

REVISTA

DE LA

ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

SUMARIO

Dr. Tomás Suero (1915-1963).....	5
HENRY S. DE ROMER, Sobre la geología de la zona de « El Choique », entre el Cordón de los Farallones y el Cordón de Bonilla, Quebrada Santa Elena, Uspallata (Provincia de Mendoza).....	9
DANIEL ALBERTO VALENCIO, Un análisis estructural de la isla de Cuba y su plataforma submarina, en base a los estudios geofísicos realizados hasta el año 1961.....	19
AMÍLCAR O. HERRERA, Las pegmatitas de la Provincia de Catamarca. Estructura interna, mineralogía y génesis.....	35
JUAN CARLOS RIGGI Y NOZMÍ A. FELIÚ DE RIGGI, Meteorización de basaltos en Misiones.....	57
COMENTARIOS BIBLIOGRÁFICOS.....	71

BUENOS AIRES

REPUBLICA ARGENTINA

—
1964

REVISTA
DE LA
ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

This One



YG4F-LN5-EZ64

Imprenta y Casa Editora CONI, Perú 684. Buenos Aire

Inscripta en el Registro de la Propiedad Intelectual bajo el número 340.992

REVISTA

DE LA

ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

TOMO XIX

BUENOS AIRES

REPÚBLICA ARGENTINA

1964



DR. TOMÁS SUERO

1915 - 1963

Había nacido en La Plata el 10 de octubre de 1915. Los que, como mis hermanos, lo conocieron de niño y fueron sus condiscípulos, lo recuerdan formal y estudioso, trabajador y cordial, con esa cordialidad que fuera una de sus condiciones personales salientes a través del tiempo.

Cursó sus estudios secundarios en el Colegio Nacional de La Plata, en el que durante dos años fue celador, en mérito a sus notas y comportamiento, finalizándolos en 1934, iniciando en 1935 su doctorado en Ciencias Naturales en La Plata, rindiendo su última materia, "Especialización en Geología", el 29 de marzo de 1939, sobre un tema de tectónica y estratigrafía en la zona subandina de Neuquén central, sobre el cual versaría luego su tesis, vinculada a "La tectónica del Jurásico Superior y del Supracretácico en la zona del cerro Lotena (Neuquén)". Este último trabajo estaba ya en preparación en la fecha citada.

Cuestiones administrativas habían demorado su ingreso a Yacimientos Petrolíferos Fiscales desde fines de 1935, hasta que el mismo se produjo, en marzo 12 de 1937., en carácter de alumno-geólogo, "juzgando al causante como al mejor de los candidatos que se han presentado", tal como reza la resolución de su nombramiento. En esa oportunidad el sabio maestro y sagaz observador de cosas y hombres que fue el Dr. E. Fossa Mancini, decía en un informe: "Me consta que Tomás Suero es un excelente alumno del Museo de La Plata, cuyo Director, Dr. Joaquín Frenguelli, me ha manifestado que dicho joven tiene una disposición marcada para los estudios geológicos y notable facilidad para aprender". Dos opiniones que, corriendo el tiempo, asumirían el carácter de verdaderos vaticinios.

Terminado el trabajo de campo de su tesis doctoral, fue designado para hacer un curso de especialización en la Universidad de Norman, Oklahoma, en Estados Unidos, cuya duración cubrió de septiembre de 1939 a junio de 1940. Al terminarlo dejó aprobadas un número de nueve materias vinculadas a la geología del petróleo y cuatro más cursadas sin examen final.

Desde julio de 1940 hasta febrero de 1941 estuvo incorporado a la Pure Oil Co, trabajando en distintos aspectos de la actividad geológica petrolera en estados de la Unión, hasta su regreso en mayo de 1941.

Terminada su tesis, rindió examen final el 29 de mayo de 1941, habiendo obtenido calificación de sobresaliente con felicitación y recomendación unánime de publicación.

A partir de entonces comienza su tarea profesional, que se desglosa en trabajos de corta duración en Patagonia y Cuyo, así como en la dirección de algunas prácticas de alumnos-geólogos. En 1942, a cargo de la Comisión Geológica nº 4, realiza entre mayo y diciembre un estudio geológico de la zona de Tomasito, en el departamento de Orán (Salta).

La práctica de becarios en C. Rivadavia en el verano de 1943 contó con su dirección, y en ese tiempo y hasta 1945 realiza comisiones a distintos lugares del país, en cumplimiento de trabajos de campaña, entre los que se cuenta, como más importante para ese período, el relevamiento completo de la Hoja Geológica 36 c. Co Lotena. En el período señalado, por otra parte, y tal como se hace constar más adelante, desempeñó una proficua labor docente, para la cual estaba singularmente dotado.

En 1945, a cargo de la Comisión Geológica nº 3, inicia una campaña de reconocimientos en el oeste de Chubut, que dura hasta 1948, pasando en diciembre del mismo año a la Jefatura del Distrito Geológico de Comodoro Rivadavia.

Desde allí encara nuevos aspectos de la actividad geológica del subsuelo, manteniendo al mismo tiempo, en forma muy intensa, su actividad vinculada a la tarea exploratoria de campo, de la que ejerció la supervisión, orientando a los colegas que la ejecutaban directamente hacia la solución final de numerosos problemas de la geología patagónica, a cuyo conocimiento contribuyó en forma notable.

De esos años de su actividad deriva el descubrimiento de terrenos de edad Paleozoica Superior en Patagonia, uno de los aportes más valiosos a la Geología de Argentina en los últimos tiempos.

En febrero de 1954 pasó a la Dirección General de Y.P.F. en Buenos Aires como geólogo de Distrito Zona Sur, pasando luego a geólogo supervisor de Zona Sur y a geólogo inspector a cargo de la Subjefatura del Departamento de Exploración, al cual renunció en abril de 1960 para dedicarse a la actividad profesional como geólogo consultor.

En el lapso comentado y aparte de la tarea intensa que realizó en Yacimientos Petrolíferos Fiscales, llevando a cabo numerosos viajes a distintas zonas del país, desarrolló una amplia y no menos decidida labor docente en las Universidades de La Plata y Buenos Aires, en las cátedras de Geología Estructural, del Petróleo e Histórica y Regional, según puede verse en el resumen de su actividad docente que se da más adelante.

Ya en la tarea privada, perteneció al cuerpo de geólogos de exploración de la Compañía Tennessee Argentina, que realizó trabajos de exploración y explotación en Tierra del Fuego. En el último año de su vida había pasado a integrar el Departamento de Exploración de la Compañía Shell C.A.P.S.A., en la cual se desempeñaba cuando sobrevino su desaparición, el 21 de agosto de 1963.

No es un lugar común decir lo difícil que me resulta singularizar un determinado aspecto en la personalidad de Tomás Suero. Ello resulta, sin duda, del equilibrio en que estaban dadas en él las virtudes del hombre, las del investigador y las del docente.

Porque si bien es cierto que resulta obvio señalar la importancia y seriedad de su trabajo geológico, que lo llevó a constituirse en el hombre de obligada consulta en asuntos geológicos patagónicos, en los que su versación era superior, no lo es menos que aparece indefectible apuntar su capacidad como maestro. Lo era de una manera innata.

Había comenzado muy joven, en una academia privada en La Plata, donde enseñaba inglés, en 1936, dejando esa actividad al incorporarse a Y.P.F. La retomó luego, en 1941, y desde entonces, con algunas interrupciones impuestas por su trabajo en el campo, prácticamente no la dejó ya más.

Componía ese tipo de maestro respetado y querido a la vez, serio pero no rígido, formal pero no severo, con una naturalmente medida cordialidad que rápidamente creaba un vínculo simpático a través del cual Suero dejaba fluir sus enseñanzas, siempre en conceptos claros, accesibles. Era un creador de inquietudes, y como tal tuvo la habilidad no frecuente de fomentar la iniciativa en sus alumnos, a quienes luego apoyaba en el trabajo, brindándoles generosamente su conocimiento.

El hombre que conocimos en Tomás Suero poseía la rara virtud de la ecuanimidad y sus juicios, siempre ponderados, lo habían transformado en el hombre de consulta en todos los medios en que actuaba, y en miembro obligado de sociedades y centros vinculados a la geología o ciencias afines.

Era miembro de la "Fraternidad Geológica Honoraria Sigma Gamma Epsilon, Sección Gamma, de Estados Unidos, para la que había sido seleccionado por su promedio de estudios durante su permanencia en la Universidad de Norman. Pertenecía, asimismo, como miembro activo, a la American Association of Petroleum Geologists desde 1939, así como al Instituto Sudamericano del Petróleo desde 1950. Fue también miembro activo de la Sociedad de Estudios Geográficos Gaea desde 1951, de cuya comisión directiva formó parte.

Perteneció, también, como miembro del Instituto Superior de Estudios Patagónicos de C. Rivadavia, en el que dio conferencias. Fue, por último, un miembro fundador de nuestra Asociación Geológica Argentina, de cuya comisión directiva formó parte en distintos períodos, uno de los cuales —de 1958 a 1960— presidió, dando generoso impulso a la actividad de la misma.

La lista de sus trabajos publicados no guarda relación con la medida de la labor que Suero desarrolló, ni con la vastedad de sus conocimientos. La peculiaridad de los fines para los cuales sus trabajos fueron hechos le impidió la divulgación de muchas informaciones que, en otro caso, hubieran servido de base a importantes trabajos.

Sólo en la última etapa de su vida había comenzado la tarea de difusión, y son precisamente de ese período sus contribuciones sobre el desarrollo de una espectacular sucesión sedimentaria del Paleozoico Superior en la zona extrandina de Chubut y Santa Cruz, que él había descubierto durante sus campañas de exploración desde 1945 a 1948, al servicio de Y.P.F. Su concepción de la existencia de un geosinclinal central patagónico de edad paleozoica, de la que había adelantado sus primeras elucubraciones, nos deja al regusto amargo de una obra de primera importancia aún no concluida y que él hubiera llevado a término feliz.

Quizá como único y amargo consuelo, ante lo irreparable de su pérdida, nos quede esa tarea como una brecha más de las tantas que él abrió generosamente, para dejar que luego la transcriban otros, fueran ellos sus maestros, sus iguales o sus alumnos, en todos los cuales, sin exageración, quedará para siempre el recuerdo de su personalidad cabalmente integrada.

La joven generación, por la que Suero tanto hizo, tiene entre sus obligaciones más importantes la de continuar su obra e imitar su ejemplo inspirado. — E. O. Roller.

PUBLICACIONES DEL Dr. SUERO

- 1939. *Excursión didáctica a los territorios patagónicos de Neuquén y Río Negro.* — Rev. Museo de La Plata (Nueva serie) Sección oficial 1939, págs. 92-113. La Plata.
- 1941. *Muestras de perforación ("cuttings"). Sistema de recolección y estudio en los EE. UU. de América.* — Bol. Inf. Petrol. Año XVIII, n^o 207, págs. 45-53. Buenos Aires.
- 1942. *Procedimientos empleados en geología del subsuelo en los EE. UU. de Norte América.* — Bol. Inf. Petrol. Año XIX, n^o 213, págs. 27-40. Buenos Aires.
- 1943. *Enseñanza de Geología en los EE. UU. de Norte América y nuestros relativos problemas.* — Bol. Inf. Petrol. Año XX, n^o 223, págs. 49-52. Buenos Aires.
- 1943. *Sobre la tectónica del Jurásico Superior y del Supracretácico en los alrededores del Cerro Lotena (Neuquén).* — Tesis n^o 4 del Museo de La Plata.

1948. *Descubrimiento del Paleozoico Superior en la zona extraandina del Chubut.* — Bol. Inf. Petrol. n° 287, págs. 31-48. Buenos Aires.
1951. *Descripción Geológica de la Hoja 36 c, Cerro Lotena (Neuquén).* — Boletín n° 76, Dirección Nacional de Minería. Buenos Aires.
1952. *Las sucesiones sedimentarias suprapaleozoicas de la zona extraandina del Chubut.* — Symposium sur les séries de Gondwana, publicado por XIX Congreso Geológico Internacional, págs. 373-384. Algeria.
El mismo trabajo, con agregados, fue publicado en Rev. Asoc. Geol. Arg., Tomo VIII, n° 1, págs. 37-53. 1953. Buenos Aires.
1955. En colaboración con el Dr. Pedro Criado Roque: *Descubrimiento del Paleozoico Superior al oeste de Bahía Laura (Terr. Nac. de Santa Cruz) y su importancia paleo-geográfica.* — Notas Mus. La Plata. Tomo XVIII. Geol. n° 68, págs. 157-168. La Plata.
1955. *Reseña general sobre los relieves graníticos de la Patagonia.* — Presentado a la Cuarta Reunión de Consulta sobre Geografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, realizada en Méjico en julio de 1955. Aún no publicado, copia del trabajo obra en poder de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos "Gaea".
1957. *Datos geológicos sobre el Paleozoico Superior de la zona de Nueva Lubecka y alrededores (Chubut Extraandino).* — Rev. Mus. La Plata (N.S.), T. V, Geol. n° 30. 1958.
1957. *Geología de la Sierra de Pillahuinco (Sierras Australes de la Prov. de Bs. Aires), partidos de Cnel. Pringles y Cnel. Suárez.* — Lab. Ensayo Mat. e Inv. Tecnológ. (LEMIT), Serie II, n° 74. Prov. Bs. Aires, Min. O. Públicas.
1960. En colaboración con P. C. Roque, C. de Ferrariis, A. Mingramm, E. O. Rolleri e I. B. Simonato: *Cuencas Sedimentarias de la Argentina.* — Bol. Inf. Petrol. n. 320.
1962. *Paleogeografía del Paleozoico Superior en la Patagonia (Rep. Argentina).* — Rev. Asoc. Geol. Arg., tomo XVI, nos 1-2, 1961.
1963. *Compilación geológica de las Sierras Australes de la Prov. de Buenos Aires.* — Lab. Ens. Mat. e Invest. Tecnológicas (LEMIT). — IIas Jornadas Geológicas Argentinas (Salta).

INFORMES INEDITOS DONDE SE ABORDAN ESTUDIOS REGIONALES (YPF)

1942. *Estudio geológico de la zona de Tomasito (Dto. Orán, Salta).*
1943. *Nuestros conocimientos geológicos acerca de la zona chaqueña; relación con los resultados geofísicos y posible interpretación de los mismos.*
1945. *Reconocimiento geológico de la zona comprendida entre Nueva Lubecka, Piedra Shotle y Laguna del Mate (Chubut).*
1946. *Reconocimiento geológico de la zona comprendida entre el Arroyo Genca y el Río Chubut medio (Chubut).*
1947. *Reconocimiento geológico de la zona comprendida entre el Cordón Chenque-Cordón Putrachoique-Río Tecka y la Sierra de Languiño (Chubut).*
1955. *La cuenca sedimentaria del Nirihuau, Norquinco-Cushamen (Río Negro).* En colaboración con el Dr. C. I. de Ferrariis.
1955. *La cuenca sedimentaria del golfo de San Jorge (Comodoro Rivadavia).*
1955. *Datos geológicos sobre la porción chilena de la cuenca magallánica.*
1963. *Compilación de los Relevamientos Geológicos realizados por YPF, DNM, YCF y por la Prov. de Santa Cruz, zona comprendida entre los paralelos 46° y 49°.* (En colaboración).

SOBRE LA GEOLOGIA DE LA ZONA DE « EL CHOIQUE »,
ENTRE EL CORDON DE LOS FARALLONES Y EL CORDON
DE BONILLA, QUEBRADA SANTA ELENA, USPALLATA
(PROVINCIA DE MENDOZA)¹

POR HENRY S. DE ROMER

Departamento de Ciencias Geológicas. Universidad de Buenos Aires

RESUMEN

El área de "El Choique" está formada por una Serie Metamórfica intensa y complejamente plegada y constituida por una heterogénea asociación de esquistos, areniscas, "greenstone" y filones capas (sills) de gabbro en su parte más inferior; la sección superior consiste en dolomías, serpentinitas, filitas y rocas calcáreas laminadas. Sobrepuesto en discordancia sobre esta Serie Metamórfica yacen, en forma de suave plegamiento, areniscas y tiloides de edad Carbónica. La presencia en la Serie Metamórfica de varias esquistosidades y varias generaciones de pliegues, muestra que la misma ha estado sujeta a un prolongado y repetido período de plegamiento. Finalmente ambos, los esquistos y el carbónico, sufrieron la tectónica de fallas de bloques.

ABSTRACT

The "El Choique" area is underlain by an intensely and complexly folded Metamorphic Series, consisting of an heterogenous assemblage of schists, sandstones, greenstones, and altered gabbro sills in its lower part; its upper section is made up of dolomite, serpentinite, phyllite and laminated calcareous rocks. The Metamorphic Series is unconformably overlain by gently folded Carboniferous tilloids and sandstones. The presence of various schistositities and several generations of folds shows that the Metamorphic Series has been subjected to repeated and prolonged periods of folding. Finally, both, the schists and the Carboniferous, were block-faulted.

INTRODUCCION

Este trabajo es parte de un programa mayor de investigaciones geológicas que sobre las relaciones estratigráficas y estructurales entre la Precordillera y Cordillera Frontal se está llevando a cabo por varios miembros del Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires.

El autor agradece al Dr. F. González Bonorino su asistencia y crítica. También debe agradecer al Dr. R. Tezón, de la Dirección Nacional de Geología

y Minería, quien gentilmente solucionó al autor el problema del transporte, y a la Dirección de Minería de Mendoza por facilitarle la base topográfica de la zona de estudio. Además, el autor agradece a A. J. Amos y R. A. Zardini sus gestiones y críticas al manuscrito.

El autor tenía a su disposición un excelente mapa topográfico en escala 1:25.000; sin embargo, debido a la complejidad litológica y estructural del área, se usó un mapa de campo en escala 1:10.000.

¹ Trabajo presentado en las II^{as} Jornadas Geológicas Argentinas. Salta, 1963.

Ubicación

El área de "El Choique" comprende aproximadamente 1,3 km² y está ubicada en la Precordillera, a 14,5 km al ESE de Uspallata, prov. de Mendoza. La latitud 32°38'40" y la longitud 69°12' señalan en su intersección el centro del mapa.

En el norte, el área está limitada por la rama septentrional de la quebrada Santa Elena, que coincide con el camino al portezuelo de Bonilla; cerca del camino, al margen occidental del área mapeada se encuentra la vivienda minera "El Choique".

UNIDADES LITOLÓGICAS

El área estudiada se encuentra dentro de una amplia faja, que fue mapeada por Ave-Lallemant (1892) como "Formación Hurónica"; Keidel (1939) incluye a estas rocas en el Paleozoico. Recientemente, estudios especializados afuera del área en cuestión fueron realizados por E. P. Aparicio et al (1956), E. J. Rodríguez (1956) y R. A. Zardini (1961).

En el mapa 1:200.000 de Keidel esta área del "El Choique" yace dentro del "Manto de Buitre" e incluye una sección de la parte oriental del "Conjunto de Farallones" y la porción occidental del "Conjunto de Bonilla".

Las rocas del área de "El Choique" consisten esencialmente de dos unidades litológicas: una asociación inferior llamada aquí "Serie Metamórfica" con areniscas esquistosas, esquistos complejamente plegados, filitas e intercalaciones de serpentinitas y dolomías de edad Paleozoica o Precámbrica. Esta asociación está sobrepuesta en discordancia angular por areniscas y tiloides suavemente plegados de edad Carbónica (figs. 1 y 2).

Aunque la Serie Metamórfica se describe como una simple unidad el autor prefiere subdividirla tentativamente en una sección inferior y otra superior.

Posteriores trabajos y un examen más detallado de las relaciones de contacto mostrarán si la separación es realmente valedera.

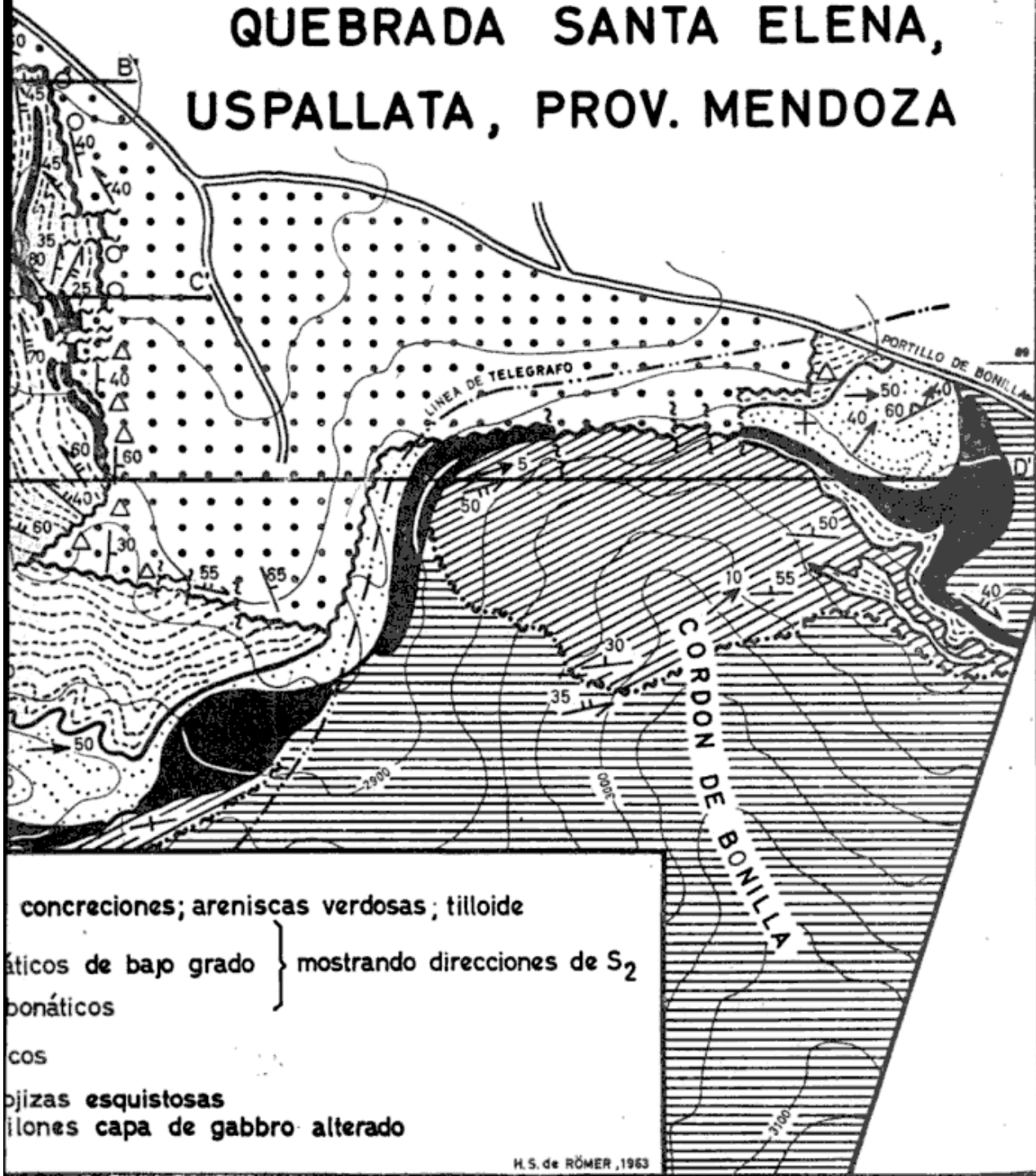
Serie Metamórfica

La mayor parte de los esquistos de la sección inferior forman una unidad heterogénea dentro de un amplio rango de composición. Típicamente, está formada por rocas verdosas y rojizas constituidas por capas alternantes de 1 mm a 5 mm de ancho, con cuarzo, muscovita, feldespato sódico y clorita; estos esquistos pasan imperceptiblemente a capas filíticas muy finamente estratificadas y bandas cloríticas. En algunos lugares pequeñas diferencias en el tamaño del grano a través del rumbo de las capas cuarzosas y pizarreñas, como asimismo pequeñas lentes de areniscas, sugieren variaciones faciales en la sedimentación. Un detallado examen de tales areniscas y estratos pizarreños permite observar en algunos lugares estratificación graduada.

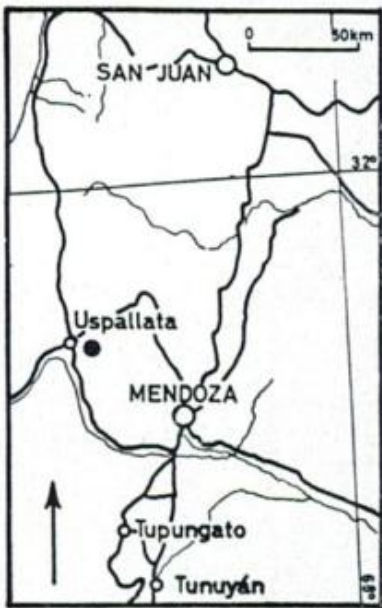
Tanto en el campo como en el estudio de las secciones delgadas, es posible distinguir varias esquistosidades, las cuales tienen evidentes relaciones con la estratificación y las distintas generaciones de pliegues.

En general, los esquistos no muestran un estado muy avanzado de recristalización; en la mayoría de los casos el grado de metamorfismo no es más alto que el de muscovita-clorita, pero en algunas localidades alcanza los estadios más altos de las fascies de "esquistos verdes". Sin embargo, dependiendo de la composición y la relativa posición de las rocas dentro del campo de esfuerzos, la diferenciación metamórfica ha producido en algunas partes del área una asociación bien separada, consistente de capas alternantes de material cuarzo-feldespático recristalizado y bandas de muscovita muy bien alineadas. En total, la estructura muestra la impronta de fuertes efectos dinamo-

MAPA GEOLOGICO DE LA ZONA DE „EL CHOIQUE”, QUEBRADA SANTA ELENA, USPALLATA, PROV. MENDOZA

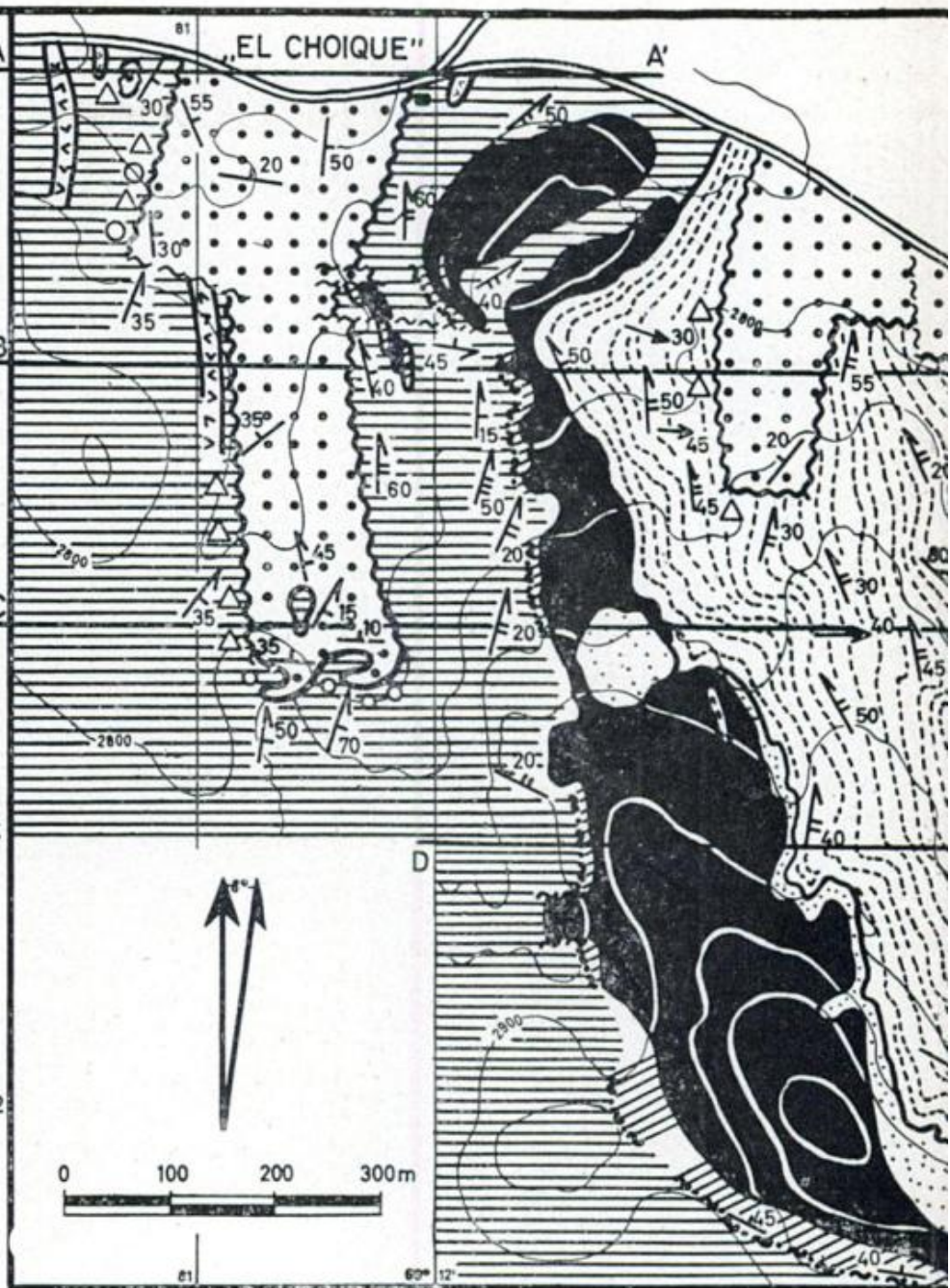


MAPA DE UBICACION



REFERENCIAS

- contactos: a) normal; b) de falla; c) de f. infer.
- estratificación
a) horiz. b) incl. c) vert.
- esquistosidad
a) S₁; b) S₂; c) S₃
- a) rumbo e inclinación del plano axial y del buzamiento del eje B₂
- b) lineación L₂
- brecha y/o conglomerado
- falla y/o zona de cizalla



S. METAMORFICÁ (PRECAMBRICO ó PALEOZOICO)	sección superior	areniscas pardas con restos de plantas (no identificadas)
		rocas calcáreas laminadas filitas y pizarras filíticas; esquistos muscovíticos y carb
	sección inferior	areniscas cloríticas esquistosas; esquistos cloríticos y c
		serpentinitas dolomías y esquistos clorito-dolom
		esquistos muscovíticos y esquistos cloríticos; areniscas filones capa de anfibolita; "esquistos verdes" 14CA

Figur

metamórficos, con una extensiva granulación y evidencias de deformación post-cristalización.

Característicamente, la serie de esquistos consiste en una frecuente ocurrencia de sills anfibolíticos verdosos negros, ricos en epidoto y titanita, e interestratificados esquistos verdes discontinuos, los cuales pasan, tanto a lo largo, como a través del rumbo, a esquistos cloríticos-cuarzosos verde claros.

De considerable interés son los afloramientos de filones capas de gabbro de grano grueso en la parte occidental del área. La roca de estructura granoblástica está constituida por un feldespato sódico muy poco alterado, con poco cuarzo, biotita y minerales de hierro.

Sobrepuesta posiblemente en discordancia a la unidad descrita de esquistos y rocas asociadas (las cuales Keidel diferencia en "Conjunto de Farallones" y "Conjunto de Bonilla"), se encuentra la parte superior de esta Serie Metamórfica, que consiste, desde abajo hacia arriba, de las siguientes unidades: dolomía y esquistos dolomíticos, serpentinitas, areniscas cloríticas esquistosas, filitas y pizarras filíticas, y rocas calcáreas bien laminadas. A esta serie llama Keidel "Manto de Buitre" (1939).

La dolomía rosada está estratificada en bancos gruesos, y en algunos lugares contiene pequeños lentes discontinuos, compuestos principalmente por clorita oscura y filitas plateadas. En su margen sur ella está constituida por esquistos dolomíticos y cuarzosos. Hacia su contacto norte con las serpentinitas, está caracterizada por inclusiones clorítico-antigoríticas aisladas y pequeñas. Las serpentinitas sobrepuestas están muy fracturadas y su parte superior contiene en forma esporádica capas delgadas de filitas. En varios lugares la alteración produce picrolita, delgadas venillas de asbestos fibrosos y zonas talquíferas.

En una aparente concordancia le sucede una arenisca esquistosa clorítica, con una buena lineación dada por gra-

nos elongados de cuarzo clástico; afloramientos muy bien expuestos a la observación están en la parte más al sur del mapa, donde está caracterizada además por un intenso microplegamiento, cuyos ejes, en forma persistente, buzcan 50° a 70° hacia el este.

Las areniscas cloríticas están sobrepuestas por una gruesa serie de filitas, esquistos cuarzo-muscovíticos de bajo grado de metamorfismo y pizarras filíticas, que en su parte superior pasan a rocas calcáreas esquistosas finamente laminadas y microplegadas. Las filitas y pizarras filíticas, de color gris oscuro a plateado, tienen un desarrollo de clivaje muy intenso. Las filitas, tanto en las partes sur, este y norte de la faja, están muy corrugadas, mostrando claramente los efectos de una fuerte deformación y diferenciación metamórfica. En estas localidades las filitas pasan a verdaderos esquistos caracterizados por un buen desarrollo de planos de esquistosidad que separan capas de micropliegues; éstos están constituidos por horizontes alternantes cuarzo-feldespáticos y muscovíticos. Las estructuras típicamente asociadas con fenómenos de deformación de tipo "strain slip", son particularmente bien observadas en la parte superior de la serie, es decir, en las rocas carbonáticas laminadas. Aquí las capas delgadas, que son probablemente de origen sedimentario, están intensamente plegadas a lo largo de ejes que buzcan abruptamente hacia el este. La observación en cortes delgados revela que en las capas más competentes hay relativamente poca recristalización post-deformacional (referida al plegamiento B₂).

