se reconoce importancia relativa mayor como generadoras del relieve, a las *dislocaciones*. Se estima en más o menos 1000 m el desnivel medio, aparente y *total*, creado por ellas en la sección más alta de la Sierra (entre Los Gigantes y Champaquí). La Sierra de Córdoba, se presenta como fase de transición entre las estructuras plegadas de la Cordillera y las meramente epirogenéticas del Brasil y Uruguay.

Summary. — 1. Applying the methods of H. Cloos's Granite Tectonics, with the present state of our knowledge sure conclusions as to the nature, intensity and number of orogenetic revolutions undergone by the Achala Pluton are not possible. Probably, the present configuration and structure of this intrusive body are the consequence of at least three different epochs: time of intrusion, old orogenesis (caledonian revolution?) and modern (andine) orogenesis. On all event, the present position of the intrusive body in the mountain summits is exclusively due to tectonic causes but in no case to a supposed major lithological resistance of granite.

2. Eight big tectonic steps (or escarpments) are described, and outlined the nature of the tectonic processes which produced them. Shearing, compression and vertical dislocation are recognized to have played an important rôle. The big faults actually are zones of dislocation composed of numerous, relatively small faults. The great displacements are the sum of their small individual ones.

3. On the valley floor, typical *Estratos de los Llanos* have been observed to exist. In change, deposits of the Gondwana System seem to be absent from the major part of its longitudinal extension.

4. After summarizing former theories, Punilla Valley is defined as a branch of a bilateral, asymmetric tectonic *Graben*, called the *Oriental Trough of the Sierra of Córdoba*. Its different parts or branches are enumerated.

5. The two principal tafrogenetic theories are quoted and compression is stated to have played a predominant rôle in the genesis of Punilla Valley.

6. The plains of our region are defined as the parts of a primary torso-plain in the sense of W. Penck, modified by ulterior dislocation. It is shown that they cannot be the parts of a « pregondwanic rediscovered peneplain ». In our region, peneplanation as imagined by the Geographical Cycle probably never took place neither before nor after the sedimentation of Gondwana beds.

7. Founding on the investigations of several authors, structures of the *Sieerras Pampeanas* are shown to be in close interdependence with the degree of development of the sedimentary cover (*Oberbau*): folded structures predominating where this is thick, but faulted ones where it is thin or absent. The tectonic features of our mountain system allow to consider it as *faulted undulations*.

8. In the Sierras of Córdoba, within the general orogenetic process faulting has played a relative major rôle as a creator of relief. The *total* medium apparent displacement thus produced is estimated to be of 1000 m in the highest section of the mountain (between Los Gigantes and Champaquí). The Sierra of Córdoba presents itself as a transitional stage between the folded structures of the Cordillera and the merely epirogenetic areas of Brazil and Uruguay.

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO ¹

1. BAIN LARRAHONA, H., *Estudio geológico en la provincia de Córdoba.* — Bol. Inf. Petrol., agosto 1940.
2. BEDEK, R., *Estudios geológicos e hidrogeológicos en los alrededores de Villa Dolores.* — DMG, Bol. 14 B, 1916.
3. — *La Sierra de Guayasán y sus alrededores.* — DMG, Publ. 39, 1928.
4. BILLINGS, M. P., *Structural Geology.* — Prentice-Hall Inc., Nueva York, 1942.
5. BODENBENDER, G., *La llanura al este de la Sierra de Córdoba.* — BAC, XIV, 1894.
6. — *La Sierra de Córdoba.* — AMAG, I, 2, 1905.
7. — *Constitución geológica de la parte meridional de La Rioja y regiones limítrofes.* — BAC, XIX, 1911.
8. — *Triásico y Terciario en la falda oriental de la Sierra de Córdoba.* — BAC, XXXI, 1929.
9. BRACACCINI, O., *Observaciones geológicas en el Batolito de Achala.* — Tesis inédita. Facultad de Ciencias Exactas, Univ. Nac. de Córdoba, 1936.
10. BRACKEBUSCH, L., *Informe sobre un viaje geológico por las Sierras de Córdoba y San Luis practicado en 1876.* — BAC, II, 1877.
11. CHAPMAN, C. A., *The tectonic significance of some pegmatites in New Hampshire.* — Jour. of Geol., XLIX, 1941.
12. CLOOS, H., *Einführung in die Geologie.* — Gebr. Bornträger, Berlín, 1936.
13. DALY, R. A., *Igneous Rocks and the Depths of the Earth.* — Mac Graw Hill, Nueva York y Londres, 1933.
14. DOERING, O., *Resultados hipsométricos de mis excursiones en el año 1902.* — BAC, XIX, 1911.
15. GARCÍA CASTELLANOS, T., *Reconocimiento de la parte central de la Sierra Norte de Córdoba.* — Rev. Univ. Córdoba, XXX, 1943.
16. GERTH, H., *Die pampinen Sierrren Centralargentiniens.* — Geol. Rundschau, IV, 8, 1913.
17. GRADMANN, R., *Junge Krustenbewegungen im Landschaftsbild Süddeutschlands* (Comentario bibl.). — Zeitschr. Ges. f. Erdkunde, Berlín, 1929.
18. GUINAZÚ, J. R., *El Terciario carbonífero del sur argentino y chileno. Su posición estratigráfica.* — Bol. Inf. Petrol., marzo, 1940.
19. HEIM, A., *Estudio geológico del carbón « Rético » y del Valle de la Peña (Prov. de San Juan y La Rioja).* — Informe inédito, DMG, 1944.
20. — *Bosquejo tectónico de la Sierra de Paganzo.* — Rev. Soc. Geol. Arg., II, 2, 1947.
21. HOLMES, A., *Principles of Physical Geology.* — Thomas Nelson and Sons Ltd., Londres, etc., 1944 y 1945.
22. KEIDEL, H., *La geología de las Sierras de la Prov. de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas de Sud Africa y los Andes.* — AMAG, II, 1916.
23. — *Consideraciones acerca de los « Estratos de Paganzo » en la Precordillera y observaciones sobre las capas neopaleozoicas y su tectónica en el Cordón del Cerro Pelado (Prov. de Mendoza).* — BAC, XXXVIII, 1946.

