

REVISTA
DE LA
ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

SUMARIO

<u>Florentino Ameghino. 18 septiembre 1854 - 6 agosto 1911.....</u>	<u>73</u>
<u>G. GAYLORD SIMPSON. La obra de los Ameghino.....</u>	<u>75</u>
<u>P. GROEBER, Bosquejo Paleogeográfico de los glaciares del Dia-</u> <u>mante y Atuel.....</u>	<u>89</u>
<u>J. F. VILLAR FABRE, Resumen geológico de la hoja 32q sierras del</u> <u>Tandil (Provincia de Buenos Aires).....</u>	<u>109</u>

BUENOS AIRES
REPUBLICA ARGENTINA

1954

REVISTA
DE LA
ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

Tomo IX

Abril de 1954

Nº 2

FLORENTINO AMEGHINO

18 SEPTIEMBRE 1854 - 6 AGOSTO 1911

El 18 de septiembre del presente año cúmplase el centenario del nacimiento de Florentino Ameghino, decano de los paleontólogos argentinos y símbolo de una época gloriosa de nuestra cultura.

La obra de este sabio ha sido amplia y ardorosamente discutida por sus contemporáneos y por los que continuaron sus estudios y, si bien ella le creó muchos adeptos, también le originó muchos enemigos. Contra lo que podría suponerse, esto último estuvo lejos de amedrentarlo sino, por el contrario, fué el motor principal que le condujo a la elaboración de sus revolucionarias teorías.

Hoy, a cien años de su nacimiento y casi a igual distancia de su primer trabajo, ya que su inquietud científica se le reveló a los 15 años, como él mismo da a entender en uno de sus trabajos publicados póstumamente, su obra está en condiciones de afrontar la crítica desapasionada y, por ello la más temida, por hallarse basada en el sesudo análisis de sus realizaciones. Y es así que, mientras muchos otros después de este duro examen quedan esfumados en el pasar del tiempo, Ameghino en cambio, surge más grande, admirado y comprendido, como quizá no lo fuera por sus propios contemporáneos.

No nos debe extrañar que muchos aspectos de su trabajo tengan actualmente sólo importancia histórica. Es que la verdad es difícil de alcanzar, y los sabios como Ameghino, muchas veces han equivocado el camino en su intento por llegar a ella. Pero el saldo positivo y favorable es verdaderamente monumental y merece la admiración de todos.

Evocar a Ameghino, es evocar a Florentino y Carlos, pues ambos en admirable cooperación revolucionaron la geología y paleontología de Sud América y dieron un ejemplo de colaboración mutua hasta entonces pocas veces presenciado, el cual ha perdurado en la historia de la ciencia



como uno de sus más emotivos capítulos. La justicia será completa si se recuerda aquí el aporte que a dicho éxito realizó la esposa de Florentino, doña Leontina Poirier.

Mucho se ha escrito en nuestro país sobre la obra de los Ameghino pero, también es cierto, que pocos juicios sobre ellos, vertidos por especialistas extranjeros llegan a conocimiento del público en general. Por eso, en una fecha como ésta, la Asociación Geológica Argentina considera como la mejor adhesión a la misma, ofrecer a la consideración de todos, el juicio autorizado del doctor George Gaylord Simpson.

El doctor Simpson no necesita en realidad presentación, pues su personalidad es ampliamente reconocida y respetada en todos los círculos, aún en aquéllos no relacionados directamente con las investigaciones paleontológicas. Considerado la autoridad mundial en el conocimiento de los mamíferos fósiles, une a sus dotes de caballero y de investigador consciente, la de profundo conocedor de nuestras faunas de mamíferos terciarios. Habiendo visitado nuestro país en dos oportunidades (1930-1931 y 1933-1934) dirigiendo sendas expediciones del American Museum of Natural History of New York, con el propósito de coleccionar material y obtener observaciones sobre las formaciones geológicas de Patagonia, tuvo oportunidad de visitar las localidades fosilíferas de Carlos Ameghino, así como verificar sus excelentes dotes de geólogo de campaña y coleccionista. En su trabajo de laboratorio, el doctor Simpson adquirió una exacta visión de la sagacidad de Florentino para describir el material, establecer correlaciones y trazar líneas filogenéticas.

A través del trabajo del doctor Simpson, la obra de los Ameghino surge purificada y remozada, sin perder ninguna de sus cualidades sino más bien, ganando en grandeza y en la consideración de todos.

Al conmemorar este centenario, no podemos ofrecer a su memoria nada mejor que trabajar con la misma fe, el mismo entusiasmo e igual desinterés, con que ellos trabajaron.

A continuación se da a conocer la traducción del capítulo que lleva por título original «The Work of the Ameghinos» correspondiente al trabajo *The Beginning of the Age of Mammals in South America*, por el doctor George Gaylord Simpson, publicado en el *Boletín* del American Museum of Natural History de Nueva York, vol. 91, art. 1, págs. 19-26, 1948.

LA OBRA DE LOS AMEGHINO

Por GEORGE GAYLORD SIMPSON

Cualquier trabajo sobre fósiles patagonianos debe significar de algún modo, un homenaje a Florentino y Carlos Ameghino. Esto es particularmente cierto para la presente Memoria, la cual revisa en primer término, las grandes faunas descubiertas y descritas por los Ameghino, y lleva el nombre « Ameghino » en casi todas las páginas. Ésta es una oportunidad excepcional para la valoración de una gran parte del trabajo de ambos. Tal valoración es interesante y provechosa en sí misma, pero sirve particularmente para desechar muchas de las falsas ideas sobre los Ameghino generadas, por un lado, en la adoración absurda y por el otro, en la crítica igualmente absurda. El hecho de que en las páginas siguientes muchas de las conclusiones teóricas y taxonómicas y algunos datos morfológicos se hallen en marcado desacuerdo con los resultados de Florentino Ameghino podría hacer aparecer a esta Memoria como otra crítica más. Por eso, estoy tanto más ansioso en dar aquí una apreciación que demostrará que tal desacuerdo no es una crítica destructiva sino conforme con la más viva valoración de sus trabajos y la más sincera admiración por su habilidad. Tanto sobre él se ha dicho y escrito, que es falso, emocional y errado, que solamente un honesto intento de juicio desapasionado puede ser útil a su memoria.

La asociación de los hermanos Ameghino fué un ejemplo destacado de trabajo en equipo y su éxito fué uno de los más notables en la historia científica. Cuando ellos comenzaron su carrera, uno era un oscuro maestro provincial sin práctica científica seria o una educación superior y el otro, era su hermano menor casi sin instrucción ¹. Entre ambos, el hermano mayor en el estudio y el menor en el campo, revolucionaron la geología de Sud América y redescubrieron uno de los más importantes capítulos de la historia de la Tierra.

La contribución de Carlos a esta hazaña es, aún hoy, probablemente menos apreciada y comprendida. Florentino nunca dejó de reconocer y destacar lo que él debía a Carlos, pero fué Florentino quien publicó casi todos los resultados y quien llegó a ser reconocido como un gran científico. « Ameghino » vino a significar Florentino pero creo que el último juicio de la historia puede elevar a Carlos al mismo nivel. Él fué ciertamente un genio como geólogo de campaña y coleccionista. Si

¹ Un tercer hermano, Juan, ayudó a mantener la familia, pero no estuvo más directamente relacionado con el trabajo científico de Florentino y Carlos.

permaneció hasta el final relativamente no comunicativo, un hombre gauchesco, sincero, sin la gracia de los círculos académicos, solamente es una evidencia más de que pasó la mayor parte de sus años activos en el desierto, en la frontera real de su ciencia.

Él descifró correctamente casi toda la sucesión del Terciario inferior y medio en Patagonia. Las duras dificultades físicas y las privaciones implicadas no pueden ser apreciadas por ninguno que no haya trabajado en Patagonia y pueden ser sólo y perfectamente apreciadas por quien haya viajado allí por los caminos y en automóvil, donde Ameghino tuvo que trazar su propia senda y viajar a pie o a caballo. La geología es excepcionalmente confusa. La mejor evidencia de esto es que muchos geólogos, académicamente preparados, como no lo estaba Ameghino, con su trabajo precursor para ayudarlos y con muchas mejores facilidades que las jamás disfrutadas por él, ¡fracasaron en obtener correctamente la sucesión y a menudo le culparon del fracaso! Por supuesto, sus observaciones comúnmente carecieron de detalles y por supuesto, pasó por alto algunas cosas, pero tuvo la sucesión correcta mucho antes que cualquier otro la confirmara o aún la creyera.

Yo he recorrido la mayor parte del suelo que Carlos Ameghino cubrió en Patagonia Central y he controlado todo lo que dijo sobre ella, ya sea directamente o a través de la publicación de su hermano. No he podido hallar error positivo importante en cualesquiera de sus observaciones de campaña — algo que no puedo decir de cualquier otro geólogo que haya trabajado en aquella región, y por lo mismo, estoy completamente seguro que nunca se dirá de mí.

Hay errores en los datos publicados y existe un importante error sistemático que persiste a través de todos ellos: la aseveración de que las formaciones terrestres desde la de Casamayor hasta la de Deseado inclusive (en la terminología moderna) contienen dinosaurios o son contemporáneas con los estratos que los llevan. Relacionado con esto se halla la pretendida interdigitación y contemporaneidad de Casamayor y Salamanca. Ahora, realmente no hay ninguna duda en absoluto de que éstos son errores definidos y fundamentales, y Carlos los aceptó como establecidos. Éste fué un error de juicio muy natural de su parte pero no fueron errores en sus observaciones de campaña. Los errores surgieron de la aceptación sin crítica de observaciones erróneas de otros, de falsas identificaciones de unos pocos ejemplares y de inferencias injustificadas basadas, pero no lógicamente requeridas, sobre las observaciones de Carlos. Él conoció e indicó que, según lo que había visto en el campo, Casamayor cubría Salamanca, donde ambos se presentaban y que había hallado dinosaurios únicamente en niveles aún más bajos, donde el nivel relativo podía ser determinado objetivamente.

Carlos fué muy, y en realidad completamente, atraído e intimidado

por la deslumbrante actividad intelectual de su hermano mayor. Su propio éxito intelectual en formar un cuadro claro y correcto de la estratigrafía patagoniana, fué también del más elevado orden y tiene valor permanente.

Como coleccionista Carlos debe ser valorado alto. Él no fué familiar con los métodos modernos de excavación, vendaje, etc., comenzados a usar justo en sus días de campaña en Patagonia y su falta de transporte adecuado tuvo que hacerle esto difícil o imposible en cualquier caso.

Por regla, coleccionó lo que pudo encontrar y transportólo tal cual. Sin embargo, obtuvo un gran número de ejemplares muchos de ellos hermosos cráneos que fueron recogidos enteros o que más tarde pudieron ser reconstruídos. Evidentemente, tuvo un ojo extraordinario y sagaz para coleccionar, como ingenio por ejemplo, para su gran colección de muy pequeños mamíferos del Casamayor, los cuales son extraordinariamente difíciles de encontrar en esos afloramientos comúnmente bastante estériles. Un buen e ilustrativo ejemplo está dado por el hecho que toda una comisión coleccionista acampó posteriormente durante tres semanas en una de las localidades del Casamayor de Carlos, fracasando en hallar mamíferos en esos estratos e informó de la manera más rotunda que Carlos se hallaba equivocado al llamar a esos estratos Casamayor. No obstante, más tarde, nosotros pudimos confirmar que Carlos estaba correcto y existen ejemplares del Casamayor de esta localidad en la colección de Ameghino.

La única crítica general adversa al trabajo de Carlos Ameghino puede ser formulada solamente como una abstracción y no en la estructura de las condiciones reales de su vida y trabajos. Él no guardó casi notas de campaña ni registró casi ninguna de la miríada de observaciones detalladas que hizo. Aún en sus cartas a su hermano a menudo no le dió esos detalles sino generalmente se limitó a las conclusiones importantes. Los datos salvados fueron comúnmente transmitidos oralmente a Ameghino. Los datos de localidades adjuntos a las especies a menudo faltan totalmente y nunca son más que una vaga mnemotecnia tal como «Coluapi» o «Río Chico». Como los gauchos con quienes estuvo espiritualmente relacionado, Carlos guardó sus registros en su memoria y la mayoría se han perdido para la ciencia. Si Carlos hubiera tenido nada más que la oportunidad y la inclinación a ser tan comunicativo como Florentino, sus estudios geológicos hubieran sido tan importantes como los estudios paleontológicos de Florentino, pero entonces Carlos habría sido un hombre diferente y quizá no habría pasado 16 años en Patagonia.

El hermano mayor, más famoso, Florentino Ameghino, fué un carácter más sutil y complejo. La estimación de él y de sus voluminosas publicaciones requiere visión más psicológica, una más exacta pondera-

ción de las tendencias en conflicto y un mayor juicio equilibrado y cuidadoso.

Como investigador, Florentino Ameghino fué enormemente productivo. Fué tan comunicativo como no lo fué Carlos. Falleció cuando no tenía aún 57 años, pero escribió cerca de 200 Memorias y Monografías, algunas de ellas de gran extensión. La colección de sus trabajos llenan 18 muy voluminosos tomos y su correspondencia cuatro más. Su primer trabajo, 1875-1882 y el último, 1907-1911, estuvieron dedicados principalmente al estudio del hombre fósil, artefactos, estratigrafía relacionada con la antigüedad humana y temas antropológicos afines. Este trabajo, basado en su mayoría en su pretensión de que el hombre se originó en el Terciario de Argentina, ha sido muy tenido en cuenta y parece ser la base principal de su reputación popular en Sudamérica. Sin embargo, está ya bien establecido que su lugar permanente en la historia de la ciencia no se debe tanto a su trabajo antropológico como a sus estudios menos sensacionales realizados en el cuarto de siglo medio de su existencia, 1883-1906, cuando casi todos sus esfuerzos fueron dedicados a los vertebrados fósiles no humanos de Argentina, especialmente los mamíferos.

Unos pocos habían trabajado sobre mamíferos fósiles de Argentina antes de 1883 y muchos además de Ameghino, han trabajado sobre ellos desde entonces, pero permanece cierto que él, sin ayuda, en 25 años hizo conocer a la ciencia más mamíferos fósiles nuevos de Sudamérica que todos los otros estudiosos juntos, antes o después. Aún sin considerar las dificultades económicas y de otra índole que lo acosaron durante aquellos años, es ésta una realización de magnitud casi sobrenatural. Pocos en Argentina o en otras partes prestaron mucha atención a los primeros trabajos de Ameghino. Como su magnitud aumentaba, sin embargo, fué ampliamente conocido entre los paleontólogos. Otros paleontólogos en Argentina fueron a menudo hostiles y el escenario científico local era a veces una guerra interna. (Esta situación desafortunada no estuvo confinada sólo a la Argentina: la guerra Marsh-Cope en Norteamérica coincidió con este período). Fuera de la Argentina algunos aspectos del trabajo de Ameghino originaron ciertas desconfianzas, aún no totalmente aclaradas. Su fama aumentó y sus descubrimientos fueron ampliamente reconocidos, pero ha sido común tomar muchas de sus conclusiones con recelos.

No sin razón el público lego en Argentina fué por largo tiempo completamente indiferente al trabajo de Ameghino, el cual no comprendía en absoluto. A medida que su fama científica aumentó, el clamor popular también le llegó, con sólo una limitada comprensión de sus fines. En efecto, el mayor reconocimiento fué y es dado a las partes menos importantes y menos sanas de su trabajo. En el momento de su muerte era

un gran hombre y reconocido como tal por sus colegas y compatriotas. Desde entonces, su reputación popular en Argentina ha resultado en lo que podría ser casi llamada deidificación. Cualquier sugerencia de que él estuvo equivocado en algún o qué parte de su trabajo ha sido invalidado, es hoy considerado por gran parte del público argentino un insulto personal, si no manifiesta blasfemia. Por un extremo, cualquier juicio de Ameghino ha sido *ipso facto* dudado y por el otro, sus inferencias fueron consideradas completamente infalibles. No será demasiado sorprendente encontrar que la verdad yace entre estos dos extremos. La mayor parte de los aspectos de su trabajo permanece por lo menos tan bien como podría estarlo un conjunto tan grande de investigación científica después de 40 años de rápido progreso. Otros aspectos están ahora completamente desechados.

Ésta es, realmente, la primera vez que una considerable parte de los estudios faunísticos de Ameghino ha sido totalmente reestudiada y revisada, en base a todos sus materiales, además de aquéllos subsecuentemente coleccionados. Ha sido ésta una oportunidad sin igual para ver cómo trabajó y para juzgar su fortaleza y debilidad libre de ofuscaciones personales. La fortaleza es enorme y raya en la de un gran genio. La debilidad también existe, como en todo mortal, y está comprendida parte en la ciencia de su tiempo, débil sólo en retrospectión y parte en su personalidad e historia. La mezcla simultánea de reverencia y desconfianza con la cual fué considerado en vida y la cual aún afecta su reputación está arraigada en una dualidad profundamente alojada en su propio carácter, una antítesis compleja que perdura a través de todo su trabajo.

Con particular referencia a aquella parte de su trabajo a ser revisada aquí, las características destacables de los estudios de Ameghino parecen ser tres: sutileza y prolijidad en la observación morfológica, amplitud y visión en la generalización en base a las semejanzas y diferencias notadas, y un remarcable sentido de secuencia y habilidad para la inferencia histórica. Estas hermosas cualidades hacen a su trabajo de valor imperecedero, pero cada una tiene un lado negativo que debe ser también honestamente apreciado: su observación de diminutas diferencias morfológicas ha derivado en una taxonomía dilatada, su estudio de amplias semejanzas condujo a un extraño esquema filogenético dual, mitad correcto y mitad erróneo, y su sentido de secuencia fué traicionado por una falacia básica subconsciente hacia una posición constante en cuanto a la edad de cada miembro de la sucesión.

Cuando los ejemplares de Ameghino son comparados con las descripciones de los mismos, las últimas, comúnmente, resultan ser modelos de brevedad, prolijidad y sutileza. La mayoría de sus ejemplares son muy fragmentarios, su tiempo y medios no le permitieron su completa prepa-

ración, los accesorios ópticos disponibles eran primitivos en el mejor de los casos, por lo menos desde nuestro actual punto de vista, y muchas de las descripciones estaban escritas en un idioma que le era extraño. A pesar de estas desventajas, contra las cuales pocos hoy aún intentarían luchar, él vió y registró todos los caracteres esenciales de sus materiales, a menudo incluyendo las más pequeñas variaciones. Las descripciones de los hechos en los estudios de Ameghino, comúnmente, son completamente correctas y no conozco estudiosos en este campo que hayan mantenido un promedio más elevado de exactitud en combinación con tan enorme producción.

El reverso de la medalla es que interpretó la más ligera diferencia estructural como una diferencia taxonómica. No hay duda que exageró permanentemente el valor taxonómico de las diferencias reales que observó en sus ejemplares. En la fauna de Casamayor, 16 ejemplares de una sola localidad, todos seguramente de un género (*Trygonostylops*), todos aproximadamente del mismo tamaño y todos fuertemente similares en estructura, fueron referidos a 13 especies diferentes. Un gran número de ejemplares, los cuales ahora parecen representar una sola especie variable (*Henricosbornia lophodonta*) y que seguramente no pertenecen a más que unas pocas especies muy estrechamente relacionadas, fueron colocadas por Ameghino en tres órdenes, cuatro familias, siete géneros y dieciséis especies. Las definiciones dadas para estas unidades taxonómicas, son correctas descripciones de los ejemplares, pero ahora ellas no pueden ser aceptadas como correspondientes a poblaciones reales en la naturaleza.

Esta falta de un criterio controlado y válido para hacer grupos en contra de los caracteres individuales, era típico de los días de Ameghino y no es en absoluto desconocido en los nuestros. Si él tendió a dilatar la taxonomía más de lo que era entonces usual, esto también tuvo causas comprensibles. Aún cuando al final adquirió excelentes materiales (p. e.: en los *Notopithecidae*), las primeras descripciones fueron comúnmente basadas en dientes aislados o pequeños fragmentos de mandíbulas, por lo tanto, nombres diferentes fueron aplicados a distintas partes de la dentición, a diferentes estados de desgaste o a ejemplares rotos en distintas maneras. La corrección sólo podría venir de la revisión con colecciones mayores y ejemplares más completos, pero Ameghino nunca pudo revisar su propio trabajo. Él intentó hacerlo y las descripciones publicadas son en casi todos los casos manifiesta y explícitamente preliminares; notas escritas precipitadamente. La misma magnitud de sus descubrimientos y la brevedad de su vida le impidieron ir más allá de estas observaciones preliminares, en la mayoría de los casos. Este apresuramiento necesario al cual nosotros debemos el hecho de que produjo tanto, también significa que no siempre hizo todas las comparaciones

necesarias. Ocasionalmente un ejemplar fué ubicado sin más, clasificado toscamente en el género erróneo y, por consiguiente, designado como una nueva especie, aunque ella pertenecía a una especie conocida en su correcto género. Ameghino asignó 131 géneros a la fauna de Casamayor únicamente y ni siquiera, aquella mente fenomenal, bastó para colocar de primer intento, todos los ejemplares sin fallar en su correcto género.