Serie Carbónica

Con referencia a los "bancos de tilita, conglomerado, arenisca y otros sedimentos" que afloran entre el Cordón de Farallones y el extremo norte del Cordón de Bonilla, Keidel (1939, p. 45) menciona que ellos forman la "por-

ción inferior del manto de corrimiento" (de Buitre). Este autor (op. cit., p. 45) observa que aunque él no encontró fósiles marinos o plantas, "podemos referir el grupo glaciario del manto de Buitre al paleozoico superior". Keidel también menciona que el "grupo glaciario del Manto de Buitre" es similar a "Tilitas", que ocurren cerca del Agua del Chiflón ("grupo glaciario de la serie de Tramajo") y a tilitas ubicadas a 2 km al este del Chiflón ("grupo glaciario de la serie de Jarillal", lám I).

Una gran parte del área del Choique está constituida por tiloides, areniscas verdosas de grano fino y areniscas pardas de grano medio, ricas en concreciones. Para estas rocas se acepta una edad carbónica superior.

Los tiloides, que forman la parte inferior del Carbónico en esta área, están constituidos por bloques y rodados de color gris oscuro a verdoso, incluidos en una matriz arenosa, heterogénea, de color más oscuro y grano mediano. La mayoría de los bloques se encuentran concentrados en estratos de hasta 3 metros de espesor, aunque sus formas no muestran ninguna aparente elongación. Ocasionalmente ellos muestran estriaciones poco marcadas; en una localidad se observó un bloque de granito gris de grano medio.

En algunas localidades se encuentran sobre el tiloide areniscas impuras de color pardo y grano mediano, caracterizadas por ondulitas y débiles indicaciones de estratificación cruzada. En otros lugares el tiloide está sobrepuesto por una arenisca silíceo dura, de color verdoso y grano muy fino. Ocasionalmente la roca está intensamente fracturada y rota en pequeños fragmentos concoidales.

La mayor parte del Carbónico en "El Choique" está constituida sin embargo, por areniscas gris oscuras, impuras y de grano medio. Ellas se caracterizan por numerosas concreciones redondeadas a esferoidales, que alcanzan desde 2 a 20 cm de diámetro, con un pro-

medio general de 5 cm. Estas concreciones, que usualmente tienen una estructura concéntrica y que en muchos casos contienen trozos de filita o esquisto en su núcleo, están incluidas en una matrix negra, de grano mediano, de material muy fracturado. Al microscopio, la microbrecha, de apariencia fresca, está constituida por una heterogénea asociación de granos angulosos y deformados de cuarzo, plagioclasa sódica alterada, menor hornblenda, láminas de muscovita y biotita, calcita, y también caracterizada por fragmentos negros de un material filítico que posiblemente podría ser de origen orgánico. El autor no posee aún suficientes datos de campo y laboratorio como para extender las anteriores generalizaciones sobre este miembro de la serie Carbónica.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Aspectos generales:

A fin de obtener una claridad en la exposición, el autor entiende que algunos términos usados, tanto en el texto como en el mapa, merecen una explicación, así:

SS: Estratificación.

S₁: Esquistosidad genéticamente relacionada al desarrollo de los primeros pliegues B₁.

S₂: Esquistosidad asociada a los pliegues posteriores B₂; se presentan en el área como clivaje de transposición (Bonorino, 1958, p. 69).

S₃: Esquistosidad muy débil, relacionada con pliegues B₃; se refiere particularmente al pliegue mayor del área.

L₂: Lineación, representa elongación de minerales y ejes de pliegues relacionados con plegamiento B₂.

La estructura de "El Choique" es, a primera vista, muy complicada, debido a la abundancia de modelos aparentemente incoherentes de pliegues, sus esquistosidades y lineaciones asociadas, a la escasez de guías consistentes y además, debido al hecho de que el área ha sido, en tiempos relativamente recientes, afectada por una tectónica de bloques. Evidentemente la zona estuvo sujeta a una muy intensa y prolongada deformación.

El examen detallado de las distintas estructuras muestra, sin embargo, que el área debe haber sido repetidamente deformada. Esto se evidencia claramente por el hecho que los planos axiales han sido deformados por posteriores fases de deformación.

Rasgos meso-estructurales:

En numerosos afloramientos dentro de la Serie Metamórfica, que todavía muestran remanentes de estratificación (SS), se pueden observar planos de esquistosidad S_1 poco espaciados, cortando a SS en ángulo agudo. SS y S_1 están, a su vez, cortados por planos S_2 más espaciados, que están generalmente asociados a un ciclo posterior de plegamiento (B_2). Tanto el espaciado entre los planos S_2 como el monto de desplazamiento que ocurre a lo largo de ellos varían de afloramiento en afloramiento, dependiendo principalmente de la naturaleza de la roca afectada y el campo de esfuerzo activo en esta localidad particular.

Como se observa, tanto en la muestra como en los cortes delgados, el S_2 es el clivaje típico de transposición (strain-slip cleavage). Particularmente en los esquistos y rocas calcáreas laminadas que se superponen a las serpentinitas, S_2 desplaza y trunca capas laminadas compuestas por cuarzo-feldespato-calcita y muscovita. Sólo en unos pocos casos se ha observado que los componentes más competentes han recrystalizado y se han orientado siguiendo los planos

S_2 . En general, movimientos a lo largo de S_2 (acentuados por laminillas paralelas de muscovita en capas competentes) arrugan intensamente las bandas muscovíticas preexistentes sin mostrar evidencias de estados avanzados de diferenciación a lo largo de los planos S_2 .

En las filitas grises y plateadas y en las pizarras filíticas, la esquistosidad dominante, evidente en todos lados, es S_2 (figs. 1-3); esto se observa bien cerca de los contactos norte y este con el Carbónico, donde S_2 está cortado abruptamente por fallas de rumbo este y norte respectivamente.

Aunque se ha podido observar S_1 en varios lugares, no se ha localizado ningún pliegue B_1 ; esto es posiblemente debido al hecho que el sisamiento a lo largo de planos S_2 ha obliterado completamente cualquier indicio de un plegamiento anterior.

Sin embargo, los pliegues B_2 , con una amplitud de 10 a 30 cm, cortados y sisados a lo largo de sus limbos por S_2 , se encuentran comúnmente en las rocas de la Serie Metamórfica. Son particularmente interesantes en este sentido los afloramientos de rocas calcáreas laminadas en el centro del área, unos pocos metros al oeste de su contacto con el Carbónico (fig. 3). Aquí, pliegues B_2 y sus asociados S_2 pueden seguirse claramente alrededor de la nariz de un pliegue con forma de Z de mayor amplitud (1 a 1,5 metros), el cual, sin embargo, se considera como perteneciente a un mismo período de deformación; en otras palabras, este Z-pliegue se considera penecontemporáneo con pliegues B_2 . Otro pliegue tardío B_2 mostrando idéntico estilo y sentido de movimiento se alcanza a observar en las rocas cloríticas esquistosas que afloran en el costado NE del mapa.

También se encuentran lineaciones asociadas con el plegamiento B_2 , que se evidencian por el buzamiento de los ejes de pliegues y la elongación de los granos de cuarzo. Buenos ejemplos de lineación (L_2) con un hundimiento pro-

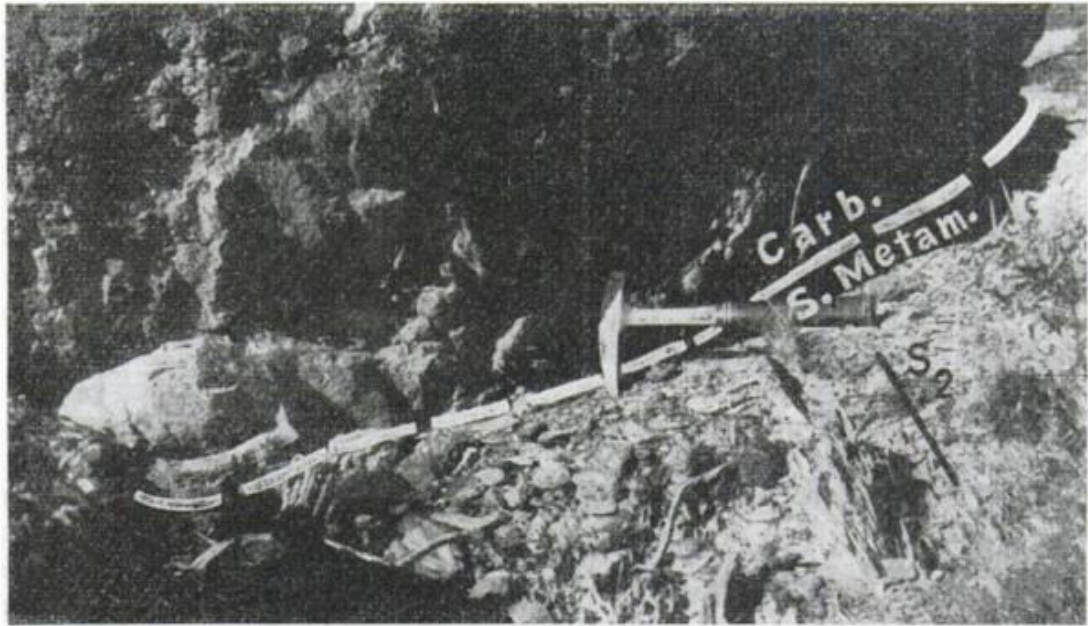


Fig. 2. — Relaciones de contacto entre las rocas calcáreas laminadas de la Serie Metamórfica y los tiloides Carbónicos, a 850 m al SE de la Mina «El Choique». Esquistosidad (S_2) de la Serie Metamórfica: $350^\circ/80^\circ$ W a vertical. Estratificación del Carbónico: $30^\circ/45^\circ$ E.



Fig. 3. — Superficie horizontal de pliegues en las rocas calcáreas laminadas, a unos 40 m al S de la localidad de la fig. 2. Pequeños pliegues B_2 en forma de S y su asociada esquistosidad axial S_2 son plegados por un pliegue S_2 posterior en forma de Z de fuerte buzamiento hacia el SE.

medio de 40° a 50° y rumbo de 95° puede observarse aproximadamente a 400 m y a 800 m al SE de la casa minera de "El Choique".

En los esquistos clorito-dolomíticos, aproximadamente a 350 m al SSE de la casita, S_3 corta planos plegados de S_2 . Se estima que S_3 es el plano de esquistosidad de plano axial asociado con la estructura dominante y más evidente del área, esto es con el amplio pliegue inclinado B_3 en forma de S (mirando al este u oeste), cuyo plano axial de rumbo NNE inclina 50° a 70° hacia el este (figs. 1 y 4). Es evidente que se necesita un acopio más completo de información antes de poder evaluar y confirmar la importancia regional de este pliegue mayor. El autor cree, con razonable seguridad, que esta estructura fue formada en los últimos períodos de plegamiento que afectaron el área y regiones adyacentes antes de la deposición del Carbónico.

Relaciones mega-estructurales

Es necesario en este punto tratar de resumir brevemente la interpretación estructural presentada por Keidel. Refiriéndose al área entre el Cordón de Farallones y el de Bonilla, Keidel (1939, p. 47) establece que el "Manto de Buitre" consiste de "trozos grandes y pequeños de caliza, arenisca, serpentinita, etc., amontonados confusamente y descansando por corrimiento sobre los sedimentos del grupo glaciario como remanente de la masa de rocas corridas del Manto de Buitre". En sí el "Manto de Buitre" está caracterizado por una "complicadísima estructura tectónica" (p. 48), y está "descansando sobre el Conjunto de Bonilla por medio del plano de corrimiento" (perfil 7, p. 40).

El autor es de opinión que las rocas de la Serie Metamórfica han sido repetidamente plegadas antes de la deposición del conjunto carbónico. Pero no es seguro, sin embargo, si la parte superior de la Serie Metamórfica, consis-

tente en una sucesión de dolomía-serpentinita-esquistos cloríticos-filitas-rocas calcáreas laminadas, puede ser efectivamente separada de la parte inferior de dicha serie. El autor se inclina a pensar que el contacto entre los dos, es decir entre las partes superior e inferior, es de discordancia. Lo que es cierto, sin embargo, es que:

1) La esquistosidad obvia y dominante del área es S_2 , y que la estructura dominante (B_3) está formada de planos plegados de S_2 , es decir, de planos de transposición plegados.

2) Los pliegues B_2 (principalmente en forma de "S", algunos de los cuales, sin embargo, fueron replegados en forma de "Z"), se presentan en los limbos este y oeste de la comba anticlinal y tienen un idéntico estilo y sentido de movimiento (figs. 1 y 4).

Lo antedicho sugiere que la generación de tales pliegues B_2 no pertenece al período de deformación que produjo el mayor pliegue B_3 . También sugiere, que después de la formación de los pliegues B_2 tanto en la parte inferior como en la parte superior de la Serie Metamórfica, toda el área fue deformada en un gran pliegue de forma de "S" que es la estructura predominante en "El Choique".

Un extenso fallamiento, que seguramente pertenece a un período posterior de deformación, afectó tanto a la Serie Metamórfica como al Carbónico. Las fallas, generalmente de fuerte inclinación y con rumbo principal de NNW a SSW (en algunos casos, sin embargo, tienen una inclinación de 40° a 50°) siguen en muchos lugares la base del Carbónico, que es una probable zona de debilidad, produciendo una gruesa brecha en las rocas adyacentes. En algunas localidades es difícil de distinguir entre los tiloides gruesos del Carbónico y la zona de brecha; sin embargo, donde se encuentran juntos, esta última contiene además de bloques redondeados, una abundancia de fragmentos an-



Fig. 4. — Perfiles O-E; para explicaciones ver fig. 1. Escala = igual a la del mapa

gulosos y frescos de filita plateada, exhibiendo S_2 . En un lugar, 850 m SE de la casita minera, una falla de trayectoria NNW ha arrastrado hacia abajo tiloides y areniscas con ondulitas carbónicas de tal forma, que estas últimas aparecen ahora invertidas con el techo hacia el oeste.

EL CONTACTO ENTRE LA SERIE METAMORFICA Y EL CARBONICO

Se puede observar en varios lugares que los tiloides del Carbónico yacen en discordancia angular sobre rocas intensamente plegadas de la Serie Metamórfica.

casi horizontales en un contacto abrupto sobre esquistos ferruginosos cloritomuscovíticos, que pertenecen a la parte inferior de la Serie Metamórfica. Sobre las márgenes occidental y oriental de este "Graben" Carbónico de 20 m de profundidad, se encuentran fallas con rumbo N-S e inclinación de 45° a 55° al este y oeste respectivamente. El Carbónico corta claramente a la esquistosidad S_2 y en sus contactos marginales contiene fragmentos bien preservados de rocas con clivaje de transposición de la Serie Metamórfica.

Aproximadamente a 80 m al oeste de esta localidad se encuentra un conglo-

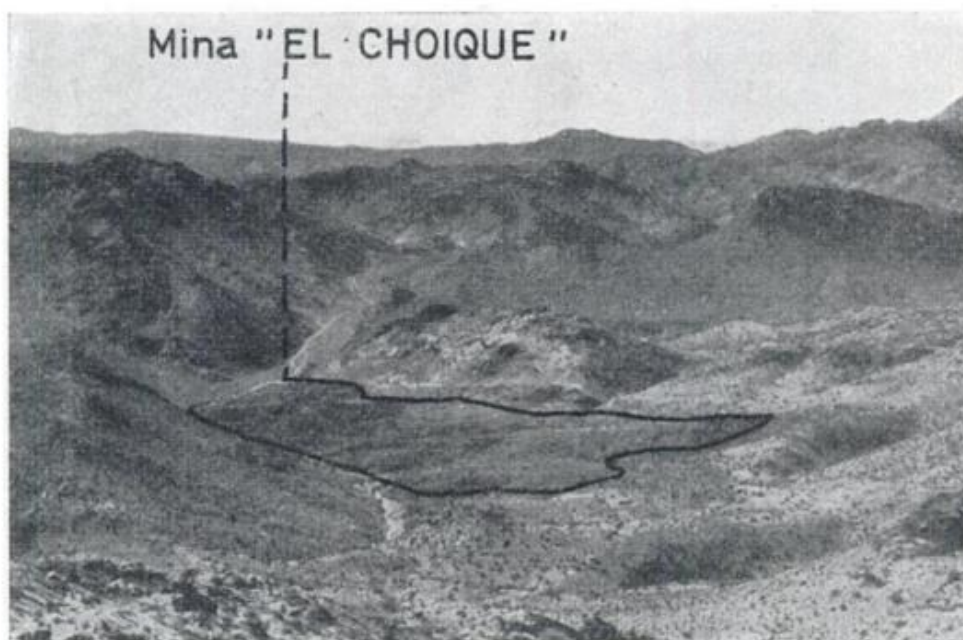


Fig. 5. — Vista hacia el NE y la Mina « El Choique », mostrando la parte occidental de la faja Carbónica

fica (fig. 2). Sin embargo, generalmente las relaciones de contacto están enmascaradas por fallas recientes de trayectoria general NS, paralelo a los rumbos de las formaciones.

Datos importantes concernientes a las relaciones de contacto se obtuvieron en la parte más occidental de la faja Carbónica occidental (fig. 5). Aquí, en un perfil sobre una pequeña quebrada de rumbo E-W, se puede observar bancos gruesos de arenisca carbónica verdosa y

merado basal de forma irregular, que inclinándose 35° al norte, se superpone a los esquistos de la Serie Metamórfica con rumbo $N 15^\circ E$ y fuerte inclinación hacia el este. Unos 100 m al NNE de este último afloramiento areniscas verdosas carbónicas yacen y rodean completamente a los esquistos cloríticos y un sill gábrico de la Serie Metamórfica.

En otro lugares, por ejemplo, a 500, 980 y 1100 m en línea recta al SE de

la casita minera "El Choique", el contacto entre el Carbónico y la parte superior de la Serie Metamórfica está marcado por un jaboncillo negro de un metro de ancho con evidencias de una considerable milonitización. La razón de la presencia de este jaboncillo en estas localidades y su ausencia en otros sitios con falla en áreas aparentemente similares, no ha podido clarificarse todavía.

INTENTO DE INTERPRETACION Y CONCLUSIONES

A continuación de la deposición en el Precámbrico o a comienzos del Paleozoico de las rocas inferiores de la Serie Metamórfica, acompañada por intermitente actividad volcánica e intrusión de rocas de composición gabbroide, el área fue sujeta a un fuerte y repetido período de deformación.

Ambas, la sección inferior como la superior de la Serie Metamórfica, muestran pliegues B_2 y fueron afectadas por el mismo período, probablemente prolongado, de diastrofismo y metamorfismo esencialmente termodinámico. Sin embargo, la presencia en las rocas calcáreas laminadas de estructuras idénticas en forma de "Z", que afectan a los pliegues tardíos B_2 en ambos limbos, este y oeste, de la comba anticlinal, sugiere que la sección superior había tenido una historia diferente de la de la parte inferior. Todavía no se puede descartar con seguridad la posibilidad de que una masa previamente deforma-

da (sección superior) haya sido desplazada hasta yacer sobre la parte inferior de la Serie Metamórfica.

El autor se inclina a pensar, que eventualmente la Serie Metamórfica como tal fue deformada en un amplio pliegue inclinado y en forma de "S" (B_3), que es la estructura predominante del área. Posteriormente a la erosión y depositación de la Serie Carbónica, el área fue suavemente plegada y subsecuentemente fallada en bloques.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aparicio, E. et al., 1956. *Descripción geológica de la Hoja geológica 23 c, Mendoza*. — Inf. inédito, Dir. Nac. Geol. y Minería.
- Ave-Lallemant, G., 1892. *Estudios mineros en la provincia de Mendoza. La parte septentrional de la sierra de Uspallata*. — Bol. Acad. Nac. Ciencias, Córdoba, t. XII.
- Bonorino, F. G., 1958. *El origen mecánico de la esquistosidad*. — Fac. Ciencias Ex. y Nat., Contr. Cient., vol. II, n° 2.
- Keidel, J., 1939. *Las estructuras de corrimientos paleozoicos de la sierra de Uspallata*. — Physis, XIV, Bs. As.
- Rodríguez, A. J., 1956. *Contribución al conocimiento geológico de la Precordillera en la zona comprendida entre Estancia Uspallata y Cordón de los Paramillos (Prov. Mendoza)*. — Tesis inédita, Univ. de La Plata, n° 231.
- Zardini, R., 1961. *Serpentinitas de la mina "La Mendocina", Uspallata, Mendoza*. — Rev. Asoc. Geol. Arg., t. XV, n° 1-2.
- 1962. *Significado geológico de las serpentinitas de Mendoza*. — An. 1^{as} Jorn. Geol. Arg., San Juan, 1960, t. II.

Manuscrito recibido en diciembre de 1963.

UN ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA ISLA DE CUBA Y SU PLATAFORMA SUBMARINA, EN BASE A LOS ESTUDIOS GEOFISICOS REALIZADOS HASTA EL AÑO 1961

Por DANIEL ALBERTO VALENCIO

Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires

RESUMEN

El análisis conjunto de los mapas de recopilación de los estudios gravimétricos, magnetométricos y sísmicos realizados en la isla de Cuba hasta el año 1961, ha permitido efectuar una nueva interpretación estructural de la isla y de su plataforma submarina.

En base a estos mapas se ha podido definir, en la parte meridional de la isla, la presencia de cuatro unidades estructurales elevadas, que en conjunto se ordenan según su eje longitudinal. Estos altos estructurales están separados entre sí por sendas áreas de depresión, estrechas y con buen desarrollo sedimentario, cuyos respectivos ejes se orientan transversalmente al eje longitudinal de la isla. Hacia el norte los altos estructurales están limitados por un área de depresión de rumbo longitudinal, cuya presencia está perfectamente definida por los resultados de los estudios gravimagnetométricos. Esta área de depresión longitudinal norte separa a su vez dos zonas de características sedimentarias diferentes: al sur de la misma predominan los sedimentos tobáceos para formaciones de edad Mesozoica y aun Terciaria, mientras que hacia el norte los sedimentos característicos para estas edades son carbonáticos.

ABSTRACT

The analysis of gravimetric, magnetometric and seismic data shown on maps of the Island of Cuba and its continental shelf upto the year 1961 suggests a new structural interpretation.

Four structural positive areas can be distinguished in the southern part of the island. These are aligned approximately parallel to its southern coast and each of them separated by narrow negative areas with a thick sedimentary sequence, the axis of the latter are transverse to the general axis of the island. Northwards the positive structural areas are bounded by an area of depression also trending parallel to the coast, and has been perfectly defined in the gravimagnetometric survey. This northern negative zone separates two distinct sedimentary areas: tuffaceous sediments of Mesozoic and also Tertiary age predominates to the south, meanwhile a limestone facies predominates to the north.

1-1. INTRODUCCION

Durante más de 25 años se realizaron en la Isla de Cuba y en su plataforma submarina numerosas campañas de estudios geofísicos orientados a resolver los problemas geológicos relacionados con la explotación de hidrocarburos. Estos estudios abarcaron: a) relevamientos gravimétricos, realizados en la primera faz de la exploración por medio de ba-

lanzas de torsión y posteriormente con gravímetros; b) relevamientos magnetométricos terrestres y aéreos, y c) estudios sismológicos de reflexión y refracción, terrestres y marinos. La calidad de estas investigaciones es muy variada, y abarca desde estudios realizados con fines de resolver problemas regionales, hasta aquellos de detalle efectuados para aclarar problemas estructurales de carácter local. De este modo se dispone

en la isla de abundante información técnica, frecuentemente repetida, pues una misma zona fue estudiada con un mismo método geofísico en diversas épocas y aún por distintas compañías.

El mejor medio para aprovechar toda esta información fue el de reunirlos, en mapas de recopilación de una misma escala, para poder así cotejar resultados y sacar conclusiones estructurales. Surgieron así los mapas de recopilación de gravedad relativa y aeromagnética que acompañan al presente trabajo (figs. 1 y 2). Estos mapas, conjuntamente con el de sismología de reflexión que no se incluye, fueron el resultado de una labor ardua de selección entre toda la información geofísica acumulada. Una vez seleccionados los mapas que para un área determinada representaban el mejor estudio realizado, y previa una verificación precisa de sus coordenadas de referencia, se los redujo mediante pantógrafo a una escala única de 1 : 250.000. Las reducciones así obtenidas fueron volcadas sobre mapas bases de la isla en la misma escala, en los que previamente se habían dibujado las coordenadas en el sistema de Lambert conforme y geográficas. De este modo surgieron los mapas de recopilación, en los que están volcados todos los estudios gravimétricos y aeromagnéticos realizados en la isla hasta el año 1961. Además, en estos mapas se situaron todos los pozos profundos de exploración perforados en la isla hasta esa fecha para búsqueda de hidrocarburos y de agua, y cuya sección geológica atravesada concurriese a la mejor comprensión del estudio estructural del país. Estos mapas de recopilación, primeros en la vida científica de Cuba, fueron luego reducidos fotostáticamente a las escalas 1 : 500.000 y 1 : 1.000.000 siendo una copia de éstos los que acompañan al presente trabajo.

La tarea previa de selección de los mapas geofísicos originales con que se construyeron los mapas de recopilación, exigieron a los geofísicos que participa-

ron en ella a estudiar centenares de informes y mapas preparados por las diversas compañías estadounidenses que trabajaron en el país. Esto les permitió adquirir un profundo conocimiento de los estudios realizados, y con un posterior análisis cuali-cuantitativo de los datos geofísicos disponibles, preparar un voluminoso informe general, donde cada una de las zonas estructurales en que es posible dividir a la isla, fue analizada en su comportamiento regional y local. Durante la preparación de dicho informe fueron surgiendo nuevas ideas referentes al comportamiento estructural de la isla en lo que se refiere a la escala regional. Estas ideas fueron frecuentemente confirmadas por los estudios geológicos de superficie y subsuelo ya realizados, y en algunas ocasiones por la propia morfología de la isla. Fue así que surgió la idea de preparar un nuevo trabajo donde estuviesen sintetizadas estas nuevas ideas para someterlas a juicio y crítica de otros estudiosos. Fruto de esta labor es el esquema estructural que acompaña a esta publicación (fig. 3).

Es de esperar que nuevas campañas geofísicas y geológicas, puedan introducir variaciones en el presente esquema; sin embargo se considera que los rasgos estructurales generales en él bosquejados son prácticamente inamovibles.

Hecha esta rápida introducción al tema y antes de hablar sobre el mapa estructural en sí, se torna necesario analizar, aunque más no sea resumidamente, los rasgos regionales básicos de los mapas de recopilación de gravedad relativa y aeromagnética, que condujeron a su preparación.

En el esquema estructural (fig. 3) se ha indicado por medio de una trama de líneas inclinadas hacia la izquierda las áreas definidas como bajos estructurales o áreas de mayor desarrollo sedimentario, mientras que la trama de líneas inclinadas hacia la derecha indican altos estructurales o áreas de menor desarrollo sedimentario relativo. La mayor