¹ Abreviaturas usadas: AMAG: Anales del Ministerio de Agricultura, sección Geología. — AAC: Anales de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. — BAC: Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. — CMGT: Cuadernos de Mineralogía y Geología de la Universidad de Tucumán. — DMG: Dirección General de Minas y Geología.

24. MILLER, W. J., *Some features of faulting in Southern California*. — *Jour. of Geol.*, XLVIII, 1940.
25. — *Recognition of faults in Southern California*. — *Journ. of Geol.*, XLIX, 1941.
26. OLSACHER, J., *Estudio geológico y petrográfico de los alrededores del Dique San Roque*. — *Rev. Un. Córdoba*, XVII, 1930.
27. PASTORE, F., *Informe geológico preliminar sobre el yacimiento de magnetita de la mina « Sarmiento » (Córdoba)*. — *DMG, Publ. 10*, 1925.
28. — *Hoja 20 i del mapa geológico de la Argentina. Región oriental media de la Sierra de Córdoba. Relevamiento geológico y explicación*. — *DMG, Bol. 36*, 1932.
29. — *Informes geológicos sobre dos proyectos de diques en la Provincia de San Luis*. — *DMG, Bol. 41*, 1935.
30. PEIRANO, A., *El orden de los tiempos de las intrusiones magmáticas paleozoicas y los movimientos del « plegamiento caledónico » en las « Sierras Pampeanas » del noroeste argentino, etc.* — *CMGT, III, 10*, 1943. — *Estudio geológico de la Sierra de la Ramada*. — *CMGT, 10*, 1943. — *Estudio geológico de la cuenca de Tafí y las serranías aldañas*. — *CMGT, III, 10*, 1943 y *IV, 11*, 1944.
31. PENCK, W., *Hauptzüge im Bau des Südrandes der Puna de Atacama*. — *Nenes Jahrb. Min., Beilageband 38*, Stuttgart, 1914.
32. — *Der Südrand der Puna de Atacama. Ein Beitrag zur Kenntnis des andinen Gebirgstypus und zu der Frage der Gebirgsbildung*. — *Abhandlungen der mathematisch-physischen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften*, XXXVII, 1, 1920.
33. — *Die morphologische Analyse*. — *J. Engelhorn's Nachf.*, Stuttgart, 1924.
34. PICARD, L., *Geological Researches in the Judean Desert*. — *Jerusalem*, 1931. — *Grabenstrukturen im Jordantal*, 1931.
35. PENSA, M., *Estudio geológico y petrográfico de los meláfiros de la Provincia de Córdoba*. — Tesis inédita, Facultad de Ciencias Exactas, Univ. Nac. de Córdoba, 1946.
36. QUIROGA, P. J., *Las efusiones andesíticas y traquiandesíticas de los departamentos « Pocho » y « Minas » (Sierras de Córdoba) y sus manifestaciones piroclásticas*. — Tesis inédita, Facultad de Ciencias Exactas, Univ. Nac. de Córdoba, 1945.
37. RASSMUSS, J., *Rasgos geológicos generales de las Sierras Pampeanas*. — *DMG, Bol. 13 B*, 1916.
38. RIMANN, E., *Estudio geológico de la Sierra Chica (entre Ongamira y Dolores)*. — *BAC, XXIII*, 1918.
39. ROVERETO, G., *Studi di geomorfologia argentina. I. La Sierra di Cordova*. — *Bol. Soc. Geol. Ital.*, XXX, 1911.
40. SCHLAGINTWEIT, O., *El subsuelo de la llanura cordobesa en base a la perforación S. I. 1, con especial referencia al Gondwana*. — *Dir. Minas Prov. Córdoba, Publ. 10*, 1946.
41. SCHMIEDER, O., *Apuntes geomorfológicos de la Sierra Grande de Córdoba*. — *BAC, XXV*, 1921.
42. STELZNER, A., *Contribuciones a la geología de la República Argentina*. — *AAC, VIII*, 1923/24.
43. VON ENGELN, O. D., *Geomorphology*. — *Macmillan*, Nueva York, 1942.
44. VON FREYBERG, B., *Geologische Untersuchungen in der Sierra de los Llanos*. — *Abhandl. Senckenberg. Naturforsch. Ges.*, XXXIX, 1927.
45. — *Ergebnisse geologischer Forschungen in Minas Geraes (Brasilien)*. — *Neues Jahrb. Min. Geol., Sonderband II*, E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1932.
46. WINDHAUSEN, A., *Geología Argentina*, II, Jacobo Peuser, Buenos Aires, 1931.