La tendencia de Ameghino en Casamayor de hacer poco o ningún caso a la variación individual, y su inevitable falta de moderno criterio biométrico fueron especialmente desafortunados. Esta fauna representaba una fase « explosiva » de expansión mammaliana, cuando había muchas líneas muy estrechamente relacionadas y cada línea mostraba gran variabilidad: exactamente la situación en la cual el criterio no disponible para Ameghino, ahora parece ser el más necesario.

Éstas son las razones de por qué tantos nombres de Ameghino están reducidos a sinonimia en esta Memoria. Ya me ha sido expresada la opinión de que esta « destrucción de especies y géneros creados por Ameghino » es injustificada sino abiertamente irreverente. Es innecesario para la mayoría de los lectores, pero puede ayudar a aplacar estas críticas, señalar que Ameghino no creó especies: él sólo trató de reconocerlas. Con muchos más años de acumulación de conocimientos, con mayores colecciones disponibles como una unidad y no proviniendo del campo en pedazos, y con las facilidades y conceptos modernos, estoy seguro que Ameghino se habría acercado más a la presente clasificación que a aquella que él publicó hace tanto tiempo.

Es quizá la opinión de Ameghino sobre filogenia y relaciones más amplias la que ha sido más severamente censurada por sus críticos y más emotivamente sostenida por sus partidarios. Por otra parte, el conocimiento ha aumentado enormemente desde 1906, cuando Ameghino publicó sus vistas esencialmente definitivas sobre este tema, y esto inevitablemente ha hecho posible y necesaria muchas diferencias en detalles. No obstante, en la mayoría de los casos Ameghino indicó de una manera general los parentescos que todavía créense correctos y las conexiones filogenéticas aproximadas de la mayoría de los grupos comprendidos en esta revisión. Muchas de las críticas del trabajo de Ameghino en este campo parecen ahora ser injustificadas y se ha pagado un tributo insuficiente a su visión en inferir las afinidades de sus fósiles.

Aquí el reverso de la situación es que en casi todos los casos él indicó dos líneas de parentesco para sus grupos y que las dos, creídas compatibles por él, deben considerarse ahora contradictorias. Para casi todos los grupos indicó por un lado una relación verdadera y por el otro una relación que con seguridad es completamente falsa. Las relaciones ancestrales indicadas para las diversas líneas, y aquéllas dentro de las líneas mismas, en cuanto a lo que concierne sólo a los fósiles de Argentina se

sostiene en su totalidad muy bien, a la luz del conocimiento moderno. Pero en la mayoría de los casos, él también indicó principalmente o solamente grupos no argentinos como derivados de los de Argentina, y estas relaciones indicadas, deben considerarse ahora incorrectas, quizá sin excepción.

Por supuesto, las semejanzas sobre las cuales Ameghino basó esta filogenia inferida existen realmente. Ellas fueron bien observadas y correctamente registradas. La dificultad es que todos esos grupos tienen dos tipos de semejanzas y en algunos casos hay poco para elegir entre ambas en cuanto a cantidad de semejanzas aunque la calidad es siempre diferente. Ameghino supuso que ambas clases de similitudes eran homólogas, otros estudiosos infirieron que sólo una clase es homóloga y que la otra es homoplástica: una indica relación filogenética y la otra indica convergencia o paralelismo entre grupos no relacionados o sólo relacionados lejanamente. Hoy no existe seria duda que esta interpretación es comúnmente, sino siempre, correcta.

El rechazo casi completo por Ameghino del principio de la homoplastia está tan esparcida en su trabajo como su casi completo rechazo de la realidad de la variabilidad no taxonómica.

Aquí otra vez, y aún más fuertemente, Ameghino fué desafortunado con sus materiales. Sucede que los mamíferos del Terciario de Sudamérica ejemplifican la homoplastia en escala probablemente mucho mayor que cualesquiera de las faunas conocidas. Ellos experimentaron una radiación adaptativa independiente, que produjo en la mayoría de estos grupos, semejanzas a veces muy cercanas con un grupo holoártico no relacionado, con situación ecológica similar. La llave para este grande y complejo embrollo es homoplastia, y Ameghino no la usó.

Es un hecho peculiar, verdaderamente irónico, que los estudiosos contemporáneos del trabajo de Ameghino frecuentemente ignoraron los puntos de vista correctos, o al menos más probables, en cuanto a la afinidad que él propuso y sostuvieron la menos probable en muchos casos en los cuales indicó los dos tipos de afinidad citadas arriba. Por ejemplo, Ameghino sostuvo que los Polydolopidae estaban relacionados por un lado con los Caenolestidos y por el otro con los Multituberculados. Otros estudiosos opinaron que ambas relaciones no podían ser filogenéticas y que una debía ser homoplástica. Hasta hace poco se consideraba generalmente que los parentescos filogenéticos eran con los Multituberculados. Hoy no existe duda que el parentesco es puramente convergente y que la afinidad filogenética es con los Caenolestidos. Al aceptar la alternativa errónea, otros estudiosos cayeron en un error más serio que Ameghino, cuyo trabajo buscaban corregir, pero quien, al menos dió la solución correcta junto con la otra.

La tercer proeza sobresaliente y característica del trabajo de Ame-

ghino, el correcto establecimiento de una larga y compleja secuencia faunística, ya ha sido destacada en conexión con Carlos Ameghino, a quien, más que a Ameghino, se debe esta hazaña. Sin embargo, fué Ameghino quien sistematizó y publicó el sistema estratigráfico de ambos y fué él quien estableció con gran habilidad, las correlaciones locales necesarias cuando la sucesión no podía ser compilada con sólo las observaciones de campaña. Así, al destacar la contribución de Carlos, la cual a veces ha sido pasada por alto y comúnmente subvalorada, no debería obscurecer el hecho que el papel de Ameghino en esto; también estuvo lejos de ser negligente y que ni uno ni otro hermano podría haber realizado sólo esta parte del trabajo.

Como con su filogenia, las conclusiones estratigráficas de Ameghino dentro de su propio campo, es decir, en cuanto confinadas a la Argentina, fueron generalmente correctas. Ellas fueron en efecto, sorprendentemente buenas para la época y muy a la cabeza del trabajo de cualquier estudio contemporáneo. Los pocos errores definidos después descubiertos, a ser corregidos sólo después de muchos años de estudio adicional, tal como la correlación de la formación Casamayor con la de Salamanca, eran del tipo difícilmente evitable en el reconocimiento de un campo desconocido y difícil.

Pero, también como en las filogenias, Ameghino fué constantemente desviado cuando comparó su sucesión argentina con la del resto del mundo. Es ahora aceptado universalmente por los sucesores de Ameghino en Argentina, además de los geólogos no argentinos, que él proclamó una edad demasiado grande para todos los pisos y faunas de Argentina en términos de la sucesión mundial. Por ejemplo, él consideró al Casamayorensis y Mustersensis como cretácicos y no Cretácico último (Cenomaniano a Senoniano). Hoy es reconocido por todos que ellos son terciarios, y no Terciario más inferior.

Ameghino acumuló un gran número de evidencias en favor de sus correlaciones intercontinentales y arguyó su caso cuidadosa y coherentemente. Sería posible tomar otra vez cada ítem de la evidencia y demostrar que a la luz del conocimiento actual, por lo menos, la correlación establecida no rige. Yo hice esto en efecto y así, sobre varios puntos, lo han hecho otros estudiosos, pero es innecesario dar aquí esos detalles. La evidencia disponible a Ameghino era incompleta y equívoca. Le ocurrió tener que tratar, como en sus estudios filogenéticos, con uno de los problemas más difíciles en este campo, uno que todavía no está resuelto con suficiente precisión y certeza. No es una crítica adversa decir que la evidencia lo desvió, sino debe ser francamente reconocido que él demostró fuerte predisposición personal en la evaluación del mismo y que lo consideró suficiente y concluyente cuando no lo era.

También se hizo injusticia a Ameghino en estratigrafía como en

filogenia, y el progreso del conocimiento ha sido demorado por cierta tendencia a rechazar lo que era correcto en su trabajo y, a veces, a aceptar lo que era incorrecto. Así, hasta casi recientemente, fué aceptado que los estratos ahora llamados Riochiquense eran Cretácicos y llevaban dinosaurios como Ameghino creyó incorrectamente, pero que ellos no estaban muy relacionados en tiempo y fauna al Casamayorensis, como él correctamente dedujo. Hubo una tendencia general a ignorar o aún negar la existencia de la fauna de *Astraponotus* (Mustersense), pero ella existe y posee las características asignadas por Ameghino. Numerosos ejemplos de estas curiosas fallas para distinguir lo correcto y lo incorrecto en el trabajo de Ameghino aparecerán en el curso de la presente Memoria. El reconocimiento general, y debe ser admitido, justificado, de la predisposición personal en una parte de su trabajo, ha infectado el juicio sobre el total. No ha sido suficientemente reconocido que la mayoría de su trabajo fué perfectamente correcto y que hay una diferencia definida y constante entre los campos en los cuales estuvo correcto y aquéllos en que no lo estuvo.

Las particularidades en las cuales el trabajo de Ameghino fué incorrecto, o más justicieramente, en las cuales ha sido probado no ser decisivas, son todas partes de un cuadro mayor. Su dilatación taxonómica es una excepción parcial, pero aún ésta, en la extensión en que fué más allá de lo usual en sus días y en el trabajo puramente observacional, fué comúnmente correcta y tiene elevado valor permanente. Más allá de esto, su trabajo interpretativo fué ortodoxo en sus días y aún se sostiene muy bien en los nuestros en cuanto estuvo confinado a la escena local. Fué al ubicar este material de Argentina, taxonómico, filogenético y estratigráfico, en la estructura mayor de la historia mundial que Ameghino fué en extremo no conformista y emitió teorías que no han soportado las pruebas del tiempo.

Sería una explicación fácil suponer que la fuente de este no conformismo fué el aislamiento de Ameghino, pero esto pudo ser, y a veces ha sido, demasiado recalado. Al principio de su carrera (1878-1881) él pasó tres años en Europa donde colaboró con Gervais y conoció muchas otras autoridades científicas. Más tarde, mantuvo correspondencia continuamente con casi todos los paleontólogos en vertebrados de su época y estuvo bien al tanto de toda la literatura pertinente. La actividad paleontológica era bastante activa en Argentina durante su vida, quizá más aún que lo que es hoy, y varios distinguidos paleontólogos extranjeros le hicieron largas visitas allí. Es cierto que estuvo en no buenos términos con todos sus compatriotas o todos los visitantes extranjeros, pero él ciertamente se puso en contacto con sus conocimientos e ideas y cooperó liberalmente con aquéllos como Ihering, Tournouër y Scott, quienes se aproximaron con espíritu cortés y cooperativo.

Ameghino estuvo intelectualmente aislado en sus pocos primeros años formativos y de investigación, pero durante mucho de la gran parte de su carrera esto no puede ser considerado una explicación simple o suficiente de la excentricidad de algunas de sus teorías básicas. En los últimos años también, hubo un elemento de aislamiento, pero éste fué mucho más sutil que una mera falta de contacto con las corrientes generales de la opinión científica y puede ser considerado como un efecto más bien que una causa de su tendencia a ir contra esas corrientes. Entonces, también el aislamiento difícilmente explicaría por qué dentro de los límites de su campo inmediato, su trabajo fué ortodoxo y para la época completamente moderno sino a la cabeza de sus contemporáneos y que se hizo no ortodoxo o realmente excéntrico sólo donde él abordó ciertos problemas más amplios.

Las particularidades de estas fases del trabajo de Ameghino pueden sólo ser atribuídas a una orientación intelectual fundamental, una orientación con una base emocional profundamente arraigada. Eventualmente ésta llegó a ser una parte tan inextirpable de su obra que segó de otra forma sus excelentes cualidades críticas donde quiera sugiera esta parte del tema. Él nunca puso esta creciente obsesión en palabras tan toscas, pero puede ser expresada así: « Mi país es el centro del origen de todos los grupos de mamíferos y del hombre, y yo soy el descubridor de sus antecesores ». Algún grado de egocentricidad y de nacionalismo es inevitable, aún en científicos, pero en el caso de Ameghino esta orientación llegó a ser tan completa y fué tan emocionalmente sostenida como si fuera más que normal. El elemento irracional fué evidentemente subconsciente, y no existe ningún indicio de deshonestidad intelectual, pero creo que nadie puede seguir el trabajo de Ameghino como se desarrollaba año tras año sin concordar que este anticientífico *parti-pris* vino a influenciar todo su trabajo maduro.

Quizá el origen primordial de su error subconsciente, nunca pueda ser fijado, pero hay algunas sugerencias. Ameghino fué hijo de unos pobres inmigrantes italianos. En polémicas posteriores contra él por algunos de sus colegas no amigos, fué acusado de haber nacido en Italia. Objetivamente es difícil de ver qué posible diferencia habría si hubiese nacido en Italia poco antes que sus padres emigraran a la Argentina o en Argentina apenas ellos llegaron allí. En cualquier caso, sus primeras Memorias y todas sus influencias formativas fueron argentinas y en cualquier caso sus padres fueron inmigrantes. Pero el hecho de que esta sugerencia fué tomada por Ameghino mismo como una seria acusación, es aclaratoria en cuanto al efecto emocional sobre él de la historia familiar.

Cuando tenía sólo 20 años y, en efecto era un aislado e inapreciado aprendiz en ciencia, sin maestro, sus primeras publicaciones fueron

sobre la gran antigüedad del hombre en Argentina. En 1876 dijo (en una Memoria no publicada hasta después de su muerte) que él entonces había estado haciendo investigaciones geológicas y paleontológicas durante siete años (es decir, desde la edad de 15 años!) con « el principal fin de averiguar la verdadera edad geológica del hombre en la pampa ». Estas investigaciones iniciales y necesariamente aficionadas le atrajeron su primera fama, definitivamente le arrojaron en su carrera e incidentalmente establecieron una posición de la cual nunca retrocedió.

Su férrea determinación y tremendo empuje hacia el total cumplimiento de su objetivo, fueron acentuados por las luchas a través de su vida. Pobreza, sinsabores y hostilidad fueron compañeros usuales y la reacción natural fué la intensa determinación por mantener y probar que él estaba correcto. Es sólo necesario leer algunos de los casi indecentes y totalmente vergonzosos ataques publicados contra Ameghino por Burmeister, quien parece simplemente haber estado celoso de un joven colega capaz, para apreciar qué efecto tendrían sobre un hombre sensible y orgulloso, quien siempre tuvo que labrar su propio camino en el mundo.

Aún así, hay una razón para creer que podría haber abandonado esta gran tesis fundamentalmente errada, antes que llegara a ser una *idée fixe* si sus críticos, aunque violentos, hubieran sido más juiciosos. Yo me he referido repetidamente al dualismo de su trabajo: correcto y excelente en lo principal, pero incorrecto cuanto limitado a esta obsesión central. Las críticas de sus contemporáneos no hicieron tal distinción. Ellos atacaron sus opiniones correctas tanto como las incorrectas. Mucho de lo que ellos dijeron era llanamente erróneo y Ameghino supo más allá de toda duda que ello estaba equivocado. Por lo tanto, difícilmente puede ser culpado de haberse considerado correcto en todas sus opiniones.

Un ejemplo de esto está dado por un importante incidente que pudo final e inmutablemente haber fijado a Ameghino en sus ideas. Hatcher atacó las ideas de Ameghino sobre la secuencia faunística en Patagonia, un campo en el cual Ameghino cometió muy pocos errores por cierto. Hatcher estuvo completamente equivocado en este punto, como Ameghino supo sin duda. Ameghino (1898) concluyó que « Éste no es un error personal, es el colapso de una estructura muy vasta, construida sobre fundamentos que parecían sólidos pero que son vistos hoy ser completamente frágiles ». Para Ameghino, todo el cuerpo de la teoría sostenida por los paleontólogos europeos y norteamericanos estaba en juicio por este incidente y ella fracasó. Por eso, él concluyó, que debía estar correcto y los europeos y norteamericanos errado en las teorías de la evolución molar, correlación y filogenia mundial, y en el resto. En

en efecto, el error de Hatcher fué enteramente personal. No fué que él aplicó las « ideas preconcebidas » como las llamó Ameghino, de la escuela ortodoxa y surgió con la respuesta errónea, sino justamente que él fracasó al aplicarlas. En realidad, Hatcher no sabía lo que estaba diciendo. Las teorías ortodoxas, como Hatcher posteriormente reconoció cuando llegó a estar familiarizado con los hechos, muestran bastante bien que Ameghino estaba correcto sobre este punto particular, como le demostraron estar equivocado en otros. Este incidente y otros como él, son trágicos pues efectivamente impidieron un progreso más amplio de Ameghino como teórico, progreso el cual habría beneficiado grandemente a él y al mundo.

Así Ameghino procedió a construir un cuerpo de teoría rigidamente entrelazado que ha sido casi totalmente descartado. Los mamíferos patagónicos primitivos fueron ancestrales de aquéllos de Holártica porque ellos eran similares pero más antiguos y más primitivos. Que ellos eran más primitivos, confirmó la mayor edad de los estratos en los cuales se encontraban. Los caracteres de los mamíferos hallados en estratos de tan gran edad deben ser primitivos. Las teorías morfogenéticas, como la tritubercular, indicaban que ellos eran menos, no más, primitivos. Luego, las teorías estaban equivocadas y otras nuevas diametralmente opuestas deben elaborarse. Estas nuevas teorías no concuerdan con los conceptos usuales de la filogenia y correlación, así aquellos conceptos están equivocados y deben ser reemplazados. Y así la estructura creció, cada paso dependiendo del anterior, cada uno a su vez tomado como confirmando el precedente, y por debajo de todo, una profunda convicción emocional la cual no estaba realmente sostenida por ninguna evidencia, pero ninguna opuesta la podía con-mover.

El conocimiento profundo de éstos y otros factores de la vida y personalidad de Ameghino sirven sólo para infundir simpatía hacia él y admiración por sus realizaciones. Él no tuvo paz o descanso, sino trabajó indefinidamente y los resultados de estos trabajos son ciertamente grandes. Él sufrió y algunos aspectos de su trabajo sufrieron, pero sus fundamentales compulsiones emocionales también lo mantuvieron. Su enorme productividad fué llevada a cabo en gran extensión por la orientación así iniciada y mantenida. Es notable que muchos de sus más largos y más valiosos trabajos, tal como la *Formations sédimentaires* y el *Recherches de morphologie phylogénétique* fueron inspirados por la crítica y escritos con ánimo polémico. Él se lamentó que sus críticos le tuvieran tan ocupado respondiéndoles, que no tenía tiempo para trabajo más serio, pero es claro que estas respuestas contienen mucho de su trabajo más serio y que él jamás habría llegado a publicar algunos de sus más importantes datos sin el acicate de la crítica. La mayoría de su trabajo

— no sería demasiado decir todo él — fué su respuesta a un mundo que halló hostil. La apreciación y revaluación de todo lo que puede ser aprobado en su trabajo — y cuánto esto es! — y un intento en comprender aquello que ahora no puede ser aprobado, son los más sinceros tributos que yo puedo ofrecer a la memoria de mi gran predecesor en el estudio del comienzo de la Edad de los Mamíferos en Sud América.

BOSQUEJO PALEOGEOGRAFICO

DE LOS GLACIARES DEL DIAMANTE Y ATUEL

Por PABLO GROEBER

En el tomo VIII, número 4 (1953) de esta *Revista*, Polanski publicó un artículo destinado a demostrar la inexistencia de un englazamiento de los Andes en las latitudes aludidas, admitido por el autor y por varios colegas que han visitado la región. Tal negativa nos retrotrae al estado de conocimientos de hace unos 25 años y me induce a creer que he sido muy escueto en mis publicaciones al respecto. Polanski cree exenta de todo englazamiento a la cuenca del río Diamante.