LATIVA

23°

22°

21°

20°



76°

75°

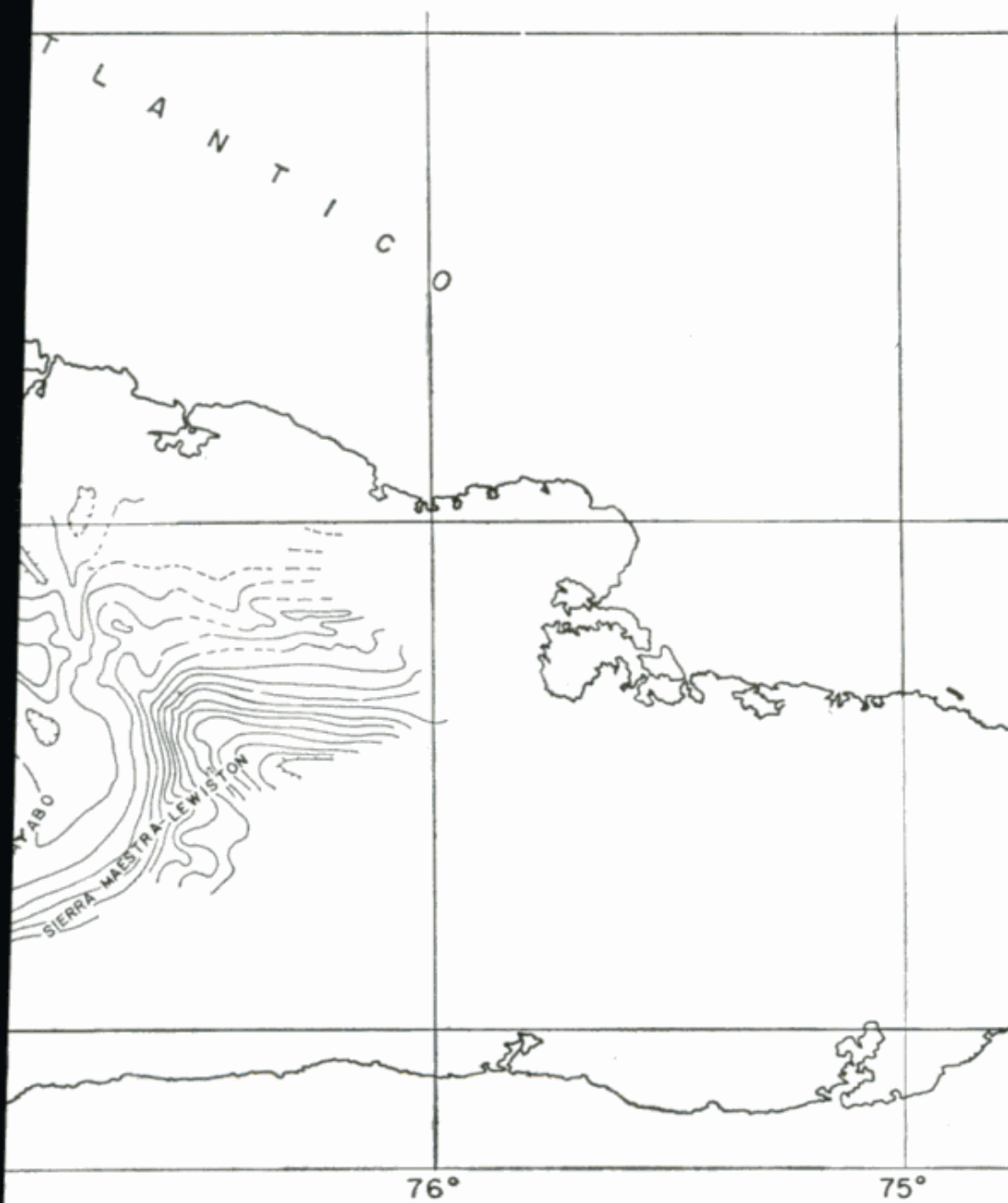
ISLA DE CUBA MAPA DE GRAVEDAD RE

ESCALA 1:1.000.000

AÑO 1961

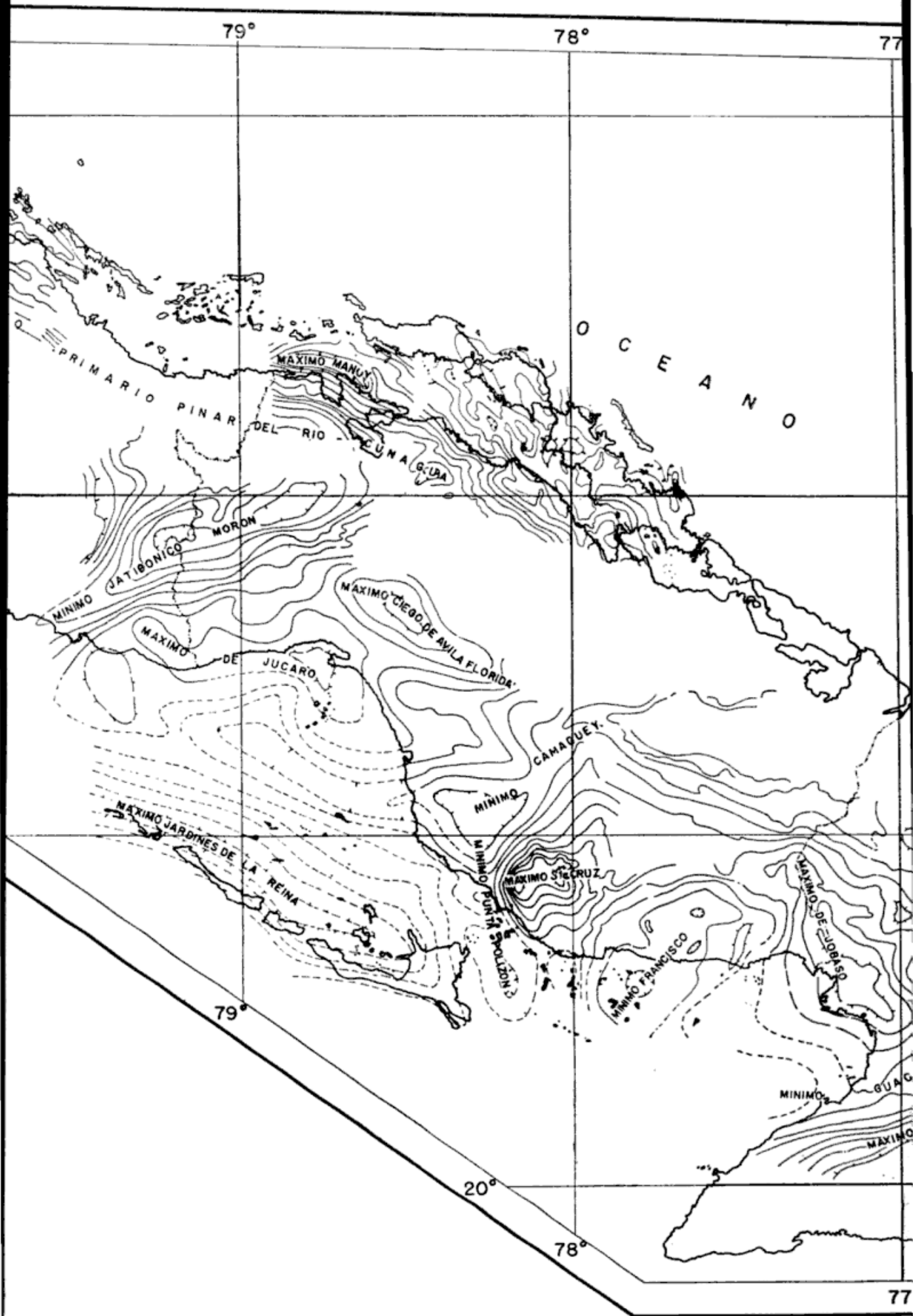
FIGURA N° 1

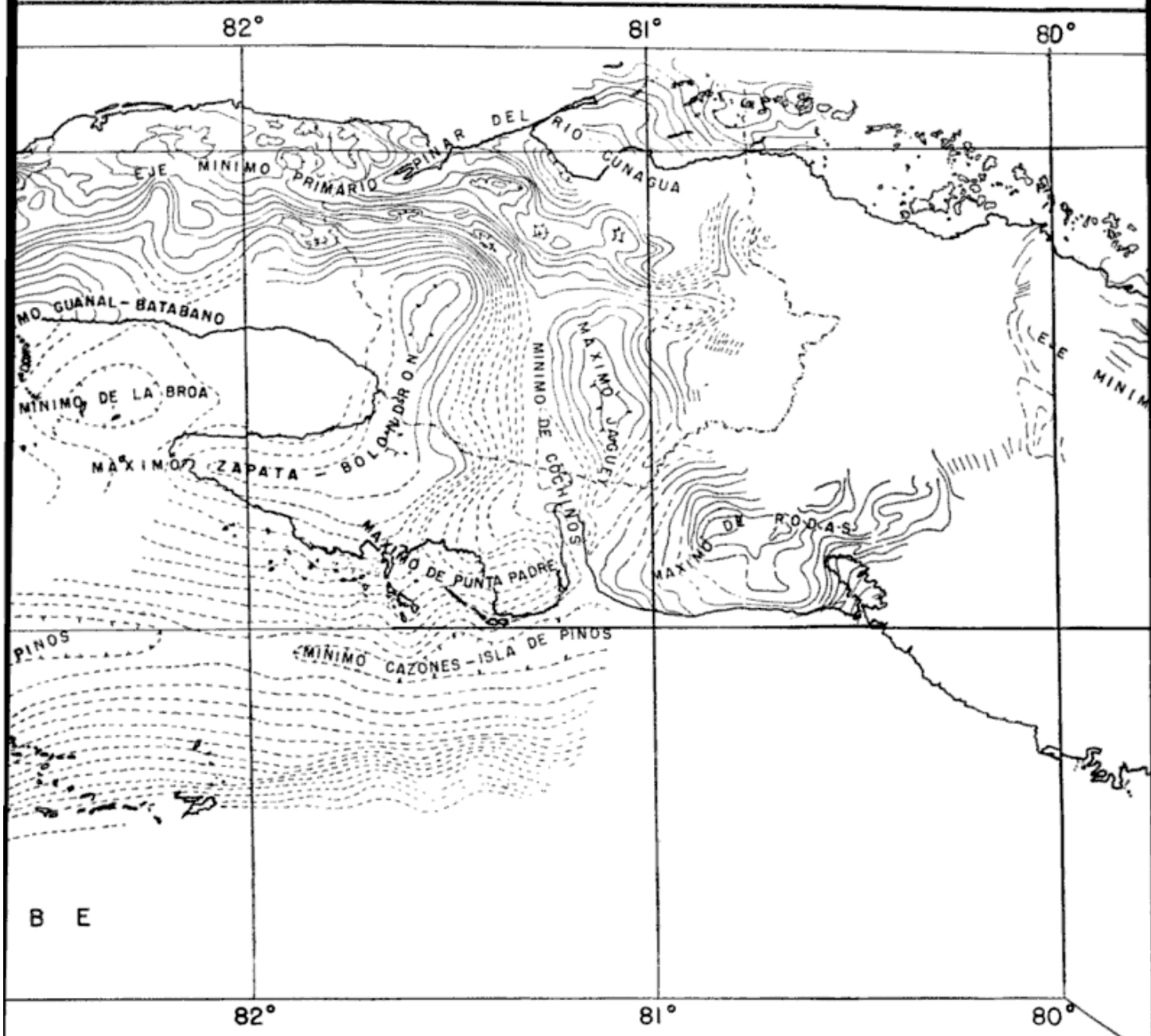
Preparó: Ing. Daniel A. Valencio - Ing. H. Bustos



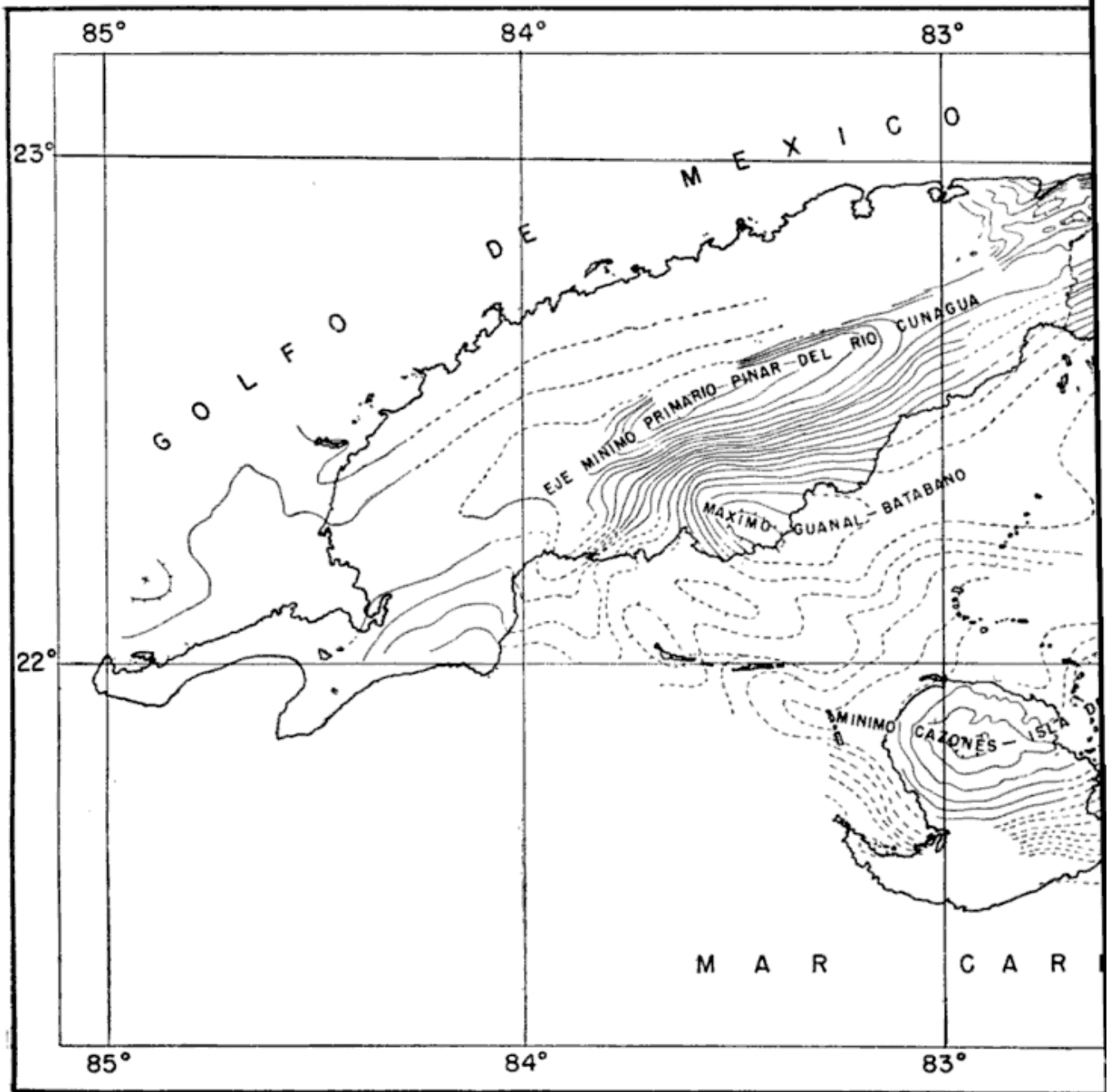
76°

75°





B E



densidad de la trama en uno u otro sentido, indica posiciones estructurales extremas.

21. EL MAPA DE RECOPIACION DE GRAVEDAD RELATIVA. (Fig. 1).

El rasgo más característico que se manifiesta en este mapa es el eje de mínima gravimétrica que se presenta en la parte septentrional de la isla con rumbo paralelo a su eje geográfico, desde la provincia de Pinar del Río por el occidente hasta la localidad de Cunagua (longitud $78^{\circ}30'$), en la costa norte de la provincia de Camaguey, por el oriente. A este eje de mínima se lo denominó Mínimo Primario Pinar del Río-Cunagua. Hacia el occidente de la isla, en la provincia de Pinar del Río, este mínimo define con toda precisión la presencia de la cuenca sedimentaria Terciaria-Mezozoica homónima, donde los pozos exploratorios han definido una sección de sedimentos terciarios superior a los 2.500 metros.

Desde esta área de mínima se asciende con fuerte gradiente gravitacional norte, hacia los afloramientos Mesozoicos que constituyen el gran anticlinorium que se presenta en la mitad septentrional de la provincia de Pinar del Río. En el sector donde este gradiente gravitacional es más intenso se puede definir la presencia de una gran fractura de rumbo paralelo a las curvas isogálicas, que son a su vez paralelas al eje longitudinal de la isla. Esta fractura coincide geográficamente, con la traza de una falla geológica que constituye el contacto tectónico entre las formaciones Mesozoicas con signos de metamorfismo del anticlinorium de Pinar del Río por el norte, y formaciones Terciarias que cubren hacia el sur la cuenca sedimentaria de Pinar del Río.

Más hacia el oriente, entre las bahías de Habana (longitud $82^{\circ}45'$) y Matanzas ($81^{\circ}30'$), el eje de Mínima Primario Pinar del Río-Cunagua pasa entre los dos anticlinales de superficie, denominados Habana-Matanzas al norte, y Ma-

druga-Bejucal por el sur. En estos anticlinales, constituidos por formaciones de edad Mezozoica y Terciaria, son frecuentes los afloramientos de rocas básicas, preferentemente serpentinas, los que se manifiestan en escala menor en el mapa gravimétrico por sendos máximos de fuerte relieve.

La pendiente austral del Mínimo Primario desde la provincia de Pinar del Río hasta la bahía de Matanzas, también se presenta con un fuerte gradiente, ahora hacia el sur, hacia el máximo gravimétrico denominado Guanabatabanó. El relevamiento gravimétrico realizado en esta parte de la isla fue de carácter general, pero permitió definir cómo las curvas isogálicas son netamente paralelas al eje geográfico del país, paralelismo sólo alterado por algunos espulones positivos de rumbo transversal al anterior. Este fenómeno se presenta hasta la longitud de la bahía de Matanzas ($81^{\circ}30'$), donde las isogalas cambian su rumbo bruscamente, girando hacia el sur, adquiriendo así un rumbo norte-sur perpendicular al eje geográfico de la isla. El fuerte gradiente con que las isoanómalas ascienden aquí hacia el occidente, hace suponer la presencia de un sistema de fracturas escalonadas de rumbo coincidente con el de las isogalas, mediante las cuales se ascendería hacia el máximo gravimétrico de Bolondrón, de neto rumbo transversal al eje geográfico de la isla. En coincidencia con los máximos gravimétricos de Guanabatabanó y Zapata-Bolondrón queda definida una vasta zona gravimétricamente positiva, en relación con el Mínimo Primario. Obsérvese como rasgo sobresaliente de esta unidad positiva que los ejes gravimétricos antes mencionados muestran un marcado rumbo transversal al eje de la isla en las localidades de Guanabatabanó (longitud $83^{\circ}30'$) y Bolondrón (long. $81^{\circ}30'$), respectivamente.

A partir del meridiano de 81° hacia el este la presencia del Eje Mínimo Primario Pinar del Río-Cunagua no es tan

evidente. Sin embargo su presencia está claramente definida por los escasos estudios gravimétricos realizados, entre los ejes positivos que se definen a lo largo de los cayos de la costa norte de la isla y las extensas áreas gravimétricas positivas del sur del país. En particular el perfil gravimétrico que partiendo de la Bahía de Cienfuegos, en la costa meridional, corta a la isla transversalmente siguiendo en parte el meridiano de los 80°, define con claridad su presencia.

A los 81°15' de longitud, se presenta con marcado rumbo norte-sur el Mínimo Gravimétrico de Cochinos, así denominado por coincidir en parte con la bahía homónima. A partir de este mínimo se asciende al Occidente con fuerte gradiente gravitacional, hacia la porción norte-sur del máximo Zapata-Bolondrón. Ya se ha mencionado que este gradiente puede interpretarse como la evidencia de una fractura o sistema de fracturas paralelas al trazado de las isoanómalas que definen el ascenso estructural hacia el Máximo de Bolondrón.

Al Oriente del Mínimo de Cochinos, en una zona gravimétricamente no muy detallada se define el máximo de Jagüey, también de rumbo norte-sur. El fuerte gradiente con que se asciende a este máximo desde el mínimo de Cochinos hace suponer la presencia de fracturas de rumbo norte-sur, en una interpretación en un todo análoga a la anterior.

Entre las bahías de Cochinos y Cienfuegos, se presenta el Máximo Gravimétrico de Rodas, no muy bien estudiado dado el hecho que arealmente coincide con una zona en gran parte pantanosa. En el área sin estudios gravimétricos que se presenta inmediatamente al este de este máximo, afloran formaciones Mesozoicas metamórficas, fuertemente plegadas y fracturadas, que constituyen el macizo de Escambray, y que muchos autores consideran que son las rocas más antiguas que afloran en la isla.

Más al oriente aún, ya en el límite

de las provincias de Las Villas y Camagüey (longitud 79°), se define con rasgos característicos un área de mínima gravimetría de rumbo NE-SO, el que ha sido denominado en este trabajo Mínimo Jatibónico-Morón. Esta área de mínima, que está dividida en dos por un espolón positivo de rumbo norte-sur, define con precisión la cuenca sedimentaria Terciaria-Mesozoica conocida con el nombre de Cuenca Central o del Centro. El espolón positivo norte-sur coincide arealmente con el campo petrolífero de Jatibónico, el único en explotación comercial en el país, en la actualidad.

Desde el mínimo de Jatibónico-Morón se asciende con intenso gradiente oeste-noroeste, hacia los afloramientos de rocas Mesozoicas metamórficas y rocas gneas, que constituye el Macizo de Escambray. Los estudios gravimétricos aquí fueron escasos pero permitieron definir la presencia de una zona gravimétricamente positiva. El fuerte gradiente que separa ambas zonas permite suponer la presencia de fracturas de rumbo paralelo a las isoanómalas con bloques hundidos hacia el E-SE.

El ascenso desde el Mínimo de Jatibónico-Morón hacia el S-E, sin ser de tan fuerte gradiente como el anterior, indica la presencia de fracturas de rumbo NE-SO, que separan esta cuenta sedimentaria de los máximos gravimétricos intensos de Ciego de Avila-Florida y de Júcaro, paralelos al eje geográfico de la isla y transversales a dicho mínimo gravimétrico. A lo largo de la carretera que pasa por sobre el máximo de Ciego de Avila aflora granito, mientras que los pozos perforados sobre el máximo de Júcaro acusaron la presencia de rocas ígneas a profundidades someras.

Al sur del máximo de Júcaro y ya sobre la plataforma submarina se define la presencia de un mínimo de rumbo paralelo al anterior, a partir del cual se asciende con fuerte gradiente hacia el Máximo Gravimétrico de Jardines de la Reina; éste, también de rum-

bo paralelo al eje geográfico de la isla, coincide con los sayos homónimos que determinan el fin de la plataforma submarina. Esta es una de las zonas de la isla más pobremente estudiadas con gravimetría; ello se debe, lógicamente, al carácter marino del área; las observaciones se realizaron sobre los cayos existentes, bajíos y costas firmes.

Más hacia el oriente y siempre sobre la costa meridional de la isla, se define un área de mínima gravimetría, conocida con el nombre de Mínimo de Francisco. Esta área de mínimo está limitada hacia occidente y oriente por sendos máximos gravimétricos intensos, denominados Máximo Santa Cruz y Máximo de Jobabo respectivamente. Hacia el este y sureste de este último se define una gran área de mínima gravimétrica, la que es conocida con el nombre de Mínimo de Guacanayabo. Este mínimo se define con claridad en el golfo homónimo penetrando en tierra firme con rumbo NE-SO; a la altura de la localidad de Manzanillo el eje de mínima sufre una fuerte inflexión en su rumbo, orientándose con sentido N-S.

Tal como puede observarse en el mapa adjunto, a partir del Mínimo de Guacanayabo se asciende con fuerte gradiente este y sur hacia el máximo gravimétrico de Sierra Maestra-Lewiston. Este intenso gradiente permite definir sin lugar a dudas la presencia de fracturas con bloques caídos hacia el noroeste, oeste y norte, respectivamente, coincidentes y paralelas a las isogalas en las zonas donde más fuerte es dicho gradiente.

Los estudios gravimétricos realizados sobre la plataforma submarina correspondiente a la costa norte de la isla, entre la bahía de Cárdenas (long. 81°) y Cayo Coco (long. 78°), han permitido definir la presencia de ejes positivos bien definidos de rumbo paralelos a la costa de la isla, en un área donde predominan netamente las formaciones carbonatadas. Dentro de esta área, ya en tierra firme y próximo a la localidad

del mismo nombre, se presenta el mínimo gravimétrico de Cunagua, punto extremo hacia el oriente hasta donde fue posible definir el eje de Mínima Primario Pinar del Río-Cunagua. Este mínimo coincide arealmente con un domo de sal, y los espolones de mínimas gravimétricas adyacentes también definen la presencia de domos salinos, siendo ésta la única zona del país donde se presenta este tipo de intrusión diapírica.

Por último, en el suroeste de la isla y dentro de la plataforma submarina se define, aunque con pocas observaciones gravimétricas, el eje de Mínimo Cazonnes-Isla de Pinos. Este eje se presenta con rumbo prácticamente E-O, al sur del alto gravimétrico definido al suroeste de la isla, formado por los ejes de máxima de Guanabatabanó y Zapata-Bolondrón.

A partir del mínimo de Cazonnes-Isla de Pinos se asciende con intenso gradiente sur, hacia el máximo gravimétrico denominado Levantamiento Banco Jardines, que con rumbo paralelo al anterior se define al sur de la isla de Pinos y a lo largo de pequeños cayos que coinciden con el límite sur de la plataforma submarina cubana.

3-1. EL MAPA DE RECOPIACION AEROMAGNETICO. (Fig. 2)

Del estudio del mapa de recopilación de la intensidad total de campo magnético surgen características estructurales de interés. En la parte occidental y septentrional de la isla se presenta un eje de mínima magnetométrica bien definido, de rumbo paralelo al eje longitudinal de la isla, que muestra a lo largo de su recorrido una coincidencia areal notable con el eje de Mínimo Gravimétrico Pinar del Río-Cunagua, el que ha sido denominado Mínimo Magnético Primario. En la provincia de Pinar del Río, entre los 83° y 84° de longitud, este mínimo magnetométrico Primario coincide con la cuenca sedimentaria homó-

nima, en concordancia total a lo ya expresado respecto a la figura gravimétrica. Más al oriente, en las provincias de Habana y Matanzas, entre los 81° y 83° de longitud, el mínimo magnetométrico tiene un trazado coincidente con el sinclinal presente entre los anticlinales de superficie denominados Habana-Matanzas por el norte y Madruga-Bejucal por el sur, también en forma idéntica a lo que acontece con el eje de Mínima Primaria gravimétrica definido anteriormente. Esta coincidencia en el comportamiento de las figuras gravimétrica y magnetométrica, sugiere la idea de la existencia de mayor desarrollo sedimentario en el área del eje de mínima respecto a las adyacentes.

Del mapa también puede observarse como desde el sector de Mínimo Magnetométrico Primario que coincide con la cuenca de Pinar del Río se asciende con fuerte gradiente norte hacia un área de máxima magnetométrica, que es coincidente con el anticlinorium presente en la zona norte de la provincia de Pinar del Río. Este intenso gradiente magnético y el paralelismo de las curvas isogamas permite interpretar la presencia de una falla con bloque caído hacia el sur (falla de Pinar del Río), hecho en un todo coincidente con los resultados de los estudios gravimétricos, geológicos y sismológicos realizados en la zona. En la parte más septentrional de la provincia, ya sobre el anticlinorium de Pinar del Río, las curvas isogamas pierden su regularidad y paralelismo, para formar figuras cerradas de máximas y mínimos de fuerte relieve y pequeña extensión areal, que definen con claridad meridiana los numerosos cuerpos de rocas ígneas y serpentinas que afloran o están próximas a la superficie, en dicha región.

La figura magnética presente en el sector sur de la cuenca sedimentaria de Pinar del Río pone en evidencia la presencia de una neta línea divisoria que deja hacia el norte las curvas isogámicas suaves y tranquilas presentes en

dicha cuenca, y hacia el sur una sucesión de máximos y mínimos magnéticos de fuerte relieve y pequeña extensión areal. Estos máximos y mínimos van adquiriendo hacia el sur valores de intensidad más altos para culminar sobre la costa de la isla a la altura de la localidad de Guanabacoa (longitud $83^\circ 30'$ aprox.), formando un eje positivo bien definido de neto rumbo NO-SE. Este comportamiento del cuadro magnético pone de manifiesto la presencia de un alto estructural (hecho que también se había deducido con gravimetría), con rumbo transversal al de la cuenca sedimentaria de Pinar del Río. Pozos de exploración perforados sobre estos máximos acusaron la presencia de rocas ígneas a profundidades someras.

El cuadro magnético presente al sur del eje de Mínimo Primario entre las longitudes de $81^\circ 30'$ y $83^\circ 30'$, define una zona positiva, con algunos ordenamientos secundarios de rumbo N-S en coincidencia con los resultados de los estudios gravimétricos realizados en la zona. Al norte del eje de mínima se presenta también una zona magnéticamente positiva pero aquí las isogamas y los ordenamientos secundarios se presentan con marcado rumbo E-O. En sendas zonas se presentan máximos secundarios de fuerte relieve, los que definen con precisión los numerosos cuerpos de serpentina presentes hacia ambos lados del Mínimo Magnetométrico Primario.

En las proximidades de la costa sur de la isla, al oriente de la bahía de Cochinos, entre los meridianos de 80° y 81° se define un área de características netas, formada por numerosas anomalías de fuerte relieve y pequeñas dimensiones areales que indican la posibilidad de la presencia de rocas ígneas próximas a la superficie. En la zona adyacente a ésta, hacia el oriente, y que figura en blanco en el mapa aeromagnético, afloran terrenos metamórficos del Mesozoico y rocas ígneas; es la zona del macizo del Escambray donde

76°

75°

ISLA DE CUBA MAGNETICO (INTENSIDAD TOTAL)

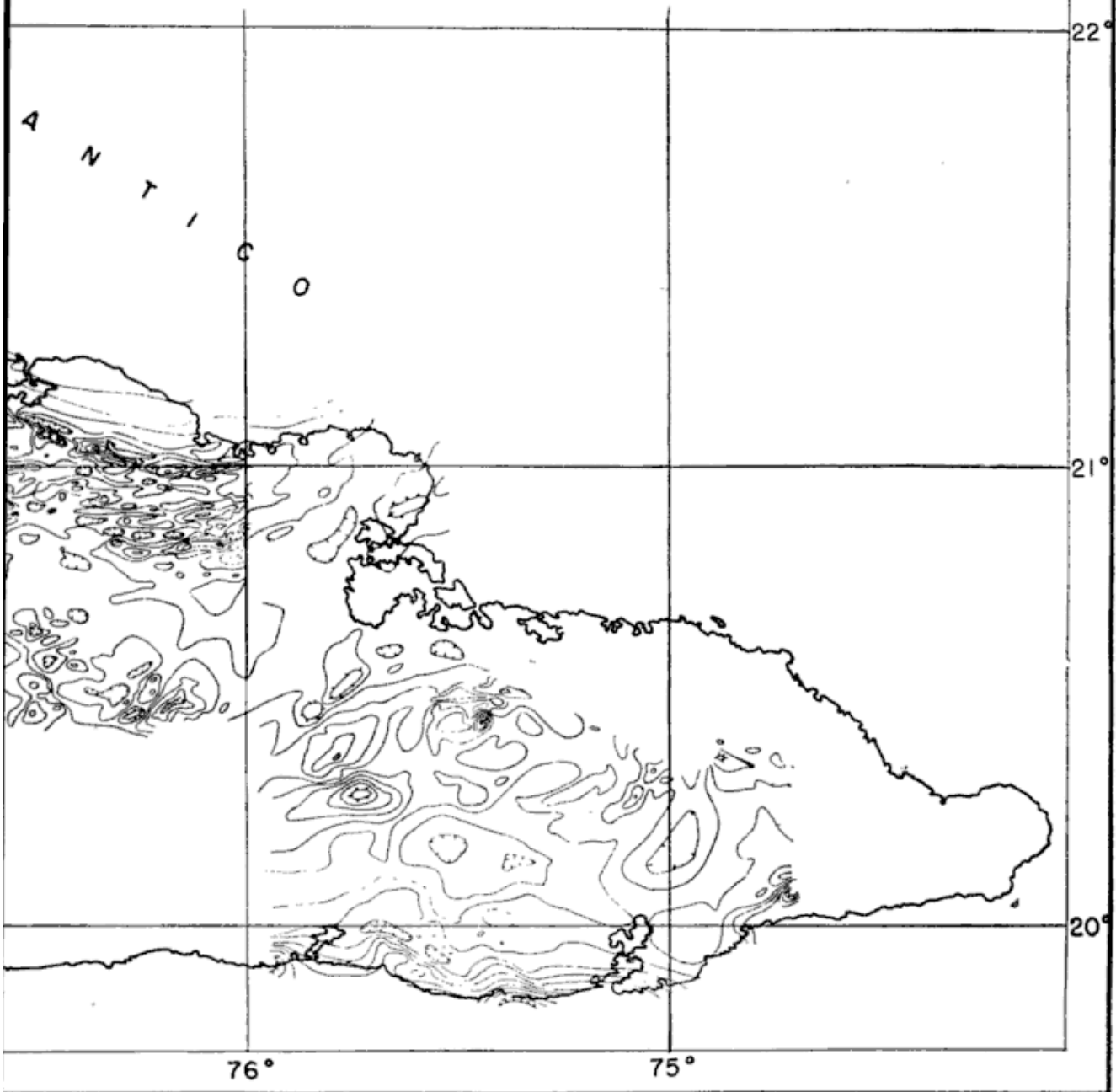
INTERVALO: 25 Gammas

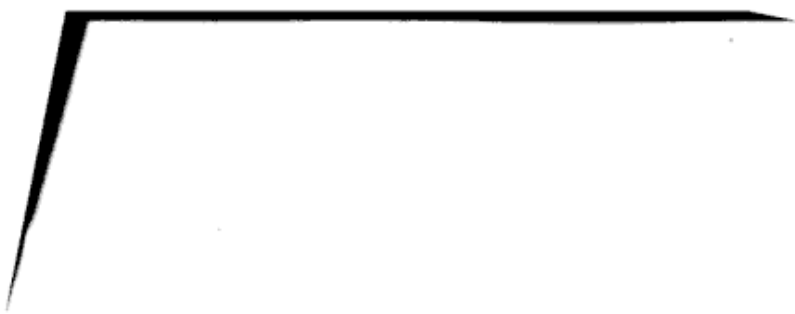
ESCALA 1:1.000.000

AÑO 1961

FIGURA N° 2

Preparó: Ing. Daniel A. Valencio - Ing. H. Bustos







al momento de confeccionarse el mapa se estaba realizando una campaña de relevamiento aeromagnético para búsqueda de minerales.

Al oriente de esta zona sin relevamientos, sobre el límite entre las provincias de Las Villas y Camagüey (long. $79^{\circ}20'$), la figura aeromagnética define muy bien la presencia de la ya mencionada Cuenca Central. Al igual que en Gravimetría se presenta aquí un área de mínima magnética de orientación SO-NE; en ella las curvas isogamas son regulares y las anomalías amplias y suaves. Desde esta zona de mínima se asciende con fuerte gradiente hacia la zona magnética positiva que apenas se esboza en concordancia con los afloramientos Mesozoicos del Escambray, hecho que a igual que lo que ocurre en gravimetría, sugiere la presencia de fracturas.

Hacia el oriente de la Cuenca Central la figura aeromagnética se presenta constituida por anomalías de intenso relieve y pequeña extensión areal, hecho que contrasta con el cuadro presente en dicha cuenca sedimentaria. Este rasgo tan característico de la figura magnética se presenta predominantemente a lo largo de casi toda la provincia de Camagüey y gran parte de la de Oriente, y ha permitido definir a toda esta zona como una unidad estructural. Dentro de esta unidad estructural el tren más conspicuo es el presente entre las localidades de Ciego de Avida-Florida entre los 78° y 79° de longitud, que es coincidente con el máximo gravimétrico homónimo (ver fig. 1), cuyo rumbo paralelo al eje principal de la isla y perpendicular al eje de la Cuenca Central está perfectamente definido. Pede observarse además como a la altura del máximo gravimétrico de Santa Cruz (fig. 1), esta figura magnética de rasgos tan propios se espelona hacia el suroeste, dentro de la plataforma submarina de la isla.

Dentro de este panorama general, predominante en la parte oriental del país,

pueden definirse claramente cuatro zonas, donde las isogamas se presentan con características más regulares y tranquilas. Estas son las cuatro cuencas sedimentarias terciarias que a continuación se mencionarán y cuyos límites están representados por las líneas de contacto entre la figura magnética tranquila y la característica del panorama general predominante: 1) La cuenca de Vertientes, en la plataforma submarina sur, entre los meridianos de $78^{\circ}15'$ y $79^{\circ}20'$, y que se define hacia el sur hasta los cayos que delimitan la zona de profundización de las aguas; 2) La cuenca de Cauto-Guacanayabo, también perfectamente definida por los mínimos gravimétricos de Guacanayabo y Francisco (ver fig. 1), y característica por el cambio neto en el rumbo de su eje, de SO-NE a N-S, a la altura de la localidad de Manzanillo. Esta cuenca estaría separada de los anteriores por el espolón de figuras magnéticas de fuerte relieve, presente en Santa Cruz; 3) La cuenca de Nipe, definida sobre la costa norte de la provincia de Oriente, a la altura de la bahía homónima, entre los meridianos de $75^{\circ}40'$ y 77° ; y 4) La cuenca de Guantánamo, sobre la costa sur de la provincia de Oriente (entre los 75° y 76° de longitud) y cuyo nombre proviene de la bahía homónima; el límite oriental de esta cuenca, no definido por los estudios geofísicos por no haberse realizado observaciones, lo constituyen los afloramientos de rocas metamórficas Mesozoicas presentes en el extremo oriental de dicha provincia. Cabe agregar, para una mayor comprensión de la figura magnética en esta región, que el relevamiento aeromagnético de la zona comprendida entre los meridianos de 75° y 76° fue realizado con una altura de vuelo de 760 m (2.500 pies) sobre el nivel del mar, mientras que el resto de los estudios recopilados en el mapa fueron efectuados con una altura de vuelo de 456 m (1.500 pies). De ahí la mayor regularidad de las isómalas presentes en esa región.

4-1. EL ESQUEMA ESTRUCTURAL DE LA ISLA. DESCRIPCIÓN GENERAL

La característica más notable que se desprende del estudio del mapa representativo del esquema estructural de la isla de Cuba (fig. 3) es la estrecha vinculación que existe entre los rasgos estructurales predominantes y su morfología actual. En líneas generales puede afirmarse que la parte meridional de la isla es un gran alto estructural, en donde se presenta un relativamente pobre desarrollo de formaciones sedimentarias aptas para la acumulación de hidrocarburos. En efecto, de la observación del esquema se desprende la presencia de una serie de bloques estructuralmente elevados, de considerable extensión areal, que se disponen en el conjunto en forma prácticamente paralela al eje geográfico de la isla. Estos enormes bloques presentan desniveles relativos entre sí y están separados por zonas de depresión que se orientan con direcciones transversales al eje de la isla. En estas depresiones se presentan importantes desarrollos sedimentarios, tal como se verifica en la Cuenca de Cauto-Guacanayabo, en la Cuenca Central y probablemente en el área de depresión correspondiente al mínimo de Cochinos. En toda esta área meridional del país los sedimentos predominantes de edad Cretácica, ya sea aflorantes o atravesados por sondeos profundos, son del tipo tobáceo; este tipo de sedimento se presenta también en la parte oriental del país, en niveles del Terciario Inferior.

Esta área, estructuralmente elevada, del sur de la isla, está limitada, por el norte, por una larga zona de depresión que se extiende a lo largo de casi todo el país, y cuya característica más destacada consiste en que están ausentes en ella los sedimentos tobáceos, predominando en cambio las formaciones del tipo carbonatado. Esta zona de depresión septentrional se presenta bajo dos aspectos bien diferentes:

a) Al occidente de la bahía de Cár-

denas ($\sim 81^\circ$) es estrecha, estando limitada a su vez hacia el norte por el anticlinal Habana-Matanzas, de edad Cretácica, y el anticlinorium de Pinar del Río, constituido por formaciones Cretácico-Jurásicas, con fuertes signos de metamorfismo. Forma parte de esta depresión norte la cuenca Terciaria de Pinar del Río y el sinclinal que se define entre los anticlinales geológicos de Habana-Matanzas y Madruga-Bejucal.

b) Al oriente de bahía de Cárdenas y a lo largo de la costa norte de la isla, hasta Puerto Padre (long. $76^\circ 30'$) esta zona de depresión se presenta con un ancho mayor y con un neto y abundante desarrollo de formaciones carbonatadas. Su extensión hacia el norte no se conoce; muchos autores sostienen la hipótesis de que todo este sector de gran desarrollo de rocas carbonatadas tiene similitud con las formaciones del mismo tipo y edad encontradas en algunas zonas productoras del golfo de México.

Por el sur la zona estructuralmente elevada de la parte meridional de la isla está aparentemente limitada por una zona de depresión que se extendería desde el extremo oriental de la isla de Pinos ($82^\circ 30'$) hasta aproximadamente el cayo Algodón Grande ($78^\circ 40'$). Esta depresión se define dentro del área marina que se extiende desde la costa sur de la isla de Cuba hasta los ordenamientos de cayos, conocidos con los nombres de Banco Jardines y Jardines de la Reina, que coinciden con la zona de profundización de la plataforma submarina. Los datos que permiten esbozar la hipótesis de la existencia de esta área de mínima no son del todo concluyentes, pero la probabilidad de su existencia se ve reforzada por la columna sedimentaria encontrada en el pozo Tortugas Shoal 1.

Hacia el sur esta zona de depresión está limitada por el alto estructural que se define en concordancia areal con la cadena de cayos que, como se dijo,

coinciden con la zona de profundización de la plataforma submarina.

4-2. LA ZONA ESTRUCTURALMENTE ELEVADA DEL SUR DE LA ISLA DE CUBA

Está formada por la sucesión de altos estructurales que se alinean en la parte austral de la isla, los que han sido integrados en cuatro unidades estructurales primarias.

1) *El alto estructural del sudoeste de la isla.* — Se extiende desde aproximadamente los $81^{\circ} 30'$ hasta los $83^{\circ} 40'$, abarcando la parte sur de las provincias de Pinar del Río, Habana y Matanzas, el sur y oeste de Las Villas y gran parte de la plataforma submarina comprendida entre la costa sur y la isla de Pinos. Está definido fundamentalmente por los ejes de máxima gravimétrica de Guanabacoa-Batabanó y Zapata-Bolondrón, y por el anticlinal geológico Madruga-Bejucal, entre los que queda comprendida una zona de depresión menor, denominada Mínimo de la Broa. Su configuración estructural está, pues, basada principalmente en datos gravimétricos y geológicos de superficie, corroborados en gran parte por los estudios aeromagnéticos y los datos aportados por los escasos pozos perforados en ella. La presencia del área de depresión del Mínimo de la Broa está confirmada por los estudios sismológicos realizados en el área marina adyacente al mismo.

La característica tectónica más conspicua de toda la unidad la constituyen los ordenamientos paralelos y transversales al eje de la isla. El más notable de ellos es, sin duda, el que se presenta a la altura de los pozos Guanabacoa, donde los altos gravimagnéticos tienen una orientación NO-SE, transversales al eje de mínima que define la Depresión Estructural del Norte. El comportamiento de estos ejes es similar al de los ejes gravimagnéticos definidos en la península de la Florida, EE. UU.

La presencia del alto estructural en coincidencia con los ejes gravimagnéticos de Guanabacoa está confirmada por los datos aportados por los pozos Rojas N^o 1 y Guanabacoa N^o 1A. Es ésta probablemente la posición más alta de la unidad; hacia el Este de la misma se presenta un mayor desarrollo sedimentario, tal como lo evidencian los pozos Guira N^o 2 y Siboney N^o 1.

Dado los escasos datos geofísicos-geológicos disponibles en esta unidad, no se puede establecer el tipo de estructura menor predominante. En el área de afloramientos que define el anticlinal de Madruga-Bejucal, de rumbo prácticamente Este-Oeste, son numerosas las fracturas, presentándose frecuentes afloramientos de cuerpos de serpentina a lo largo de su recorrido.

2) *El alto estructural del centro-oeste de la isla.* — Está comprendido aproximadamente entre los $79^{\circ} 30'$ y $81^{\circ} 00'$ de longitud. Abarca la mayor parte de la provincia de Las Villas y la parte oriental de la provincia de Matanzas. Está definido por los máximos gravimétricos de Jagüey y Rodas, por el alto geológico constituido por los afloramientos cretácicos e ígneos del norte de la ciudad de Santa Clara, y por el complejo de rocas metamórficas, Jurásicas y de granodioritas que constituyen las sierras del Escambray. Los elementos que definen esta unidad estructural circundan a la zona de depresión secundaria definida por el mínimo gravimétrico de Mercedes.

Uno de los rasgos más destacados de esta unidad lo constituyen, sin duda, los afloramientos cretácicos e ígneos que con rumbo paralelo al eje de la isla se presentan al norte de la ciudad de Santa Clara. Dentro de esta área, tectónicamente compleja, predominan los pliegues estrechos y fallas producidos por mantos de corrimiento originados por empujes provenientes del sur. La falla más importante de ellas, por su extensión y magnitud, es la denominada "Las Villas". Otro rasgo estruc-

tural importante lo constituye el afloramiento de rocas metamórficas y granodiorita del norte de la localidad de Trinidad. El contacto entre estos dos complejos está definido por la falla de corrimiento de Trinidad, que parece haber transportado el complejo metamórfico desde el sur hasta su posición actual. Este sector es, sin lugar a dudas, el más alto de la unidad estructural aquí estudiada y constituye uno de los afloramientos de rocas más antiguo conocido en la isla. En la parte occidental de esta unidad se presenta un mayor desarrollo de sedimentos Terciarios-Cretácicos, como bien lo evidencian los pozos Criollo N° 1, y Mercedes N° 1. Este último, ubicado sobre un flanco del mínimo gravimétrico homónimo hace suponer que en conjunción con este mínimo existe un buen desarrollo sedimentario.

En la zona de afloramientos cretácicos e ígneos del norte de la ciudad de Santa Clara se reportan plegamientos empinados y sistemas complejos de fracturas. En la sierra de Trinidad o del Escambray se presenta también un panorama complejo. En el resto de la unidad los estudios realizados no permiten arribar a datos que definan el tipo de estructura menor presente.

Separando las dos unidades estructurales hasta aquí definidas se encuentra el área de depresión transversal, coincidente con la bahía de Cochinos.

3) *El alto estructural del centro-este de la isla.*— Este alto estructural se define entre los $76^{\circ} 00'$ y $79^{\circ} 00'$ de longitud aproximadamente, abarcando la mayor parte de la provincia de Camagüey y el este y norte de la provincia de Oriente. Esta unidad estructural está constituida fundamentalmente por los máximos gravimagnetométricos de Ciego de Avila-Florida, de Júcaro, de Santa Cruz y Jobabo, como así también por el complejo de rocas cretácicas e ígneas denominadas Auras Belt, que se extiende desde el noroeste de la ciu-

dad de Camagüey hasta el norte de la bahía de Banes. El cuadro aeromagnético define perfectamente la presencia de la unidad y permite aseverar que estaría unida a través del máximo de Santa Cruz con el alto estructural de Jardines de la Reina.

La posición estructural más alta de esta unidad está posiblemente en coincidencia con el eje gravimagnetométrico de Ciego de Avila-Florida, donde afloran rocas ígneas ácidas, como así también en coincidencia con los afloramientos cretácicos y de rocas ígneas del mismo tipo, que se presentan a lo largo de la carretera que une la ciudad de Camagüey con la de Victoria de las Tunas. Además se presenta otra zona positiva sobre la costa sur, en conjunción con el máximo de Júcaro, donde los pozos Vertientes N° 1 y N° 2 y el Júcaro N° 1 acusaron la presencia de granito a profundidad somera, luego de atravesar una delgada sección terciaria. Al sur del pozo Vertientes N° 3 es posible que se presente un mayor desarrollo sedimentario, dados los resultados arrojados por los estudios gravimagnetométricos.

El área correspondiente al Auras Belt es estructuralmente muy compleja, presentándose buzamientos muy empinados y fallamientos intensos. Otros autores han postulado que todo este complejo es un manto que se ha sobreescudido sobre un complejo carbonatado inferior, llamado Catuco, en virtud de empujes provenientes del sur. La única evidencia en profundidad de la presencia de este manto es la aportada por el pozo Recreo N° 1, que pasó de serpentinas y rocas ígneas a calizas.

Un rasgo tectónico digno de mención dentro de esta unidad es el paralelismo de los ejes positivos de Júcaro y Ciego de Avila con el eje longitudinal de la isla, como así también sus orientaciones transversales al eje de mínima gravimagnetométrica que define la depresión de la cuenca central. Esta depresión, como se sabe, presenta un buen

desarrollo sedimentario y separa esta unidad de la definida en el apartado anterior.

4) *El alto estructural del sudeste de la isla.*— Esta unidad abarca la parte sur y este de la provincia de Oriente, con excepción del área correspondiente a la cuenca de Guantánamo. Está definida con claridad por la figura aeromagnética, por los máximos gravimétricos de Sierra Maestra-Lewiston, por los afloramientos de rocas Cenozoicas, Mesozoicas e ígneas que constituyen la Sierra Maestra y la sucesión de sierras que se presentan al sur y este de la bahía de Nipe (sierras de Cristal, Nipe, La Vela y Purial), y por los afloramientos de rocas Jurásicas metamórficas del extremo este de la provincia. El máximo de Lewiston, definido por gravimagnetometría, permite esbozar la hipótesis que la unidad estructural aquí estudiada estaría vinculada con la del centro-este a través de un corredor elevado, de rumbo aproximadamente paralelo al eje de la isla, aparentemente más bajo que las unidades que vincula. El área de depresión que con rumbo transversal a dicho eje separa a estas unidades estructurales estaría dividida de este modo en dos depresiones independientes, las que corresponderían a las cuencas sedimentarias de Cauto Guacanayabo y de Nipe, respectivamente. Este fenómeno puede visualizarse perfectamente en el plano de compilación aeromagnético.

El área más elevada de esta unidad estructural se presenta en la parte oriental de la misma, donde están aflorantes las rocas metamórficas atribuidas al Jurásico. Este afloramiento, juntamente con las rocas metamórficas del Escambray y las formaciones Jurásicas aflorantes en Pinar del Río, constituyen las rocas aflorantes de edad más antigua que se conocen en la isla.

Comprendida entre todos los elementos que concurren a definir esta unidad estructural se encuentra la cuenca de Guantánamo, cuyo desarrollo sedi-

mentario ha sido comprobado por los pozos perforados en ella, tales como el Eugenia 23 N° 1 y Los Chivos N° 1. Dentro de esta cuenca se presentan anticlinales de superficie de orientación general este-oeste, algunos de los cuales han sido estudiados mediante sondeos profundos.

El desarrollo sedimentario presente en la parte oriental del máximo de Lewiston está indicado por los datos del sondeo Quadreny N° 1, el que a su vez verifica la posición alta de esta área en relación con las cuencas sedimentarias de Nipe, Cauto-Guacanayabo y Guantánamo, respectivamente.

4.3. LAS AREAS DE DEPRESION TRANSVERSALES

Las unidades estructurales que hemos definido anteriormente (capítulo 4-2), están separadas por tres áreas de depresión con orientaciones transversales al eje de la isla y que enumeradas de oeste a este son:

1) *La depresión de la bahía de Cochinos.*— Esta área de depresión, de rumbo prácticamente norte-sur, presenta una concordancia areal notable con la bahía de Cochinos. Su configuración está exclusivamente basada en datos gravimétricos. Si bien éstos son el resultado de un estudio muy general, se puede concluir que definen la presencia de un área de depresión, siendo notable, a ambos lados de la misma, el cambio brusco en el rumbo de las isonómalas. Esta área de mínima gravimétrica ha sido interpretada como un grabben tectónico, cuyas fallas, también de rumbo prácticamente norte-sur, están definidas hasta las inmediaciones de la localidad de Pedro Betancourt.

El desarrollo sedimentario en esta zona es probablemente mayor que el existente en las áreas vecinas de las unidades estructurales adyacentes.

Si bien el cuadro aeromagnético no corrobora fehacientemente la hipótesis

de la existencia del área de depresión norte-sur, tampoco la excluye.

2) *La depresión de la cuenca central.* — Esta área de depresión es el elemento intermedio entre los altos estructurales del centro oeste y centro este de la isla, de los cuales está separada por las fallas conocidas con los nombres de Zazá y La Trocha, respectivamente. A lo largo de estas fallas parece haberse operado un desplazamiento horizontal relativo, quedando los bloques elevados colindantes desplazados hacia el norte con respecto al área de la cuenca central.

La presencia de esta depresión está muy bien definida por los estudios gravimagnéticos y sísmicos; la interpretación de los resultados de estos estudios ha permitido definir la existencia de las fallas antes mencionadas. El rasgo estructural más importante de esta área lo constituye su orientación NE-SO, transversal a la de los ordenamientos estructurales adyacentes. Su desarrollo sedimentario está corroborado por los numerosos pozos perforados en ella, los que han permitido definir una falla de rumbo NE-SO, que dentro de la cuenca separa dos áreas de diferentes grosores sedimentarios, de las cuales la occidental es la más profunda.

En la cuenca se presentan estructuras menores del tipo anticlinal, generalmente afectadas por fracturas, así como también acunamientos de la sección sedimentaria en sus zonas marginales.

La cuenca presenta un mayor desarrollo de sedimentos terciarios hacia el suroeste, tal como lo evidencian los resultados obtenidos de los sondeos Sancti Spiritus N° 1 y N° 2. De acuerdo a los datos que hasta el presente se poseen, esta área de depresión estaría abierta hacia el sur, estando vinculada con la zona de depresión austral. Hacia el norte la información que se posee es insuficiente para precisar la existencia de su límite septentrional. Los estudios aeromagnéticos han definido la existencia de un eje positivo suave,

que con rumbo prácticamente paralelo al eje de la isla parecería vincular los cuerpos ígneos aflorantes del noroeste de la ciudad de Camagüey con los del este de la ciudad de Santa Clara. Sin embargo, es posible suponer la existencia de un eje magnético positivo más intenso que el anterior, el que no ha sido definido a causa de que los estudios aeromagnéticos no se han extendido más hacia el norte. De verificarse esta situación, podría postularse la presencia de rocas ígneas por debajo de la superficie, continuando la orientación definida por los cuerpos ígneos ya mencionados.

3) *La depresión de Cauto-Guacanayabo-Nipe.* — Esta área de depresión se para a los altos estructurales del centro este y del sudeste de la isla. Está constituida por dos depresiones secundarias: la de la cuenca sedimentaria de Cauto-Guacanayabo al sudoeste, y la de la cuenca de Nipe al noreste. Entre ambas, según ya se ha visto, se interpone el corredor positivo que vincula a las unidades estructuralmente altas colindantes con estas depresiones. Estos hechos están perfectamente definidos por el cuadro aeromagnético presente en la zona y corroborado ampliamente por los estudios gravimétricos y sísmicos.

La depresión de Cauto Guacanayabo está separada, hacia el sur y este, del alto estructural del sudeste de la isla por un sistema de falla de rumbo NE-SO y N-S, respectivamente. La presencia de este sistema de fracturas está perfectamente definida por los estudios gravimétricos y sísmicos.

El rasgo tectónico más destacado en esta área de depresión lo constituye su rumbo transversal al eje de la isla, como así también la existencia de una silla tectónica que la divide en dos.

El desarrollo sedimentario, presente en ambas depresiones, está perfectamente documentado por los pozos profundos perforados en ellas, los que también permiten decir que, de ambas, la de

Cauto-Guacanayabo presenta un mayor desarrollo sedimentario. La parte más profunda de esta cuenca estaría en las inmediaciones del pozo Embarcadero N^o 1. Los cuadros aeromagnéticos y sísmicos permiten sostener la hipótesis de que no existe desvinculación entre los desarrollos sedimentarios de la cuenca de Cauto-Guacanayabo y del mínimo de Francisco.

Las estructuras prevalecientes en la cuenca de Cauto-Guacanayabo son anticlinales fallados, de rumbo predominantemente NE-SO, presentándose también una fuerte convergencia en las formaciones de los sectores marginales de la cuenca. Ya se ha visto que el cuadro aeromagnético define la existencia de una zona estructuralmente elevada, que vinculando el alto estructural del centro-este con el máximo Jardines de la Reina, separaría la cuenca de Cauto Guacanayabo del área de depresión longitudinal sur.

El área de depresión coincidente con la cuenca de Nipe es de menor desarrollo sedimentario que la anterior y presenta su máxima profundidad en las inmediaciones del pozo Baguanos N^o 1. La presencia de esta cuenca está perfectamente definida por el cuadro aeromagnético y por los resultados de los estudios sísmicos realizados. Dentro de ella la estructura menor predominante es la del tipo anticlinal fallado, de rumbo general este-oeste.

4.4. LAS AREAS DE DEPRESION LONGITUDINALES

Ya se ha definido la existencia de dos áreas de depresión longitudinales que limitan por el norte y sur a las unidades estructurales elevadas del sur de la isla. A continuación se hará una breve descripción de las características más notables de las mismas.

1) *El área de depresión longitudinal norte.*— Esta área de depresión longitudinal se extiende a lo largo de casi toda la isla, y, como ya se ha visto, se

presenta bajo dos características bien diferentes:

a) Al occidente de la bahía de Cárdenas (81° 15'), es angosta y se la puede definir hacia el oeste hasta las inmediaciones de la ciudad de Pinar del Río. Por el norte esta área de depresión está a su vez limitada por el alto estructural del noroeste de la isla (capítulo 4-5), mientras que por el sur, como ya se ha visto, está limitada por el alto estructural del sudoeste.

La presencia de esta área de depresión está perfectamente determinada por los estudios gravimagnetométricos y comprobada por los estudios sísmológicos y los pozos perforados en ella. Estos permiten definir su comportamiento y su desarrollo sedimentario.

La zona occidental de esta depresión es conocida como la cuenca Terciaria de Pinar del Río y su área de mayor desarrollo de sedimentos terciarios se extiende desde la localidad de Artemisa hasta las inmediaciones de los sondeos Palacios N^o 1 y Baños N^o 1. La cuenca de Pinar del Río está separada de los afloramientos Mesozoicos del noroeste de esta provincia por la falla homónima, perfectamente definida por los datos geológicos y geofísicos. Los estudios sísmicos realizados dentro de la cuenca han permitido definir un sistema de bloques paralelos a los de la falla de Pinar del Río, como así también la notable convergencia de los sedimentos del Terciario inferior y Cretácico con las formaciones más recientes, tanto hacia el borde norte como hacia el borde sur de la cuenca.

El carácter tectónico más sobresaliente del conjunto lo constituye la perpendicularidad con el eje de la cuenca de los trenes estructurales definidos por los máximos de Guanabacoa y Bolondrón. Otra característica notable que debe ser destacada es la ausencia de formaciones tobáceas en toda el área de esta depresión, hecho que contrasta con la predominancia neta de este tipo de sedimentos en las unidades que constituyen

la zona estructuralmente elevada del sur de la isla (capítulo 4-2) y en las áreas de depresión transversales (capítulo 4-3).

b) Al oriente de la bahía de Cárdenas, y a lo largo de la costa norte de la isla hasta Puerto Padre, la zona de depresión se presenta con un ancho mayor. Su límite sur está constituido por los altos estructurales de centro oeste y centro este de la isla. Hacia el norte su límite no se puede precisar.

Contribuyen a definir esta área los estudios gravimétricos, magnetométricos, sísmicos y geológicos de superficie, como así también los pozos perforados en ella. Éstos permiten establecer su comportamiento y su desarrollo sedimentario, definiéndose así una de las características más importantes de esta unidad: la preponderancia de las rocas carbonatadas en las formaciones del Cenozoico y del Mesozoico. Los estudios geofísicos han permitido definir trenes estructurales con rumbo marcadamente paralelo al eje de la isla. Éstos corresponden a anticlinales fallados de flancos amplios, tales como los existentes en el área de cayo Coco y cayo Francés, y anticlinales estrechos como los presentes en la bahía de Cárdenas. La gran extensión areal de los anticlinales nombrados en primer término distinguen a esta área dentro del panorama general. Son frecuentes, además, las zonas de fracturas, que en algunos casos han sido reportadas por los pozos profundos, perforados en busca de hidrocarburos. Además debe agregarse que en el área comprendida entre Punta Alegre (78° 50') y Cunagua (78° 20'), se ha determinado la presencia de dos cuerpos salinos; el método gravimétrico ha permitido definir con exactitud la ubicación de estos domos. Las características fisiográficas de esa zona hacen suponer la existencia de otras intrusiones salinas, lo que daría a esta área una característica particular.

A lo largo de toda esta depresión no se ha reportado la presencia de tobas,

y, como ya se dijo, predominan netamente las formaciones del tipo carbonatado. La presencia de dolomitas porosas del Neocomiano-Portlandiano le otorgan al área otra particularidad, que puede ser de interés para la industria petrolera.

2) *El área de depresión longitudinal sur.* — Los altos estructurales del sudoeste, centro-oeste y la parte occidental del centro-este están limitados al sur por una zona de depresión de rumbo paralelo al eje geográfico de la isla, que se extiende desde el oriente de la isla de Pinos hasta el cayo Algodón Grande (78° 40' de long.). Esta zona de depresión se define dentro del ambiente marino de la plataforma meridional, constituyendo su límite sur el alto estructural que se presenta a lo largo de la cadena de cayos que coincide con la zona de profundización de la plataforma submarina. La presencia de esta área de depresión está esbozada por el estudio gravimétrico, aunque de por sí estos datos no son concluyentes, dado el escaso número de observaciones con que fue realizado. Sin embargo, la posibilidad de su existencia está reforzada por los estudios sísmicos marinos realizados en la cuenca de Vertientes y por los resultados obtenidos en el pozo Tortugas Shoal N° 1. Los estudios sísmicos marinos realizados al sur de la península de Zapata indicaron un relativo espesor sedimentario y un relieve muy suave.

Los estudios aeromagnéticos realizados en el área de Vertientes y del golfo de Guacanayabo, tal como ya se ha expresado, permiten definir una zona elevada al sur y oeste del pozo Santa Cruz N° 1. Este alto separaría el área de depresión longitudinal sur de la de Cauto Guacanayabo.

Hacia el occidente de la unidad, en la isla de Pinos, los estudios geológicos muestran la presencia de rocas metamórficas en superficie, atribuidas por algunos autores al Mesozoico, las que en la parte central de la isla tienen un

76° 75°

ISLA DE CUBA ESQUEMA ESTRUCTURAL














ESCALA 1:1.000.000

AÑO 1961

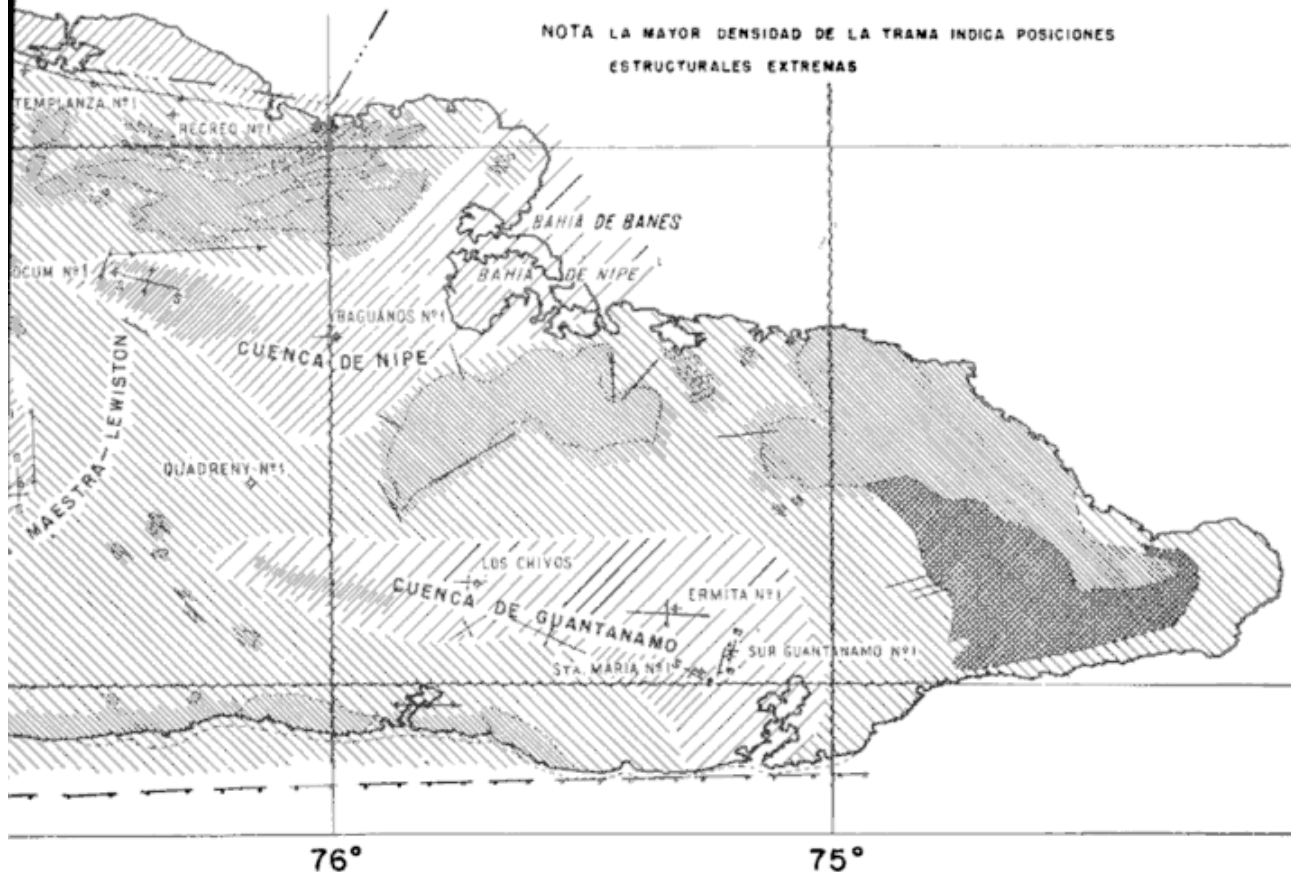
FIGURA N° 3

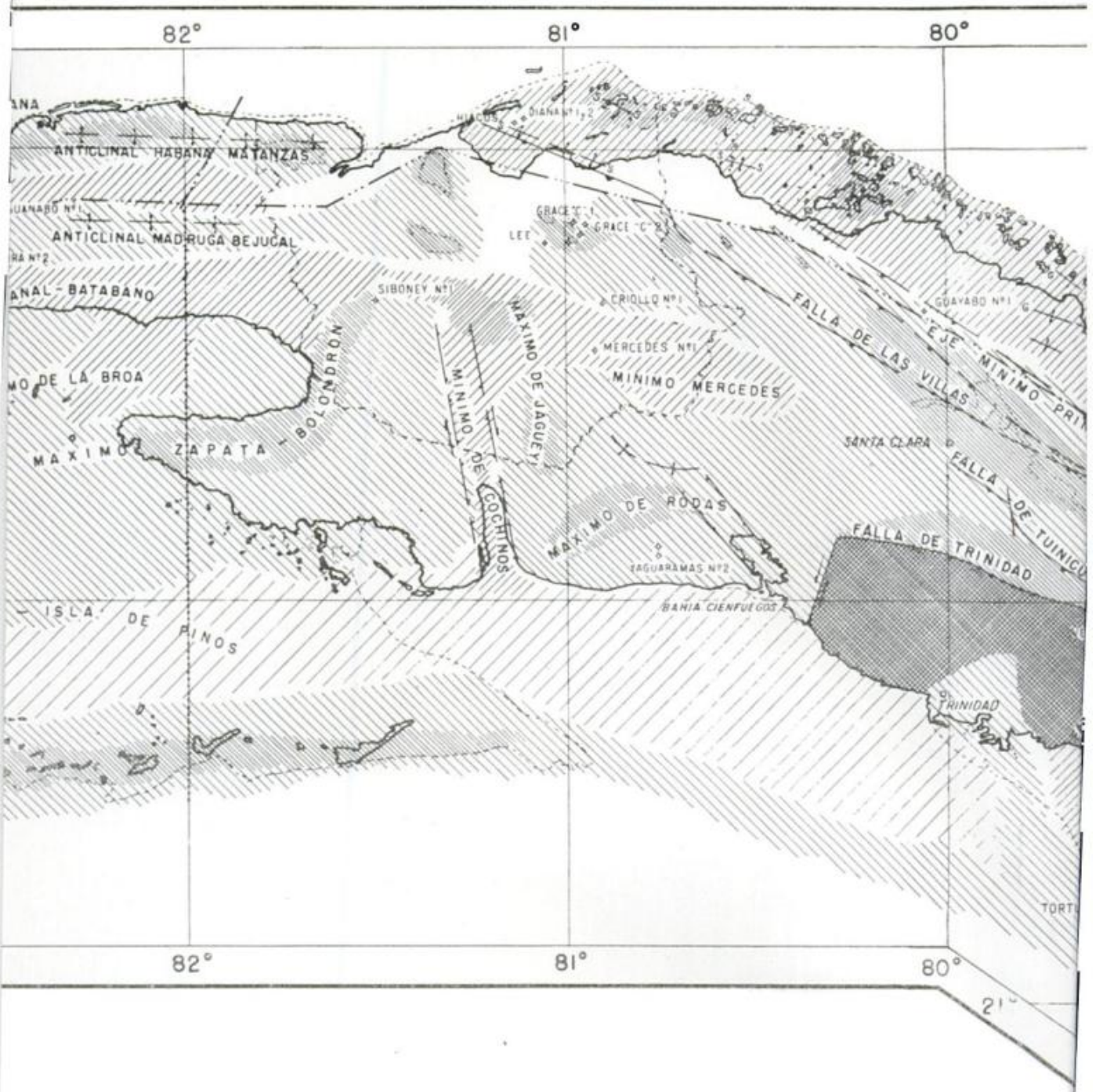
Preparó { Ing. Daniel A. Valencio
Ing. Hector Gatti
Ing. Raul Mera

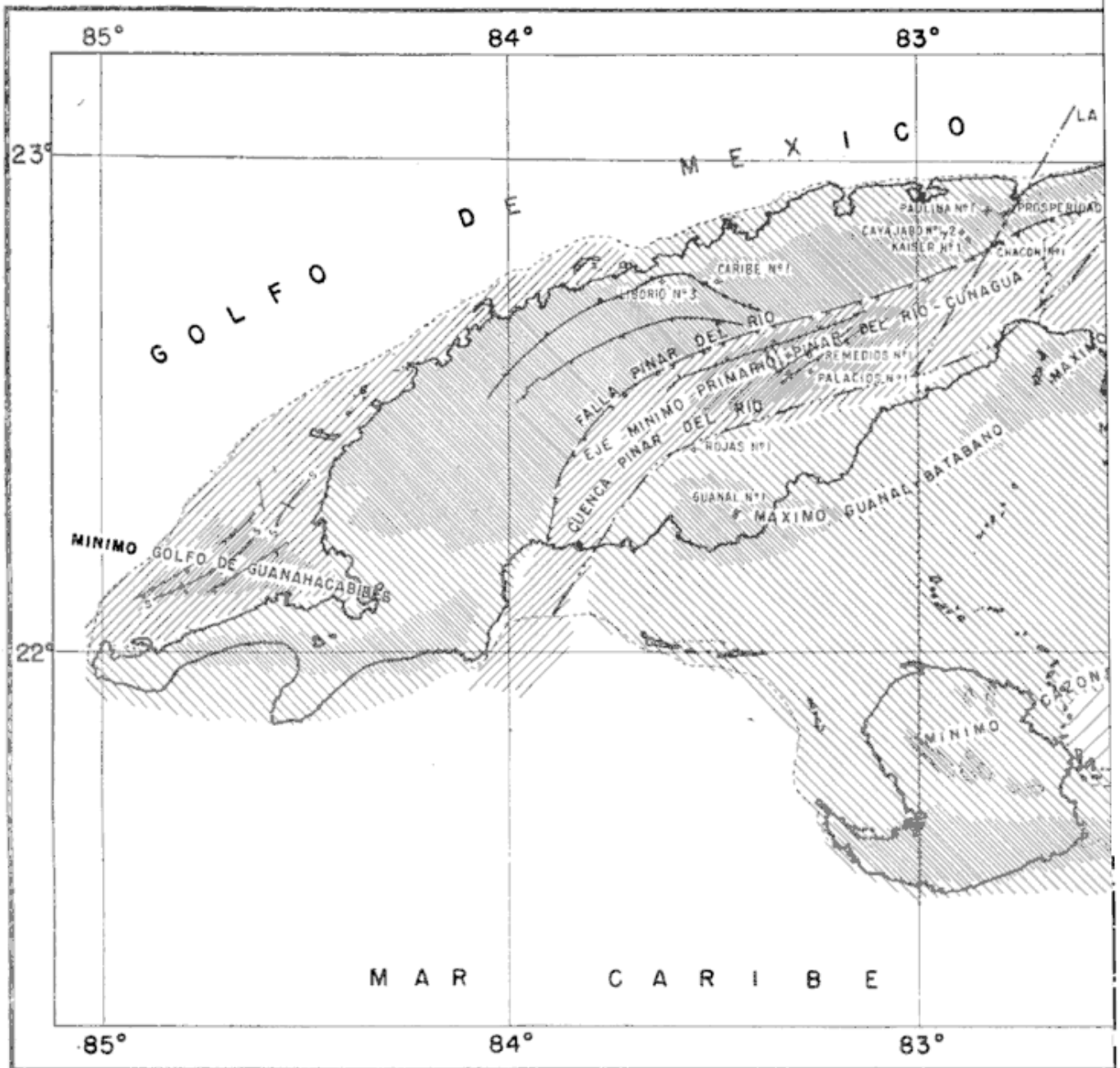
REFERENCIAS

-  AREA DE MINIMO ESTRUCTURAL
-  AREA DE MAXIMO ESTRUCTURAL
-  AFLORAMIENTO DE ROCAS METAMORFICAS DEL MESOZOICO
-  DOMOS DE SAL
-  EJE DE MAXIMO GRAVIMETRICO
-  EJE DE MAXIMO MAGNETICO
-  EJE DE MAXIMO SISMICO
-  EJE DE MAXIMO GEOLOGICO
-  FALLA CON DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL
-  FALLA DE RECHAZO INDEFINIDO
-  FALLA DE RECHAZO DEFINIDO
-  FALLA DE EMPUJE HORIZONTAL
-  LINEA DE CONTACTO TECTONICO
-  LINEA DE PROFUNDIDAD DE AGUA DE 200 M.
-  PREDOMINANCIA DE FORMACIONES TOBACEAS EN EL CRETACICO
-  PREDOMINANCIA DE FORMACIONES TOBACEAS EN EL TERCARIO INFERIOR Y CRETACICO
-  PREDOMINANCIA DE FORMACIONES NO TOBACEAS PREFERENTEMENTE CARBONATADAS
-  POZOS PROFUNDOS

NOTA LA MAYOR DENSIDAD DE LA TRAMA INDICA POSICIONES ESTRUCTURALES EXTREMAS







rumbo NO-SE. El resto de esta isla está cubierto por sedimentos del Pleistoceno a Terciario y no se tienen mayores datos respecto a su probable desarrollo sedimentario. Los estudios gravimétricos definen en la mitad norte de la isla un área de mínima, teniendo en cuenta estos escasos datos geológicos y gravimétricos se ubicó la parte oriental de la isla de Pinos como integrante del área de depresión longitudinal sur.