La cuenca del Diamante se halla entre los 34 y 34°45', Lat. Sur y cubre unos 2600 km². Se sitúa al sur de la cuenca del río Maipo que se extiende desde los 33° a los 35°15' y que cubre unos 4200 km².

Por Brueggen y Fuenzalida sabemos que la cuenca del Maipo ha estado ocupada por ingentes masas de hielo por dos veces en el Cuartario superior. Las morrenas de la penúltima glaciación, seguidas detenidamente por uno y otro, se expanden ampliamente fuera de la cordillera; llegan a las puertas de Santiago y tocan el carril de autos de Santiago a Valparaíso, sobrepasan el primer cordón, bajo, de la cordillera de la Costa y rellenan la amplia vagnada de la parte inferior del estero Puanque hasta cerca de Melipilla, hasta donde avanza también la porción austral de la misma morrena a lo largo del río Maipo. Ella se caracteriza por consistir en gran parte por material ignimbrítico muy triturado que engloba rocas de la alta cordillera. El área extracordillerana ocupada por esta morrena mide aproximadamente 1200 km². Menor es la expansión de las morrenas de la última glaciación: siguen solamente el curso del Maipo sin abrirse en abanico en el Valle Central. Están muy desarrolladas en Puente Alto y llegan hasta el ferrocarril longitudinal, en lengua relativamente estrecha.

Brueggen considera estas dos morrenas como pertenecientes al Cuar-

tario superior y paraleliza a la más vieja de ellas con la penúltima glaciación, es decir con la de Riss, a la cual corresponde la del Diamante, y la más reciente con la de Würm, que está representada en Sud América por la del Atuel.

Merece ser destacado que el englazamiento Diamante se relaciona a su vez íntimamente con ignimbritas que corresponden al Tilhuelitense superior (α IV) tal como ha reconocido Irigoyen en sus estudios en la región del río Diamante.

Con ello no se agotan las observaciones referentes a esta penúltima glaciación. En una carta reciente, Fuenzalida me ha comunicado que halló una morrena del mismo tipo que la de Santiago en el puerto de Ancud en Chiloé y en la isla Calbuco. En Chiloé la morrena, con participación ignimbrítica crecida, asoma por debajo de un potente depósito fluvio-glacial de la última glaciación. Recuérdame Fuenzalida que esta penúltima morrena se presenta en el Valle Central en el salto de la Laja. Por su comunicación se ve que los hielos de Riss-Diamante se han extendido a los 40-42 grados de latitud hasta el océano Pacífico, lo que no debe extrañar dada su situación geográfica. Es bueno recordar que cerca de Concepción, en la cancha de golf, se encuentran grandes bloques erráticos lo mismo que en la costa de Peumo que, dada su posición, deben corresponder al segundo grupo de glaciaciones, posterior al Gran Interglacial, ya que se encuentran en el primer caso dentro del amplio valle del Bio Bio. Los restos de las glaciaciones anteriores al Gran Interglacial forman altas mesetas en la cordillera de la Costa. Los bloques erráticos consisten en rocas de la cordillera principal.

En cuanto a las morrenas del primer período puedo referirme a observaciones igualmente recientes de Fuenzalida (com. epist.) en el río Rapel inferior donde, fuera de otros hechos de interés, este observador halló un extenso pie de monte del tipo de los del lado este de los Andes, que contiene grandes bloques morrénicos. Dentro de poco tendremos la oportunidad de conocer los detalles por un trabajo que Fuenzalida tiene en redacción. Sólo menciono que los grandes bloques son de basalto, roca que falta totalmente en la cordillera de la Costa y que son de indudable procedencia andina; vienen muy verosímelmente de centros eruptivos de Coyocholitense (β II).

En vista del amplio desarrollo de las dos últimas glaciaciones en la cuenca del río Maipo, no extrañará un fenómeno semejante en la cuenca del río Diamante; es hasta imposible que sólo el lado occidental de la cordillera haya estado colmado de hielo y que el lado oriental haya carecido de él.

Polanski, al negar enfáticamente toda posibilidad de englazamiento capaz de enviar — en el Diamante y en el Llaucha — una lengua al Vorland, aduce que, en la última glaciación, el límite de la neviza se hallaba,

en la cordillera Frontal, a los 4200 m. Por otra parte afirma en el mismo artículo que la morrena del arroyo de las Vacas no es tal, sino un ente producido por soliflucción (pág. 202); pasemos por alto que no visitó el punto, que se encuentra a unos 1500 m sobre el mar, en las inmediaciones del extremo de la lengua del glaciar del Diamante. Para que haya habido soliflucción periglacial, el suelo debería haber estado congelado durante la mayor parte del año; sólo se contaba con veranos cortos, aunque relativamente cálidos, circunstancia que ocasionó una temperatura media anual situada un poco sobre cero, digamos a 4°, Como la temperatura disminuye a razón de 1°/200 m la isoterma de 0 grados

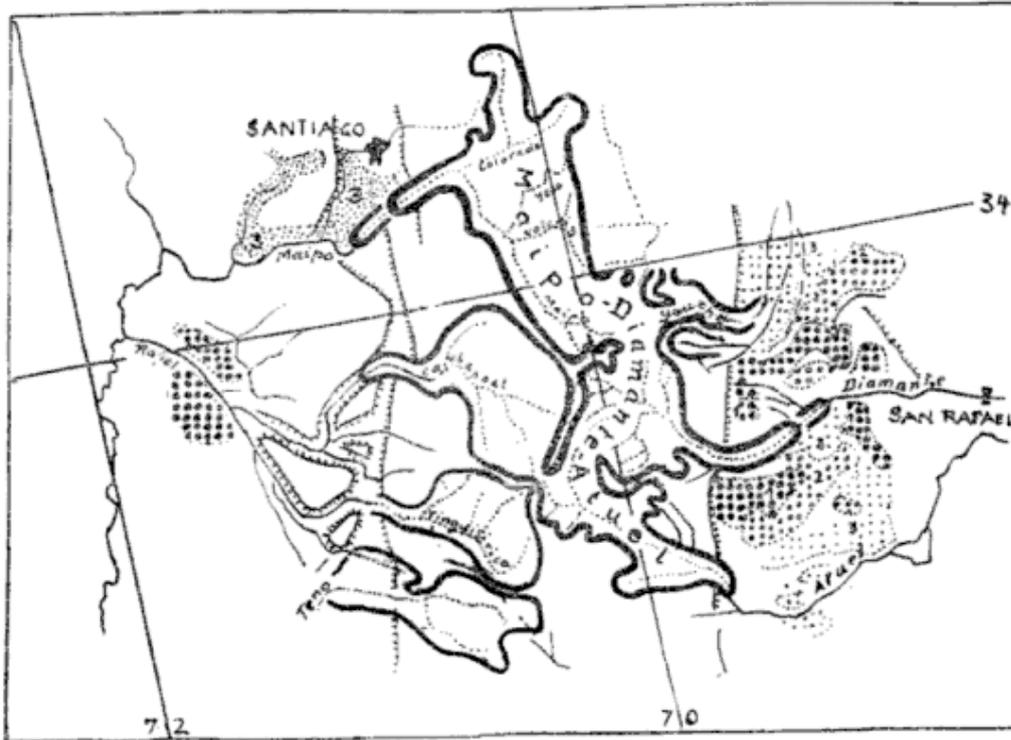


Fig. 1. — Cuencas imbríferas mancomunadas de los glaciares del Maipo-Diamante-Atuel

debe haberse encontrado a los 2300 m sobre el mar y no a 4200 m. Desde luego, no pretendo identificar la isoterma de 0 grados con el límite de la neviza, pero el intervalo de casi 2000 m, es absurdo. Con su apreciación de que la morrena del arroyo de las Vacas sea debida a soliflucción, Polanski, impensadamente, aporta un dato a favor de la posibilidad de una lengua del glaciar del Diamante en las inmediaciones del lugar, ya que no es difícil que tal cosa suceda dentro de una zona de tan baja temperatura.

Conviene poner en claro la cuestión del límite de la neviza en la región del Diamante, partiendo de las condiciones actuales.

Como puede verse en las hojas Sosneao y Maipo en 1 : 500.000, tratadas en esta *Revista* (11/2) (1947) y en los panoramas que las acompañan, en el alto Atuel y en los confluente centrales del río Diamante, el

límite actual de la neviza se halla en el cordón del límite con Chile entre los 3600 y 3700 m de altura. En el cerro Overo está por los 3800-3900 m sobre el mar, en la cabecera del río Tordillo, confluyente del río Blanco a los 3800 m en el Guanaqueros por los 4000 m, en el cerro Listado y en la cuenca del río Bayo a los 3900 y menos metros, en el nicho de arroyo Espumoso muy bajo, a los 3500-3600 m en el lado norte de arroyo del Gorro a los 3700-3800 m. Solamente en el cerro Maipo, expuesto y barrido por los vientos, se encuentra arriba de los 4000 m.

Brueggen y los demás colegas que han recorrido la cordillera están de acuerdo en que, durante la última glaciación, el límite de la neviza se encontraba 1000 a 1200 m debajo de su situación actual. Ello significa un descenso de 5 a 6 grados de temperatura.

Si el aire fuese o hubiese sido seco, la correspondiente variación adiabática de la temperatura de 1° por cada 100 m de diferencia de nivel, habría dado una disminución del nivel de la neviza de sólo 500 a 600 m; pero siendo y habiendo sido húmedo el aire, se requiere y se requirió un desnivel de 200 m para que la temperatura variara en 1° grado C. Una rebaja de la temperatura de 6° ha sido obtenida por muchos autores, entre otros, por Trevisan para el Apenino y la última glaciación. Una disminución de 4 grados que presenta Polanski es un valor excepcional, si bien admitido por Penck, no confirmado para extensas regiones.

Aun hoy, en clima árido, el gradiente de temperatura es de $1^{\circ}/200$ m en Mendoza, como enseña la temperatura media actual de la ciudad de Mendoza y la de Puente del Inca. En la primera ella es de $16,5^{\circ}$, en el segundo punto de $6,5^{\circ}$ y el desnivel entre ambos de 2000 m. En vista de que en un englazamiento interviene, como es notorio, no sólo un descenso de temperatura, sino también un aumento de precipitación, vale decir mayor humedad, no puede suponerse que el gradiente de temperatura haya sido diferente y menor en tiempo de la última glaciación.

Queda, pues, establecido un descenso del nivel de la neviza de 1000 a 1200 m en lo que respecta a la última glaciación con referencia al estado actual. El área de alimentación del glaciar del Diamante hacía base, entonces, a los 2600-3000 m, según la posición del punto.

Casi toda el área cordillerana, drenada por el Diamante (véase lámina) se encuentra por encima de este nivel. Cubre 2100 de los 2600 km² de la cuenca imbrífera, es decir, su 7/9 parte. La acumulación de nieve y hielo se inició, pues, dentro de esta órbita; su espesor aumentó paulatinamente y culminó, p. e., en el valle del río Negro a los 4000 m aproximados. Observamos en el flanco sur del Cerro Guanaqueros, casi enteramente constituido por basalto (Basalto III) la ubicación de la hombrera a esta altura que es también la en que desembocan los pequeños afluentes, procedentes de circos, insertados en la cumbre del cerro. En el lado sur

del amplio valle, en cuyo fondo corrió un escorial de Basalto IV, tales vestigios de hombrera sólo se ven en el cerro Bravo, igualmente constituido de basalto, verosímilmente I, pero no en la prolongación NE del cordón, porque ella está compuesta de sedimentos jurásicos, entre ellos por yeso, que son de solidez insuficiente para la elaboración del valle en U. Pero a su punta o contrafuerte nororiental (cota 4040 m) se adosa una vieja morrena mediana que separó los hielos del río Negro y Blanco, sigue por un trecho al NE y hace pie a los 3500 m Tordillense.

Hacia el este descendió de a poco la superficie del glaciar de tipo patagónico; pero se encontraba aun en suficiente altura para que los hielos pudieran enviar un ramal al este, a través del abra ancha (3 km) del portezuelo Colorado (2840 m) y para llevar bloques y fango a la rampa oriental del paso y revestirla de material morrénico. Alisamiento por hielo se observa en los diques de andesita hornblendífera mollelitense alojados en Diamantino, hasta arriba de los 3000 m.

Una altura similar tenía el cuerpo principal del glaciar del Diamante en la garganta aguas abajo de la desembocadura de los ríos Blanco y Negro, de modo que este tramo aun intercordillerano, puede ser considerado como parte de la cuenca imbrífera, por lo menos durante el auge del último englazamiento. La verdadera lengua en área de disipación puede contarse desde la puerta del Diamante situada por la desembocadura del arroyo de Las Saucas, donde su lomo estaba a los 2400 m y su base a los 1900 m aproximados. La distancia hasta los restos morrénicos más alejados (al NE de La Josefa) es de unos 50 km a la morrena frontal y lateral aguas arriba del cerro Diamante de unos 35 km. Si comparamos el cuerpo del glaciar con una pirámide con base triangular de $\frac{2 \cdot 0,4}{2}$ km² y una altura de 50 y 35 km, el volumen del hielo habría sido $6,6 \cdot 10^9$ y de $4,3 \cdot 10^9$ m³.

Si consideramos el volumen del hielo de la cuenca imbrífera como constante, y de $0,5 \cdot 2,6 \cdot 10^{12}$ m³ $1,3 \cdot 10^{12}$ m³, la lengua sería alimentada por la precipitación que cae sobre la superficie de la cuenca de alimentación englazada, menos un porcentaje de evaporación, que según Polanski es irrisorio en clima nival. Obtenemos el monto de la precipitación del siguiente modo:

El río Diamante actual posee cerca del cerro Diamante un caudal anual de 40 a 50 m³/sec. que es el sobrante de la precipitación de la cuenca imbrífera; tal sobrante puede estimarse según el canon vigente, en un tercio del total que asciende a $2,6 \cdot 10^9 \cdot x$ m³ $40 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365$ m³ o sea a 1450 mm anuales, usando un caudal de 50 m³ sec.

Según Trevisan la precipitación en tiempo de la última glaciación ha superado en 4/3 a la actual. Su monto habría sido, pues, de 3500 y 4200 mm. Tal cantidad no puede extrañar; es la que rige hoy, según Knoche

y Fuenzalida, en las alturas mayores de la cordillera de las latitudes en cuestión. El nivel de esta precipitación bajó, entonces, junto con el de la neviza, en unos 1000 a 1200 mm en la última glaciación, hecho que es interesante retener. La precipitación anual sobre el área de acumulación llegaba a $11 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ a $9,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ y para hielo a $1,2$ a $1 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$.

En consecuencia, hubo un excedente considerable de $3,4$ a $7,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ en los casos extremos. En este excedente cabe una mayor evaporación, un mayor tamaño o volumen de la lengua del glaciar del Diamante y los ramales emitidos al glaciar de Llaucha y del Maipo.

El cálculo de estas magnitudes puede ser afinado, pero dado el amplio margen que resultó, ello no influirá esencialmente en el resultado, un tanto burdo. La equiparación del volumen de precipitación con el de la lengua glaciaria representa un caso en extremo desfavorable para la «justificación» de una lengua glaciaria extraordinaria del glaciar del Diamante; en rigor, la precipitación de la zona imbrífera debe equiparar solamente el monto de derretimiento de la lengua, para que se mantenga estable, únicamente para su formación y emplazamiento interesarían las magnitudes dadas.

Polanski dice que, medida desde los circos, la distancia a la terminación del glaciar de Diamante sería de 100 km y que para suministrar el hielo suficiente tendría que haber llovido o nevado unos 15 m al año, lo que tilda de absurdo, lo que, sin duda, es. Pero en su apreciación se quedó corto. Si sumamos la superficie de los circos desde los cuales se habrían alimentado los glaciares de la región, no bastaban ni 250 m de precipitación anual, dado que la suma de su superficie no llega a cubrir 5 km^2 , que son $1/252$ parte de la cuenca imbrífera.

Su aseveración de que los glaciares se alimentan desde los circos, implica un error de concepto que estaba en boga en Europa en el alborar de la glaciología alpina. Tal error consiste en que los glaciares de valle se consideraban alimentados exclusivamente desde los circos de la cabecera y en menor grado desde los circuitos menores de los afluentes; ello nació de la contemplación del englazamiento actual con sus míseros ventisqueros de valle y fué extrapolado, digamos, sin control numérico a un englazamiento regional, aplicando «geología lírica», en la cual no interviene ni el ojo del buen cubero.

Al revisar las reconstrucciones del englazamiento de los Alpes orientales diseñadas por Penck, observamos que las masas de hielo sepultaron totalmente aquella cadena, de una manera que sólo los picos y las crestas más altas sobresalían de este maremagnum. La desproporción entre la cabida de los circos y el volumen de la masa de hielo es tajante. Tal desproporción no puede ser salvada tampoco, atribuyendo mayor velocidad de escurrimiento al hielo desde los circos a los valles, porque al mismo tiempo se requeriría, para mantener los circos colmados, un

aumento de precipitación que llegaría mucho más que a los 15 m anuales, cantidad tildada de absurda por Polanski. Es inevitable admitir que toda la porción de relieve situada arriba del límite de la neviza de la última glaciación, desempeñaba el papel de cuenca de acumulación de los hielos, por irregular que haya sido su superficie.

En la cordillera patagónica austral sobrevive todavía un estado de cosas que ilustra fielmente el carácter de englazamiento de las áreas hoy desprovistas de tal fenómeno. Amplísimos ríos de hielo de varias leguas de ancho se escurren entre cordones que emergen escasamente del mar de los glaciares y les en vían pequeños afluentes que se pierden en el « hielo continental patagónico » de Kuehn, como una gota de agua en el mar, para emplear a mi vez también un término de « geología lírica ». Si hoy desapareciesen estos inmensos glaciares que rellenan depresiones tectónicas, más que a valles, ellos no podrían ser regenerados desde las montañas englazadas vecinas bajo las condiciones actuales; sería preciso que el límite de la neviza se acerque o alcance el nivel del mar, para que se pudiese acumular de nuevo hielo en las depresiones y formar glaciares que rebasan por sobre los cordones menores y que envían ramales por los portezuelos de las cadenas medianas y mayores. Estos glaciares sobreviven, no porque reciban hielo desde los cordones, sino porque su propia superficie se eleva por encima del límite de la neviza.

No existe, pues, ninguna imposibilidad geográfica-fisiográfica-climática para el desarrollo de un englazamiento intracordillerano general y para una emisión de lenguas proporcionalmente reducidas al « Vorland », por lo menos hasta el Diamante y el Llaucha.

Incluyo aquí el arroyo Llaucha por la siguiente razón :

El amplio anfiteatro del alto Diamante y arroyo del Gorro, en cuyo centro se emplazó el aparato basáltico chapualitense superior del Maipo, rellenándolo con sus mantos hasta los 3400 m de altura, tiene una superficie de unos 250 km² y estaba colmado de hielo, ya que el límite de la neviza se hallaba a 700 m más abajo de su fondo. El anfiteatro desempeñó un papel semejante al del bajo de Caviahue, que era a su vez receptáculo de hielo en la última glaciación. Las alturas circundantes sobrepasan largamente los 4000 m, hasta los 5000 m pero entre ellas existen abras relativamente bajas, en relación con el fondo del anfiteatro, pues se trata de viejos portezuelos cuyo nivel fué alcanzado y superado por los escoriales de basalto IV en el punto donde el Diamante abandona la cuenca intermontánea, pero no del todo igualado en el caso de los pasos que conducen al río Bayo, al arroyo Durazno y al río Colorado, como al del Llaucha. El abra que comunica con este último es especialmente ancho y playo; ancha también es la parte alta del arroyo que corre en una amplia cubeta rellena por ingentes masas morrénicas. En vista de que la parte más alta del abra se eleva como lomo de

suaves laderas en los Plumerillos, solamente unos 200-300 m sobre el fondo del anfiteatro del alto Diamante, sus hielos sobrepasaron el umbral con gran espesor y se extendieron dentro de la cubeta del alto Llaucha, haciendo posible que se desarrollara un glaciar de valle que alcanzó a asomarse un poco fuera de la cordillera, dejando sus bloques algo al S de Pareditas. Dicho sea de paso que el grueso de la masa de hielo del anfiteatro se vertía por el abra del hito Maipo y el abra de los pasos de Alvarado al oeste.

Una cuenca de acumulación de hielo y de extensión semejante se encontraba en la cabecera de los ríos Atuel y Barroso-Bravo que hoy nacen en una depresión intermontánea y muy juntos uno del otro. Esta depresión albergó un núcleo glaciar continental, ramificado al Atuel y al Diamante. Las cuencas del Maipo, Diamante y Atuel estaban, pues, mancomunadas a la manera de las cuencas de los glaciares de la cordillera patagónica.

Etapas de retroceso. — Las semejanzas de los rasgos glaciológicos del Diamante y del Maipo no se agotan con lo expuesto. Se observa, además, el mismo número de altos en el retroceso.

En la cuenca del Maipo, las morrenas del primer alto (o reavance) se encuentran en el río Colorado a unos 20 km arriba de su junta con el Maipo; las del río Yeso se encuentran en su desembocadura al colector, lo mismo que las del río Volcán. Lo propio vale para el río Maipo, cuya morrena terminal durante el primer alto se desarrolla aguas arriba de esta última confluencia.

Las morrenas del segundo alto están en el río Colorado en la cercanía del afluente Olivares; en el río Yeso se desarrollan aguas arriba de la laguna Encañada y endican la laguna Negra; en el río Volcán se hallan en lo Valdez.

Debo la mayor parte de estos datos a Fuenzalida, a quien le agradezco sus comunicaciones.

En el Diamante; se tiene la morrena del primer alto al pie NW del cerro Diamante, la del segundo por la desembocadura de los ríos Negro y Blanco. Un tercer alto está alojado en los nichos de los circos altos insertados en las cumbres de los cordones. Ya se dijo que deben paralelizarse con el glaciar de la alta montaña noruega.

Copahue. — Una confrontación de estos datos con los que se obtuvieron en la región de Copahue aclara aun los puntos tratados. Antes del 1930 se admitía tácitamente, sin mayor discusión y sin aporte de observaciones, la existencia de dos glaciaciones, no muy definidas y sin localización clara. Bajo la influencia de consenso general, Caldenius tomó las tres morrenas que endican el lago Buenos Aires por representantes

de máxima extensión de los hielos de la última glaciación, por las del alto báltico y del Salpausselkä, tratándose en realidad, como parece, solamente de oscilaciones del alto del Salpausselkä, que contiene tres reavance, casi encimados como los arcos de morrenas del Buenos Aires. Dicho sea de paso que la denominación de las morrenas con los nombres de las fases de retroceso de los hielos empleada por Caldenius, da lugar a confusión.

El autor de estas líneas, al redactar su artículo sobre la región de Copahue y su glaciación diluvial (GAEA), creyó haber hallado las morrenas de aquellas dos glaciaciones que estaban en la mente de los geólogos en aquel tiempo y que él y varios colegas creían haber reconocido vagamente en diferentes partes de la cordillera; es de notar que nadie hizo mayor hincapié en ello, por lo precario de los datos acumulados.

Visitas posteriores, un tanto esporádicas, a la región de Caviahue, Hualcupén y Trocoman permitieron el reconocimiento de grandes bloques erráticos en la región de Loncopué, que evidentemente pertenecían a una morrena que se había extendido desde la cordillera del oeste de la cual proceden los ríos afluentes del Agrio, hasta el valle de este río, la morrena aparece cubierta por rodados fluvio-glaciales que forman una terraza de unos 100-150 m de altura sobre el colector y de un ancho de unos 10 km en término medio entre ésta y la cordillera del oeste. La terraza es surcada por los valles de los afluentes mencionados, entre ellos por el Hualcupén. A ambos lados del río y sobre la terraza se halla una morrena lateral muy bien desarrollada de varios cientos de metros de ancho; ella se extiende aproximadamente desde el pie de la cordillera, es decir desde la puerta del Hualcupén hasta el valle del Agrio en un trecho de unos 10-12 km. En vista de que las « dos glaciaciones » aisladas por el autor anteriormente no pasan más al este que las puertas de Hualcupén y de Trolope, se tendría en la morrena indicada una tercera glaciación y otra cuarta representada por los bloques erráticos que asoman por debajo de la gran terraza fluvio-glacial. En la cercanía de Loncopué, sobre el lado izquierdo del Agrio, halló Kraglievich(s) restos de un gran gravigrado, de edad no mayor que Bonaerense. Las cuatro englazamientos tendrían que ser, pues, muy recientes, postbonaerenses o tres de ellas postlujanenses. Ello no es sino absurdo.

De ello se concluye que dos de las morrenas que siguen el curso actual del Hualcupén corresponden a otros tantos altos prolongados del hielo durante su retroceso y la tercera, la exterior, a su máxima extensión. La morrena en su mayor parte sepultada por los depósitos fluvio-glaciales con el perezoso corresponde a la penúltima glaciación que llamamos aquí Diamante y que en términos generales corresponde a la de Riss. El gravigrado sería, pues, de edad lujanense, es decir, del último Interglacial o eventualmente del Riss.

En el citado trabajo sobre la región de Copahue pueden verse las reconstrucciones de las «dos glaciaciones» y su alcance, sus respectivas morrenas frontales y el desborde del hielo desde el bajo de Caviahue hacia los ríos vecinos Hualcupén y Trocoman, de los que se desprende la altura que debe haber alcanzado la superficie de la masa glaciaria.

Fuera de los dos altos mayores en el retroceso se observa aun un tercero que ya no se manifiesta por glaciares de valle con sus respectivas morrenas frontales, sino que está confinado a los circos ubicados como nichos o nidos de golondrina debajo del canto de las sierras y entre éste y la hombrera más alta de la media caña de los valles en U como por ejemplo en el Hualcupén. Algunos de estos nichos están cerrado adelante por pequeñas morrenas frontales. En otra ocasión he manifestado que el primer retroceso y su alto puede sincronizarse con el estado báltico (sensu lato), el segundo con el alto de Salpausselkä y el tercero con la época en que se mantuvo una calota de hielo de mayor extensión que la actual sobre la alta sierra de Noruega.

Se dijo que los circuitos y nichos están insertados en la sierra en niveles superiores a la hombrera más alta del valle en U. Donde no desembocan directamente en la hombrera, sino donde se hallan algo internada en la parte culminante de las sierras y envían un corto vallecito en U al gran valle del colector, termina a su vez al nivel del canto de la hombrera. Ello nos indica que han encontrado su fin allí donde el hielo contenido en ellos desembocó en el glaciar del valle principal. Es evidente que terminan en tal forma «colgante» por no haber podido profundizar su lecho porque su nivel de base vocal era dado por el nivel de la superficie del glaciar del río colector.

De ello hemos deducido, tiempo ha, que los pequeños circos que acompañan lateralmente un colector no indican siempre el límite de la neviza como pensaba Penck y con él Polanski, sino el nivel hasta el cual se elevaba el lomo del glaciar colector de un valle mayor.

Crecientes. — Paso a analizar someramente la legendaria capacidad de transporte de las crecientes, sin entrar a discutir por ahora la parte dinámica del fenómeno. Sólo cito los efectos de unas crecientes de nota.

1) La creciente del río Colorado en enero de 1915. Ella fué originada por la repentina profundización del canal de desagüe del lago Carri Lauquen por el chiflón de agua que se formó, al ceder un gran pedruzco de precario empotramiento en la valla endicante, compuesta de bloques y piedras de todo tamaño y de material arenoso. La valla había cerrado el paso al río Barrancas y tenía una altura relativa de 150 a 200 m sobre el antiguo fondo del río. Aguas arriba se formó el lago Carri Lauquen de 25 km de largo y de 1 km de ancho con fondo plano de sedimentos limosos. El espejo del lago descendió 90 m de modo que en

los 20 km superiores apareció su lecho. En esta porción el volumen del agua desaparecida se calcula en 1,5 km³, con correcciones en 1,2 km³. Según referencias recogidas sobre el lugar inmediatamente después del fenómeno, las aguas abandonaron el lago en 8 horas, a razón de 40.000 m³/sec.

Me fué referido que el agua tardó cerca de media hora desde la Puerta de Domu Co (Agua « fuerte », es decir, con olor a podrido) hasta las comisarias del Barrancas inferior, una distante 30 km; la velocidad resultante ascendería, pues, a unos 16 m/sec.; que es por cierto descomunal.

¿Cuál fué el efecto de semejante crecida, 3 veces más caudalosa que el río Paraná y 16 veces más veloz?

Delante de la valla endicante se extiende un abanico de rodados de forma de triángulo cuyo vértice opuesto a la valla penetra en la garganta del río Barrancas y cuya altura es de unos 2 km; forma un plano inclinado en 1 : 50 aproximadamente; sobre su superficie se observan algunos bloques, cuyo volumen no llega al m³. La garganta del río se extiende hasta la Puerta de Domu Co, tiene 8 km de largo, 50 a 100 m de ancho y es contenida por paredones de roca dura, andesitas molleliteses; estos paredones tienen hasta 200 m de altura y caen al valle con 60-70° de inclinación. La garganta tenía antes de la creciente un fondo de ripio que permitía un tránsito cómodo, cuando el río no estaba crecido, pues había que vadearlo decenas de veces; después de la creciente, hasta hoy ha quedado intransitable, no porque se llenó de bloques sino porque el revestimiento de ripio fué limpiado y las aristas de la roca aflorante dificultan la marcha en uno u otro sitio. Quizás hayan caído también algunos bloques grandes desde las ladera empinadas, pero ninguno de ellos ha sido traído desde la valla que endica el lago. Ello se desprende del hecho de que, aguas arriba de la garganta desemboca en el triángulo de ripio el arroyo Quili Co desde el NE y de que se ha formado una laguna en el arroyo endicada por una barrera de ripio, cuya altura mayor de 15 a 20 m se halla contigua al triángulo y cuya longitud de 500 m ocupa todo el ancho del valle del Quili Co. La creciente tiró el material dentro del embudo de la desembocadura, pero no agregó al ripio común, bloques de mayor tamaño.

Aguas abajo de la Puerta de Domu Co, el valle del Barrancas estaba revestido por depósitos arenosos de grano fino y mediano que recubrían el ripio infrastante y posibilitaban cultivos pequeños por trechos. Tal aspecto tenía todo el Barrancas inferior y el río Colorado hasta cientos de kilómetros aguas abajo. En el Barrancas y en el Colorado superior, esta cubierta terrosa fué limpiada y barrida casi totalmente hasta el rincón de Escalona, al W de la sierra Chachahuen; aguas abajo gran parte de la cubierta ha subsistido, por el considerable ensanchamiento

del valle. Donde éste empieza a estrecharse para entrar en la garganta situada al S de Chachahuen y cavada entre basaltos, la resaca forma un lobanillo arenoso de 1 a 2 m de altura sobre el cual se han arraigado chañares y ante todo retamos, no existentes antes en la región.

En la zona de San Isidro, sito en el límite de Mendoza, Eva Perón, Neuquén, Río Negro, ya no se observa ni siquiera del dique lateral de resaca. Desde la Puerta de Domu Co para abajo no existen bloques, ni barreras laterales de ripio, ni bloques en el río, los que podrían haber sido traídos desde la garganta del Barrancas; sólo ripio bien redondeado en cubierta aplanada aparece en el valle.

Es obvio que la profundidad de las aguas en creciente disminuyó con el ensanchamiento del valle y que disminuyó su caudal por infiltración.

Si semejante creciente no ha podido desplazar bloques de un tamaño algo saliente, menos capacitadas son para ello las que pueden bajar por los arroyitos y arroyos, de la cordillera frontal, y que podrán tener un volumen de 100 m³/sec. en casos excepcionales. Menos podrán transportar bloques de varios metros cúbicos a 100 km de distancia y esto sobre la superficie de un cono de deyección sin ser encauzados lateralmente.

No niego que hallarse en una creciente es impresionante, pero ello no permite atribuirle facultades que no posee.

2) *Volcán.* — Como es notorio, la línea del ferrocarril de Jujuy a La Quiaca es interrumpida en los veranos con bastante frecuencia por los depósitos del torrente de barro que procede de las alturas situadas al oeste cuando sobre ellas caen lluvias fuertes. La región y sus condiciones geológicas-topográficas han sido descritas por Pastore-Groeber y por Harrington en trabajos a que me remito. El camino que recorre el torrente tiene un largo de 10 km y una inclinación de 5 grados (900 m de desnivel en 10 km de camino); se escurre en un zanjón cortado en el cono de deyección del Volcán y trae, a más de barro, lascas de esquistos aflorantes en la cabecera que pueden llegar a una superficie de 25 a 30 dm², y bloquecitos de un diámetro hasta de 50 cm como puede verse en la fotografía que acompaña el trabajo de Pastore-Groeber. El material rocoso es suministrado desde restos de morrenas viejas que se hallan a la base de las acumulaciones del cono de deyección, como fué averiguado por los autores citados. Su presencia no es, pues, debida a la acción de las crecientes, a pesar de la extraordinaria vehemencia de las mismas y de su encauzamiento en un canal estrecho y profundo que concentra su fuerza. El torrente de barro rebasa por sobre el cono de deyección preexistente en forma de otro cono mucho más reducido y los materiales se abren en abanico sin que se forme una valla lateral en

torno del detritus rebasado. El aspecto morfológico de este cono actual difiere claramente de la valla lateral que construye un glaciar al rebasar desde un surco contenedor por sobre una terraza, y desde luego de su morrena frontal, tal como lo hizo el glaciar del Diamante algo aguas arriba del cerro Diamante.

Desgaste. — Echemos un rápido vistazo al desgaste que consume el material rocoso transportado por aguas corrientes. Para ilustrar el fenómeno cito un ejemplo traído por Schoklitsch en su trabajo *Ueber die Zerkleinerung der Geschiebe in Flussläufen, Akad. Wiss. Wien. Math.-Naturw. Klasse IIa Sitzungsber.*

Lugares	Distancia en km.	Volumen en cm ³	
		Arriba	Abajo
Pernegg-Graz	40	9400	2300
Graz-Gössendorf	10	2300	1900
Gössendorf-Wildon	16	1900	950
Wildon-Landscha	17	950	850
Landscha-Unterschwarza	13	850	570
Unterschwarza-Dippersdorf	15	470	350
Dippersdorf-Leitersdorf	12	350	270
Leitersdorf-Mauth/Eichendorf	18	270	180
Mauth/Eichendorf-Wernsee	11	180	170
Wernsee-Untermauthdorf	8	170	50

En 111 km de transporte los bloques mayores han sido reducidos a la vigésima séptima parte de su tamaño inicial, en 160 km a la centésima octogésima octava parte, en término redondo, a la trigésima y doscentésima parte. Los bloques encontrados por Dessanti que tienen 2 a 4 m³, deben haber tenido un volumen de 60 a 120 m³ al iniciar su marcha desde el pie o interior de la Cordillera Frontal de que son oriundos. Tales bloques no se observan dentro del grupo de Mogotes inmediato al pie de la Cordillera Frontal en ninguna parte. Sólo pueden ser fletados sin desgaste por golpes y frotamiento, cuando por largos trechos flotan contenidos en hielo. Su acarreo no ha sido « crecencial ».

Los bloques hallados por Dessanti son chicos en comparación del que encontró Irigoyen (com. epist.) en la Guayquerías del Este, en un sitio llamado Lomas Puntudas; mide 5 por 5 por 7 metros, tiene un volumen de 175 m³ y con densidad de 2,7 unas 450 toneladas de peso. Irigoyen calculó la fuerza que debía tener el agua de creciente para llevar el bloque a su emplazamiento, siempre que haya tenido el mismo tamaño al iniciarse el transporte, lo que no es posible admitir, tratándose de transporte por agua. Irigoyen puso:

$$F = \frac{d \cdot Q^2}{2g \cdot O}$$

donde d es la densidad del agua con material limoso en suspensión; Q , el caudal buscado; g , 981 cm; O , la superficie de la roca que recibe el golpe de agua.

$$450 = \frac{1,2 \cdot Q^2}{20,35}; Q = 512 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

La velocidad del agua sería pues: 14,3 m/sec.

Al partir el bloque que es de granito blanco que ocurre en la Cordillera Frontal, pero no en las Guayquerías, procede entonces de unos 100 km de distancia, debería haber tenido un peso de 13.500 toneladas



Fig 2. — Bloques erráticos de las Huayquerías (Lomas Puntudas.)

al iniciar la marcha. Para moverlo se necesitan 9660 m³/sec. y una velocidad de casi 30 m/sec., manteniéndose la proporción de 5 : 5 : 7 de los lados, aumentada a 15, 5 : 15, 5 : 21, 7.

No hay creciente por imponente que sea que corra a razón de 108/ km hora.

No es posible llamar a la soliflucción en auxilio, porque ella necesita pendientes que se miden en grados y no en minutos y segundos que rezan para el declive desde la Cordillera Frontal al ambiente de las Guayquerías. Para que haya soliflucción el cascajo debe estar acondicionado en hielo, de modo que volvemos al punto de partida del englazamiento. No transporta la soliflucción bloques a 100 km de distancia.

Inserto una comunicación epistolar de Irigoyen ilustrada por la foto adjunta: Dice Irigoyen: « Las Lomas Puntudas constituyen una elevación en forma de varias colinas que se destacan en el borde nororiental de las Guayquerías del este, al NE de la Represa del Zampal y en las

cercanías del río seco del mismo nombre. Sus coordenadas geográficas son aproximadamente $33^{\circ}23'40''$ de latitud y $68^{\circ}29'00''$ de longitud W y alcanzan una altura de 870 m sobre el nivel del mar. Bajando por el río seco del Zampal, ya desde varios kilómetros de distancia se distinguen en su cima los grandes bloques y pedregones que constituyen su cubierta. Al acercarse llaman la atención las dimensiones de algunos de ellos. Durante la campaña de levantamiento geológico que para Y. P. F. efectuáramos en 1952 en compañía del doctor H. Martínez Cal, tuvimos oportunidad de recorrer prolijamente la zona, en especial, el faldeo sudeste de la loma que lleva la señal L. 17 (868,8 m s. n. m.) lugar en el que se encuentran los pedregones mayores. Uno de ellos, formado por un gran bloque de granito blanco, tiene un volumen total superior a los 150 m^3 y su origen debe buscarse en la Cordillera Frontal que dista unos 75 km del lugar de nuestras observaciones. Es tal el tamaño de este bloque que se ha intentado usar su roca y se lo ha can-teado en parte, comenzando a dividirlo « a punta » en tres o más pedazos que se encuentran agrupados cerca del hombre parado a la derecha en la fotografía adjunta, pero que originalmente han constituido una sola masa granítica, cuyas dimensiones máximas visibles son $5 \cdot 5 \cdot 7 \text{ m}$. Detrás del hombre de la izquierda (Irigoyen) aparece también otro bloque, a su alrededor otros pedregones menores, pero en general mayores al metro cúbico, constituyentes de este depósito morrénico que aparentemente es el más oriental aflorante en la región ».

En cuanto a la morrena del Quemado, Irigoyen manifiesta que sus bloques no están encauzados como afirma Polanski, sino que forman un enorme abanico desde más al sur del Quemado hasta el río Tunuyán por el norte, o, mejor dicho, hasta los últimos afloramientos de las Guay-querías del Este.

PORMENORES

Para terminar debo referirme a algunos puntos de la exposición, un tanto caleidoscópica de Polanski; se mencionan por orden de aparición.

Página 200, líneas 20-24: Supan, al hacer su aperçu sobre el mayor desarrollo de las fuerzas físicas en el hemisferio austral, no se acordó de que los tifones son casi exclusivos del hemisferio norte y que las crecientes son tan violentas en el Tien Shan como en Mendoza, como puedo afirmar por haberlas vivido en una y otra región. Por otra parte, no apoya su Conmot que es « europa-céntrico », con valores numéricos que permitirían establecer comparaciones y para poder ensalzar las crecientes que deberían haber llevado bloques de 13.500 toneladas a 100 km de distancia.

Página 200, líneas 27-31: Que el bloque retratado junto al jinete-

haya sido traído por una creciente, debe ponerse en duda hasta que no haya testigos oculares que hayan presenciado y cinematografiado el fenómeno.

Página 201, líneas 3-19: Piedras estriadas pueden encontrarse, tras afanosa búsqueda, en morrenas vivas y cuando en ellas se hallan rocas sumamente tenaces. Cuanto más antiguo es un depósito glaciario, más raras son tales curiosidades.