4.5. EL ALTO ESTRUCTURAL DEL NOROESTE

Este alto estructural que se define en el sector noroeste de la isla de Cuba, se extiende desde la bahía de Cárdenas por el este, hasta el golfo de Guanahacabibes por el oeste. Su presencia está perfectamente bosquejada por el anticlinal geológico de Habana-Matanzas y por el cuerpo aflorante de rocas Cretácicas y Jurásicas con signos de metamorfismo que se presentan en el anticlinorium del noroeste de la provincia de Pinar del Río. Los estudios gravimétricos, aeromagnéticos y sísmicos corroboran la presencia de este alto estructural.

En la provincia de Pinar del Río, la unidad está separada por el sur del área de depresión longitudinal norte, por la falla de Pinar del Río. En rasgos generales la unidad es compleja, predominando los buzamientos fuertes en los estratos y siendo numerosas las fracturas; los ordenamientos estructurales principales son paralelos al eje de la isla.

En la provincia de Pinar del Río el Jurásico está constituido por la formación denominada San Cayetano que se presenta con fuertes plegamientos. Sobre esta formación descansa discordantemente la formación Viñales del Cretácico Inferior. En la zona comprendida entre los pozos Prosperidad N^o 1 y N^o 2, y el Caribe N^o 1 son numerosos los cuerpos ígneos y serpentinas, los que en conjunto se ordenan

más o menos, paralelamente al eje de la isla.

Los numerosos pozos perforados a lo largo de toda la unidad han corroborado la complejidad estructural de la misma. Han verificado además su desarrollo sedimentario y la presencia de manifestaciones de hidrocarburos. Al sur de la bahía Honda (long. 83°15'), se presentan localmente afloramientos de cretácico volcánico y tobas que constituyen la única expresión de este material en toda la unidad.

La hipótesis prevaleciente es que las formaciones cretácicas se profundizan hacia el norte y noroeste. Esto permitió suponer la existencia de un buen desarrollo de rocas del tipo carbonatadas en el área del golfo de Guanahacabibes. Los estudios sísmicos marinos realizados en dicho golfo corroboraron la presencia de horizontes reflectores e indicaron un eje estructural positivo de rumbo NE-SO.

5.1. CONCLUSIONES GENERALES

De los rasgos estructurales que se acaban de bosquejar pueden resumirse las siguientes conclusiones generales:

1) En algunas zonas de la isla de Cuba hay claros indicios de la acción de los mantos de corrimientos. Estos, asociados a la presencia de numerosas fallas de corte y transcurrentes producen un panorama estructural muy complicado.

2) Toda la parte sur de la isla se presenta como un alto estructural constituido por cuatro unidades independientes, las que están separadas entre sí por tres áreas e depresión transversales al eje de la isla.

3) Estas tres áreas de depresión transversales se presentan con un buen desarrollo sedimentario, y están separadas por lo general de los altos estructurales colindantes por zonas de fracturas.

4) En los extremos orientales de los altos estructurales del centro oeste y del sudeste de la isla se presentan aflora-

mientos metamórficos de edad Mesozoica, los que constituyen conjuntamente con los afloramientos Jurásicos del norte de la provincia de Pinar del Río, las manifestaciones de rocas más antiguas de la isla.

5) A lo largo de toda la zona estructuralmente elevada del sur de la isla, como así también en las tres áreas de depresión transversales predominan las formaciones del tipo tobáceo para los niveles del Cretácico. En los altos estructurales del centro este, y sudeste, y en la depresión de Cauto-Guacanayabo-Nipe, las tobas se presentan también en niveles del Terciario Inferior.

6) Los altos del sudoeste y centro-oeste tienen sus posiciones estructurales más altas en sus extremos occidental y oriental respectivamente, mientras que en sus sectores adyacentes a la depresión de bahía de Cochinos, presentan un mayor desarrollo sedimentario. Esto indicaría una pendiente regional este en el alto estructural del sudoeste, y una pendiente regional oeste en la unidad del centro oeste; se define así una zona de depresión en las inmediaciones de la bahía de Cochinos. Esta zona de depresión coincide en líneas generales con los sectores de supresión de la plataforma submarina en la costa norte y sur de la isla, entre los límites fijados por dos líneas imaginarias: una que una la costa occidental de la bahía de Cárdenas con la bahía de Cienfuegos, y la otra que siendo tangente a la costa sur de la península de Zapata pasase por la bahía Honda (long. $83^{\circ}15'$ aproximadamente). Entre ambas líneas hipotéticas, al sur de la isla se reportan profundidades máximas del orden de los 3.000 metros. Se concluye pues, que es notable la coincidencia entre esta área de profundización marina con la zona de probable buen desarrollo sedimentario de la depresión de la bahía de Cochinos y sus áreas circundantes.

7) El área de depresión longitudinal norte se presenta con características tectónicas más tranquilas predominando

en ella los sedimentos del tipo carbonatado. En esta área de depresión se presenta el único lugar de la isla donde se ha comprobado la existencia de domos salinos.

8) El alto estructural del noroeste es típico por los afloramientos de formaciones Mesozoicas fuertemente plegadas con signos de metamorfismo y por su complejidad tectónica.

9) El área de depresión sur es una de las unidades menos conocida dado los pocos estudios realizados allí. Sin embargo la presencia de sedimentos en su parte oriental está verificada.

Han colaborado con el suscripto en la preparación de los mapas de recopilación gravimétrica y aeromagnética, y en la construcción del mapa estructural adjuntos, los ingenieros Héctor Gatti, Raúl Mera, Hermógenes Bustos y Daniel Gutiérrez. Asimismo los ingenieros Héctor Gatti y Raúl Mera han participado con el autor en la preparación de los informes originales en los que está basado el presente trabajo.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Elquins, T. (1951). *The second derivative method of gravity interpretation.* — *Geophysics*, vol. 16, nº 29.
- Heiskanen, W.; Veninig Meinesz, F. (1958). *The earth and its gravity field.*—McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Henderson, R.; Zietz, I. (1949). *The computation of second vertical derivatives of geomagnetic field.*—*Geophysics*, vol. 14, nº 4.
- Skeel, D. (1947). *Ambiguity in gravity interpretation.* — *Geophysics*, vol. 12, nº 43.
- Vacquier, V.; Steenland, N.; Henderson, R. (1951). *Interpretation of Aeromagnetic maps.* — *Geological Society of America*, Memoir 47.
- Valencio, D.; Gatti, H. y Mera, R. (1961). *Informe sobre el esquema tectónico estructural de la isla de Cuba.* — *Revista Científica de la Academia Nacional de Cuba*, volumen I.

Manuscrito recibido en febrero de 1963.

LAS PEGMATITAS DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA ESTRUCTURA INTERNA, MINERALOGIA Y GENESIS

POR AMILCAR O. HERRERA

Depto. de Ciencias Geológicas. Universidad de Buenos Aires

RESUMEN

El ambiente geológico del área pegmatítica estudiada es el característico de las Sierras Pampeanas. Su elemento fundamental es el Basamento Cristalino precámbrico constituido por rocas metamórficas —esquistos filíticos y micacíticos, cuarzosos, de grano fino— en gran parte inyectadas por material ígneo ácido e intruidas por cuerpos de composición granítica.

Por su composición zonal y mineralógica las pegmatitas de la zona estudiada pueden dividirse en dos tipos. Uno de ellos comprende los cuerpos ubicados en la porción occidental del área —Sierras de Ambato, Humaya, Gracián y Fariñango— y el otro, los que se encuentran en la parte oriental, en la Sierra de Ancasti.

Las pegmatitas del primer grupo son esencialmente tabulares con longitudes que varían entre 50 ó 60 y 150 metros y potencias medias de 2 a 8 m. Todos los cuerpos son zonales y el número de zonas varía entre tres y cinco en los distintos cuerpos. Se describen las características texturales y mineralógicas de las zonas. La secuencia de asociaciones mineralógicas presentes en las pegmatitas de la periferia al centro es la siguiente: plagioclasa-cuarzo-muscovita, plagioclasa-cuarzo, plagioclasa-cuarzo-microclino, microclino-cuarzo, cuarzo. No se observan unidades de reemplazo. Se describen unidades de relleno formadas principalmente por cuarzo, muscovita y microclino. Estas pegmatitas se explotan casi exclusivamente por muscovita que proviene en su mayor parte de las zonas externas.

Las pegmatitas de la Sierra de Ancasti son tabulares y tienen longitudes que en general exceden los 100 m y espesores medios de 6 a 9 m. La estructura zonal es más simple que en el grupo anterior. Casi todos los cuerpos sólo presentan, además de la zona marginal y el núcleo de cuarzo, una potente zona de microclino (80 %) y cuarzo que constituye alrededor del 70 % del volumen total. La pegmatita Reflejo del Mar, portadora de espodumeno, tiene una estructura más compleja, que se describe separadamente. Se describen las características texturales y mineralógicas de las zonas. La secuencia de las asociaciones mineralógicas para todo el grupo es la siguiente: plagioclasa-cuarzo-muscovita, plagioclasa-cuarzo-microclino, plagioclasa-cuarzo-espodumeno, microclino-cuarzo-espodumeno, microclino-cuarzo, cuarzo. En todos los cuerpos se encuentran unidades de reemplazo, localizadas casi siempre en las proximidades del núcleo, compuestas por albita (cleavelandita), muscovita y cuarzo. Estas unidades constituyen menos del 1 % del volumen total de las pegmatitas. Se describen también unidades de relleno. El berilo —casi único producto económico de estos cuerpos— se encuentra en su mayor parte en el contacto del núcleo con la zona de feldespato potásico y cuarzo y asociado generalmente con cuerpos de reemplazo de albita y muscovita.

Se discute el problema de la génesis y se concluye que las zonas se habrían originado por la cristalización fraccional de un líquido magmático inyectado en fracturas. Las unidades de reemplazo tendrían su origen en la acción de flúidos residuales provenientes del interior de los cuerpos. Se considera probable que el origen del berilo que se encuentra en los bordes del núcleo esté relacionado con las etapas finales de reemplazo.

Para los dos grupos de pegmatitas se dan tablas que muestran las cantidades relativas de los minerales principales que se formaron en los diferentes estadios del proceso genético. Se incluyen también tablas que muestran las asociaciones mineralógicas presentes en cada pegmatita.

ABSTRACT

The pegmatitic area studied belongs to the characteristic geologic setting of the Sierras Pampeanas. Its main constituent is the Precambrian Basement composed of metamorphic rocks—fine grained quartzose, phylitic and micaceous schists—a considerable part of which have been injected by acid igneous material and intruded by bodies of granitic composition.

Considering their composition and mineralogical zoning, the pegmatites of the area studied can be classified into two groups. One comprises those that lie in the western part of the area—Ambato, Humaya, Gracian and Fariñango mountains—and the other, those of the eastern side, in the sierra de Ancasti.

The pegmatites of the first group are essentially tabular, with lengths that vary between 50 or 60 and 150 meters, and widths of 2 to 8 meters. All are zoned and the number of zones varies between three and five in the different bodies. The textural and mineralogical Features of the zones are described. The sequence of mineralogical assemblages present in the pegmatites, from the periphery inwards, is the following: plagioclase-quartz-muscovite, plagioclase-quartz, plagioclase-quartz-microcline, microcline-quartz, quartz. No replacement units are observed. Fracture filling units composed mainly of quartz, muscovite and microcline, are described. These pegmatites are exploited almost entirely for muscovite, which is formed mainly in the external zones.

The pegmatites of the Sierra de Ancasti are tabular, and their lengths are generally greater than 100 meters, with average widths of 6 to 9 meters. The zonal structure is simpler than that of the previous group. Nearly all of the bodies only have—in addition to the border zone and the core of quartz—a thick zone composed of microcline (80%) and quartz that constitutes approximately 70% of their total volume. The spodumene bearing pegmatite—Reflejo del Mar—presents a more complex structure. The mineralogical and textural characteristics of the zones are described. The sequence of mineral assemblages for the group is the following: plagioclase-quartz-muscovite, plagioclase-quartz-microcline, plagioclase-quartz-spodumene, microcline-quartz-spodumene, microcline-quartz, quartz. Replacement units occurs in all the bodies, most of them localized near the core, and composed of albite (cleavelandite) muscovite and quartz. These units constitute less than 1% of the total volume of the pegmatites. Fracture filling units are also described. Beryl, practically the only product of economic importance in these bodies, is found mostly at the contact between the core and the potassium feldspar and quartz zone, and is generally associated with replacement bodies of albite and muscovite.

The problem of genesis is discussed and it is concluded that the zones originated through fractional crystallization of a magmatic liquid injected into fractures. The replacement units resulted from the action of residual fluids, which came from the interior of the bodies. The origin of the beryl formed near the border of the core is probably related to the final stages of replacement.

Tables are given for both group of pegmatites, which show the relative quantities of the principal minerals formed at the different stages of the genetic process. Tables are also included to show the mineralogical associations present in each pegmatite.

INTRODUCCION

El presente estudio forma parte de la serie de trabajos emprendidos por el autor con el objeto de determinar las características fundamentales—sobre todo en lo referente a estructura interna y génesis—de los principales distritos pegmatíticos del país. Tres de los trabajos integrantes de la serie han sido ya publicados, y otros dos se encuentran en la etapa de redacción; una referente a las pegmatitas de la provincia de La Rioja y otro a algunos aspectos

de la evolución geoquímica de las pegmatitas argentinas.

Como en los trabajos anteriores se examinó un número considerable de pegmatitas, de las cuales se seleccionaron algunas—25 en este caso—para ser estudiadas en más detalle. En la selección se tuvieron en cuenta esencialmente dos criterios: en primer lugar, que el grupo resultante fuera representativo de los cuerpos que afloran en la zona y, en segundo término, que los trabajos de exploración y explotación

efectuados permitieran examinar, aunque sea parcialmente, la estructura interna.

El único antecedente bibliográfico que se ha encontrado sobre las pegmatitas de la región es un trabajo de González Bonorino incluido en su descripción de la hoja geológica 14 f "Catamarca" (González Bonorino, 1951). En ese estudio su autor describe la estructura zonal de varias pegmatitas micacíferas ubicadas en los cordones centrales del área considerada en este trabajo, y se refiere también a su mineralogía y génesis.

GEOLOGIA GENERAL

Desde el punto de vista morfológico el área en que se encuentran las pegmatitas estudiadas (fig. 1) incluye parte del conjunto de cordones subparalelos de rumbo NNW que constituyen, en conjunto, la gran serranía con la misma orientación que limita por el oeste al dilatado bolsón de Pipanaco. El cordón más occidental, que constituye el límite del área de trabajo en esa dirección, es la Sierra de Ambato, y el más oriental la Sierra de Ancasti o del Alto. Los cordones centrales —Sierras de Gracián y de Fariñango— se extienden menos hacia el sur que los anteriormente mencionados y sus extremos meridionales se encuentran aproximadamente a la altura de la ciudad de Catamarca. Todas estas sierras están formadas por bloques limitados por fallas inversas, elevados y volcados hacia el este (González Bonorino, 1950).

El ambiente geológico es el característico de las Sierras Pampeanas. Su elemento fundamental es el Basamento Cristalino precámbrico constituido por rocas metamórficas y rocas intrusivas ácidas, cuya fracturación originó las montañas de bloques y en el cual están emplazadas las pegmatitas objeto de este trabajo. Las rocas metamórficas son esquistos filíticos y micacíticos, cuarzo-

osos, de grano fino, en gran parte inyectados por material ígneo ácido. La intensidad de la inyección varía desde venas aisladas de cuarzo, hasta la formación de migmatitas en las que el material ígneo predomina sobre el metamórfico (González Bonorino, 1950). Las rocas intrusivas ácidas —predominantemente granitos— se presentan en su mayor parte como cuerpos lenticulares delgados intercalados concordantemente en las rocas metamórficas.

En la parte oriental del área considerada —Sierra de Ancasti o del Alto— la migmatización es mucho menos intensa que en la parte occidental, siendo, en cambio, más abundantes los cuerpos graníticos.

LAS PEGMATITAS

Por su composición zonal y mineralógica las pegmatitas de la zona estudiada pueden dividirse en dos tipos bien diferenciados. Uno de ellos comprende todos los cuerpos pegmatíticos ubicados en la porción occidental del área de trabajo —es decir, en las Sierras de Ambato, Humaya, Gracián y Fariñango— y el otro las que se encuentran en la parte oriental, en la Sierra de Ancasti.

Las pegmatitas del grupo occidental son de dimensiones relativamente reducidas, poseen zonas externas ricas en plagioclasa y son típicamente productoras de muscovita. Las del otro grupo son en general más grandes, no tienen casi plagioclasa libre, y son ricas en berilo. A este grupo pertenece también la única pegmatita con litio conocida hasta ahora en la región. Además de las características señaladas, los dos tipos difieren también marcadamente en algunos caracteres texturales, en los minerales accesorios presentes y en su distribución, y en la composición y abundancia relativa de las unidades de reemplazo y de relleno.

La distribución de las pegmatitas, co-

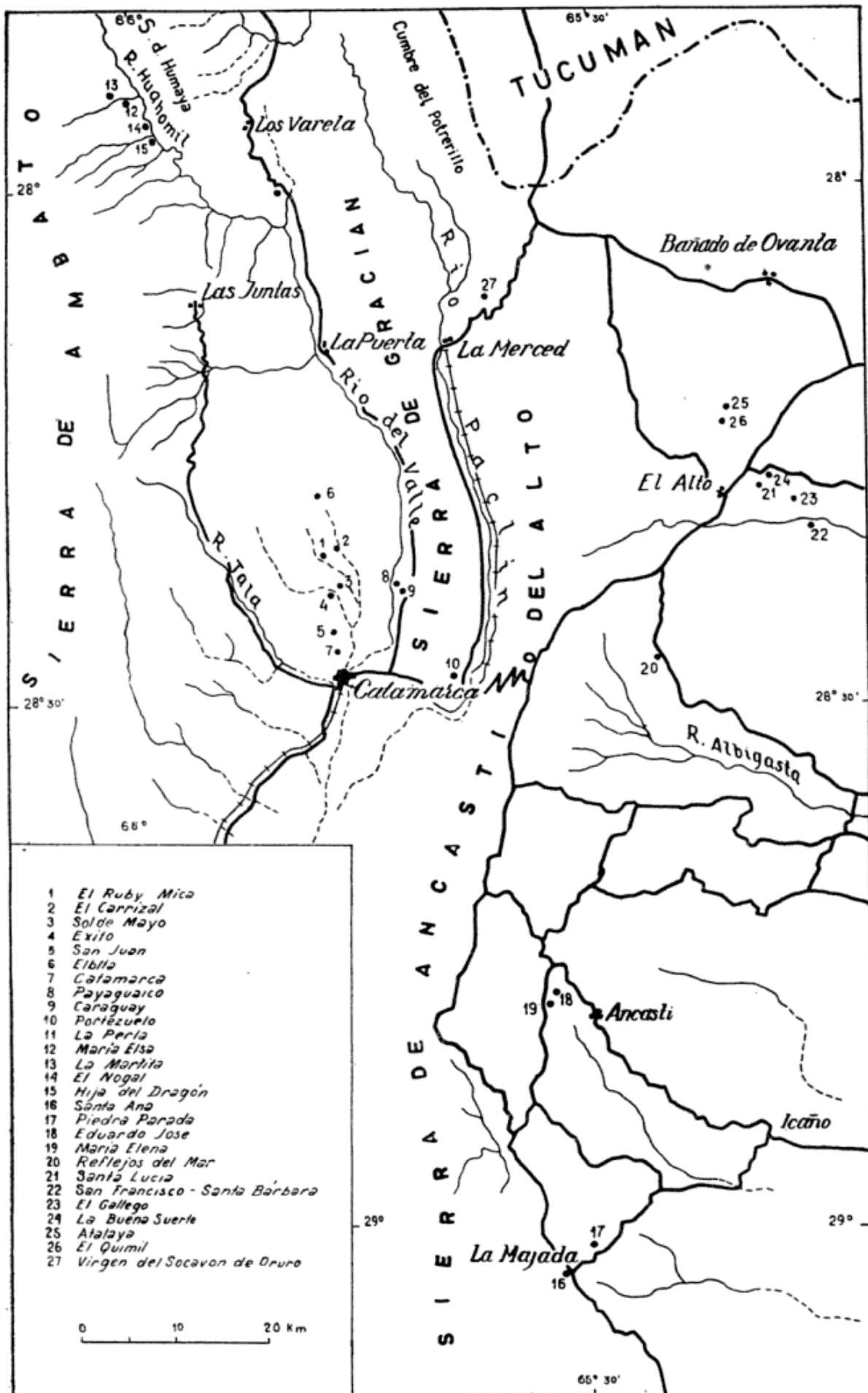


Fig. 1. — Area de trabajo y ubicación de las pegmatitas estudiadas

mo puede verse en la figura 1, no es uniforme en toda el área considerada. La mayoría de los cuerpos aparecen concentrados en zonas relativamente reducidas —Sierra de Humaya, extremo sur de las sierras de Gracian y Fariñango, etc.— y aún en estas áreas se presentan casi siempre en pequeños grupos, de dos, tres o más unidades. Esta forma de distribución es también característica de los otros distritos pegmatíticos del país estudiados por el autor.

En las figuras 2 y 3 puede verse la estructura zonal de algunas de las pegmatitas estudiadas.

PEGMATITAS DEL GRUPO OCCIDENTAL

Forma, dimensiones y posición

Prácticamente todas las pegmatitas de este grupo son tabulares y aunque presentan muchas irregularidades de detalle, esa forma general es siempre fácilmente reconocible. Las potencias medias varían desde 1,5 ó 2 m hasta un máximo de unos 20 m, como en la pegmatita Payahuaico; pero las más comunes oscilan entre 2 y 7 m. El grupo de cuerpos pegmatíticos del extremo austral de la Sierra de Fariñango tiene potencias medias que raramente exceden los 3 m. Las ubicadas en la Sierra de Humaya, en cambio, tienen potencias medias de 6 a 8 m. La longitud de los cuerpos es más difícil de determinar debido a que en la mayoría de los casos las labores de explotación sólo ponen en descubierto una parte relativamente pequeña de los cuerpos, por lo que sólo pueden hacerse estimaciones muy aproximadas. En las pegmatitas más angostas, en especial las ya mencionadas del extremo sur de la Sierra de Fariñango, las longitudes —estimadas en base a las labores, afloramientos, estrechamiento de las zonas, etc.— no parecen en general sobrepasar los 50 ó 60 m, y es muy probable que en algunos casos sean bastante menores. En

las otras pegmatitas integrantes del grupo las longitudes máximas estimadas no exceden en general los 100 ó 150 m, aunque excepcionalmente pueden ser mucho mayores, como en la Payahuaico, cuya longitud es de unos 300 metros.

Las pegmatitas de la Sierra de Fariñango tienen todas rumbo NNE a NNW. La mayoría son poco inclinadas u horizontales. En el resto de los cuerpos de este grupo los rumbos predominantes son también NNW o NNE, pero las inclinaciones son mayores de 60°.

Relación con la roca de caja

La mayoría de las pegmatitas examinadas son discordantes con respecto a la foliación de los esquistos que constituyen la roca de caja. En algunos casos, los cuerpos son total o parcialmente concordantes.

Los contactos con la roca de caja, al igual que lo observado por el autor en otros distritos pegmatíticos del país, son muy bien definidos. El trazado de los mismos es en general regular, pero se observan muchas irregularidades de detalle producidas por rugosidades en las paredes de las fracturas en que están alojados los cuerpos, o por ajuste a sistemas de diaclasas.

La aureola de alteración es muy poco conspicua debido a su pequeño espesor —algunos milímetros— y a que en la mayoría de los casos no afecta la textura original de la roca. Los principales minerales introducidos son turmalina, topacio y algo de muscovita y plagioclasa. En unos pocos casos —como en las pegmatitas El Carrizal y Exito— se observa en la roca de caja el desarrollo de una foliación secundaria paralela al contacto.

En casi todos los cuerpos se encuentran inclusiones de la roca de caja. En la pegmatita Portezuelo (fig. 3) esas inclusiones alcanzan un desarrollo considerable.

Estructura interna

Las pegmatitas de Catamarca están constituidas, como la mayor parte de las estudiadas en otras partes del mundo, por unidades litológicas diferenciables en base a la mineralogía y/o textura. Estas unidades son las siguientes (Cameron et al, 1949) :

- a) Unidades de relleno: son unidades, generalmente tabulares, que llenan fracturas en pegmatitas previamente consolidadas.
- b) Unidades de reemplazo: son cuerpos formados principalmente por reemplazo de pegmatitas preexistentes, con o sin control estructural obvio.
- c) Zonas: son capas sucesivas, completas o incompletas, que reflejan en diverso grado la forma o estructura del cuerpo pegmatítico.

En el grupo de pegmatitas que estamos considerando, las zonas son las unidades cuantitativamente más importantes. Las unidades de reemplazo y de relleno, si bien son observables en casi todos los cuerpos, constituyen una fracción insignificante del volumen total de los mismos. El número de zonas varía entre tres y cinco en las distintas pegmatitas.

En las descripciones de zonas que siguen a continuación, se usará la siguiente clasificación de tamaño de grano (Cameron et al, 1949) : fino, menos de 2,5 cm; medio, 2,5 a 10 cm; grueso, 10 a 30 cm y muy grueso, más de 30 cm.

Zonas marginales

Las zonas marginales de las pegmatitas examinadas tienen espesores que varían entre 2 ó 3 y 7 u 8 centímetros. El tamaño de grano es fino —entre menos de un milímetro en el borde interior hasta 2 ó 3 centímetros en el contacto con la zona externa— y la textura es granitoide. Esta zona envuelve siempre

todo el cuerpo, y su espesor es relativamente constante en cada pegmatita.

Los minerales esenciales que componen estas zonas son plagioclasa, cuarzo y muscovita. La plagioclasa es predominante y llega a formar hasta alrededor del 50 % de la zona. La muscovita se encuentra en cantidades menores que el cuarzo y en muchos casos se presenta orientada perpendicularmente al contacto. Entre los minerales accesorios el más importante es el topacio que en el borde externo de la zona llega a ser, en algunos casos, tan abundante como el cuarzo. En cantidades mucho menores aparecen también biotita, granate, turmalina y apatita.

Casi todas las zonas marginales examinadas presentan caracteres cataclásticos. Algunos minerales, especialmente el topacio, exhiben extinción cataclástica muy marcada, aunque la intensidad varía mucho entre las distintas pegmatitas. En algunos casos la plagioclasa, el cuarzo y el topacio están fracturados y los individuos de muscovita aparecen flexionados y con los extremos triturados. Las fracturas están rellenas con cuarzo de grano fino que incluye muy escasos cristales de microclino.

Zonas externas

Las zonas externas de este grupo de pegmatitas no tienen en general un desarrollo tan perfecto como las marginales e intermedias. En muchos casos son discontinuas, sobre todo en la parte superior de los cuerpos, y casi siempre presentan cambios de espesor muy rápidos. Hasta donde ha sido posible determinarlo, teniendo en cuenta lo reducido de las labores y de los afloramientos, el mayor desarrollo de estas zonas se observa en los flancos de las pegmatitas.

Por su composición y textura, estas zonas externas se pueden dividir en dos tipos. El primero, que comprende las zonas compuestas esencialmente por microclino, plagioclasa y cuarzo, se en-

cuentra en todas las pegmatitas de la Sierra de Fariñango y de la zona de Humaya, es decir, en las que están ubicadas en el límite occidental del área pegmatítica estudiada. Las zonas del segundo tipo, que tienen como minerales esenciales plagioclasa y cuarzo, son características del grupo de pegmatitas situadas entre la faja occidental ya señalada y la Sierra de Ancasti. A continuación describiremos cada uno de estos tipos por separado.

Zonas externas de microclino, cuarzo y plagioclasa. La potencia promedio de esta zonas varía, en los distintos cuerpos, entre 0,4 m y 1,5 m aproximadamente. En las pegmatitas en que los trabajos de explotación permiten observar todas las unidades, la potencia de las zonas externas (considerando los dos flancos de las pegmatitas) constituye aproximadamente un tercio del espesor total de los cuerpos. El tamaño de grano varía entre medio y muy grueso y presenta el característico rápido aumento hacia el centro.

El mineral predominante es el microclino, al que siguen en orden de abundancia el cuarzo y la plagioclasa. Esta distribución general presenta a veces alteraciones locales importantes, como en la pegmatita Hija del Dragón, en cuya zona externa la plagioclasa constituye más del 50 % del volumen. Tomando todo el grupo, sin embargo, la composición promedio puede estimarse aproximadamente como sigue: microclino 50 %, cuarzo 30 %, plagioclasa 20 %.

El microclino se presenta en cristales anhedrales o subhedrales muy imperfectos de color rosado. Contiene siempre albita en intercrecimiento peritítico. La albita se presenta predominantemente en bandas, pero son también frecuentes las inclusiones en forma de "manchas" irregulares (patch). El feldespato potásico tiene casi siempre inclusiones de cuarzo, pero no llegan a formar textura gráfica. En algunos casos, la mayor

parte del cuarzo de la zona se encuentra en estas inclusiones.

La plagioclasa y el cuarzo se presentan en general formando un intercrecimiento de grano menor que el feldespato potásico. La composición de la plagioclasa de las pegmatitas de la Sierra de Fariñango oscila entre An 14 % y An 18 %, y la de las pegmatitas de Humaya entre An 10 % y An 13 %.