Página 201, líneas 17-19: Para que bloques de caras cóncavas abunden en depósitos puramente fluviales o torrenciales de tal modo que aparecen en cualquier afloramiento que sólo descubre una ínfima parte de un terreno geológico, debería haber existido un sinnúmero de saltos en los trechos superiores de los arroyos. Debe anotarse que la excavación cóncava corresponde a la roca viva, pero no a las piedras que se hallan en la batea, porque ellas son movidas constantemente por el agua que cae y porque son ellas que elaboran la concavidad. Sería, pues, preciso que la creciente arranque de cuajo roca firme con batea y que la transporte a distancia, sin que desaparezca la concavidad. Tal proceso es contradictorio en sí y su admisión disparatada.

En cambio, cuando — en la zona de derretimiento — se precipita agua desde lo alto del glaciar por grietas, a veces a cientos de metros de profundidad, puede caer en un número de rocas firmemente contenidas en la morrena de fondo y puede limar concavidades en ellas mediante el movimiento rotatorio de trozos menores. Si por el movimiento del glaciar el bloque es volcado, puede ofrecer otra cara a otra caída de agua y adquirir concavidad en otro frente. Dado que se dispone de una cantidad cualquiera de bloques, ellos pueden ser frecuentes en un depósito y ser descubiertos en un corte natural.

Página 202, líneas 21-26: He señalado la existencia de un « boulder clay » en el arroyo Vacas, al NE de Aguas del Toro. Fango glaciario encierra trozos de granitos y de otras rocas de la Cordillera Frontal: ellas no se tocan entre sí a la manera del « plum-pudding ». No dudo de que el mismo Polanski, de haber visitado el lugar indicado, habría llegado a la misma conclusión y descartado la manida explicación de « soliflucción ».

Página 203, líneas 4-8: La descripción glaciológica de la cuenca del río Grande podrá ser presentada en otra ocasión; es demasiado extensa para ser objeto de esta exposición. Sólo menciono que el límite de la neviza se hallaba por los 2600-2700 m y que los glaciares bajaban a hasta menudo los 1400 m. Las elevaciones se mantienen generalmente por debajo de los 3000 m; sólo excepcionalmente sobrepasan tal altura. Al S del paralelo 35°30', las bateas de los confluente de los tributarios mayores se mantienen bastante por debajo de los 2600-2700 m y oscilan entre los 1600 y 2000 m. No hubo, pues, lugar a una acumulación regional de

P.



nieve y hielo en tales bateas que podría haber conducido a un englazamiento continental del tipo patagónico y que se encuentran únicamente los testimonios de glaciares dispersos, agrupados a la manera actual de la alta Cordillera de Mendoza o de cualquier cadena de montañas, con excepción de la cordillera patagónica.

No es, pues, lícito utilizar mi anotación de que no hubo englazamiento regional en la cuenca del río Grande, para concluir de ello que tampoco la hubo en la cuenca mancomunada de los ríos Maipo-Diamante-Atuel.

Página 205, líneas 4 ss. : Valles en U no son « conditio sine qua non » para una región englazada. Ejemplo de ello es la región de Nahuel Huapí. Donde, como al oeste del lago, las rocas son tenaces de tal modo que los bancos de aglomerados de andesita son pulidos de manera que el pulimento corta trozos de roca y matrix, observamos valles en U, por lo menos en parte, pero donde el terreno está formado por areniscas patagónicas, el relieve es accidentado y consiste en crestas, zanjas, aristas, torrecitas, tablas, etc.

Página 205, líneas 38 ss. : La admisión de una constancia aproximada de la declinación durante el Cuartario está muy lejos de ser indubitable. De acuerdo con lo expuesto por mí en un trabajo sobre *Las causas de los cambios climáticos en el pasado geológico* (*Rev. Mus. Mar del Plata*, II y conferencia GAEA, 29-IV 54) creo haber demostrado que tal aserto no es viable y que los englazamientos cuartarios se deben a un endeuzamiento del eje de la Tierra hasta los 12 y 15°.

Página 206, líneas siguientes : En el mismo trabajo creo haber explicado satisfactoriamente este fenómeno, es decir, el de la existencia de una faja de máxima acumulación de la hielo en región extrapolar y de carácter migratorio.

Página 206, líneas 14-15 : La región del Diamante del Vorland cordillerano se encuentra entre los 2300 y 1400 m de altura y no a los 800-1000 m como afirma Polanski.

Página 207, líneas 3 ss. : Los datos consignados proceden de la parte norte mendocina de la Cordillera Frontal; no es aquí el lugar de discutir la diferencia de régimen climático a que está sujeta y compararlo con las condiciones del clima de la región del Diamante y de su cuenca imbrífera ; sólo menciono que la Cordillera Frontal recibe humedad por medio de la masa aérea tropical atlántica sur, mientras que la cuenca imbrífera del Diamante como la del Maipo se surten desde el Pacífico. No se puede, pues, extrapolar de la Cordillera Frontal al interior de la Cordillera Principal, sita al S de los 33 y 34° de latitud.

Página 207, líneas 25-38 : El hecho de que en Mendoza, crecen hoy olivos, nogales y naranjos no significa que no puede haber habido englazamiento de nota en la Cordillera, del mismo modo que tales cultivos

en Italia no implican que el Apenino — mucho más bajo — no haya llevado glaciares.

El dato de temperatura de mediodía de 20 a 23 grados a 4000 m de altura no tiene fuerza negativa en cuanto a un englazamiento cuartario, como tampoco lo favorecería, haberse medido, al alba y en los mismos días — 5 a — 10°. Que en el llano haya a la tarde 30-35° en la actualidad no impide englazamiento cuartario de la altura. Ya que se aduce el Tien Shan, puedo referir que, en julio de 1908 he medido en Kutscha, al pie sur del Tien Shan medio y a 1200 m de altura, 72° con el termómetro de insolación y 51 con el termómetro de revolución seco. Ello no obstante, la sierra al N de este pueblo alberga el glaciar de Mus.-Art. (hielo-paso, en tártaro) de 40 km de largo. Actualmente el glaciar termina a 10 km abajo del paso a 2500 m de altura; en el Cuartario alcanzó a asomarse al llano por unos kilómetros a 1800 m sobre el mar.

El clima extremadamente continental de Asia Central no impide que los glaciares en torno del Khan Tengri (Rey de los Duendes — Mongol — 7200 m) alcancen 70 km de largo y el del Mus. Tagh Ata (hielo del cerro abuelo, tártaro) 108 km.

Hasta la sierra aislada Bogdo Ola (Santa Sierra) (Mongol), sita entre el llano de Dsungaria y la depresión de Turfan que está debajo del nivel del mar, lleva un englazamiento considerable. Tiene 6450 m de altura máxima, pero emite desde su estribación este de 5400 m un glaciar de valle de 12 km de largo hacia el S que termina a 2000 m sobre el mar.

Página 208, líneas 12 ss.: La disminución de la temperatura cuartaria en 4 grados, admitida por Penck y recogida por Polanski, debe considerarse exigua. Trevisan y otros llegaron a una temperatura en 5-6 grados menor, lo mismo que Brueggen y Fuenzalida.

Página 208, líneas 36 ss.: Hubiera sido preferible que Polanski visitara los lugares de hallazgo de morrenas extracordilleranas del Diamante, en lugar de sostener su inexistencia sobre la base de observaciones hechas en los Alpes y en la Cordillera Frontal. No dudo de que hubiese reconocido el carácter morrénico de las acumulaciones aguas arriba y abajo del cerro Diamante. Se hubiera evitado esta discusión que por pública, es poco grata.

Página 209, líneas 8-10: El hecho de que Rodrigo y Dessanti no hayan anotado estos afloramientos en su levantamiento, no significa que no existen. Muy a menudo se presinde de la cubierta cuartaria, para hacer resaltar la composición de una región. En su tesis Rodrigo menciona especialmente las morrenas del NW de La Josefa y de la junta del arroyo Hondo con el Diamante. Por lo visto, Polanski no leyó el trabajo.

Que Storni no mencione los restos de morrenas en el valle del Diamante se explica porque se hallaba fuera de su región de estudio. Como

padrino de esta tesis, me cupo recorrer con Storni la zona en una época en que tales restos no habían sido aún observados. La morrena aguas arriba del cerro Diamante fué vista por mí en el año 1936 y el boulder clay del arroyo Vacas y los bloques al N de La Josefa en 1940 al visitar a González Stegemann en su región de tesis.

Página 209, líneas 16 ss. : En primer término menciono que Polanski — en una conversación sostenida hace poco — está de acuerdo conmigo en relacionar los cuatro pies de monte con otras tantas glaciaciones cuartarias. Tal manifestación me permite completar el artículo de Polanski en lo que se refiere a este punto. Ello puede hacerse extensivo a la interpretación del carácter de los grupos Mogotes-Tristeza y a la edad de los mismos ; los había paralelizado con el englazamiento Donau (Cáucaso). Muchos años ha, he manifestado que estos grupos, en primer término el de Tristeza, eminentemente clásticos, se debían al surgimiento inmediatamente anterior, acaso aun en parte simultáneo, de importantes cordones de sierra. Según mi interpretación, fuera de una destrucción por aguas corrientes, intervino el hielo que cubría en forma de coraza los lomos aún sin modelar y de flancos más o menos lisos. La intervención de hielo en la destrucción no parece haber sido continua, sino presente sólo en 3 ó 4 ocasiones, como parece indicar la presencia de niveles de bloques en la serie que llega a los 1000 m de espesor. La propagación del depósito va desde el hoyo de la Paz hasta el río Tecka, como se reconoció por observaciones traídas por Suero en la sierra al este del mismo.

Respecto a estos depósitos debe anotarse lo siguiente :

Si se quiere colocar el límite inferior del Cuartario a la base del primer nivel de pie de monte, el grupo Tristeza-Mogotes-Río Negro, cae en el Plioceno ; prefiero localizarlo en un Eocuartario que aun falta en el cuadro de las épocas geológicas, por no presentarse en torno de los Alpes. El tal Eocuartario es intermedio entre el Cuartario corriente y el Plioceno. Del Plioceno-Araucano al Eocuartario hubo un cambio de clima de mucha importancia, fuera de un movimiento aun mas importante. Mientras que en el tiempo del Araucano, dada la coloración de sus depósitos, reinaba un clima subtropical atestiguado por depósitos rojos, y templado cálido, a juzgar por sus estratos pardo-amarillentos (« Amarilla » de Y. P. F.), el grupo Mogotes-Tristeza-Río Negro carece en absoluto de coloración impuesta o secundaria, es gris, es del color de las rocas no alteradas. Ello indica un régimen de clima frío o seco en el cual no se alteraban las rocas en la zona de suministro de material. Es preferible admitir clima frío, ya que el transporte de las enormes masas de rodados implica frecuente y abundante precipitación.

Debe destacarse que entre Araucano y Mogotes-Tristeza-Río Negro se encuentra una discordancia de primera magnitud. Como he destacado

en repetidas ocasiones, el grupo Mogotes-Tristeza se adosa contra elevaciones de nacimiento inmediato anterior a su deposición; ello puede verse en la sierra Palao y según Irigoyen en el Cordón de la Tristeza, norte y en el arroyo de las Saucas. No es, pues, lícito, englobar Tristeza-Mogotes en el Plioceno y atribuirle — por ser plioceno — un origen de clima cálido, como lo hace Polanski en página 211.

Sólo me he referido muy someramente a algunos tópicos; otros serán objeto de un tratamiento más detallado.

RESUMEN GEOLOGICO DE LA HOJA 52a SIERRAS DEL TANDIL

(PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

Por JORGE FÉLIX VILLAR FABRE

INTRODUCCIÓN

Esta Hoja ¹, cuyo relevamiento fué iniciado en 1949 y concluído al año siguiente, abarca 3630 km², está ubicada entre los paralelos 37° y 37°30' de latitud sur y entre los meridianos 59°30' y 58°45' de longitud oeste. Aproximadamente en su punto medio se encuentra la ciudad de Tandil. Los cerros de esta zona están constituídos por elevaciones de escasa altura que rodean a dicha ciudad y que se extienden, en términos generales, hacia al sur. Entre ellos se puede citar el cerro de Las Ánimas, Albión y Cascada, cuyas alturas varían alrededor de los 500 m s. m. mientras que el cerro Independencia y El Calvario alcanzan tan sólo los 286 y 240 m, respectivamente. Además, puede mencionarse los cerros Centinela, Monteeristo, La Movidiza, Federación, Leones, Chato, etc.

En cuanto la hidrografía, está representada por: el A° de Los Huesos que cruza el ángulo NW de la Hoja, y el A° Chapaleufú, que está formado por el Chapaleufú Grande y Chapaleufú Chico. Este último nace en el extremo SW de la Sierra de Vela y se dirige hacia el NW por un trecho de 14 km donde recibe como afluente al A° Las Horquetas y tuerce su rumbo hacia el NE que, a la altura de Gardey, pasa a ser N-S.

El A° Chapaleufú Grande, que se une al A° Chapaleufú Chico 8 km al norte de Gardey, nace 6 km al sur de Azucena y de allí se dirige hacia el norte recibiendo nueve afluentes, cuatro por su margen izquierda, de los cuales el más importante es el A° de la Totorá y cinco por su

¹ Este trabajo fué efectuado por cuenta de la Dirección Nacional de Minería. El autor agradece al Subsecretario de Energía y Minería la autorización para publicarlo.

margen derecha, que comprenden: A° Viejo Malo con su afluente A° del Pozo, que nacen ambos al NE de Barker; A° de la Merced con dos afluentes, uno sin nombre y el otro, A° de La Carreta, que nace en el límite sur de La Hoja; el arroyo que nace al este de Pto. Escarminazzi; A° Macho Chino, cuya cabecera está al este del cerro Centinela y otro pequeño afluente sin nombre que pasa por la estancia El Bosque.

El A° Langueyú, nace al sur de la ciudad de Tandil, la recorre de sur a norte y al salir de ésta recibe al arroyo Blanco que viene desde el SE de El Calvario y continúa paralelamente al arroyo Chapaleufú.

El A° Tandileufú, que nace al norte y al este de El Gallo, en dos brazos que se unen al oeste del cerro homónimo, rodea a dicho cerro por el norte y se dirige hacia el este.

El A° de Las Chilcas, nace mediante varios brazos en el límite Sur de la Hoja y se dirige hacia el este y recibe, 6 kilómetros antes de abandonar esta zona, al arroyo Cerrillado.

Por el ángulo NE de la Hoja, con rumbo NE-SW, sale el A° Perdido, después de un recorrido de 22 km.

Investigaciones anteriores: Pocos fueron los geólogos que se ocuparon de esta zona y entre ellos se encuentra Schiller (4) que en el año 1930, supone que estas sierras habrían sido afectadas por corrimientos. Nágera (3), que en 1933 publicó su trabajo sobre las sierras que bautizó con el nombre de Tandilia y por último, Tapia (5) en 1937 al estudiar las cavernas de Ojo de Agua y Las Hachas comprobó la edad cuaternaria postglacial del relieve de esta zona, los sobreescurrecimientos y la edad y distribución del Médano Invasor que atribuyó al Lujanense.

GEOLOGÍA

A. *Estratigrafía*. — La geología de esta zona es muy sencilla, pues en ella se observa directamente sobre el basamento cristalino los sedimentos cuaternarios y recientes.

Basamento: El basamento está representado casi en su totalidad por rocas graníticas a granodioríticas a veces muy presionadas, acompañadas por anfíbolitas en reducidas proporciones. Para describir estos afloramientos, en primer instancia se agruparon las rocas de acuerdo a su estructura.

«*Rocas de estructura granosa*»: Este calificativo se aplica aquí, desde un punto de vista puramente macroscópico e incluye todas aquellas rocas que en primer instancia presentan las mejores condiciones para su aplicación práctica.

Al oeste de Azucena, entre los arroyos Chapaleufú Grande y Chapaleufú Chico, se encuentra un extenso afloramiento que incluye la Sierra

Alta de Vela al sur, se extiende hacia el norte unos veinte y dos kilómetros, su ancho máximo es de diez kilómetros aproximadamente y en él se observan distintas migmatitas.

Los granitos migmatíticos afloran en el extremo sur de las sierras mencionadas, son de color gris obscuro, grano de tamaño uniforme que oscila alrededor de los cinco milímetros y su contenido en feromagnéticos es más bien pobre. Están atravesados por escasas venas aplíticas y pegmatíticas. La proporción de feldespato potásico, en relación con el calcosódico, disminuye en las canteras de Azucena y de Vela y la migmatita pasa a ser una adamellita de grano algo más fino y de color más obscuro que, en ciertas áreas, llega a ser casi negro debido a la milonitización soportada. Hacia el norte, la proporción de feldespato potásico continúa disminuyendo hasta desaparecer, casi por completo, en las inmediaciones de la estancia El Pinar, originando una tonalita que se extiende hasta el norte de la estación Gardey, su color es gris obscuro y en el primer lugar mencionado posee venas aplíticas y pegmatíticas, además, entre sus componentes se observa pirita, que como se sabe puede originar ácido sulfúrico que al atacar a los demás minerales desmerece la calidad ornamental de la roca. El afloramiento citado al norte de Gardey carece de importancia por sus reducidas dimensiones. En estos lugares, otro material que puede emplearse para la producción de pedregullo, gransa, adoquines, etc., es una anfibolita poco inyectada, en la que se destaca sobre el verde negro del anfíbol, el blanco verdoso del feldespato. Esta anfibolita, pero de grano muy fino, se extiende hasta los alrededores de la estancia La Pastora donde la inyección granítica es muy abundante.

En el límite sur de la Hoja, 7 km al este de Azucena, aflora una granodiorita de color gris claro con biotita relativamente abundante y con numerosas venas aplíticas. Esta roca alterna, sin límites definibles, con un esquisto inyectado.

Unos cuatro kilómetros al este del afloramiento anterior, se encuentra una anfibolita de grano grueso (4 mm) que presenta algunas venas de cuarzo de hasta dos centímetros de espesor y que se extiende hacia el norte del arroyo de la Carreta pero en una facies de grano muy fino, con el feldespato totalmente alterado y con una cierta lineación. En esta zona, afloran también granitos muy milonitizados de color gris verdoso obscuro a gris obscuro. Hacia el este, en las inmediaciones de la estancia San José, la roca pasa a ser una adamellita de color blanco grisáceo con una cierta tonalidad verdosa. Al nordeste de El Gallo las facies ricas en anfíbol son muy comunes.

Las anfibolitas constituyen, exclusivamente, el primer afloramiento al norte del Puesto Escarminazzi, mientras que en el segundo se las observa conjuntamente con rocas graníticas porfiroblásticas.

Las mencionadas anfibolitas vuelven a aflorar a la altura del km 149,5 de la ruta 226 y frente al Haras General Lavalle, donde están surcadas por delgadas venas feldespáticas de unos cinco milímetros de espesor. Puede distinguirse dos tipos de anfibolitas, uno de grano mediano y otro de grano muy fino que es la que presenta las mencionadas venas feldespáticas, que lógicamente disminuyen la resistencia de la roca. La misma especie, de grano mediano, aflora en la Granja Nacional Ramón Santamarina.

Excepto la sierra Alta de Vela, los afloramientos mencionados carecen de importancia económica, mientras que, los que a continuación se detallan, son los más importantes dentro de las rocas granosas y están constituídos por los cerros que rodean a la ciudad de Tandil.

En el cerro Chato, cerro y cantera La Movediza, cantera Aurora y Bertagno, afloran granitos migmatíticos que en el primer lugar mencionado es de grano muy fino y uniforme, es de color gris claro y constituye lo que los canteristas llaman «espuma de granito». Ese mismo color gris claro que se observa en las migmatitas de las canteras Bertagno y La Movediza, se torna oscuro y el grano se hace más grueso en el cerro La Movediza. En cambio en la cantera Aurora, la roca es de color rosado grisáceo a rojizo y el tamaño del grano oscila alrededor de los siete milímetros, presenta una milonitización leve que también se observa en las migmatitas graníticas que afloran a la altura del km 164,300 de la ruta 226.

Migmatitas adamelliticas se presentan en los cerros El Centinela, Monte Cristo y La Cascada, son de color gris, más bien oscuro, excepto en La Cascada donde adquiere tonalidades rojizas y en el Monte Cristo y El Centinela donde hay áreas rosadas. Son de grano mediano, alrededor de los cuatro milímetros, pero en realidad el tamaño no es uniforme y la estructura presenta una leve tendencia porfiroide o foliada, según el caso. Las venas aplíticas son escasas en el cerro Centinela, donde se observan preferentemente en las facies rosadas y son abundantes en el Monte Cristo donde también se presentan pegmatitas bien desarrolladas. En el cerro La Cascada, la roca está muy milonitizada y tiene venas de cuarzo de hasta veinte centímetros de espesor.