Entre los minerales accesorios el más importante es la muscovita. Prácticamente toda la mica comercial que se extrae de estas pegmatitas proviene de las zonas externas. Se la encuentra en todo el espesor de las zonas, pero presenta una marcada tendencia a concentrarse cerca de los contactos, especialmente el externo, aunque no llega a formar fajas continuas. Los paquetes de mica son en general pequeños —raramente alcanzan los 40 cm— pero son de alta calidad comercial, porque las láminas son claras y sin manchas. Gran parte de la muscovita, sin embargo, no puede aprovecharse porque está afectada por clivaje transversal, originando la textura denominada "cola de pescado" por los mineros. La cantidad relativa de mica afectada por el este clivaje parece aumentar hacia el centro de los cuerpos. En algunos casos, los paquetes de muscovita muestran cierta tendencia a disponerse con los planos de clivaje perpendiculares a los contactos.

Prácticamente en todas las zonas externas de este grupo se encuentra biotita. Este mineral se presenta en cantidades muy variables. En algunos cuerpos —como Rubi Mica, El Carrizal, Sol de Mayo, María Elsa y San Juan— es bastante abundante y se presenta en cristales alargados (espadas) que alcanzan longitudes de hasta 30 ó 40 cm y que tienen una marcada tendencia a orientarse perpendicularmente al contacto. En las otras pegmatitas aparece en cristales más pequeños y en mucha menor cantidad.

Otros minerales accesorios que también se encuentran en estas zonas, aun-

que en menor cantidad que los dos ya mencionados, son turmalina, apatita y granate. La turmalina (schorlita), se presenta en parte en cristales prismáticos alargados, negros, estriados paralelamente al eje c, con dimensiones que van desde unos pocos milímetros hasta

discontinua de grano fino paralela al contacto externo de la zona. El granate es escaso, de grano fino y está casi siempre asociado con la muscovita.

Zonas externas de cuarzo y plagioclasa. Esta zona se presenta con desarrollo

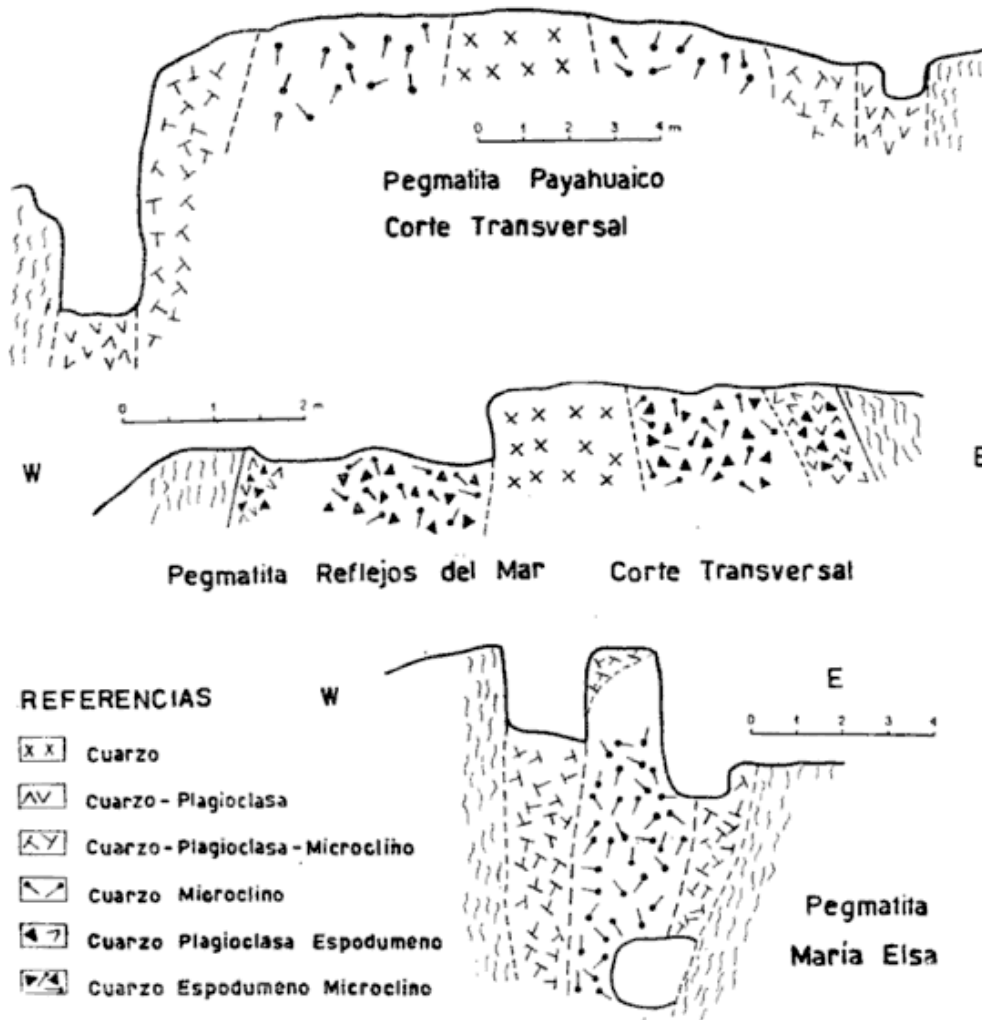


Fig. 2. — Cortes transversales de pegmatitas de Catamarca

7 u 8 centímetros, dispersos en todo el espesor de la zona. Además, en muchos cuerpos aparece también formando una faja densa de grano fino paralela al contacto externo de la zona y a pocos centímetros del mismo. La apatita se presenta también en toda la zona, pero en general en mayor cantidad cerca del borde externo. Los cristales son verdes, subhedrales y miden desde unos pocos milímetros hasta 7 u 8 centímetros en su dimensión mayor. Como la turmalina, forma también a veces una faja

muy desigual en los distintos cuerpos. En las pegmatitas Payahuaico y Portezuelo (figs. 2 y 3) alcanza potencias del orden de los 3 y 5 metros respectivamente. En La Perla el espesor no excede los 40 ó 50 centímetros y en la pegmatita Virgen del Socavón de Oruro es más angosta aún y discontinua. El tamaño de grano en las zonas más angostas varía entre fino y grueso, aunque predominan los tamaños medios. En las partes media e interna de las zonas más potentes, el grano llega a muy grueso.

El mineral que predomina es la plagioclasa que llega, en algunos casos, a constituir entre el 70 y el 80 % de la

contorno irregular dentro de los individuos de plagioclasa.

El mineral accesorio más importante

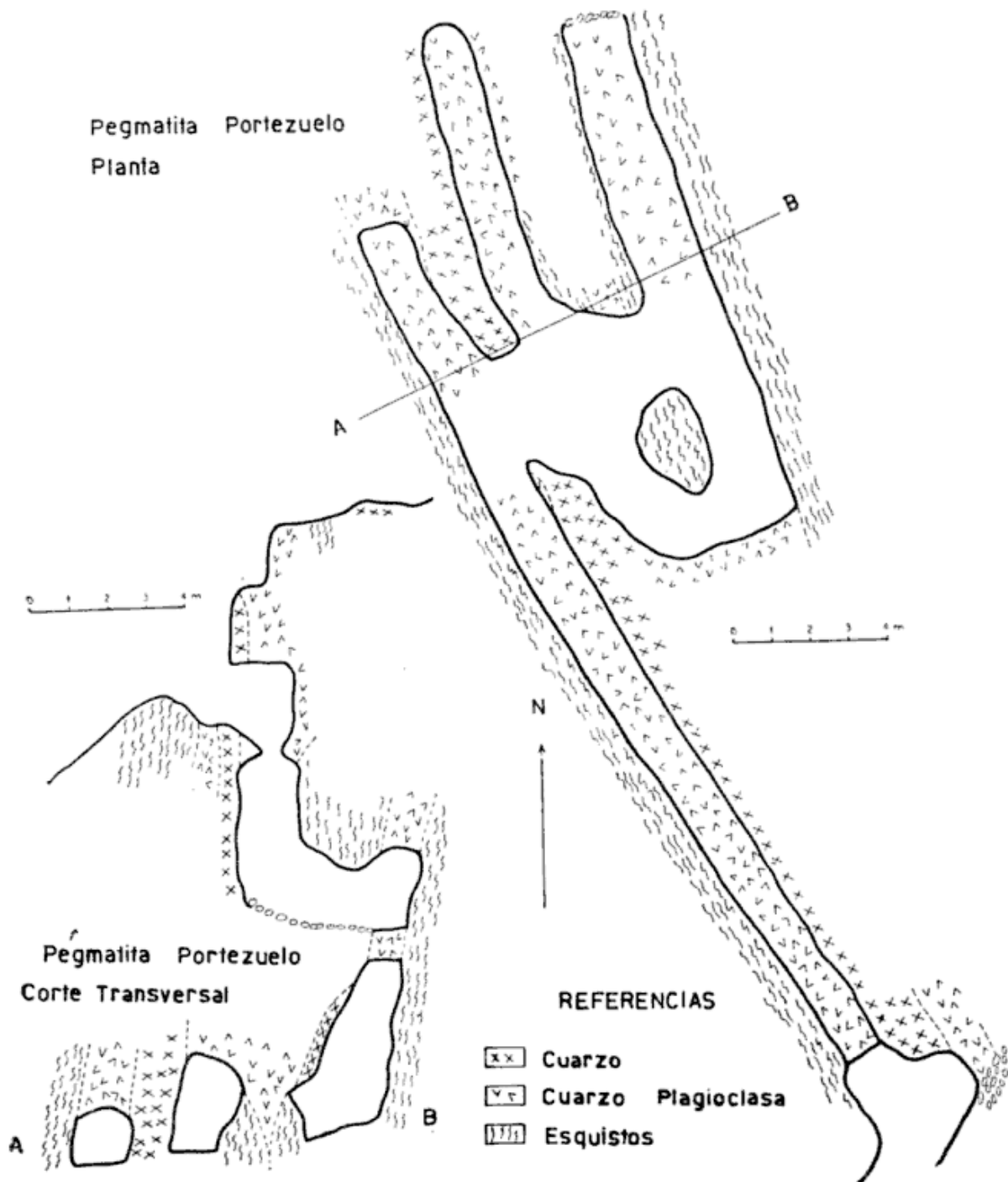


Fig. 3. — Corte transversal y planta de la pegmatita Portezuelo

zona. Es una oligoclasa cuya composición oscila entre An 13 % y An 17 % y en la cual son fácilmente visibles las maclas polisintéticas. El cuarzo presenta en general un tamaño de grano menor y cuando se encuentra en pequeña cantidad aparece como inclusiones de

de esta zona es la muscovita, que se presenta con características muy similares a la de las zonas externas de plagioclasa, cuarzo y microclino ya descritas. Sin embargo, la cantidad relativa de mica que contiene es en general menor, y de los cuerpos de este

grupo sólo la pegmatita Portezuelo ha sido un productor importante de ese mineral.

Otros minerales accesorios que se encuentran en esta zona son biotita, apatita y granate, aunque en cantidades mucho menores que en las zonas descritas anteriormente. La diferencia más notable con éstas es, sin embargo, la ausencia casi total de turmalina.

Zonas intermedias

Las zonas intermedias son las ubicadas entre la zona externa y el núcleo. La mayoría de los cuerpos del grupo que estamos considerando posee una sola zona intermedia. Las excepciones son la pegmatita Payahuaico que presenta dos, y las pegmatitas Julio Cardoso, Exito y Catamarca que no poseen ninguna y por lo tanto tienen las zonas externas en contacto con el núcleo.

La potencia de las zonas intermedias presenta variaciones muy grandes entre los distintos cuerpos. En los más angostos no excede de los 0,5 metros, pero alcanza a 5 metros en la pegmatita Payahuaico que tiene un espesor total de unos 20 metros. Presentan, además, cambios muy rápidos de espesor dentro de un mismo cuerpo, de manera que es difícil determinar las dimensiones medias. Puede estimarse, sin embargo, que la potencia media de esta zona, considerando naturalmente los dos flancos, equivale a cerca de la mitad de la de las pegmatitas.

Una característica destacada de estas zonas intermedias es su continuidad. Como las zonas externas y los núcleos de cuarzo son en muchos casos discontinuos, las zonas intermedias pueden aparecer en ciertos sectores como externas o como núcleos. En la figura 2, por ejemplo, en la parte que se muestra un corte transversal de la pegmatita María Elsa en el sector más explotado, la zona intermedia de cuarzo y microclino ocupa el centro del cuerpo, como si fuera un núcleo. No

obstante, esta pegmatita presenta un núcleo discontinuo de cuarzo que es bien visible en otros sectores. El tamaño de grano es grueso o muy grueso y presenta las variaciones bruscas típicas de la textura pegmatítica.

Los minerales esenciales que constituyen estas zonas —con excepción de la intermedia externa de la pegmatita Payahuaico, a la cual nos referimos más adelante— son microclino y cuarzo. El feldespato potásico predomina, constituyendo, como término medio, entre el 60 y el 70 % del volumen total de la zona. Se presenta en cristales euhedrales o subhedrales que casi siempre contienen inclusiones de cuarzo, aunque pocas veces llegan a constituir una textura gráfica típica. Contiene también albita en intercrecimiento peritítico, con las mismas características que el microclino de las zonas externas ya descritas. El cuarzo se encuentra en inclusiones dentro del microclino, como ya se mencionó, o en masas irregulares entre los cristales de este mineral.

Los minerales accesorios que se encuentran en estas zonas son, con excepción del berilo, los mismos que aparecen en las zonas externas ya descritas, pero en cantidades mucho menores. La muscovita aparece en todo el espesor de las zonas, pero sólo en el contacto externo se la encuentra, aunque con muy poca frecuencia, en concentraciones y tamaños comerciales. Además, la cantidad relativa de muscovita con imperfecciones mecánicas, debido al clivaje transversal es mayor que en las zonas externas. En algunas de estas zonas se encuentra turmalina, biotita, apatita y granate, pero en pequeña cantidad, sobre todo los tres minerales mencionados en último término. En la pegmatita Hija del Dragón se observan algunos cristales pequeños de berilo.

En la pegmatita Payahuaico, además de la zona de cuarzo y microclino que acabamos de describir, aparece otra zona intermedia compuesta por microclino, cuarzo y plagioclasa, con muy

poca muscovita y algo de apatita y granate. En términos generales esta zona es muy similar a las externas de la misma composición que se encuentran en este grupo de pegmatitas.

En la pegmatita El Portezuelo la zona externa de plagioclasa y cuarzo se encuentra en contacto directo con el núcleo de cuarzo, no observándose, en consecuencia, ninguna zona portadora de feldespato potásico. Es posible que se trate de un cuerpo muy asimétrico y que la zona intermedia con microclino se encuentre en las partes todavía no exploradas del mismo.

Núcleos

La mayor parte de las pegmatitas de este grupo tienen núcleos de cuarzo compuestos por grandes masas de este mineral. Son casi siempre discontinuos, presentándose en muchos casos como segmentos desconectados ubicados en posición asimétrica en las partes más potentes de los cuerpos. El mineral accesorio más importante que se encuentra en estas unidades es la muscovita, aunque en pequeña cantidad y en individuos que raramente exceden los 10 centímetros. En cantidades también muy reducidas se encuentran los otros minerales accesorios que aparecen en las zonas intermedias. Como caso excepcional, se pueden citar las grandes espadas de biotita de hasta un metro de longitud que se encuentran en el núcleo de la pegmatita San Juan.

En tres de las pegmatitas de este grupo —Exito, El Nogal y Virgen del Socavón de Oruro— el núcleo visible está constituido por cuarzo y microclino, con las mismas características de las zonas intermedias de esa composición ya descritas. Teniendo en cuenta, sin embargo, las características ya mencionadas de los núcleos de cuarzo —discontinuos y limitados muchas veces a las partes más potentes de los cuerpos— es posible que estas pegmatitas

también tengan unidades internas de cuarzo no puestas todavía en evidencia.

Unidades de reemplazo y de relleno

En este grupo de pegmatitas las unidades de relleno están compuestas por cuarzo; cuarzo y muscovita; y cuarzo, muscovita y algo de microclino. Se presentan en forma de venillas cuyo ancho varía generalmente entre unos pocos mm y 3 ó 4 centímetros. Estas unidades se encuentran especialmente en las zonas intermedias de cuarzo y microclino.

En las pegmatitas del grupo que estamos considerando no ha sido posible determinar la presencia de unidades de reemplazo.

PEGMATITAS DEL GRUPO ORIENTAL

En la mayoría de las pegmatitas de este grupo se han realizado muy pocos trabajos de explotación o exploración. La razón es que la mayoría de estos cuerpos han sido explotados sólo por berilo, y este mineral, además de haber tenido en general condiciones de mercado menos favorables que la mica, es más difícil de explotar, como veremos más adelante, por la distribución y cantidad en que se encuentra dentro de los cuerpos. Como consecuencia, en la mayoría de los casos han sido trabajadas con labores muy superficiales, y sólo en los lugares donde la erosión ha puesto en descubierto las zonas portadoras de berilo.

Formas, dimensiones y posición: debido a la escasez de labores ya mencionada, la determinación precisa de las características morfológicas de estas pegmatitas es más difícil que la de las pertenecientes al grupo occidental. La descripción que sigue, en consecuencia, es sólo de carácter muy general.

La mayoría de las pegmatitas de este grupo son tabulares y de dimensiones mayores que las del grupo anterior. Las

potencias medias más comunes oscilan entre los 6 y los 9 metros, pero pueden ser considerablemente mayores, como en la pegmatita Piedra Parada, que tiene un espesor observable de más de 16 metros. En ninguno de los cuerpos examinados se pudo determinar el largo total, pero las longitudes observables en los cuerpos más expuestos —Santa Ana, Reflejo del Mar, San Francisco, Buena Estrella y El Quimil— indican que éstas exceden en general los 100 metros. Se puede estimar, por lo tanto, que la relación entre la longitud y el espesor es de 1 :12 aproximadamente o menor.

Los rumbos de estas pegmatitas varían también, como en el grupo occidental, entre NNW y NNE. Las inclinaciones, difíciles de determinar con exactitud por las razones ya expuestas, son, como regla general, mayores de 70°. La pegmatita Eduardo José, que parece ser un cuerpo globular, o una lente en posición más o menos horizontal, es una de las pocas excepciones a esta tendencia general entre los cuerpos examinados.

Las relaciones de estas pegmatitas con la roca de caja —contactos, alteración y relación con la esquistosidad— no presentan variaciones apreciables con respecto a las del grupo ya considerado.

Estructura interna

La estructura interna de estas pegmatitas es muy simple. Casi todas ellas sólo presentan, además de la zona marginal y del núcleo de cuarzo, una zona muy potente y continua de microclino y cuarzo que constituye la mayor parte de su volumen. La única excepción la constituye la pegmatita Reflejo del Mar, portadora de minerales de litio, que tiene una estructura zonal más compleja. En la descripción que sigue trataremos a este último cuerpo por separado.

Zona marginal — Desde el punto de vista morfológico —potencia, continuidad, etc.— las zonas marginales de estas pegmatitas son muy similares a las de los cuerpos del primer grupo. La mineralogía, en cambio, presenta algunas diferencias. Los minerales esenciales son los mismos —plagioclasa, cuarzo y muscovita— pero este último mineral es ahora mucho más escaso. En lo que se refiere a los minerales accesorios este grupo se distingue por la presencia de berilo en pequeños cristales idiomorfos y por la desaparición casi total de la biotita.

Zonas externas — Como ya hemos señalado, prácticamente todas estas pegmatitas presentan una sola zona entre la marginal y el núcleo. Los minerales esenciales que la componen son microclino perfitico y cuarzo, constituyendo el feldespató potásico, como término medio, alrededor del 80 % del volumen de la misma. En la mayoría de las pegmatitas examinadas esta unidad presenta variaciones —tanto en textura como en composición— de la periferia al centro. En el borde externo, es decir en las proximidades de la zona marginal, el tamaño de grano es fino o medio y la cantidad relativa de cuarzo es mayor que en el resto de la unidad. La potencia de esta subzona es muy variable —a veces es discontinua o falta casi totalmente— pero nunca es mayor que un tercio del espesor total. El resto de la zona está constituido esencialmente por microclino con algo de cuarzo. Este último mineral se presenta en general en inclusiones irregulares que miden desde unos pocos milímetros hasta 20 ó 30 centímetros, o formando una textura gráfica típica con el feldespató potásico. La cantidad de cuarzo disminuye hacia el centro del cuerpo y en las proximidades del núcleo la zona está compuesta casi siempre por grandes masas de microclino prácticamente libres de ese mineral. El granito gráfico está siempre limitado a la peri-

feria de la zona externa y el tamaño de las inclusiones de cuarzo aumenta regularmente hacia el centro del cuerpo. El microlino presenta las mismas características que el que se encuentra en las zonas intermedias del grupo de pegmatitas ya descrito.

Los minerales accesorios que se encuentran en estas zonas son muscovita, turmalina, triplita, apatita, granate y berilo. La muscovita aparece en grano fino a medio, es muy escasa y su distribución es uniforme dentro de las zonas. La turmalina se encuentra en cantidades y tamaños de grano muy variables. En algunos cuerpos —Santa Ana, Atalaya y El Quimil, por ejemplo— es bastante abundante y se presenta en cristales prismáticos, negros, estriados, de hasta 30 centímetros de longitud, que tienen una marcada tendencia a orientarse perpendicularmente al contacto. En otras pegmatitas este mineral falta totalmente, o sólo se lo encuentra en cristales pequeños y aislados. En varios de los cuerpos se encontró triplita. Este mineral aparece en masas de contorno irregular, que en general tienen entre 10 y 30 centímetros de diámetro, pero que excepcionalmente pueden llegar a un metro, como sucede en la pegmatita Eduardo José. Es un mineral de color marrón oscuro, a veces algo verdoso, de brillo resinoso y con un clivaje perfecto muy visible. Las partes periféricas de estas masas son más oscuras, casi negras (metatriplita?) Heinrich (1951) y forman una envoltura que contrasta netamente con el interior de las mismas. Es frecuente también encontrar en estas zonas masas de óxidos de hierro y de manganeso originadas probablemente por la alteración de la triplita. En las masas de este mineral se encuentra también pirrotina, en nódulos y en venillas de 2 ó 3 milímetros de espesor.

En algunas de las zonas externas estudiadas se encontró apatita y grana-

te, pero siempre en cristales pequeños y aislados.

El berilo es, por su significación económica, el más importante de los minerales accesorios de estas zonas. Debido al hecho bien conocido del virtual abandono de todas las explotaciones de berilo, resulta bastante difícil determinar con precisión las características de la ocurrencia de este mineral en las pegmatitas. Todo el mineral a la vista ha sido extraído y aún las improntas de los cristales son en general difíciles de observar debido al aterramiento de las labores. La información que sigue, en consecuencia, es necesariamente incompleta.

En todos los cuerpos de este grupo se encuentra berilo, pero los que parecen haber producido este mineral en mayor cantidad son las pegmatitas Santa Ana, Piedra Parada, Eduardo José, San Francisco, El Gallego, Atalaya y Buena Estrella. En todas ellas las mayores concentraciones de berilo se encuentran en la parte interna de la zona, en el contacto con el núcleo de cuarzo. En el resto de la unidad aparecen también cristales de ese mineral, pero en general son pequeños y raramente forman concentraciones de valor económico. Esta distribución ha sido ya observada por el autor en otros distritos pegmatíticos del país (Herrera, 1963, pág. 64). El berilo se presenta en su mayor parte en cristales prismáticos imperfectos cuyas dimensiones oscilan, según los datos suministrados por los productores, entre unos pocos centímetros y alrededor de un metro, aunque excepcionalmente pueden ser mayores. Aunque menos frecuentemente, se encuentra también en cristales subhedrales y anhedrales. Prácticamente en todas las pegmatitas las concentraciones de berilo del borde interno de la zona externa están asociados con unidades de remplazo formadas por masas de albita

y muscovita de grano fino y con nódulos y cuerpos vetiformes de cuarzo oscuro. Esta asociación constituye a veces una verdadera subzona discontinua, pero fácilmente diferenciable. En la pegmatita Santa Ana, por ejemplo, tiene la forma de una faja de 5 a 30 cm de ancho ubicada en el borde interno de la zona de cuarzo y microclino. A lo largo de casi todo el límite externo de esta faja aparece una banda muy irregular de cuarzo oscuro, seguida hacia la parte interna por las masas de albita y muscovita de grano fino ya mencionadas, que recubren también las superficies de los cristales de pertita adyacentes. En algunos sectores la vena de cuarzo oscuro penetra en el agregado de albita y muscovita y se hace discontinua, apareciendo en forma de una serie de nódulos incluidos en el mismo. Casi todo el berilo extraído de la pegmatita lo ha sido de esta unidad.

En otros cuerpos la faja berilífera está menos definida y sólo se manifiesta por la presencia de algunas concentraciones dispersas de berilo, pero la posición —en el borde interno de la zona de cuarzo y microclino— y la asociación con los reemplazos de albita y muscovita y con las venas de cuarzo oscuro es prácticamente constante. Por otra parte, aún en los casos en que la faja berilífera descrita está bien desarrollada, sólo abarca sectores reducidos del límite interzonal y la insuficiencia de los trabajos de explotación efectuados no permite por ahora extraer conclusiones en cuanto a la extensión y distribución de los mismos.

En algunas de las pegmatitas más septentrionales de este grupo —Atalaya y Buena Estrella— se han encontrado indicios de la presencia de una zona muy angosta y discontinua, de grano fino, y compuesta por cuarzo y plagioclasa (An 13-16 %), ubicada entre la zona que se acaba de describir y la

marginal. La insuficiencia de las labores realizadas y la erosión de las partes aflorantes de los cuerpos sólo han permitido observar algunos trozos de esta zona en las escombreras y muy escasos relictos "in situ". La zona intermedia de cuarzo y microclino de la pegmatita Atalaya contiene turmalina y muscovita en mayor cantidad que la que aparece comunmente en este grupo de cuerpos. Este hecho, unido a la presencia de la zona incipiente de cuarzo y plagioclasa ya mencionada, hace suponer que se trata de pegmatitas que marcan una transición hacia los cuerpos micacíferos del grupo oriental.

Núcleos

En todas las pegmatitas de este grupo —con excepción de la Buena Estrella— se observa la presencia de núcleos de cuarzo. La escasez de labores impide determinar con exactitud el volumen relativo de estas unidades, pero las observaciones efectuadas en muchos cuerpos permiten suponer, con razonable seguridad, que nunca representan menos del 30 % del volumen total de las pegmatitas. En muchos casos estas masas de cuarzo están ubicadas en forma marcadamente asimétrica con respecto a los contactos del cuerpo y son frecuentemente de contorno muy irregular con salientes que penetran en la zona adyacente (fig. 4).

Los minerales accesorios son los mismos de las zonas externas de cuarzo y microclino, pero aparecen en cantidades mucho menores. En la parte periférica del núcleo es muy común encontrar sectores en que el cuarzo tiene una coloración rosada, cuya tonalidad varía desde rosa muy pálido hasta casi rojo.

En la pegmatita Buena Estrella no se observa núcleo de cuarzo, estando constituida toda la porción visible de la misma por una zona de microclino y cuarzo del tipo de las ya descritas.

Es posible, sin embargo, que exista un núcleo de cuarzo en la parte no descubierta todavía.

Unidades de reemplazo y de relleno

Como ya hemos señalado en un trabajo anterior (Herrera, 1963) es necesario distinguir entre las unidades formadas por el reemplazo de partes ya totalmente cristalizadas de la pegmatita, y el reemplazo producido por la reacción continua del magna residual con los minerales en formación durante el proceso de génesis de las zonas. El

madas por cleavelandita. En su mayor parte son tabulares, con espesores que varían entre unos pocos milímetros y 10 ó 15 centímetros. El feldespato, de composición An 0.2 %, se presenta en cristales laminares muy delgados —en general de 1 ó 2 milímetros de espesor— algo curvados y dispuestos perpendicularmente a los contactos. El color es a veces marrón rojizo, como en la pegmatita Santa Ana, o rosado muy claro, casi blanco, como se observa por ejemplo en la pegmatita Buena Estrella. Estas unidades tabulares de cleavelandita se pueden separar en ge-

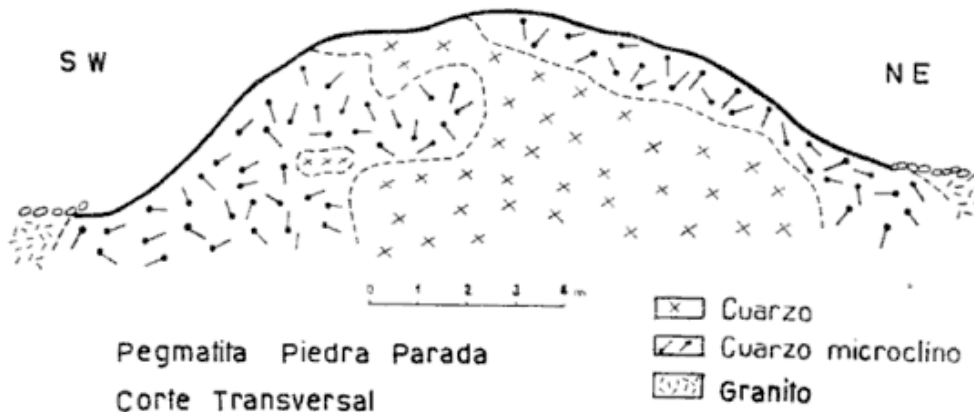


Fig. 4. — Corte transversal de la pegmatita Piedra Parada

segundo proceso no forma unidades de reemplazo, pero deja texturas características en todo el cuerpo que pueden producir una impresión exagerada de la importancia cuantitativa del material originado por ese mecanismo.

En todas las pegmatitas del grupo que estamos considerando se encuentran cuerpos originados por reemplazo. En general son de dimensiones reducidas y su volumen relativo en relación con el de las pegmatitas es muy pequeño, pudiéndoselo estimar en menos del 1 %. Están ubicados casi exclusivamente en las zonas de microclino y cuarzo y sus componentes principales son albita, muscovita y cuarzo.

En casi todas las pegmatitas se encontraron unidades de reemplazo for-

neral fácilmente de las masas de feldespato potásico en que están incluidas, debido a la presencia de una delgada faja de muscovita de grano muy fino —1 a 3 milímetros— en el contacto. El origen de estas capas de mica, que se ven también en las pegmatitas de la Sierra de San Luis, está indudablemente relacionado con la acción de los mismos fluidos que formaron las unidades de plagioclasa (Herrera, 1963, pág. 57). Es bastante frecuente que los agregados de cleavelandita descritos incluyan cuarzo —en su mayor parte algo oscuro— en inclusiones relativamente grandes —2.4 centímetros— de contorno irregular, o relleno de espacios entre láminas del feldespato.

En todas las pegmatitas estudiadas es

muy común el reemplazo de microclino por agregados de grano fino —0,5 a 2 centímetros— de albita rojiza (An 0-3 por ciento) y muscovita. En muchos casos el reemplazo se limita a la vecindad inmediata de las vías de acceso de las soluciones —fracturas, contactos entre cristales, etc.—, y los cuerpos resultantes son, en consecuencia, tabulares. En otros casos el proceso ha sido más intenso o las vías de acceso formaban una red más densa y el reemplazo afectó a grandes masas de microclino. Como ya se ha señalado, estas unidades de reemplazo se encuentran casi siempre en el borde interno de la zona de cuarzo y microclino, en los sectores que contienen berilo.

Es también muy frecuente el reemplazo del feldespato potásico por muscovita o por agregados de grano fino de muscovita y cuarzo. Las unidades que se forman son en general tabulares y de poco espesor —2 a 3 cm— aunque a veces tienen formas más irregulares.

Las unidades de relleno están constituidas en su mayor parte por cuarzo, y dentro de ellas pueden distinguirse dos tipos. El más común se presenta en forma de venas de cuarzo oscuro cuyo espesor varía entre unos pocos milímetros y 10 ó 15 centímetros. Si bien se las puede encontrar en todo el espesor de la zona de cuarzo y microclino, son mucho más frecuentes en su borde interno, asociadas con el berilo y con los cuerpos de reemplazo de albita y muscovita. En la pegmatita Eduardo José algunas de las venas de cuarzo oscuro contienen triplita en cristales anhedrales pequeños —0,5 a 1 cm—. El otro tipo de unidades de relleno lo constituyen las venas de cuarzo claro que son comunes en todos los distritos pegmatíticos del mundo. Son de espesor variable, de trazado irregular y se encuentran en general en las zonas próximas a los núcleos de cuarzo.

Pegmatita Reflejo del Mar

La pegmatita Reflejo del Mar es el único cuerpo portador de minerales de litio conocido en la zona. Se trata de una pegmatita de forma aparentemente lenticular que aflora en una longitud de unos 100 metros con rumbo NS e inclinación alrededor de 75° E. En su extremo sur, y a partir de una pequeña quebrada de rumbo SE que atraviesa el cuerpo, se han efectuado labores superficiales de destape en una extensión de unos 15 metros que permiten observar la estructura interna. El espesor máximo del cuerpo a la altura de las labores es de unos 14 metros (fig. 2).

La zona marginal de esta pegmatita está compuesta esencialmente por microclino, plagioclasa y cuarzo, predominando el feldespato potásico. Como minerales accesorios aparecen muscovita, topacio y berilo, y cerca del borde externo se observan también pequeños cristales de biotita y turmalina. Lo mismo que en las zonas externas de las otras pegmatitas de la región, algunos minerales, en especial el topacio, presentan extinción cataclástica.