Al norte del cerro Federación y en el Albión afloran migmatitas granodioríticas cuyo grano es de tamaño variable que oscila alrededor de los cuatro milímetros y a veces posee una cierta tendencia porfiroide o foliada. Poseen abundantes venas aplíticas conjuntamente con las cuales se observa, al norte del Federación, algunas pegmatitas.

Las anfibolitas de esta zona afloran al norte del cerro Federación, con abundantes venas pegmatíticas y aplíticas y en el Calvario, donde presentan una inyección granítica muy desarrollada, lo cual no sería un inconveniente para su explotación como material de construcción.

« *Rocas de estructura granosa porfiroide* » : con este calificativo se reúnen todas aquellas estructuras en que la diferencia entre porfiroblastos y pasta no es muy marcada. En cuanto a sus propiedades técnicas, están en una situación intermedia entre las granosas y las porfiroblásticas. *

« *Granitos migmatíticos* » : afloran al NW de Gardey, en el km 159 de la ruta 226 y en el cerro Leones. En general son rocas de color gris, grano grueso y fenoblastos que alcanzan los quince milímetros. Escasas venas aplíticas, excepto en el km 159 donde son esencialmente cuarcíferas y alcanzan un espesor de cincuenta centímetros, en este lugar, la migmatita es de grano fino, poco diferenciable y de tonos verdosos.



Fig. 1. — Norte del arroyo de La Carreta. Migmatita tonalítica con abundante inyección en venas paralelas y plegadas

De estos afloramientos el único importante es el del cerro Leones, donde hay una cantera en explotación.

« *Migmatitas adamellíticas* » : estas rocas se observan en la estancia de Goñi, en el cerro La Cascada, y al sur del arroyo La Carreta. Son rocas de grano grueso, con fenoblastos de hasta quince milímetros, de color gris obscuro a claro y con contadas venas aplíticas.

« *Migmatitas granodioritas* » : se presentan exclusivamente en la cantera Bertagno, son de color gris en el que se destaca el tono blanco de los fenoblastos feldespáticos de hasta diez milímetros de longitud.

« *Migmatitas tonalíticas* » : afloran en la estancia El Bosque, al norte del arroyo de La Carreta y al sur de El Gallo. En el primer lugar mencionado el color es verde blanquecino con abundante biotita, anfíbol y porfiroblastos feldespáticos, idiomorfos, de hasta diez milímetros de longitud y venas aplíticas y pegmatíticas. En las otras dos localidades

el color es gris claro, a veces con tonalidades verdosas. Al norte del arroyo de La Carreta se observa una abundante inyección migmática en capas paralelas y plegadas (fig. 1) de hasta varios centímetros de espesor.

« *Anfibolitas* » : la estructura de las anfibolitas se ha originado por una inyección que ha formado fenoblastos feldespáticos de hasta doce milímetros de longitud. El color verde se encuentra moteado por los minerales leucocráticos y el tamaño del grano varía alrededor de los cuatro milímetros. Se observan en el límite sur de la Hoja por el camino de San José, al oeste del cerro Centinela, entre éste y el camino a Azucena, donde alterna con facies granosas, en los cerros de las inmediaciones del Calvario, donde la anfibolita presenta venas afaníticas de la misma composición y color. Está inyectada por venas aplíticas y pegmatíticas de hasta dos y diez centímetros de espesor respectivamente, a veces desplazadas uno o dos centímetros por pequeñas fracturas; al sur de El Pinar, la roca presenta venas aplíticas y pegmatíticas abundantes, con facies de grano muy fino, y al noroeste de Gardey, donde la inyección es muy escasa.

« *Estructuras porfiroblásticas* » : dentro de este tipo de estructuras puede observarse la presencia de granitos migmatíticos (km 164 de la ruta 226; desde la estancia La Sarita hacia al sur); migmatitas adame-líticas (al sur del arroyo de La Carreta y en la estancia La Alcira); migmatitas granodioríticas (cantera Bertagno y cerro Federación), migmatitas tonalíticas (al sudeste de El Gallo) y esquistos inyectados.

Excepto los esquistos inyectados, que se detallarán más adelante, las demás rocas son de color gris claro a gris verdoso con fenoblastos de plagioclasa que alcanzan los seis centímetros de longitud. El carácter porfiroblástico alcanza su máximo desarrollo en el cerro Federación, donde también se observan numerosas venas aplíticas de dos centímetros de espesor y pegmatíticas de diez centímetros, abundante biotita que, a veces, forma concentraciones de hasta un metro de diámetro. Esta biotita suele ser titanífera. El aspecto porfiroblástico se atenúa al sudeste de El Gallo, la roca adquiere tonos oscuros y muestra indicios de milonitización. En la cantera Bertagno las venas pegmatíticas son muy abundantes y los fenoblastos de plagioclasa alcanzan los seis centímetros de longitud (fig. 2). En la estancia La Alcira el aporte migmatítico originó numerosos fenoblastos de microclino de hasta tres centímetros de longitud y folias paralelas, de grano fino, de hasta veinte centímetros de espesor que fueron atravesadas por una melanocrática (fig. 3). Se observa abundante biotita.

Los esquistos inyectados porfiroblásticos comprenden aquellas rocas con abundante mica paralelamente orientada, en las que el aporte migmatítico ha formado fenoblastos bien desarrollados y folias leucocráticas;

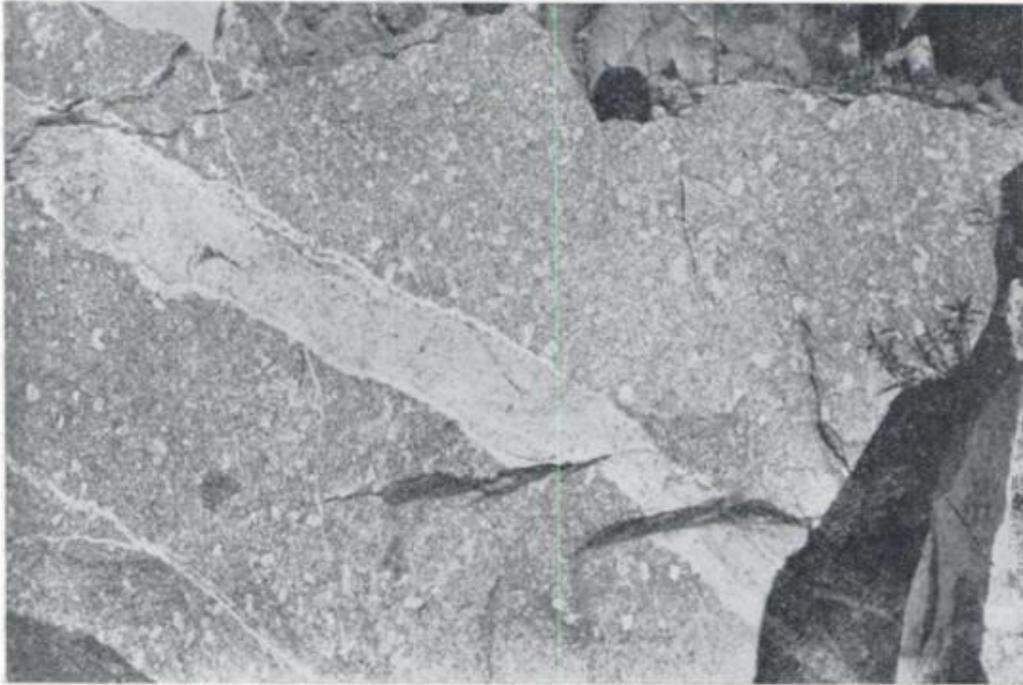


Fig. 2. — Afloramiento de la cantera Bertagno. Migmatita porfiroblástica granodiorítica con fenoblastos de plagioclasa de hasta 6 cm de longitud. Puede verse una delgada vena leucocrática atravesada por una de mayor espesor.



Fig. 3. — La Alcira. Km 149-41 de la ruta a Mar del Plata. Migmatita adamolítica con porfiroblastos de microclino de hasta 3 cm de longitud. Las venas migmáticas fueron posteriormente atravesadas por una melanocrática, señalada por la punta del lápiz.

estas rocas afloran al sur de El Gallo, entre las rutas de Napaleufú y a Mar del Plata, al lado de la Villa Monte Carlos, al SW del cerro Centinela, al NW de Gardey, al SE de La Pascuala y al E de la estancia Las Horquetas. Son rocas de color gris casi negro en el que se destaca el rosado blanquecino de los fenoblastos de microclino, que son idiomorfos de hasta cinco centímetros de longitud y que en las superficies de meteorización sobresalen sobre el resto de la roca que es rica en biotita.

Al SW del cerro Centinela, el esquisto inyectado porfiroblástico está atravesado por un filón de rumbo N 85° W, constituido por una roca densa, de color verde oscuro, afanítica, cuya composición corresponde a una kersantita.

« *Estructuras foliadas porfiroides* » : se agrupan aquí aquellas rocas granosas, porfiroides, en que los minerales leucocráticos constituyen folias más o menos definidas. Su composición corresponde a una migmatita granodiorítica (cantera Bertagno) o a una migmatita tonalítica biotítica (cerro Tandileufú y estancia La Sarita). Poseen fenoblastos de plagioclas paralelamente orientados, de hasta 25 milímetros, con inclusiones de biotita. En la cantera Bertagno las venas pegmatíticas son abundantes; en el cerro Tandileufú la composición se ve modificada por la presencia de hornblenda y en la estancia La Sarita, la roca adquiere un aspecto gnéisico con ojos rosados de hasta cinco milímetros.

« *Estructuras foliadas* » : con esta estructura se encuentran rocas migmatíticas graníticas (Av. Avellaneda y Saavedra y cantera La Movediza), adamellíticas (cerro Centinela) y tonalíticas (N del cerro Federación). Las anfíbolitas de estructura foliada se presentan al oeste del arroyo Chapaleufú Grande y detrás de El Calvario.

En la cantera La Movediza, el color de la roca es gris oscuro con abundante biotita, mientras que en el cerro Centinela, el color es rosado, la proporción de cuarzo aumenta, la de microclino y biotita disminuye y el resto (plagioclasa, hornblenda, etc.) se mantiene constante. El mismo tipo de estructura se observa en los afloramientos situados al norte de El Gallo, pero aquí las folias son más nítidas, que en los lugares citados en primer término.

La migmatita tonalítica se encuentra al norte del cerro Federación y se caracteriza por su contenido relativamente elevado de hornblenda y por poseer abundantes venas aplíticas y pegmatíticas, en parte tiene un cierto carácter porfiroide.

Las anfíbolitas con esta estructura son de grano mediano, aproximadamente tres milímetros y la orientación paralela del feldespato se destaca sobre el color verde oscuro de la hornblenda. Detrás del Calvario la anfíbolita sufrió una gran inyección que en parte originó esta estructura.

En la Av. Avellaneda y Saavedra la migmatita tiene una tendencia porfiroblástica, y su color es gris oscuro.

« *Estructuras miloníticas* »: comprenden aquellas rocas que por las presiones soportadas han modificado en distintos grados su estructura originaria, pero sin llegar a poseer laminación marcada. Pueden distinguirse las siguientes variedades: « *Cataclasitas* » son aquellas rocas que no presentan laminación ni fluidalidad. Se observan en los cerros La Cascada, de Las Ánimas y hacia el oeste del Parque. En el primer lugar mencionado la roca es de composición tonalítica y de color gris oscuro, en el segundo es verde, también tonalítica y en el último es

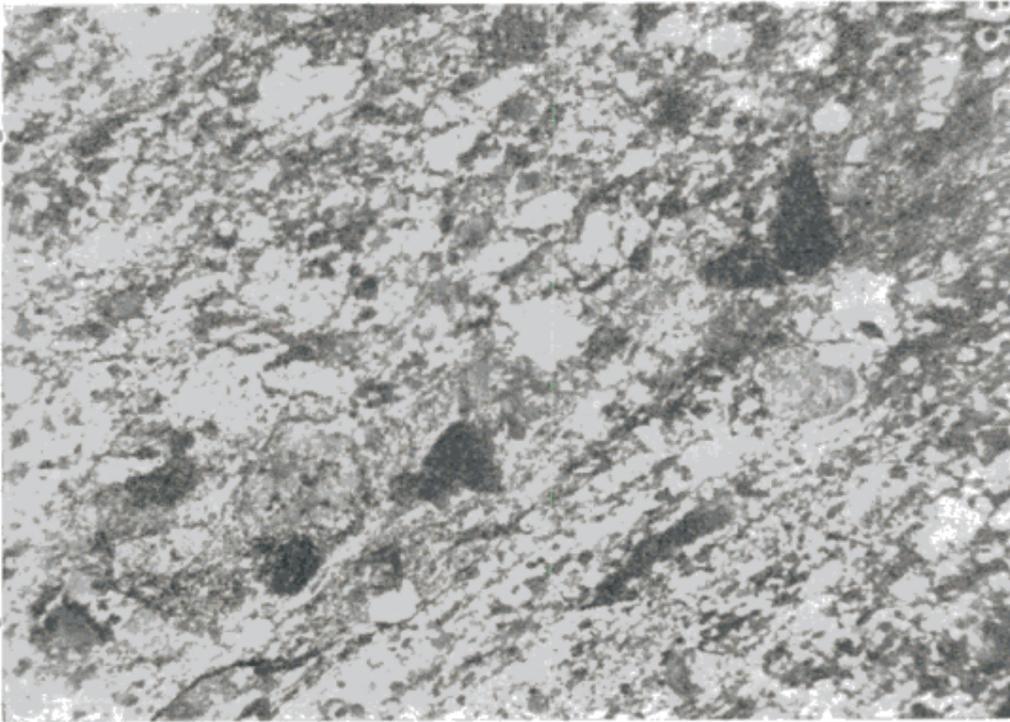


Fig. 4. — Milonita granítica. Parque Independencia. Obsérvese que los componentes, principalmente cuarzo, se han dispuesto en capas paralelas en las que se destacan los clastos feldespáticos. Nícoles X. $\times 23$.

rojiza y de composición granítica. En todas ellas se observa fenoclastos leucocráticos de unos cinco milímetros. En La Cascada puede verse pequeñas venas de cuarzo. Al oeste del Parque también se observa dichas venas y además los minerales ferromagnésicos suelen originar una cierta lineación.

« *Milonitas* »: en estas rocas puede verse foliación y como se comprende hay ciertas transiciones hacia las especies anteriores. Se presentan en el Parque y en la cantera Bertagno. En el Parque la roca tiene composición granítica, grano muy fino y color de tonos rojizo-violáceo (fig. 4). En la cantera Bertagno esta facies es de color gris oscuro, composición tonalítica y grano fino (3 mm), que alterna con la tonalita foliada porfiroide.

« *Gneis miloníticos* » : este tipo de milonitas (fig. 5) se observa a la altura del km 163,8 de la ruta 226 donde la roca es de color gris negruzco con ojos blanco grisáceos de feldespato de hasta cinco centímetros de longitud, a veces dispuestos con un ángulo aproximado de 30° con la foliación ; posee abundantes venas aplíticas.

Sobre la falda oriental del cerro Las Ánimas, la milonita forma facies dentro de la migmatita y es de color gris negro a verde grisáceo con ojos pequeños de hasta cinco milímetros ; se observa venas de cuarzo de dos centímetros de espesor aproximadamente.

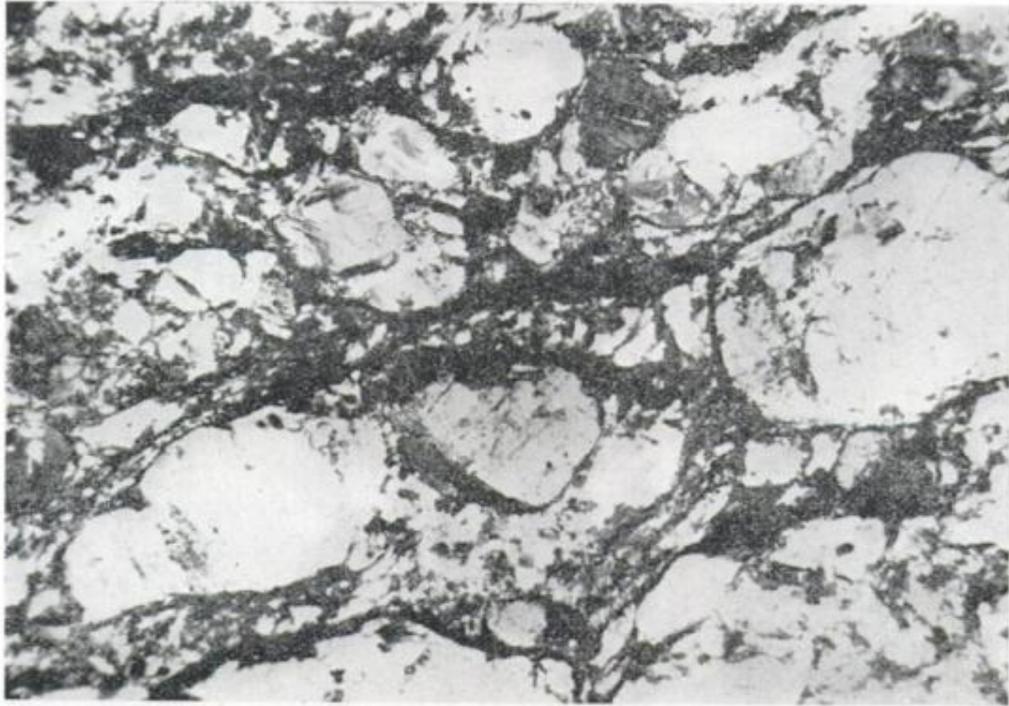


Fig. 5. — Milonita gnéssica. Km 163,8 del camino Mar del Plata a Tandil. Pueden verse los clastos feldespáticos de diversos tamaños, rodeados y contorneados por cuarzo recristalizado acompañado por laminillas de biotita feldespato finamente granulada. Nícoles X. $\times 23. \uparrow \downarrow$

En los alrededores del Seminario el carácter gnéssico es poco visible, los ojos son pequeños, de hasta tres milímetros, es de color rojo violáceo con abundantes venas de cuarzo.

Las milonitas del cerro La Cascada son de color verde y negro grisáceo con pequeños ojos feldespáticos de hasta cinco milímetros y con delgadas venas de cuarzo.

Al norte del cerro Federación el color gris violáceo y los ojos, por la alteración, han adquirido una tonalidad verdosa.

En la estancia de Goñi y en las proximidades de la cantera de Vela, la roca tiene un color gris, de tono obscuro en el segundo lugar y muy claro en el primero, donde los ojos son pequeños, de hasta cinco milímetros. En la estancia de Goñi, las venas cuarzo feldespáticas son abundantes y los ojos alcanzan los 25 milímetros. En los planos de foliación

se observa abundante mica. En general, todas estas rocas son de composición granodiorítica.

« *Ultramilonitas* » : este tipo de rocas, que han sufrido una presión intensa, pueden agruparse en dos categorías : en la primera se observa un cierto bandeo o esquistosidad mientras que en la segunda, la estructura es densa, compacta, uniforme y afanítica. Dentro de las primeras puede verse una gran variación cromática, pues se observan colores blancos, con tonalidades rosadas y verdosas (C° de Las Ánimas, (fig. 6), gris verde claro, con bandas verdes más intensas (C° de Las Áni-

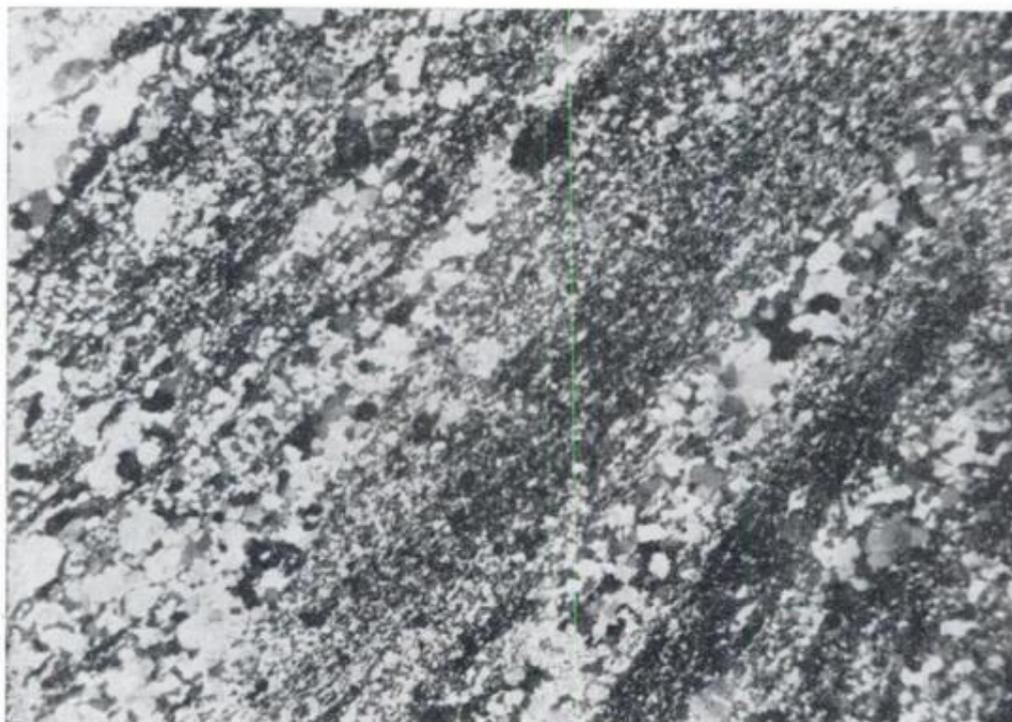


Fig. 6. — Ultramilonita. Cerro de Las Ánimas. El cuarzo recrystalizado en finos granos, se extiende en capas paralelas, a veces con abundante sericita y epidoto. Nícoles X, $\times 23$

mas), gris verdoso (estancia La Sarita), gris verdoso obscuro con delgadas capitas negruzcas (cantera de Vela), verde grisáceo (W del arroyo Chapaleufú Grande) verde amarillento (cantera Bertagno), negro grisáceo, a veces con delgadas capitas rosadas y con pequeños fenoclastos (estancia de Goñi), rojizo violáceo (N de El Gallo y C° Ánimas), rojizo y rosado grisáceo (W del arroyo Chapaleufú Grande).

Respecto de las ultramilonitas de estructura afanítica densa, también se observa colores variados : rojo violáceo (Seminario), rojo negruzco y verde (a pocos km de Tandil, hacia Azucena), rosado verdoso (al oeste del Parque), verde (km 159,50), verde negro (S de Tandil) y negro grisáceo (km 159,100 y en el cerro La Movidiza).

En todas estas milonitas se observa, en mayor o menor grado, venas cuarzo feldespáticas.

Terrenos sedimentarios : La carencia de perfiles estudiados detalladamente dificulta la investigación de los sedimentos sobrepuestos al Basamento. La presencia del Plioceno es muy dudosa y sólo se podría sospechar su existencia en áreas muy reducidas ubicadas hacia el este del cerro Tandileufú y hacia el sudeste de la estancia San Felipe. Esta suposición se basa únicamente en la existencia de lomadas muy pronunciadas que también podrían corresponder a una reducida profundidad del Basamento. El autor se inclina hacia esta última posibilidad pero no quiere dejar de indicar la primera, pues en la hoja limítrofe, 33g, Tapia (5) se basó en una observación idéntica y comprobó, mediante perforaciones, la presencia de sedimentos pliocénicos.

El Pleistoceno está ampliamente representado por el loes y por el Médano Invasor y puede verse varios cortes en distintos lugares de la Hoja. Próximo a la Movediza se observa un afloramiento mencionado por Tapia en 1937 constituido por sedimentos lóxicos poderosos con algunas concreciones de tosca. En la base se encuentra una capa de tosca de unos 50 cm de espesor, conglomerádica, de tonos rojizos, con capitas de arcillas. Es en esta capa que el mencionado autor encontró, frente a los Mataderos Municipales, una mandíbula de Pachyruco referible al Chapadmalense. Discordantemente y separado por un conglomerado con rodados de tosca y arcilla, asienta una capa de arena y loes pardo rojizo con delgadas capas de arcilla y trozos de rocas del Basamento.

En la misma ciudad de Tandil, en el cruce de la Av. Avellaneda con la calle Alsina, se observa varios cortes de estos terrenos sedimentarios y allí puede verse de arriba hacia abajo: a) 0,40 m de tierra negra, suelta, aterronada; b) 0,50 de loes pardo con finas capitas de tosca blanca; c) sedimento pardo claro con fragmentos de milonitas y migmatitas de un tamaño que varía de pocos centímetros a varios decímetros. Alterna con capas delgadas del mismo color y de grano muy fino. Estratificación cruzada; d) loes muy compacto.

Enfrente del perfil anterior el afloramiento comienza con 0,60 m de tierra gris oscura, suelta, aterronada y en parte prismática; hacia abajo se continúa por un sedimento areno-arcilloso pardo obscuro en la parte superior y castaño claro en la inferior, estructura prismática, espesor irregular pues en algunas partes alcanza hasta un metro y en otras se adelgaza hasta desaparecer por completo. Luego se encuentra una capa de tosca.

Los mencionados sedimentos arenosos, que constituyen el Médano Invasor fueron atribuidos por Tapia (5) al Lujanense y se observan con mayor frecuencia cuando uno se dirige hacia el sur de la Hoja.

B. *Estructura*. — La estructura de esta zona está caracterizada por la presencia de fracturas que limitan, puede decirse, a todos los cerros

que en ella se observan y de las cuales, las dos principales son las que corren al nordeste y al sudoeste de estas elevaciones con rumbo NW-SE, acompañando a las sierras septentrionales en toda su extensión y que fueron originadas por el ascenso y descenso de los bloques cristalinos y llanuras circundantes respectivamente. Una fractura visible es la que con el mismo rumbo mencionado pasa entre los cerros Independencia y de La Cascada y que al norte de El Gallo ha originado una ultramilonita que puede observarse muy bien en un corte del camino que une Ayacucho con Juárez.

Todas esas fracturas que pertenecen al Paleozoico (Ciclo Caledónico; Frenguelli, 1950), fueron reactivadas durante el Terciario y Cuaternario; pero éstos no son los únicos movimientos tectónicos que se observan en esta zona, pues el basamento ha soportado intensas deformaciones prepaleozoicas de diversos grados de intensidad que originaron las milonitas y ultramilonitas que en él se observan.

Como consecuencia de dichos movimientos, en el basamento se encuentran numerosas diaclasas cuyo rumbo generalmente es paralelo a la foliación o esquistosidad de la roca, que por lo común tiene una dirección ESE-WNW.

C. Geomorfología. — El relieve del área que nos ocupa es sumamente sencillo pues está constituido por una serie de bloques y depresiones originadas, en última instancia, por movimientos del Cuaternario. Dichos bloques afloran generalmente con solución de continuidad de modo que constituyen un conjunto de cerros más bien que una sierra propiamente dicha.

La zona no montuosa está recubierta por sedimentos probablemente pliocénicos y cuaternarios que se extienden sobre la llanura constituida por la pampa alta e interserrana (Frenguelli, 1950) que desciende suavemente hacia el este y hacia el sudeste respectivamente y cuyo relieve está influenciado por la proximidad del Basamento, influencia que se traduce por la formación de lomas, más pronunciadas en las inmediaciones de los cerros. Estas lomas pueden verse muy bien, al alejarse de Tandil por el camino pavimentado que se dirige a Necochea.

El último rasgo morfológico que cabe destacar es el originado por el Médano Invasor al dar lugar a la formación de médanos fijados en la actualidad.

D. Petrología. — Para no extenderse sobre temas teóricos sólo se dará una idea muy somera de la petrología de esta zona, cuyo basamento, como se ha dicho anteriormente, está constituido por rocas milonitizadas e inyectadas de variada composición, pero siempre de carácter ácido.

La inyección del magma así como su composición no fué uniforme en todas las áreas, pues, si se toma por ejemplo los afloramientos al norte del cerro Federación, puede verse que existen dos tipos de rocas grani-

toides, una de composición tonalítica y la otra granodiorítica. Mientras que en la primera, de textura foliada, el aporte de feldespatos potásicos ha sido casi nulo, en la segunda, de textura granosa, alcanzó a cubrir un 18 %, aproximadamente, de su composición modal.

Un ejemplo similar al mencionado se observa en la cantera Bertagno, donde si bien el conjunto del afloramiento podría considerarse como una adamellita, el aporte no uniforme ha originado áreas graníticas y granodioríticas, pero, en este caso, el magma era de composición calcosódica y ha originado meta-cristales de plagioclasa.

En la cantera La Movediza, se observa dos tipos de granitos migmatíticos, uno foliado, y otro granoso en las que la proporción de feldespatos potásicos es de 1 : 2.

En cuanto al mecanismo de la migmatización debe haber sido por difusión de soluciones (Goodspeed, pág. 64) que se introdujeron y rellenaron los pequeños espacios intersticiales de la roca ya consolidada dando lugar a la formación de los porfiroblastos tan comunes en esta zona. La composición de estas soluciones, considerando el conjunto de afloramientos, puede decirse que fué preferentemente cálcica y que fué la causa directa de la formación de los meta-cristales de plagioclasa, cuyo contenido albitico se encontraba, posiblemente, en la roca originaria. En cuanto a la hornblenda, tan frecuente en estas rocas, es muy probable que, en gran parte, tenga su origen en el mismo aporte metasomático de OCa.

Respecto al metasomatismo alcalino que predominó en otras áreas, queda evidenciado por la formación de mirmequitas y de porfiroblastos de microclino originados en la fijación del potasio aportado por las soluciones, fijación realizada por el exceso de alúmina que poseía la roca pre-existente.

E. Historia geológica. — Los acontecimientos histórico-geológicos de esta Hoja son relativamente sencillos, pues el basamento, perteneciente al Escudo Brasileño, fué presionado y fracturado antes de la deposición de los sedimentos paleozoicos observables fuera de esta Hoja. Además, según Tapia (5) y anteriormente Schiller (4), se habría producido un corrimiento, dentro del mismo basamento. Estas fuerzas deformantes, atribuidas por Frenguelli (1) al Ciclo Caledónico, provocaron en el basamento la formación de milonitas, las distintas fracturas existentes y su elevación en bloques. Elevación que, después de haber actuado los procesos gliptogenéticos, fué reactivada durante el Terciario y Cuaternario en forma intermitente, originando niveles de erosión, observables al sur de esta Hoja, cubiertos por sedimentos cuaternarios.

En cuanto al aporte de flúidos magmáticos que originaron la migmatización de las rocas pre-existentes fué anterior o en todo caso simultáneo con las fuerzas deformantes.

F. *Rocas de aplicación.* — Esta zona es sumamente importante porque las canteras de granito que allí se encuentran producen, aproximadamente, unas 800.000 toneladas anuales de adoquines, granitullo y pedregullo, que son embarcados en ferrocarril, a veces en los desvíos propios de cada cantera.

En la época que se hizo este trabajo existían 12 canteras que a continuación se detallan. Cantera Albión, situada a 7 1/2 km de Tandil, sobre el cerro homónimo, posee una extensa red de Decauville, planta trituradora, zarandas, silos, usina, etc. Las canteras Aurora y Monte Cristo, ubicadas poco al sur de Tandil, no poseen instalaciones especiales. Cantera Azucena, los numerosos contratistas allí existentes producen adoquines y granitullo. Cantera desvío Bertagno, ubicada en Villa Laza, cuenta con varias trituradoras para la producción de pedregullo. Cantera Cerro Centinela, no posee instalaciones especiales. Cantera del Cerro Chato, produce granitullo y adoquines, además posee una trituradora al pie del Cerro Movediza. Cantera del Cerro Federación y de Vela, en la época que se visitaron, no tenían producción. Cantera del Cerro Leones, tres frentes alimentan la planta trituradora y también se extraen bloques (figs. 7 y 8). Cantera La Movediza, posee planta trituradora para la producción de pedregullo. Cantera San Luis, extensa red de Decauville y planta trituradora, producción de pedregullo y granitullo.

G. *Hidrología.* — Las aguas superficiales de esta zona, ya sean de arroyos o las vertientes, son de escasa importancia debido a su reducido caudal. En cuanto al agua subterránea, está alojada en los terrenos sedimentarios, salvo raras excepciones como en el Haras General Lavalle, donde a veces se encuentra en las rocas milonitizadas y diaclasadas del basamento. En general la calidad del agua es buena y su profundidad es muy variable pero puede decirse que, en la ciudad de Tandil, se encuentra aproximadamente a 50 m de profundidad y corresponde a la 3ª capa, pues por encima se encuentran otras dos inaptas para el consumo.

H. *Suelos.* — El tipo predominante en esta zona es el chernosión, caracterizado por su color negro y porque la humedad y la temperatura reinante, si bien permiten la meteorización de los minerales y la formación de humus, no provocan una eliminación elevada de los álcalis ni la descomposición total de los elementos orgánicos. El CO^3Ca , es eliminado del horizonte superior y es llevado a niveles inferiores de modo que la proporción de calcio intercambiable existente en el complejo humus-zeolita es suficiente para evitar la migración de iones sodio e hidrógeno.

El contenido mineralógico de estos suelos debe ser elevado, como lo demuestra su vegetación de gramíneas que, como sabemos, necesitan un suelo rico en substancias alimenticias.

Sin hacer distinciones entre las posibles subdivisiones, puede verse que el horizonte A, de estructura a terrones, en parte prismática, suelta, tiene



Fig. 7. — Cantera del cerro Leones. En conjunto está constituida por una migmatita granítica
Puede verse las vías decauville, vagonetas y grúas para cargar bloques



Fig. 8. — Cantera del cerro Leones. Vista de uno de los frentes

un espesor máximo de 0,60 m. A continuación se observa un horizonte A' areno-arcilloso de color pardo oscuro en la parte superior y castaño claro en la inferior, de estructura prismática, cuyo espesor varía de 0 a 1 m.

Como es común en este tipo de suelos, el horizonte illuvial no existe, encontrándose directamente el horizonte C compuesto por loess o por un sedimento loésico con delgadas láminas calcáreas o bien por una verdadera tosca.

En la intersección de las calles Alsina y avenida Avellaneda, en el horizonte C, que comienza con 0,50 m de loes con finas concreciones calcáreas, se observa un espesor de 1,70 m de un sedimento más claro, arenoso, en parte conglomerádico, con fragmentos de milonitas y migmatitas de un tamaño que varía de pocos centímetros a varios decímetros. En parte presenta estratificación cruzada. Hacia abajo continúa un loess compacto.

En ciertas áreas el suelo ha sido eliminado por completo aflorando directamente la tan conocida tosca, mientras que en otras la erosión ha dejado al descubierto el Médano Invasor.

DESCRIPCIONES PETROGRÁFICAS

Migmatita granítica milonitizada

Loc. : Cerro Chato, Tandil.

Caracteres macroscópicos : Roca de color gris claro, grano pequeño, de tamaño uniforme, entre los que puede distinguirse cuarzo, feldespato y pequeñas escamitas de mica algo alteradas.

Caracteres microscópicos : Composición : microclino 43,72 %; cuarzo 32,42 %; plagioclasa 19 %; biotita, muscovita y pistacita. Textura : cataclástica con bandas de extinción paralelas al eje *c* en el cuarzo. Se observa una leve tendencia hacia porfiroblástica, originada por el mayor desarrollo de contados individuos de cuarzo y de plagioclasa.

El microclino, en parte inyectado pretectónicamente, se encuentra representado por granos anhedrales, pertíticos, con maclas poco frecuentes y levemente caolinizados. Los granos de cuarzo muestran claramente los efectos tectónicos soportados, que se traducen por el fraccionamiento y recristalización de individuos preexistentes y por las bandas de extinción. Posee algunas inclusiones gaseosas.

La plagioclasa, muy alterada en caolinita y sericita, forma granos anhedrales con numerosas inclusiones de muscovita bien desarrolladas. Se observa algunas mirmequitas. La biotita posee inclusiones de zircón y se encuentra parcialmente cloritizada, su color varía de pardo rojizo al verde. Los minerales restantes no presentan caracteres mencionables.

Adamellita migmatítica milonitizada

Loc.: inmediaciones de La Cascada.

Caracteres macroscópicos : Entre las rocas que afloran en estos lugares se encuentra esta muestra, que es de color gris oscuro, en el que se destaca el tono blanquecino de los porfiroblastos de feldespato que alcanzan un tamaño de 10 mm de longitud, algunos son límpidos, idiomorfos y con su brillo característico, mientras que otros han sufrido una cierta alteración que les comunica un brillo mate. Entre estos cristales se observa una elevada proporción de minerales melanocráticos de color verde negro.

Caracteres microscópicos : Composición : microclino 44,95 %; oligoclasa-andesina 29,26 %; cuarzo 20,49 %; biotita y pistacita. Textura: granosa porfiroblástica, con porfiroblastos de plagioclasa y microclino. En algunos individuos de plagioclasa se observa que los bordes han sido reemplazados por microclino y por cuarzo. Las maclas se encuentran deformadas por las presiones soportadas y la alteración en sericita y en caolinita no tiene una distribución uniforme, pues en aquellos individuos que tienen extinción zonal, se encuentra, preferentemente, en el núcleo. Escasas mirmequitas. Abundantes fracturas invadidas por minerales recristalizados. Conjuntamente con microclino y cuarzo se encuentra en pequeños individuos. El microclino, en porfiroblastos bien desarrollados, en parte subdividido en pequeños granos, posee numerosas pertitas albiticas filiformes y maculosas, estas últimas con maclas bien visibles. Alteración en sericita y caolinita. El cuarzo, triturado, recristalizado y con bandas de extinción, se extiende entre los feldespatos mencionados, a los que reemplaza en sus bordes. Las escamitas de biotita, parcialmente cloritizadas, se encuentran dispuestas sin orientación alguna y posee un pleocroísmo que varía del amarillo verdoso (X) al verde intenso (Z). Entre estas laminillas se encuentra una reducida proporción de epidoto.

Granodiorita migmatítica porfiroblástica

Loc. : Cerro Federación.

Caracteres macroscópicos : En este cerro aflora una roca de color gris claro con porfiroblastos feldespáticos de hasta treinta milímetros de longitud por quince milímetros de ancho, en los que se observa inclusiones de mica. Entre estos cristaloblastos se encuentra cuarzo y mica (biotita) de reducidas dimensiones.

Caracteres microscópicos : Composición : cuarzo 34,09 %; plagioclasa 32,69 %; microclino 20,41 %; biotita titanífera, muscovita, zircón, apatita. Textura : porfiroblástica con porfiroblastos de plagioclasa zonal,

con maclas poco marcadas, levemente caolinizada y sericitizada. Esta alteración se suele observar en el núcleo. Posee inclusiones de biotita y bordes reemplazados por microclino y cuarzo. Maclas secundarias a veces flexionadas. El microclino también forma porfiroblastos anhedrales, pertíticos y con una extinción ondulada muy marcada. El cuarzo presenta marcados indicios de las presiones soportadas, que se traducen por su fracturación y bandas de extinción paralelas al eje *c*. Entre los porfiroblastos se extienden todos los minerales mencionados, en distintos estados de trituración y también se observa numerosas mirmequitas (fig. 9). Las escamas de biotita titanífera sobrepasan el 12 % del total



Fig. 9. — Granodiorita migmatítica porfiroblástica del C° Federación. Se observan mirmequitas formadas en el contacto de plagioclasa y microclino y algunas escamas de biotita Nicoles X. $\times 78$.

de los minerales y es de color pardo rojizo con inclusiones de zircón y de apatita. Esta última suele formar cristales idiomorfos bien desarrollados.

Migmatita adamellítica milonitizada

Loc. : Cerro El Centinela.

Caracteres macroscópicos : Roca de tonos rojizos y de estructura algo foliada originada por los minerales leuco y melanoocráticos.

Caracteres microscópicos : Composición : cuarzo 54,78 % ; plagioclasa 19,10 % ; microclino 17,90 % ; biotita 5,09 % ; hornblenda 1,61 % ; pista cita, ortita, clorita, sericita y caolinita. Textura : milonítica con fenoclastos de microclino y de plagioclasa. El microclino se presenta parcialmente caolinizado y con pertitas albíticas filiformes y maculosas, extinción ondulada. Plagioclasa levemente sericitizada, maclas con

flexuras, anhedral, a veces totalmente fracturada. El cuarzo, en su mayor parte subdividido en pequeños granos y recrystalizado, se extiende en pequeñas bandas que contornean a los fenoclastos (fig. 10). En estas capas también se observa los minerales restantes mencionados en la composición. Algunos granos de cuarzo presentan una extinción ondulada y en bandas muy marcada. Los demás minerales anteriormente citados no presentan caracteres dignos de mención.