La zona externa, que puede observarse muy bien en el flanco Este del cuerpo, está compuesta esencialmente por albita, cuarzo y espodumeno. La plagioclasa, que constituye alrededor del 60 % de la zona, es una cleavelandita de composición An 0-2 % que se presenta en láminas entrecruzadas de color blanco o rosado muy claro que exhiben las típicas superficies curvas. El espodumeno aparece en cristales prismáticos alargados de color verde muy claro, que en su mayor parte están orientados perpendicularmente al contacto. El tamaño de los cristales aumenta hacia el interior del cuerpo; desde 5 ó 6 centímetros de largo en el contacto con la zona marginal, hasta unos 30 centímetros en el borde interno de la zona. El cuarzo —aproximada-

mente 20 % del volumen— aparece en cristales anhedrales incluidos en la masa de cleavelandita. Los únicos minerales accesorios determinados en esta zona son muscovita, muy escasa, de grano fino y agrupada predominantemente en las proximidades del borde externo, y turmalina en pequeños cristales aislados.

A la zona externa sigue una potente zona intermedia compuesta por cristales gigantes de espodumeno incluidos en una matrix de cuarzo y microclino de grano más fino. Los cristales de espodumeno —que tienen la típica forma de prismas chatos alargados— están dispuestos más o menos paralelamente entre sí y orientados oblicuamente con respecto a los contactos de la zona. La longitud de estos cristales está comprendida entre 1 y más de 2 metros, y el espesor varía erráticamente a lo largo de los mismos entre 5 y alrededor de 30 centímetros. El resto de la zona está compuesta por cuarzo de color gris claro y, en menor proporción, por microclino pertítico. En la parte superior de la pegmatita la proporción de feldespato potásico aumenta al mismo tiempo que disminuye la de espodumeno, hasta llegar a constituir en la cresta del cuerpo una zona compuesta por microclino y cuarzo. Esta unidad está en contacto con la zona externa, la que en ese lugar disminuye su espesor hasta unos 20 centímetros.

Gran parte del espodumeno, especialmente en la zona intermedia, está alterado. Los cristales afectados tienen un color blanco amarillento que se distingue fácilmente del blanco grisáceo de los individuos frescos, se disgregan con facilidad, y muestran superficies de clivaje con un brillo sedoso característico. El examen microscópico revela que más del 95 % del material está constituido por espodumeno y el resto por un mineral criptocristalino de in-

dice aproximadamente 1,45 (eucrip-tita?).

El núcleo de cuarzo, que está ubicado en el centro de la pegmatita, es similar al que se encuentra en otros cuerpos ya descriptos.

PARAGENESIS

En la Tabla I se muestran, para cada uno de los dos grupos de pegmatitas considerados en este trabajo, las cantidades relativas de los minerales principales que se formaron en las distintas etapas del proceso de génesis. Los estadios en que ese proceso ha sido dividido corresponden aproximadamente a la formación de las zonas características de las pegmatitas. La edad de los minerales representados aumenta de izquierda a derecha y, en términos generales, los gráficos reflejan la evolución de la cristalización de los cuerpos de la periferia al centro.

Para interpretar correctamente el significado de los gráficos se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Se ha considerado que los tres minerales de la parte superior de los gráficos —cuarzo, microclino y plagioclasa— constituyen prácticamente el volumen total de los cuerpos. Los otros minerales, si bien son importantes por su significación genética o por su valor económico, representan —con la sola excepción del espodumeno en la pegmatita Reflejo del Mar— una parte insignificante del volumen de las pegmatitas. En consecuencia, la parte superior de los gráficos se ha construido de manera tal que las alturas de las áreas sombreadas representan las cantidades relativas de cada uno de esos minerales que cristalizan en los distintos estadios, y las cantidades en que se forman en relación con los otros minerales de ese grupo. Cada “momento” del proceso, en consecuencia, está repre-

Pegmatitas del grupo occidental

Pegmatitas del grupo oriental

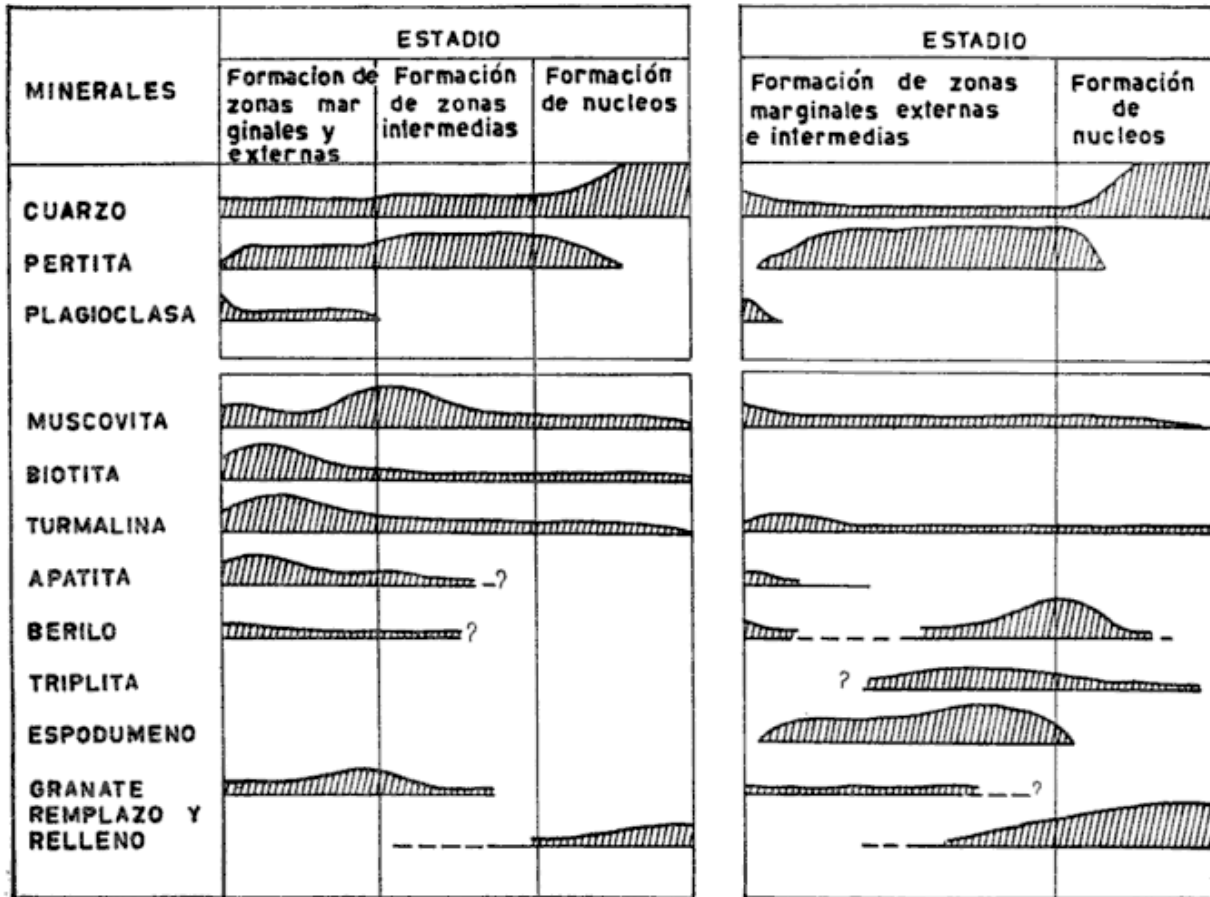


Tabla I. Paragénesis y abundancia relativa de los principales minerales de las pegmatitas

sentado por una sección vertical, en la cual las alturas de las áreas correspondientes a cada uno de esos minerales son proporcionales a las cantidades de los mismos que están cristalizando.

2. Para el resto de los minerales se ha seguido un criterio distinto. Las alturas de las áreas sombreadas indican las cantidades relativas que cristalizan en las diferentes etapas del proceso genético, pero no son proporcionales a la abundancia relativa de cada mineral con respecto a los otros dentro de un mismo grupo de pegmatitas. Por otra parte, cuando se trata de minerales que se encuentran en los dos grupos de pegmatitas las alturas de las áreas sombreadas son aproximadamente proporcionales a la abundancia en que se encuentran en cada grupo.

3. Los gráficos sólo representan el curso general del proceso genético para los dos grupos de pegmatitas que se encuentran en el área estudiada y no para cada uno de los cuerpos en particular. Estos últimos presentan a veces desviaciones apreciables del esquema general, como sucede en las pegmatitas que no tienen núcleo de cuarzo. En otros casos, muestran también variaciones en el contenido de minerales accesorios. En el sector occidental, por ejemplo, algunas pegmatitas son muy pobres en turmalina, a pesar de que el grupo, en su conjunto, es rico en este mineral. No obstante, esas variaciones nunca llegan a oscurecer las características fundamentales que permiten diferenciar netamente a cada uno de los dos tipos de pegmatitas.

Secuencia de las asociaciones mineralógicas

En las tablas II y III se muestra —en términos de minerales esenciales— la secuencia de asociaciones mineralógicas de la periferia al centro para cada uno de los grupos de pegmatitas examinado.

En la columna de la izquierda se indican las asociaciones y en las de la derecha las presentes en cada uno de los cuerpos. Ninguna de las pegmatitas estudiadas tiene todas las asociaciones establecidas para el grupo, pero el orden en que éstas aparecen es igual en todos los cuerpos.

TABLA II

Secuencias de las asociaciones mineralógicas de las pegmatitas del grupo occidental

Asociaciones mineralógicas	Rubí Mica	El Carrizal	Exito	San Juan	Elbita	Catamarca	María Elsa	El Nogal	Hija del Dragón	Martita	Sol de Mayo	Payahuico	Virgen del Socavón de Oruro	Portezuelo	La Perla	Paraguay
1. Plagioclasa-cuarzo muscovita.....	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Plagioclasa-cuarzo												x	x	x	x	x
3. Plagioclasa-cuarzo-microclino, con o sin muscovita	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
4. Microclino-cuarzo.	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	?	x	x
5. Cuarzo	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x			x	?

TABLA III

Secuencia de las asociaciones mineralógicas de las pegmatitas del grupo oriental (Ancasti)

Asociaciones mineralógicas	Atalaya	Buena Estrella	El Quitín	Relejo del Mar	Santa Ana	Piedra Parada	Eduardo José	El Gallego	San Francisco
1. Plagioclasa-cuarzo-muscovita.....	x	x	x		x	x	x	x	x
2. Plagioclasa-cuarzo-microclino, con o sin muscovita.....				x					
3. Plagioclasa-cuarzo-espodumeno...				x					
4. Microclino-cuarzo-espodumeno....				x					
5. Microclino-cuarzo	x	x	x		x ₂	x	x	x	x
6. Cuarzo.....	x	?	x	x	x	x	x	x	x

x Asociación mineralógica presente en una sola zona.

x₂ Asociación mineralógica presente en dos zonas diferenciadas en base a la textura y/o cantidades relativas de los minerales contenidos.

En los dos grupos de pegmatitas considerados la secuencia de asociaciones mineralógicas es simple, y la diferencia fundamental entre ellos la constituye la presencia de asociaciones con plagioclasa libre —además de la correspondiente a las zonas marginales— en el grupo occidental que faltan en el otro grupo. La proporción de feldespatos potásicos es mucho mayor en las pegmatitas del sector oriental, como puede verse no sólo por las asociaciones mineralógicas presentes, sino también por la composición de las mismas (ver tabla I). En las pegmatitas del grupo occidental la secuencia indica un rápido aumento de la proporción de feldespatos potásicos y cuarzo hacia el centro de los cuerpos, con una disminución correlativa de la cantidad de plagioclasa libre.

En la pegmatita Reflejo del Mar aparecen asociaciones en las que el microclino es substituido parcialmente por espodumeno. La evolución general de la cristalización, no obstante, es similar a la de las otras pegmatitas.

En todas las pegmatitas del grupo occidental la plagioclasa de las asociaciones 2 y 3 es una oligoclasa de composición An 10-18 %. De las pegmatitas del grupo oriental sólo la Reflejo del Mar tiene asociaciones con plagioclasa (2 y 3) y se trata de cleavelandita de composición An 0-2 %. En el resto de los cuerpos de este grupo la única plagioclasa libre que se encuentra es de reemplazo, pertenece también a la variedad cleavelandita y su composición es An 0-3 %.

GENESIS

La génesis de las pegmatitas de Cataamarca no ofrece diferencias apreciables con la de los otros distritos pegmatíticos del país estudiados por el autor. Los líquidos pegmatíticos fueron pro-

bablemente emplazados por inyección forzada en fracturas preexistentes, como lo indican la forma tabular de los cuerpos, los trozos angulares de esquisto incluidos, los pequeños pliegues de arrastre que se notan en la roca de caja, los contactos generalmente discordantes y muy netos, etc. La formación de las zonas se explica suponiendo la cristalización progresiva del líquido inyectado, desde las paredes hacia el centro, en una cámara cerrada. Según este mecanismo, las diferencias litológicas entre las zonas se deberían a cristalización fraccional y a la reacción incompleta entre generaciones sucesivas de cristales y el líquido residual ¹.

Los cuerpos de reemplazo —que como ya se ha señalado constituyen un porcentaje insignificante del volumen total de las pegmatitas— se han originado muy probablemente por la acción de soluciones residuales generadas en las últimas etapas de la cristalización de las zonas. Los indicios más importantes en favor de esta hipótesis son, en primer lugar, que la mayoría de las unidades de reemplazo se encuentran en las zonas internas, preferentemente en el contacto con el núcleo o en sus proximidades, y en segundo término, que el volumen y la composición del reemplazo dependen fundamentalmente del tipo de pegmatita. Esta última característica es particularmente notable en las pegmatitas argentinas. Los estudios realizados en varios distritos demuestran que las unidades de reemplazo se encuentran limitadas casi exclusivamente a las pegmatitas con zonas externas e intermedias muy ricas en feldespatos potásicos o minerales de litio, y con muy poca plagioclasa y muy sódica (An 0-10 %). En las peg-

¹ Los detalles de este proceso genético han sido expuestos por numerosos autores, especialmente Cameron et al (1949) y Jahns (1955).

matitas en cuyas zonas externas la plagioclasa es muy abundante y más cálcica —generalmente An 10-25 %— y que son en general ricas en muscovita, las unidades de reemplazo faltan casi totalmente, como sucede en las pegmatitas micacíferas de Valle Fértil (Herrera, 1959), de Alta Gracia (Herrera, 1961) y del sector occidental del área considerada en este trabajo.

La unidades de relleno se han originado por la cristalización de líquido residual inyectado en fracturas producidas en las partes ya consolidadas de los cuerpos pegmatíticos. La composición de esas unidades depende, por lo tanto, de la composición del líquido residual en el momento de producirse las fracturas.

El origen de parte del berilo que se encuentra en las pegmatitas del grupo oriental presenta algunos problemas particulares. Los cristales que se encuentran en el interior de las zonas parecen haberse originado en el curso normal de la cristalización de las mismas. Las concentraciones de berilo que aparecen en el contacto de las zonas de microclino y cuarzo con los núcleos, en cambio, son de génesis más problemática.

Como ya se señaló en otra parte de este trabajo, esas agrupaciones de cristales de berilo aparecen asociadas prácticamente siempre con unidades de reemplazo de albita y muscovita y con cuerpos de relleno de cuarzo oscuro. Esta asociación es también general en las pegmatitas berilíferas de San Luis (Herrera, 1963). Este hecho, unido a la gran heterogeneidad del tamaño de grano del berilo contenido en esas concentraciones, y a la extrema irregularidad en la distribución de las mismas en el área del contacto, sugieren un origen relacionado con las etapas finales de reemplazo.

En lo que se refiere a la ubicación

de las pegmatitas en la historia geológica del área de trabajo, es indudable que son posteriores a los procesos metamórficos que afectaron a las rocas precámbricas, y que están relacionadas con los estadios finales del dilatado ciclo magmático que originó los cuerpos graníticos. Esta afirmación se apoya en el hecho de que las pegmatitas exhiben muy pocos rastros de acción tectónica. Los contactos de la mayoría de los cuerpos son discordantes y la textura, especialmente en las zonas marginales granitoides, sólo muestra indicios de la acción de presiones muy moderadas (ver: zonas marginales). Las pegmatitas se ubicarían, en consecuencia, aproximadamente en la fase del ciclo magmático en que fueron emplazados los cuerpos graníticos apotectónicos, según la clasificación usada por G. Bonorino (1950) para los intrusivos de las Sierras Pampeanas.

Agradecimientos: El autor desea dejar constancia de su agradecimiento al Sr. Nello Duranti por su colaboración en el trabajo de campo, y al Sr. Rogelio Clayton, por su ayuda en las tareas de gabinete.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

1. Cameron, E. N.; Jahns, R. H.; Mac Nair, A. N. y Page, L., R. 1949. *Internal structure of granitic Pegmatites*. — Economic Geology, Monograph 2.
2. González Bonorino, F. 1950. *Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas*. — Rev. Asoc. Geol. Arg. Tomo V, nº 3.
3. — 1950. *Descripción geológica de la Hoja 13^e, Villa Alberdi*. — Bol. Dir. Nac. Min. nº 74, Buenos Aires
4. — 1951. *Descripción de la Hoja 14 f Catamarca, Dir. Nac. Min.* Inédito.
5. Heinrich, E. W., 1951. *Mineralogy of triplite*. — Am. Min. Vol 36, p. 256.
6. Herrera, A. O., 1958. *Estructura interna de las pegmatitas micacíferas de Va-*

- Ile Fértil (prov. de San Juan).* — Contr. Cient. Fac. de Cs. Ex. y Nat., U.B.A., Vol II, nº 1.
7. — 1961. *Estructura interna de las pegmatitas micacíferas de Alta Gracia (prov. de Córdoba).* — Rev. Asoc. Geol. Arg. Tomo XVI, nºs 1-2.
8. — 1963. *Las pegmatitas de la provincia de San Luis. Estructura, mineralogía y génesis* — Rev. Asoc. Geol. Arg. Tomo XVII, nºs 1-2.
9. Jahns, R. H., 1955. *The study of pegmatites.* — Economic geology. — Fiftieth Anniversary Volume, pp. 1025-1130.

Manuscrito recibido en mayo de 1964.

METEORIZACION DE BASALTOS EN MISIONES

POR JUAN CARLOS RIGGI y NOEMI A. FELIU DE RIGGI

Dirección Nacional de Geología y Minería

RESUMEN

Se reseñan tres tipos de perfiles de meteorización expuestos a la observación directa y se describen las distintas etapas que conducen a la completa descomposición de basaltos en Misiones. Como resultado de este proceso, se hacen notar los aspectos físicos y las consecuencias mineralógicas en los productos secundarios formados. Además, se transcriben análisis químicos de niveles frescos y alterados que muestran la movilidad relativa de los óxidos con motivo del proceso en cuestión.

Finalmente, la comprobación de la constancia de las variaciones del contenido anortítico en las plagioclasas de distintos perfiles, hacia un estado de mayor alteración, induce a suponer que aquéllas fueron originadas por meteorización.

ABSTRACT

Three basalt weathering profiles are described from Misiones Province, in which physical and mineralogical processes of secondary products are shown. Chemical analysis of fresh and weathered rocks are listed in which relative mobility of the oxides are illustrated. Finally it is proposed that the constant variability in the anortitic content in the profiles are related to the weathering processes.

INTRODUCCION

La provincia de Misiones es una de las regiones del país, donde se conjugan en mayor grado los factores requeridos para el desarrollo de la alteración meteórica. Ellos son: la existencia de rocas con un elevado índice potencial de meteorización y un clima subtropical con precipitaciones moderadas. Los estudios realizados hasta la fecha no tratan en particular la alteración de los basaltos, sino que consideran exclusivamente las últimas consecuencias, es decir la formación de un tipo de suelo denominado "tierras coloradas" correspondiente a una alteración sialítica, de acuerdo a la clasificación de Harrosswitz, según Angelelli (1937).

Por los motivos señalados los autores consideran oportuno presentar un cuadro general sobre la meteorización de la roca madre de dicho suelo, en base a observaciones reunidas durante una comisión encomendada por la Dirección Nacional de Geología y Minería, en la que participó como ayudante el licenciado L. Doliner. El trabajo de campo se completó con el estudio microscópico de 45 muestras, 14 determinaciones mediante rayos X y 4 análisis químicos, estos dos últimos a cargo del señor T. Askenasy y la señora T. K. de Kotelnikov, respectivamente. A ellos nuestro reconocimiento que hacemos extensivo al Dr. B. Quartino por la contribución de sus sugerencias.

ASPECTOS GENERALES

Ante la escasez de afloramientos naturales, la mayoría de las observaciones fueron llevadas a cabo en los desmontes abiertos para la construcción de caminos y en frentes de canteras. Debido a ello, los espesores de las distintas zonas de meteorización dependen de la profundidad de dichos desmontes y de su ubicación en el perfil del relieve. Por las causas citadas ha sido imposible determinar la máxima potencia de las zonas, ya que cada una de ellas puede integrar la base del perfil expuesto, sin que aflore su límite inferior. Los espesores máximos medidos son los siguientes:

Zona de meteorización muy avanzada.	1,00 m
Zona de meteorización parcial.....	2,00 »
Zona de meteorización incipiente	0,50 »

El atributo más sobresaliente advertido a simple vista en la meteorización de estas rocas, es el marcado y brusco cambio de coloración que pasa de oscura en los niveles inferiores con muy ligera alteración o sin ella, a tonos claros en aquellos superiores alterados. Otro aspecto frecuente resulta en el desarrollo de estructuras esferoidales delimitadas sin excepción por diaclasas, lo cual demuestra su influencia en el control de dichas formas. Las estructuras de pseudoplicues formadas por "capas" delgadas superpuestas y de coloración alternada son excepcionales. En el caso apuntado en primer término, la parte interna o núcleo muestra menor descomposición que las sucesivas cortezas concéntricas desprendidas en relación al grado de alteración.

La existencia de diaclasas juega un papel importante en la meteorización del basalto, debido a que ellas son vías de circulación de aguas pluviales, y es a partir de las mismas que penetran por fisuras microscópicas abiertas a través de los cristales o entre los mismos, estableciéndose así una mayor superficie de

alteración por unidad de volumen. Tales fisuras, marcadamente profundas y de diseño reticular en ciertos basaltos de textura gruesa, son visibles al microscopio por la infiltración de pigmentos férricos rojo intenso, provenientes de la oxidación superficial de la magnetita. Además, la percolación de las aguas en el terreno, regulada por un relieve apropiado y el aporte de nuevas aguas pluviales mantienen las condiciones químicas necesarias para la continuidad en la formación de minerales secundarios y, al mismo tiempo, favorecen la eliminación de los componentes solubilizados, evidenciada al cotejar los análisis químicos entre la zona de meteorización incipiente y la de meteorización muy avanzada, transcriptos en el cuadro I. La última columna de dicho cuadro expresa las ganancias y pérdidas de los distintos óxidos, considerando a la alúmina constante por ser uno de los óxidos más inertes. Si bien el número de análisis disponibles no es suficiente para generalizar en cuanto a la movilidad de los óxidos, estamos en condiciones de apreciar en base a los minerales resultantes, que las variaciones notadas se cumplen "grosso modo" en todos los perfiles estudiados.

Todos los procesos que inciden en la alteración del basalto se traducen en modificaciones de su tenacidad y porosidad originales; la primera varía en relación inversa al grado de alteración, mientras que la segunda resulta aumentada en relación directa con el mismo.

Finalmente, como aspecto importante aunque ajeno a la roca en sí, no faltan ejemplos de iluviación, proceso que determina el transporte y concentración de óxidos férricos con preferencia en la zona de meteorización muy avanzada, donde la fuerte pigmentación roja dificulta su diferenciación de la cubierta edafológica. La concentración menos asidua que en el caso anterior, de óxido de manganeso y sílice amorfa en fisuras y diaclasas del basalto parcialmente alterado, obedecería al mismo mecanismo.

CUADRO I

Perfil sobre la Ruta 101, a 60 km
de Irigoyen a Iguazú

	Zona de meteorización incipiente %	Zona de meteorización muy avanzada %	Ganancias y pérdidas en gr.
SiO ₂ ..	47,4	37,1	-14,4
Al ₂ O ₃ ..	13,7	15,4	0,0
Fe ₂ O ₃ ..	5,4	23,0	15,1
FeO ..	8,3	2,1	- 6,4
MgO ..	6,9	0,2	- 6,7
CaO ..	9,2	0,7	- 8,6
Na ₂ O ..	2,4	0,3	- 2,1
K ₂ O ..	1,0	0,5	- 0,6
H ₂ O ..	1,7	8,4	6,0
-H ₂ O ..	1,4	6,8	4,7
TiO ₂ ..	2,2	4,6	1,9
P ₂ O ₅ ..	0,17	0,15	- 0,04

Perfil sobre la Ruta 106, a 20 km
de San Javier a L. N. Alem

SiO ₂ ..	48,9	31,8	- 20,0
Al ₂ O ₃ ..	12,7	14,0	0,0
Fe ₂ O ₃ ..	7,2	31,2	21,2
FeO ..	7,3	2,4	- 5,1
MgO ..	6,2	1,6	- 4,7
CaO ..	8,3	0,2	- 6,5
Na ₂ O ..	2,9	0,4	- 2,5
K ₂ O ..	1,3	0,0	- 1,3
H ₂ O ..	1,4	8,0	5,9
-H ₂ O ..	1,1	5,8	4,1
TiO ₂ ..	2,6	3,1	0,3
P ₂ O ₅ ..	0,2	0,0	- 0,2

Dada la índole de este trabajo, se agruparon en un perfil ideal el conjunto de observaciones correspondientes al examen individual de los diferentes perfiles, tanto en los aspectos de campo como de gabinete. Sin embargo, el caso particular de la plagioclasa donde se comprobó una disminución del contenido anortítico acorde con el progreso del grado de alteración del basalto, merece un comentario aparte tratado en el último párrafo del presente estudio.

Rasgos petrográficos de las muestras de distintas localidades

Los basaltos están constituidos por labradorita no zonal, clinopiroxenos principalmente pigeoníticos, magnetita titanífera y escasos pseudomorfos según olivina, en una mesostasis ácida por lo común vítrea a veces alterada en clorita, o cuarzo-feldespática, con las mismas características ya señaladas por Hausen (1919). Entre las texturas más comunes figuran la intergranular mediana a gruesa en transición a subofítica, siendo también frecuente la intersertal, mientras que la porfírica o glomeroporfírica son raras y más aún la ofítica. Las variedades amigdaloides tienen sus cavidades rellenas con calcita, calcedonia, cuarzo, clorita y zeolitas. Los caracteres enunciados, en especial el bajo porcentaje de olivina, la naturaleza del piroxeno y el residuo ácido, permiten ubicar a estas vulcanitas dentro de los basaltos tholeiíticos, como fuera establecido por Teruggi (1955).

TIPOS DE PERFILES

Si bien los basaltos se extienden por toda la provincia, no es común hallar perfiles completos de alteración. En áreas de relieve ondulado, el basalto sólo aflora en los puntos altos de las colinas donde generalmente pueden observarse cortes de perfiles integrados por una zona inferior de meteorización incipiente y otra superior de meteorización parcial. La falta de un tercer nivel de mayor descomposición y, en muchos casos, de una cubierta edáfica apropiada, se debe a la remoción del basalto desintegrado por aguas pluviales que transportan sus restos hacia los bajos, a medida que la alteración progresa. Los perfiles más complejos, en cuanto al grado de alteración, suelen encontrarse en las áreas serranas cubiertas por una densa vegetación que al proteger el suelo, favorece la lenta percolación del agua, mantiene la humedad

del medio y retarda la desintegración del basalto descompuesto. Bajo estas condiciones, se desarrolla una zona de meteorización incipiente no siempre expuesta, otra intermedia de meteorización parcial y una superior de meteorización muy avanzada cubierta por un suelo rojo castaño. Por último, los perfiles compuestos por una zona de meteorización muy avanzada y una cubierta edáfica, son más frecuentes en aquellas áreas de relieve muy suave.

De acuerdo a ello pueden generalizarse los siguientes tres tipos de perfiles expuestos a la observación directa:

Tipo A

2. Suelo
1. Zona de meteorización muy avanzada

Tipo B

3. Suelo (prácticamente ausente en la cima de algunas colinas)
2. Zona de meteorización parcial
1. Zona de meteorización incipiente

Tipo C

4. Suelo
3. Zona de meteorización muy avanzada.
2. Zona de meteorización parcial
1. Zona de meteorización incipiente.

ZONA DE METEORIZACION INCIPIENTE

Los rasgos destacados a simple vista comprenden un predominio de colores violáceos, verdosos oscuros y negros, como así también la existencia de un juego de diaclasas y el asiduo desarrollo de "mantos" hematíticos esferoidales (2 a 4 mm de espesor) incluidos en los bloques de basalto, generalmente no mayores de 20 cm de lado, delimitados por dichas discontinuidades.

El estudio microscópico de secciones

delgadas revela en muchos casos, una meteorización incipiente circunscripta a la plagioclasa y la magnetita. En la primera, la alteración comienza a modo de finas guías por los planos de clivaje 010 y 001. Como la proporción de plagioclasa alterada es insignificante, fue imposible obtener partículas aisladas del material secundario para la determinación de su índice. Sólo puede adelantarse que es incoloro, isótropo y de índice menor con respecto al del feldespato del cual proviene (fig. I).

A partir de la magnetita se forman pigmentos hematíticos ramificados por los clivajes de los minerales vecinos y entre ellos. Dicha ramificación resulta profusa y de diseño reticulado irregular, especialmente en los basaltos de textura gruesa, ya sea subofítica u ofítica. En otros casos, la pigmentación es facilitada en aquellos basaltos donde el estado muy dividido, como granos pequeños o polvo incluido en una base vítrea, proporciona una mayor superficie de oxidación. Sin embargo, el intenso color rojo localizado en ciertas áreas de la roca no implica una alteración considerable; la oxidación es superficial



Fig. I. — Meteorización incipiente (Arroyo Yaza) :

1. piroxeno fresco ; 2, plagioclasa con guías de alteración ; 3, Pseudomorfo de serpentina según olivina ; 4, magnetita con formación de óxido férrico que impregna a planos de clivaje de minerales vecinos ; 5, clorita color verde intenso ; 6, óxido férrico pulverulento enmascarando al feldespato potásico intersticial.

y no llega a destruirla, aún en las etapas más avanzadas de la meteorización.

El piroxeno no presenta signos apreciables de alteración meteórica. Un reemplazo parcial (en algunos cristales, completo) ocasiona la formación de una hilera apretada simple o doble de fibrillas laminadas y paralelas, inclinadas con respecto a la elongación de los individuos. La birrefringencia es anómala (baja) en secciones basales, mientras que en las normales llega a moderada. Se supone que estas fibrillas son de naturaleza clorítica, aunque no han sido estudiadas específicamente. Ellas pueden atribuirse a procesos propios del enfriamiento de la roca en sí y por lo tanto ajenos a la meteorización, dado que en las zonas donde ésta ha actuado con mayor intensidad no existe un aumento proporcional de tal reemplazo.

En todas las muestras examinadas la olivina se encuentra completamente alterada en serpentina, iddingsita, clorofaeita (?) y magnetita. Al parecer el proceso tuvo lugar durante la fase final de cristalización del magma, puesto que en los basaltos exentos de alteración, aún incipiente, los citados minerales secundarios constituyen, conjuntamente con las fibrillas del piroxeno, los únicos indicios de alteración. Si ésta fuera de origen meteórico, debería operarse al mismo tiempo cierta alteración en el resto de los minerales inestables.

El máximo grado de meteorización, siempre muy limitado, que puede llegar a afectar a la zona en cuestión, no modifica la tenacidad original del basalto, puesto de manifiesto por la resistencia que ofrece al ser golpeado con el martillo; los fragmentos desprendidos presentan superficies planas o subconcoídes, bordes cortantes y vértices agudos. Los valores de porosidad obtenidos son menores al 2 %.

ZONA DE METEORIZACION PARCIAL

La zona inmediata superior a la descrita se halla parcialmente meteorizada y resalta en el conjunto por el ne-

to cambio de los colores originales de la zona subyacente hacia tonos más claros, prevaleciendo aquellos grisáceos, amarillentos y castaño rojizos. Una inspección en detalle revela en algunos casos, la existencia de bloques basálticos resultantes de su diaclasamiento, con una costra de mayor alteración (entre 1 y 3 mm de espesor) impregnada por un hidróxido férrico amarillento y tapizada por una película negro-azulada de óxido de manganeso, asociado frecuentemente a sílice amorfa en realce globulado menudo (fig. II, 3), cuya presencia obedece a un proceso de eluviación a partir de la cubierta edafológica. A la vez, estos bloques se subdividen con facilidad en fragmentos poliédricos de caras irregulares castaña negruzcas, impregnadas de una mezcla de óxidos férricos y de manganeso. Las diferencias en el grado de descomposición entre las costras y el interior de cada bloque, se destacan además en el estado del piroxeno y la plagioclasa. De estos minerales sólo quedan en la primera restos de piroxeno con extremos dentados agudos, semejantes a los de los piroxenos y anfíboles detriticos sometidos al ataque de soluciones intraestratales y también restos de plagioclasa con contornos ondulados, ambos incluidos en un material férrico pulverulento (fig. II, 1 y 4). Sin embargo, en el seno de la roca no se llevan a cabo, al menos aparentemente, dichos efectos ya que estos minerales se encuentran alterados y asociados a sus respectivos productos secundarios.