Migmatita granodiorítica porfiroblástica milonitizada

Loc. : Cantera Desvío Bertagno.

Caracteres macroscópicos : Entre las rocas de esta cantera aflora esta especie de aspecto muy parecido a la granodiorita descrita del cerro Federación, pero la diferencia existente es que la « pasta » es más fina y posee una cierta lineación.

Caracteres microscópicos : Composición : cuarzo 51,42 %; plagioclasa 27,51 %; microclino 4,95 %; biotita titanífera, muscovita, apatita, zircón. Textura : porfiroblástica algo milonitizada.

Los porfiroblastos están constituidos por plagioclasa y microclino. La primera suele ser zonal, con maclas poco marcadas, delgadas, secundarias, con inclusiones de biotita. El microclino no presenta caracteres notables. Entre los porfiroblastos se extiende el cuarzo con bandas de extinción bien marcadas, conjuntamente con escamas de mica y con pequeños granos de microclino y de plagioclasa mirmequítica (fig. 11).

Cataclasita tonalítica

Loc. : Cerro de Las Ánimas.

Caracteres macroscópicos : Entre las distintas facies de milonitización que afloran en este cerro, se encuentra esta roca de color verde y estructura granosa fina.

Caracteres microscópicos : Composición : cuarzo, oligoclasa ácida (An 12 %), epidoto, clorita, sericita. Textura : porfiroclástica con los componentes finamente granulados que se extienden entre los porfiroclastos, los que a su vez se presentan en algunos casos, muy fracturados. No presenta otros caracteres mencionables.

Milonita granítica

Loc. : Cerro de Las Ánimas.

Caracteres macroscópicos : Esta roca aflora a continuación de la anterior y presenta una coloración verdoso blanquecina y una estructura afanítica.

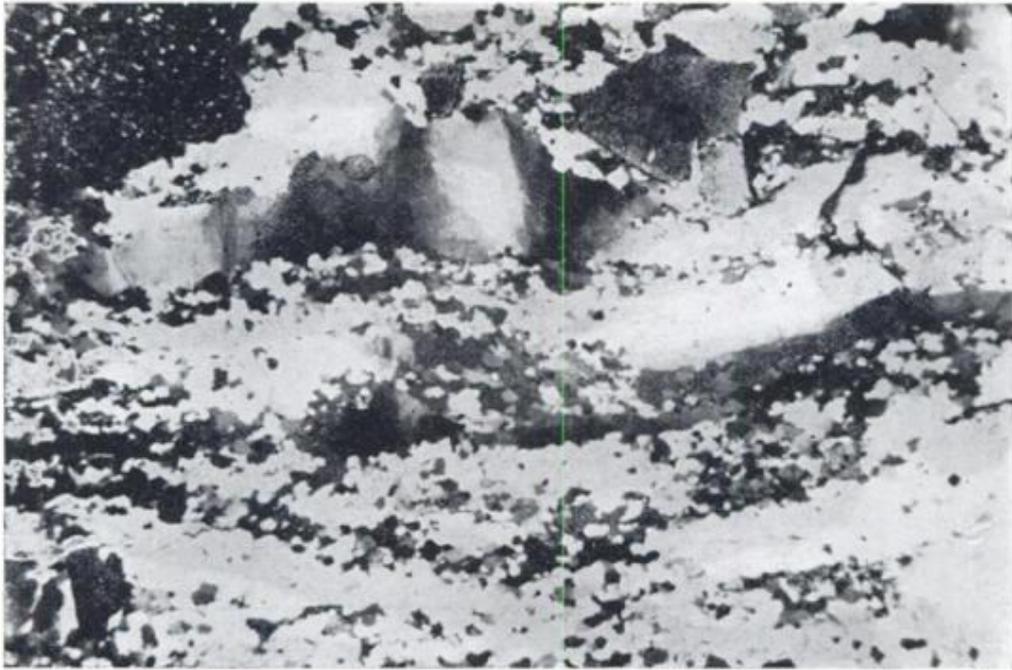


Fig. 10. — Adamellita migmatítica milonitizada. Cº Centinela. Se distingue cuarzo finamente granular y recrystalizado, como así también algunos individuos del mismo material con extensión cataclástica muy marcada. Nícoles X, $\times 23$.



Fig. 11. — Migmatita granodiorítica porfiroblástica milonitizada. Cantera Bertagno. Porfiroblasto de microclino peritítico con mirmequitas en uno de sus bordes. Nícoles X, $\times 23$.

Caracteres microscópicos: Composición: cuarzo, plagioclasa ácida, feldespato potásico, biotita, epidoto, clorita. Textura: milonítica constituida por bandas de cuarzo finamente granulado, a veces dimensional, que alterna con otras capas compuestas por los demás minerales mencionados, también finamente granulados y que en conjunto rodean y se extienden entre los fenoclastos feldespáticos, algunos de los cuales han sido fracturados y sus fragmentos separados y ligados por los minerales recristalizados.

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

1. FRENGUELLI, J. 1950. *Rasgos generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires*. — Min. Obr. Públ. Prov. Buenos Aires, L E M I T., ser. II, n° 33.
2. GOODSPEED, G. E. 1950. *Origin of Granites*. — Geol. Soc. Am., Mem. 28.
3. NÁJERA, J. J. 1933. *Extremidad mediterránea de Tandilia*. — Humanidades, La Plata, vol. XXIII, pág. 203.
4. SCHILLER, W. 1930. *Complicaciones tectónicas (cobijaduras) en las Sierras del Tandil*. — Rev. Mus. La Plata, vol. XXXII, pág. 299.
5. TAPIA, A. 1937. *Las cavernas de Ojo de Agua y Las Hachas*. Min. Agr. Nac., Dir. Min. Geol., Bol. 43.

NOTA SOBRE LA ESTRATIGRAFIA DE SIERRA GRANDE

TERRITORIO NACIONAL DE RIO NEGRO ¹

Por ENRIQUE DE ALBA

En oportunidad de realizar el relevamiento geológico de la Hoja 41 j- Sierra Grande, escala 1 : 100.000, hice observaciones que me permitieron establecer algunos nuevos conceptos estratigráficos. El trabajo fué hecho en febrero de 1951 y entre mediados de octubre y el 15 de noviembre de 1953.

En la región existen dos yacimientos de hierro conocidos con la denominación de norte y sur respectivamente, separados entre sí por una distancia aproximada de 12 km. Las observaciones realizadas se refieren exclusivamente al yacimiento sur, que es donde afloran todas las formaciones que dan la clave de la sucesión estratigráfica de la región.

La importancia de la nueva interpretación estratigráfica, influirá fundamentalmente en los futuros estudios geológico-mineros de los yacimientos de hierro de la zona, de tal modo que si bien en parte limita sus posibilidades, pues comprueba la no conexión entre los yacimientos sur y norte, en cambio confirma que la granodiorita no corta al yacimiento de profundidad.

Los antecedentes geológicos de la región se pueden reducir, excluyendo los de Wichmann ² que sólo efectuó un ligero reconocimiento, a los informes inéditos de los doctores J. A. Valvano ¹ y W. Zöllner ³ y ⁴.

Valvano se dedicó, en especial, al estudio del yacimiento sur reconociendo los siguientes terrenos : a) « Complejo Antiguo » con horizontes de hierro ; b) Intrusión de granodiorita y c) « Serie Volcánica ».

Zöllner que hizo geología regional dió a conocer el cuadro estratigrá-

¹ La presente comunicación es parte de los trabajos que habitualmente realiza el Servicio Geológico de la Dirección Nacional de Minería y es un anticipo de un trabajo en ejecución sobre toda la región que aparecerá próximamente. El autor agradece a la Dirección Nacional de Minería y a la Subsecretaría de Industria la autorización necesaria para la publicación del presente artículo.

fico que se detalla: *a*) Precámbrico; *b*) Paleozoico? (Formación Ferrífera); *c*) Intrusión de granodiorita y *d*) Ciclo efusivo de pórfiros, etc. Además fué el primero en interpretar la estructura del yacimiento sur, reconociendo que el yacimiento de hierro es un manto probablemente plegado en sinclinal cuyo eje tiene rumbo al NE.

Mis observaciones sobre la sucesión estratigráfica en Sierra Grande, pueden sintetizarse del siguiente modo: *a*) Precámbrico; *b*) Intrusión de granodiorita; *c*) Sedimentos marinos (Formación ferrífera) y *d*) Mantos de pórfiros y sus tobas.

Para mayor ilustración colocaré las distintas interpretaciones en un cuadro comparativo.

Valvano	Zöllner	de Alba
« Serie Volcánica »	Ciclo efusivo de pórfiros	Mantos de pórfiros
~~~~~ Discordancia ~~~~~	~~~~~ Discordancia ~~~~~	
Intrusión de granodiorita	Intrusión de granodiorita	
~~~~~ Discordancia ~~~~~	~~~~~ Discordancia ~~~~~	~~~~~ Discordancia ~~~~~
« Complejo Antiguo »	Paleozoico? (Formación Ferrífera)	Sedimentos marinos (Formación Ferrífera)
		Discordancia de erosión intrusión de granodiorita
	Discordancia angular Precámbrico	Discordancia angular Precámbrico

Aunque Zöllner no menciona el lugar donde aflora su Precámbrico, indudablemente se refiere a los afloramientos situados al norte de Loma Alfaro y alrededores del puesto Monochio, desde el momento en que no señala la presencia de este complejo en su mapa del yacimiento sur, escala 1 : 20.000.

En lo que resta del cuadro estratigráfico ambos autores coinciden en su interpretación; pero de acuerdo con las investigaciones realizadas por el suscrito, surge que el « Complejo Antiguo » de Valvano y el Paleozoico? de Zöllner constituyen en realidad dos Formaciones.

En el yacimiento sur existe en apariencia un anticlinal intrusado por granodiorita. Sin embargo, los caracteres litológicos de las supuestas alas, demuestran que corresponden a Formaciones distintas. En efecto, mientras que en la supuesta ala oriental existen ortocarcitas, areniscas micáceas y un manto de hierro, en la occidental afloran hornfels, pizarras, metacuarcitas, flitas y ortogneis? (fig. 1).

La granodiorita es intrusiva en la Formación (Precámbrico) que aflora al oeste de la misma, como lo comprueba la presencia de hornfels en el contacto y de venas de cuarzo afectando a las rocas que la constituyen. En cambio, es anterior a la deposición de la Formación situada al E

(Formación Ferrífera) porque : 1) No afloran hornfels; 2) No existen en ella rastros de inyección, ni xenolitos de la misma en la roca plutónica; 3) El rumbo general de la serie sedimentaria se adosa a la granodiorita,

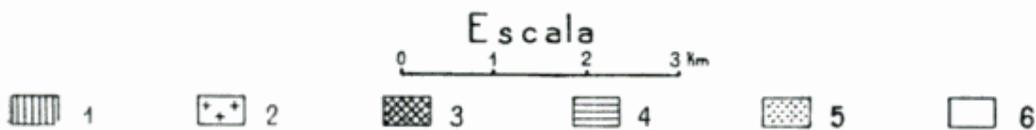
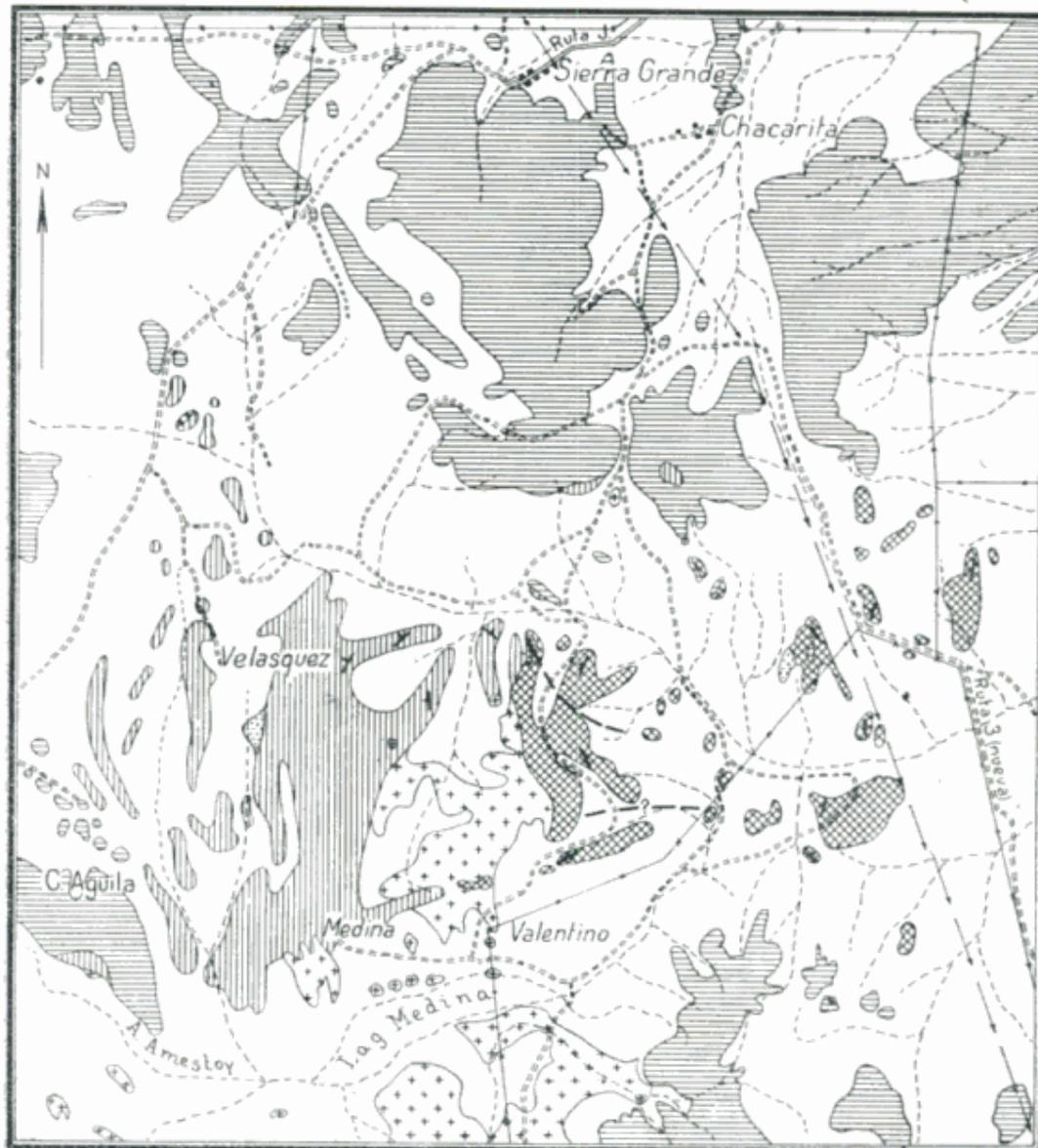


Fig. 1. — 1, Precámbrico; 2, intrusión de granodiorita; 3, sedimentos marinos (Formación Ferrífera); 4, mantos de pórfidos; 5, filones de diabasa; 6, relleno moderno

a pesar de que fallas transversales lo modifican zonalmente; 4) En el contacto se observa una zona de transición angosta, en la cual aflora arcosa residual de granodiorita.

El contacto entre el Precámbrico y la Formación Ferrífera no es claramente visible, pues por largo trecho se halla oculto por Cuartario.

En muchos lugares, en adición, el mismo desaparece por debajo de los derrumbes de las formaciones que separa.

Al norte del afloramiento de la granodiorita existen indicios concluyentes acerca de la presencia de una falla, coincidente en parte, con el contacto entre ambos complejos. Es éste el único lugar donde el contacto se halla mejor expuesto, debiendo anotarse que, en el resto de la región estudiada, el Precámbrico y la Formación Ferrífera están separados por una discordancia angular, como puede observarse en los alrededores de Loma Alfaro.

En el yacimiento sur, la superficie de la discordancia angular se hunde hacia el SE y a medida que progresa hacia el norte determina la eliminación por acuñamiento de la Formación Ferrífera y su reemplazo por el Precámbrico que, a su vez, está cubierto por el pórfiro de Sierra Grande.

En el yacimiento norte, situado unos 6 km al NE del pueblo de Sierra Grande, afloran la Formación Ferrífera que presenta algunas variaciones litológicas, el Precámbrico (fuera del límite norte de la Hoja), pórfiro cuarcífero y algo de supuesto Patagoniano.

Aunque en principio Zöllner 3 supuso la existencia de una probable conexión entre ambos yacimientos, el hecho de que la Formación Ferrífera en la zona sur se acuñe contra el Precámbrico, y que éste continúe por debajo de los pórfiros de Sierra Grande — como lo demuestra la presencia de hornfels en el borde sur de la misma — elimina por completo cualquier conexión entre ambos yacimientos. Por otra parte, se afianza la suposición de que los mismos pertenecen a cuencas distintas, como parecen comprobarlo las variaciones litológicas tanto de la mena como de los sedimentos en ambos afloramientos.

Por último, el hecho de que la granodiorita sea anterior a la deposición de la Formación Ferrífera, anula la creencia de que los yacimientos de hierro puedan ser cortados por aquélla en profundidad.

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

1. VALVANO, J. A., *Depósitos Ferríferos de Sierra Grande*. Territorio Nacional de Río Negro. Informe preliminar (inédito) D. G. I. M. Bs. As., 1949.
2. WICHMANN, R., *Observaciones geológicas en la parte central del Territorio de Río Negro*. Informe Inédito n° 39. D. M. y G. Buenos Aires, 1926.
3. ZÖLLNER, W., *Informe Geológico Económico del yacimiento ferrífero de Sierra Grande*. Informe Inédito D. N. M. Bs. As., 1951.
4. — *Recursos de agua para la zona ferrífera de Sierra Grande*. Informe Inédito D. N. M. Bs. As., 1951.

ESTA ENTREGA SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EL 15 DE DICIEMBRE DE 1954

ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

COMISION DIRECTIVA : *Presidente* : DR. FÉLIX GONZÁLEZ BONORINO ; *Vice-Presidente* : DR. MARIO TRUGGI ; *Secretario* : DR. ALBERTO T. J. GIOVINE ; *Tesorero* : DR. EDUARDO METHOL ; *Vocales titulares* : DR. AMÍLCAR HERRERA, DR. GUILLERMO FURQUE Y DR. JULIÁN A. FERNÁNDEZ ; *Vocales suplentes* : DR. HORACIO V. RIMOLDI, DR. CARLOS GENTILE Y DR. HÉCTOR ORLANDO.

SUBCOMISION DE LA REVISTA : DR. ARMANDO F. LEANZA, DR. HORACIO V. RIMOLDI Y DR. HORACIO H. CAMACHO.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

t) Los autores se ajustarán, en la preparación de sus originales, a las siguientes indicaciones :

1) Los originales deben ser escritos a máquina — *ne varietur* — a dos espacios y con las hojas escritas en una sola de sus caras.

2) La lista bibliográfica llevará por título : « Lista de trabajos citados en el texto ». Será confeccionada por orden alfabético, según sus autores y en orden cronológico cuando se citen varias obras del mismo autor. Si dos o más obras del mismo autor han sido publicadas en el mismo año, se distinguirán con las letras *a, b, c*, etc. Las respectivas citas llevarán las indicaciones siguientes : apellido completo e iniciales del nombre del autor ; título completo de la obra ; lugar y fecha de publicación. Tratándose de artículos aparecidos en publicaciones periódicas, se incluirá el nombre de las mismas convenientemente abreviado, con indicaciones del tomo y la página en que dicho artículo se encuentra. Se evitará el uso de términos superfluos tales como tomo, volumen, páginas, etc. A este efecto y para evitar confusiones, los números para distinguir los tomos se escribirán en caracteres romanos y aquellos referentes a las páginas en caracteres arábigos.

3) Las citas bibliográficas deberán ser incluídas en el texto y referirse a la lista bibliográfica inserta al final de cada artículo.

4) Las ilustraciones consistentes en dibujos deberán ser confeccionadas en tinta china indeleble. A los efectos de su mejor reproducción, es conveniente que ellas sean presentadas a doble tamaño del que serán publicadas.

5) Los autores subrayarán con línea *entera* los vocablos que deban ser compuestos en bastardilla ; con línea *cortada* los que deban ir en versalita y con línea *doble* los que deban ser compuestos en negrita.

La correspondencia de la Asociación deberá ser dirigida a
ITUZAINGÓ 1060, Buenos Aires (Rep. Argentina)