La desintegración en costras concéntricas denominada "*meteorización esferoidal*", es otro aspecto común y exclusivo de la zona que tratamos. Un núcleo o parte interna de estas formas, se halla con frecuencia circunscripto por dos o tres costras superpuestas cuyo grado de alteración es mayor que el del citado núcleo, siendo evidente en muchos casos la vinculación de la exfoliación a la existencia de "mantos" hematíticos esferoidales mencionados en la zona ante-

rior. Las causas determinantes de este aspecto físico se deben, como ya lo describieran entre otros, Chapman (1949) y Blackwelder (1925), a diferencias en el grado de alteración de las distintas partes de la roca, que lleva aparejado una modificación diferencial de volumen entre las mismas.

Un detalle rara vez observado es la diferenciación de la zona en dos subzonas superpuestas, la inferior con pigmentación férrica amarillenta pasando

nocida, es decir modificando gradual y simultáneamente el mineral en todas sus partes. Aquí la alteración es gradual pero no simultánea; ella avanza controlada por los planos de clivaje, llegando a englobar restos aún inalterados. En otras palabras, existe un límite bien definido entre ambos. El mineral isótropo mencionado, es un gel con fluidalidad levemente marcada, sólo visible con gran aumento y lámina de yeso; su ndice es de 1.535 (fig. III). Los

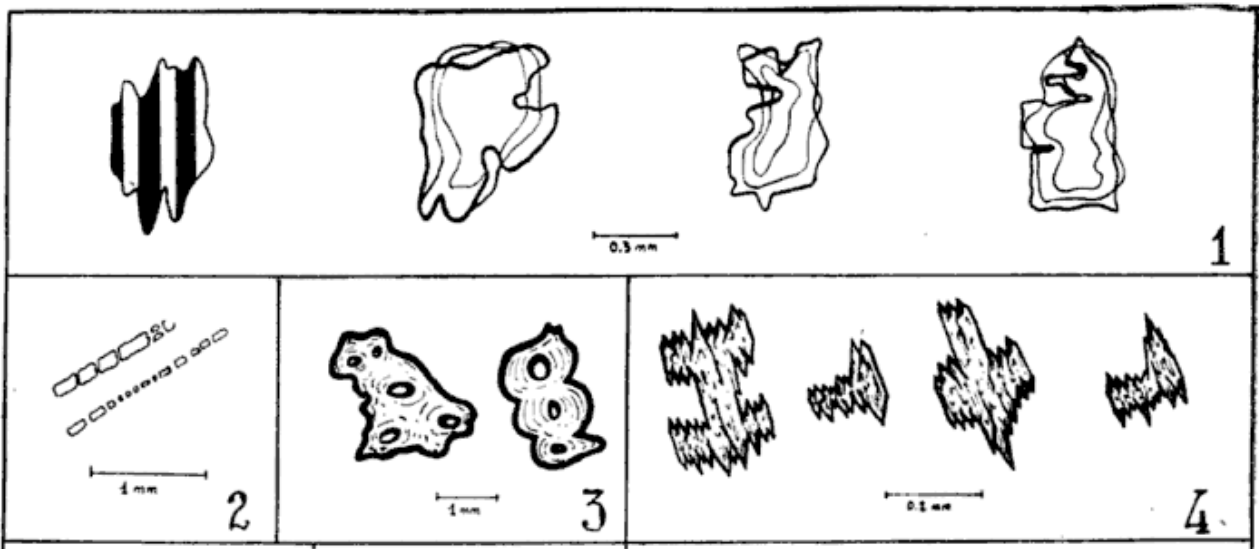


Fig. II. — 1, 2 y 4, efectos de disolución controlada por el clivaje, en plagioclasa, apatita y piroxeno, respectivamente; 3, aspecto del ópalo concentrado por iluvación, en diaclasas del basalto parcialmente meteorizado.

en forma gradual a la superior de tonalidad grisácea, en la que disminuye notablemente el contenido férrico. Esta concentración en la subzona inferior tiene su origen en un proceso de iluvación, acaso condicionada por la presencia de diaclasas, las cuales rellenas de compuestos férricos resaltan nítidamente en el conjunto grisáceo superior.

En el examen megascópico de las muestras se destacan cristales blanquecinos de plagioclasa algo alterada. El estudio microscópico revela que su alteración en un material isótropo y de índice inferior a ella, iniciada en la zona de alteración incipiente, afecta en grado variable a los distintos individuos. Cabe señalar que dicha descomposición no progresa en la forma comúnmente co-

caracteres mencionados coinciden con aquellos de la halloysita en el estado de mayor hidratación y carente de ordenamiento cristalino. Este tipo de alteración fue citado por Sand (1956) quien supone que la eliminación efectiva de todas las bases del feldespato destruye su estructura y que la sílice coloidal conjuntamente con la alúmina, configuran una estructura desordenada de halloysita hidratada.

Es en esta zona donde comienzan a manifestarse los distintos tipos y grados en la descomposición del piroxeno, advertida en la pérdida de su brillo vítreo y en el cambio de la coloración que vira hacia tonos rojizos. En los cortes delgados de algunos basaltos se observa, con gran aumento, una red de

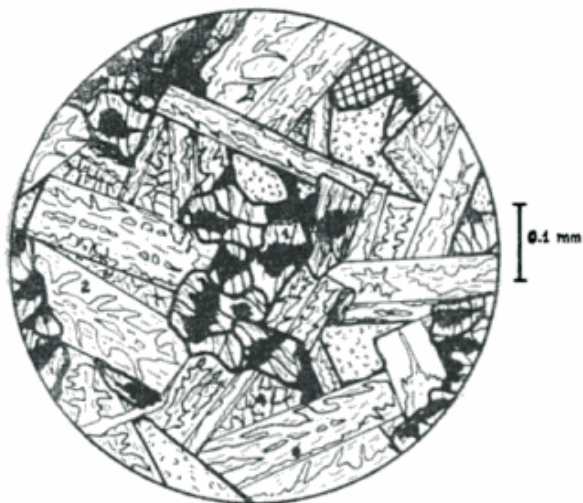


Fig. III. — Meteorización parcial (Arroyo Yaza) :
 1, piroxeno parcialmente alterado en nontronita ;
 2, plagioclasa parcialmente alterada en halloysita ; 3, clorita color verde pálido ; 4, feldespato potásico intersticial libre de óxido férrico.

canalículos de escasos micrones de sección, conectados entre sí y de diseño serpenteado, presumiblemente originados por disolución. En otros casos la alteración se traduce en la merma de la birrefringencia, como así también en el aspecto sucio de los individuos. Además resulta frecuente la formación, generalmente marginal, de óxidos férricos traslúcidos con variaciones en la coloración comprendida entre el castaño rojizo y el castaño amarillento, acaso condicionadas por distintos estados de hidratación. Por último, otro producto secundario originado a partir del piroxeno es una probable nontronita, cuyas características enumeradas a continuación, coinciden, en gran parte, con las correspondientes a una de las variedades citadas por Winchel (1933, p. 416). Ellas son: hábito fibroso; débil pleocroísmo amarillento verdoso a castaño rojizo; birrefringencia 0.030; índice $\pm 1,63$ (probablemente beta); $2V$ entre 26° y 30° , negativo; atacable en presencia de HCl.

En ningún caso la meteorización alcanza a destruir completamente la plagioclasa y el piroxeno; los efectos sobre ambos, en cuanto a grado relativo de alteración, se reflejan en el hecho de

que la descomposición del segundo está rezagada con respecto a la primera, salvo en los límites de los bloques basálticos donde estos minerales pueden ser totalmente destruidos por encontrarse más expuestos a la acción de procesos más intensos.

La apatita también muestra marcadas evidencias de su inestabilidad química. Sus formas aciculares y prismáticas muy alargadas se hallan comúnmente divididas en segmentos por efectos de disolución; además, estos segmentos presentan contornos corroídos como consecuencia del mismo fenómeno (fig. II, 2).

El vidrio palagonítico, la serpentina y la clorita pierden intensidad de coloración en esta zona; la última suele virar de verde a castaño. En muchos casos, estos minerales y el vidrio, viran su coloración de verdosa al amarillo limón en transición al amarillo vivo y anaranjado brillante hacia los bordes externos de los "mantos" hematíticos anteriormente mencionados. Tales variaciones pueden deberse a distintos estados de oxidación del catión hierro existente.

El resultado de los efectos de la meteorización se manifiesta por la modificación acentuada de la porosidad y tenacidad originales. La primera llega a 14% y en cuanto a la segunda el debilitamiento se traduce en la baja resistencia ofrecida al impacto del martillo; los fragmentos desprendidos tienen superficies irregulares y ásperas, fácilmente desgranables bajo la presión de un objeto punzante.

ZONA DE METEORIZACION MUY AVANZADA

Esta zona representa en los productos secundarios formados el resultado de los procesos que llevan a la descomposición, generalmente completa de los minerales esenciales del basalto. Su aspecto y consistencia son terrosos, predominando colores amarillentos, rosados y rojizos debido a la existencia de pig-

mentos férricos, con puntuaciones blanquecinas derivadas de la alteración del feldespato. Su origen suele pasar desapercibido en una inspección ocular ligera, a no ser en aquellos perfiles donde la zona conserva su estructura vesicular, cuando existe, con sus cavidades tapizadas por pigmentos rojizos o amarillentos férricos y negros de óxido de manganeso. Como ya se mencionó, las zonas menos alteradas presentan diaclasas mientras que en esta zona no se las observa; probablemente éstas han sido borradas por meteorización. Además, esta zona carece de estructuras originadas por procesos que alteran a los basaltos, con excepción de un solo caso expuesto al borde de la ruta de acceso a Garupá, donde un conjunto de "capas" superpuestas delgadas (hasta 5 cm de espesor) y de coloración rojiza y rosada alternada, forman pseudoplicues en transición al suelo que los cubre (fig. IV).

El examen microscópico de las secciones delgadas muestra que la textura original de la roca no ha sido obliterada, siendo posible el reconocimiento de la composición mineralógica primitiva, especialmente en aquellos basaltos de grano mediano a grueso. Los espacios ocupados por los minerales que componían al basalto antes de su meteorización, se identifican por los contornos conservados (aunque algo desdibujados) y por la naturaleza de los minerales secundarios que los reemplazan

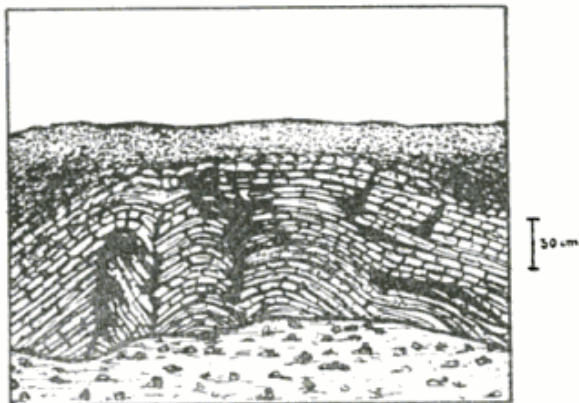


Fig. IV — Pseudoplicues por meteorización (ruta de acceso a Garupá)



Fig. V. — Meteorización muy avanzada (ruta 101, a 60 km de B. Irigoyen hacia Iguazú): 1, plagioclasa alterada en halloysita; 2, piroxeno alterado en óxido férrico; 3, piroxeno alterado en antigorita (?) con una corona de óxido férrico; 4, magnetita rodeada de óxido férrico; 5, clorita color verde muy pálido; 6, pseudomorfo de serpentina según olivina, parcialmente alterada en un material semejante a la halloysita; V, espacios vacíos.

(fig. V). En lugar de la plagioclasa se encuentra un material incoloro criptocrystalino, que en algunos casos comparte con vacíos el espacio original del feldespato. La birrefringencia es muy baja (0.002) y el índice de refracción alcanza a 1.552. A la vez, en ciertos casos, este material engloba diminutas fibrillas planas de hasta 100 micrones de longitud, 10 ó 20 micrones de ancho y 5 micrones de espesor, incoloras o con un tinte verdoso muy pálido, frecuentemente algo distorsionadas, de índice α' : 1.532 y γ' : 1.562; birrefringencia moderada entre 0.028 y 0.035. Con el fin de identificar la naturaleza de las fibrillas y confirmar la presencia de halloysita, cuya supuesta existencia era sugerida por los caracteres ópticos apuntados, se realizaron determinaciones con rayos X mediante diagramas de polvo y radiación $FeK\alpha$. A continuación se transcriben los valores correspondientes a uno de los diagramas obtenidos sobre una muestra coleccionada en las inmediaciones de Garupá.

dA	I	Interpretación
10,57	10	palygorskita (?)
7,22	80	halloysita
4,45	100	halloysita
4,23	30	cuarzo
3,70	10	hematita
3,57	40	halloysita
3,33	80	cuarzo
3,24	10	palygorskita (?)
2,705	40	hematita
2,522	40	hematita
2,214	10	hematita
1,849	20	hematita
1,818	10	cuarzo
1,690	30	halloysita, hematita
1,542	10	cuarzo
1,488	30	halloysita, hematita
1,453	10	hematita
1,376	20	cuarzo
1,288	20	halloysita

Zona de meteorización muy avanzada.....
 Zona de meteorización parcial.....

$n = \sim 1.552$ $n_{\gamma} - n_{\alpha} = 0.002$
 $n = \sim 1.535$ $n_{\gamma} - n_{\alpha} = \text{—}$

Grim :

2H₂O valor medio
 4H₂O valor medio

$n = 1.548-1.556$ $n_{\gamma} - n_{\alpha} = 0.002 - 0.001$
 $n = 1.526-1.532$ $n_{\gamma} - n_{\alpha} = \text{—}$

Al parecer el proceso de alteración de la plagioclasa comenzaría con la formación de halloysita al estado amorfo, más hidratado, de hidrohallysita, pasando durante la etapa de mayor alteración a un estado con menos agua, lo que traería aparejado cierto ordenamiento cristalino bajo la forma de agregado criptocristalino o sea halloysita propiamente dicha.

En unos casos el piroxeno se altera en un agregado fino de hidróxido férrico opaco, castaño rojizo, que ocasionalmente circunscribe a modo de halo un mosaico microcristalino incoloro a verdoso pálido (birrefringencia 0.0086), probablemente de antigorita. En otros, la supuesta nontronita ocupa parte de los espacios que correspondían al piroxeno; al agregarse estos vacíos a los

El resultado del diagrama, como así también el de otros obtenidos con muestras de distintos lugares, excluye toda duda sobre la presencia de halloysita como producto principal de alteración de la plagioclasa, manteniéndose en cambio el interrogante acerca de la identidad de las fibrillas, pues los valores no aseguran la existencia de palygorskita. La hematita proviene de la alteración perisférica de la magnetita, mientras que las líneas de cuarzo se deben a su presencia como mineral accesorio que resiste los procesos de meteorización.

En cuanto a la halloysita es significativo señalar la aproximación de sus caracteres ópticos, determinados en muestras de las zonas de meteorización parcial y muy avanzada, con los citados por Grim (1953) en la página 279. Los datos comparativos figuran a continuación.

formados en el resto de la roca, ella adquiere alta porosidad, sin duda originada por eliminación de los compuestos solubilizados durante la meteorización. Son excepcionales las muestras donde aún se conservan restos de piroxeno con extremos dentados agudos, dentro del material de alteración, ya sea férrico o nontronítico. Como fuera mencionado al tratar la zona de meteorización incipiente, la magnetita resiste esta etapa avanzada de alteración, salvo en sus partes perisféricas que al oxidarse contribuyen a incrementar el contenido férrico y por ende la pigmentación del basalto.

Unos pocos cortes muestran pseudomorfos según olivina totalmente alterados en un agregado fino incoloro y de muy baja birrefringencia, semejante

la repetida disminución hacia arriba a la halloysita formada a expensas del feldespato, limitados y atravesados por un óxido férrico rojizo. Se estima que estos productos provienen de la alteración de la serpentina y magnetita secundaria. No obstante, en la mayoría de los casos la serpentina no presenta alteración, excepto una ligera merma de su coloración y unos canalículos muy finos causados por disolución. Del mismo modo, la clorita intersticial o de relleno sufre una acentuada pérdida de coloración, acompañada por la disminución de su birrefringencia.

En cuanto a los efectos ocasionados por disolución, debe destacarse la falta de apatita en la mayoría de las muestras, como consecuencia de su alta inestabilidad química, también inferida de los restos que han sobrevivido en el basalto meteorizado en menor grado. El mismo fenómeno es el que ha provocado la total eliminación de rellenos calcíticos, tan comunes en los basaltos amigdaloides. Además, este mecanismo se manifiesta en el cuarzo, al presentarse éste frecuentemente dividido en varias partes, de contornos muy irregulares, que conservan igual orientación óptica.

La oxidación llega a su máximo desarrollo, advertida en la marcada pigmentación castaña rojiza de la zona considerada. Sin embargo, ésta no siempre es el resultado de dicho proceso sobre la roca en sí; obedece a un mecanismo de eluviación de los óxidos de hierro de la cubierta edafológica con la consiguiente concentración en el basalto alterado. En este caso, las muestras suelen contener una compleja red de pequeños canales rellenos por un gel de hidróxido férrico castaño amarillento a rojo y de extinción anómala, que intersectan y tiñen a los minerales. Una vez que dicho hidróxido impregna la roca y rellena sus oquedades, acaba por cristalizar en un agregado microgranoso de goethita o goethita y hematita (ambos comprobados mediante determinaciones por rayos X).

Las características de las muestras disponibles, unidas al estado de turbidez originada por la alteración, imposibilitó establecer lo acaecido con los minerales no mencionados aquí.

Finalmente, una de las consecuencias del grado de alteración en que se encuentra el basalto, es el notable aumento de la porosidad, pudiendo alcanzar un valor de hasta 43 %. Su estado actual consiste en una masa regolítica fácilmente disgregable a la presión de los dedos, la que una vez humedecida adquiere cierta plasticidad.

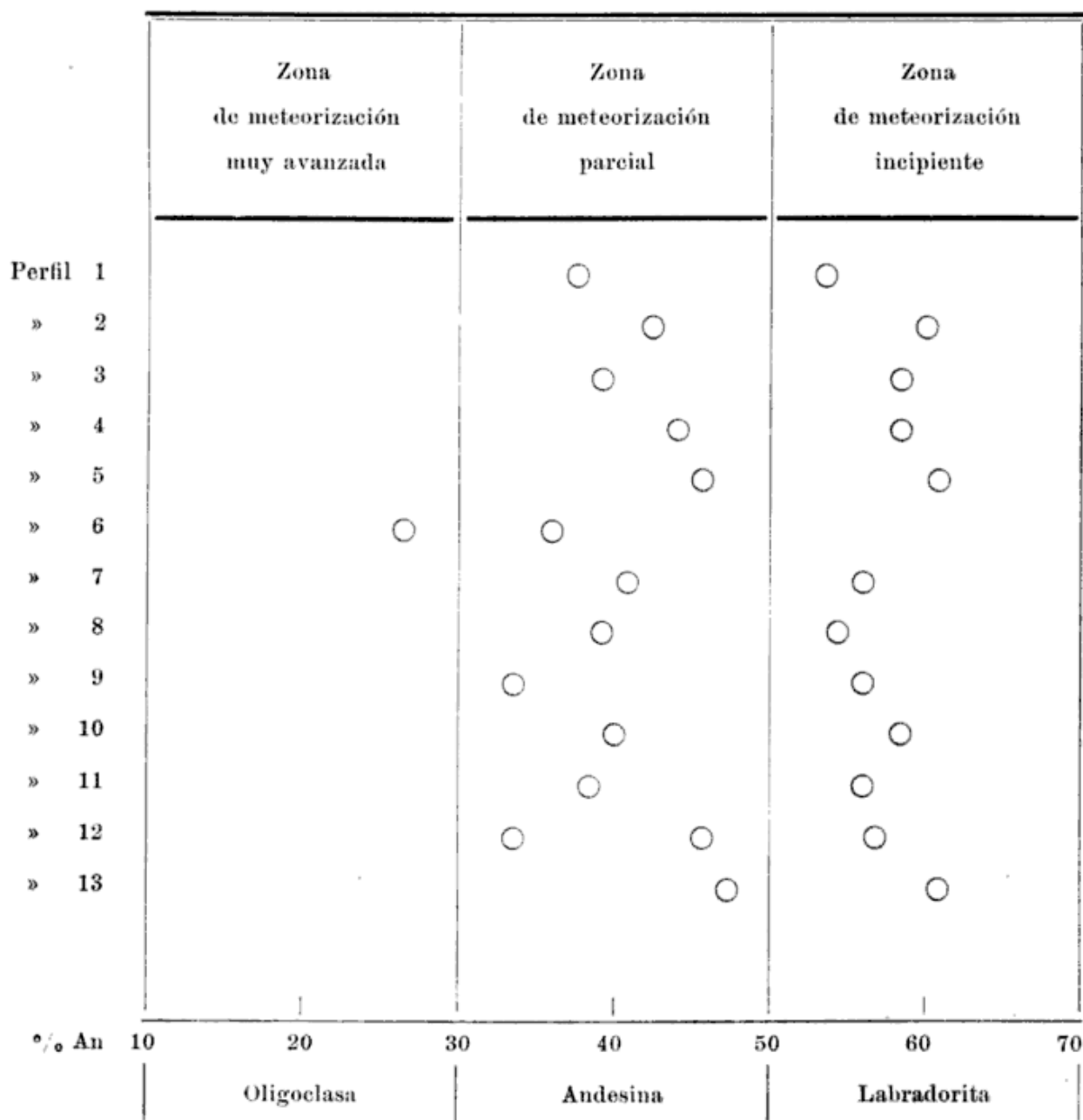
VARIACION DEL CONTENIDO ANORTITICO DE LA PLAGIOCLASA

Se ha comprobado una variación constante en la composición de la plagioclasa, la cual, en las zonas menos meteorizadas es más cálcica que en las de mayor meteorización.

El Cuadro II sintetiza los datos comparativos de trece perfiles. Los porcentajes del contenido anortítico se obtuvieron con el empleo de la platina universal, mediante el ángulo máximo de extinción de maclas de albita en la zona (010). Estos valores fueron posteriormente comparados con los índices de refracción, determinados con el monocromador, utilizándose a tal efecto la tabla de Tsuboi. Si bien las diferencias halladas entre ambos métodos no exceden el 1 %, los valores consignados corresponden a los obtenidos en el segundo caso, ya que el error instrumental de la platina utilizada es de 2 %, mientras que el del monocromador llega al 1 %.

La semejanza del perfil de variación es en todo los casos muy llamativa y sugerente para la interpretación de sus causas. A este respecto cabe suponer que tal variación sea previa a la meteorización o bien parte de dicho proceso. La primera explicación, aparentemente más factible, no está avalada por

CUADRO II



1. Irigoyen.
2. Ruta 12, a 25 km de Garupá hacia Santa Ana.
3. Posadas.
4. Alba Posse.
5. Ruta 106, a 20 km de San Javier hacia L. N. Alem.
6. Ruta 106, a 12 km de L. N. Alem hacia San Javier.
7. Ruta 106, a 6 km de Bonpland hacia L. N. Alem.
8. Capióvi.
9. Ruta 12, a 1 km de Candelaria hacia Garupá.
10. Ruta 12, a 15 km de Eldorado hacia Colonia Santa Teresa.
11. Ruta 12, a 10 km de Garupá hacia Candelaria.
12. Ruta 14, en el cruce sobre el Arroyo Yaza.
13. Ruta 14, a 30 km de San Pedro hacia Refugio E. P. Eger.

del porcentaje de anortita en todos los perfiles, lo cual excluye, como causal, que una superposición de coladas determine invariablemente a la superior como portadora de una plagioclasa menos cálcica con respecto a la inferior. Tampoco resulta aceptable suponer una variación dentro del cuerpo (colada o filón capa), porque las muestras han sido tomadas en distintos lugares y a niveles diferentes. Por otra parte, la literatura geológica referente a las vulcanitas de Misiones, no cita la existencia de plagioclasas con tan bajos tenores de anortita; esto fue corroborado últimamente por Teruggi (1955) en el estudio de unas cien muestras correspondientes a distintas localidades, estableciendo que la composición oscila entre An 50 % y 65 %, con predominio de aquellas plagioclasas que se encuentran cerca de la proporción An 55 %. De acuerdo a nuestras determinaciones, de veintisiete muestras, doce contienen plagioclasas del grupo labradorita, catorce de andesina y 1 de oligoclasa. Dada la cantidad de muestras estudiadas en ambos casos, es evidente que las diferencias son demasiado numerosas para ser consideradas como un hecho fortuito.

Resulta muy significativo el perfil 12, donde se aprecia una marcada disminución, en menos de 50 cm, del contenido anortítico desde 57 % (zona de meteorización incipiente) hasta 33 % (zona de meteorización parcial) y una parte intermedia de 30 cm de espesor con 47 %, dentro de la última zona. Esta variación no va acompañada por una modificación textural que pudiera indicar la existencia de estados transicionales hacia andesitas. Además, en un caso, donde ha sido posible efectuar determinaciones de la plagioclasa perteneciente a la zona de meteorización avanzada, pudo establecerse que el tenor anortítico disminuye aún más con respecto a la plagioclasa de la zona de meteorización parcial, alcanzando un mínimo de 27 % en el perfil 6.

Por todo ello, quedaría excluida la posibilidad de que las diferencias del contenido anortítico puedan deberse, a la variación por diferenciación "in situ" del magma basáltico, a variación por cambio en la composición de las distintas efusiones o a cambios póstumos acaecidos en la roca durante su fase de consolidación.

El análisis de los perfiles proporciona argumentos que presentan a la meteorización como responsable de tales variaciones. Este supuesto proceso, sin duda importante, no ha sido hallado descrito en bibliografía previa y merece un estudio más detallado.

RESUMEN - CONCLUSIONES

1. Los diferentes tipos de perfiles de meteorización son regulados por la interacción del relieve, el clima y la vegetación.
2. Se ha distinguido tres zonas de meteorización: una incipiente, otra parcial y una última muy avanzada.
3. La meteorización esferoidal es la estructura más generalizada, en muchos casos vinculada a la acción mecánica del óxido férrico concentrado en "mantos" esferoidales inscriptos en los bloques basálticos limitados por diaclasas.
4. Los principales procesos que han meteorizado al basalto son: hidrólisis, oxidación y lixiviación.
5. Durante la meteorización tiene lugar la movilización casi completa de CaO, MgO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ y parcial de SiO₂, la transformación de hierro ferroso en férrico, el incremento de TiO₂ y la adición de H₂O. El producto final es un residuo terroso o regolito basáltico, compuesto principalmente por alúmino silicatos hidratados, óxidos férricos, minerales resistentes a la descomposición y, en algunos casos, exiguos restos de minerales aún inatacados.
6. La halloysita es el producto principal de alteración de la plagioclasa.

La baja solubilidad de la alúmina y la sílice de ésta, condicionada por un ambiente generalmente algo ácido (Corti, 1939; Grimau, 1939; Lavenir y Morme, 1903), conduce a la combinación de ambas para formar dicho mineral secundario.

7. Oxidos férricos y probablemente nontronita, constituyen los productos esenciales en la alteración del piroxeno.

8. El orden relativo de alteración entre los minerales esenciales del basalto es el siguiente: 1) plagioclasa, 2) piroxeno.

9. La alteración de la magnetita, accesorio más abundante, sólo se cumple en la oxidación de sus partes periféricas, resistiendo la etapa de máxima meteorización.

10. No se comprobó la existencia de minerales bauxíticos en ninguno de los perfiles estudiados. Para su formación es indispensable una abundante lixiviación de sílice, lo cual no ocurre como queda demostrado en el punto 11.

11. La alúmina, el óxido férrico y gran parte de la sílice, no son eliminados por las aguas superficiales y subterráneas, quedando retenidos en el terreno. Esta premisa queda avalada por:

a) El punto 6.

b) Los análisis químicos de las aguas del Paraná y Uruguay que recolectan a aquéllas que lavan grandes áreas basálticas de Misiones y países limítrofes por intermedio de sus afluentes, como así también por los análisis de las aguas de los arroyos Concepción (afluente del Uruguay), Itá-ambé (afluente del Paraná) y de la capa freática en Barra Concepción (Cordini y Riggi, 1959). Dichos análisis no acusan vestigios de alúmina ni de hierro, mientras que los porcentajes en sílice son inferiores al 3,8 % del conjunto total que mineraliza a las aguas, cifras muy

bajas que contrastan con el 11 %, promedio obtenido de distintos ríos del mundo (Keller, 1957). Como casos extremos es ilustrativo citar a los ríos Demerara en la Guayana Británica (Keller, 1957) y Mahanuddy en la India (Ran-kama y Sahama, 1954), donde el contenido en sílice alcanza a 55,92 y 33,45 %, respectivamente.

c) El aumento, aunque poco considerable en el caso de la alúmina y muy notable en el caso del óxido férrico, tenido lugar en la zona muy meteorizada y en los suelos (Angelelli, 1937; Cordini y Riggi, 1959), con respecto al basalto fresco.

d) La existencia de caolines altamente silicificados (Angelelli, 1937).

e) La presencia de sílice bajo la forma de ópalo, concentrada en diaclasas, en los basaltos de algunas localidades.

12 La existencia en muchos casos de un proceso de iluviación, determina la concentración en la zona de meteorización muy avanzada, de un gel de hidróxido férrico que acaba por cristalizar en goethita y hematita. Por el mismo mecanismo se concentran óxidos de manganeso, hidróxido férrico y ópalo en las diaclasas y fisuras de la zona parcialmente meteorizada.

13. La disminución del contenido anortítico de la plagioclasa hacia las zonas más alteradas, induce a suponer que aquélla responde a procesos de meteorización.

Angelelli, V., 1937. *Reconocimiento geológico del Territorio de Misiones en busca de bauxita*. Sep. Bol. O.S.N., año 1, N° 2, Buenos Aires.

Blackwelder, E., 1925. *Exfoliation as a phase of rock weathering*. Jour. Geol. 33, pp. 793-806.

Chapman, R. W.; Greenfield, M. A., 1949. *Spheroidal weathering of igneous rocks*. Am. Jour. Scien. 247, pp. 407-429.

- Cordinai, I. R.; Riggi, J. C., 1959. *Contribución al conocimiento sedimentológico y geoquímico del sur de Misiones y Norte de Corrientes*. Inf. inéd. D.N.G. y M., Buenos Aires.
- Corti, H., 1939. *La concentración de iones H en los suelos de la República Argentina*. Physis, Rev. Soc. Arg. Cienc. Nat., tomo XIV, Sec Geol. y Paleon., pp. 261-295.
- Grim, R. E., 1953. *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Grimau, A. G., 1939. *Contribución al estudio de algunos suelos argentinos*. Physis, Rev. Soc. Arg. Cienc. Nat., tomo XIV, Sec. Geol. y Paleon., pp. 297-342.
- Hausen, J., 1919. *Contribución al estudio de la petrografía del Territorio de Misiones*. Dir. Nac. Geol. Min. e Hidrog., Bol. 21, Buenos Aires.
- Keller, W. D., 1957. *The principles of chemical weathering*. Lucas Brothers Publishers. Columbia, Missouri.
- Lavenir, P.; Mormes, A., 1903. *Contribución al estudio de los suelos de la República Argentina*. An. Min. Agric., Sec. Quím., tomo I, N° 1, Buenos Aires.
- Rankama, K.; Sahama, Th. G., 1954. *Geoquímica*. Aguilar S. A. Madrid.
- Sand, L. B., 1956. *On the genesis of residual kaolins*. Am. Min., vol. 41, N° 1-2, pp. 28.
- Teruggi, M. E., 1955. *Los basaltos tholeiíticos de Misiones*. Notas Mus. La Plata, XVIII, Geol. N° 70.
- Winchell, A. N., 1933. *Elements of Optical Mineralogy*. Part. II. Third edition. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Manuscrito recibido diciembre de 1963.

COMENTARIOS BIBLIOGRAFICOS

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J., *Rock Forming Minerals*. — Vol. 1, "Ortho- and Ring Silicates"; vol. 2, "Chain Silicates"; vol. 3, "Sheet Silicates"; vol. 4, "Framework Silicates". John Wiley and Sons Inc. - New York, N. Y.

La aparición de *Rock Forming Minerals*, de los cuales hemos recibido los primeros cuatro volúmenes, es un acontecimiento editorial que apreciarán particularmente todos aquellos especialistas que en su trabajo diario se enfrentan con la necesidad de contar con una información, sucinta, pero lo más exhaustiva posible, sobre las características de los minerales "cuya presencia o ausencia sirve para determinar o modificar el nombre de una roca".

Los autores han logrado acumular en (5) cinco volúmenes una enorme cantidad de información que hasta el momento estaba dispersa en gran número de revistas especializadas. Esto es particularmente valioso en nuestro medio en el que la bibliografía, frecuentemente, es de difícil acceso.

En el primer volumen, cuyo subtítulo es "Ortho- and Ring Silicates" los grupos de la olivina, el granate y el epidoto son tratados con particular atención. El volumen 2 "Chain Silicates" está casi íntegramente dedicado a la descripción de los piroxenos y los anfíboles. En el volumen 3 "Sheet Silicates" el grupo de las micas demanda casi un tercio del volumen y los minerales arcillosos otro tanto. En el volumen 4 "Framework Silicates" —el más extenso de los cuatro que conocemos— se destacan los capítulos destinados a la descripción de los feldespatos alcalinos, las plagioclasas, los minerales de sílice y el grupo de las zeolitas. El quinto volumen, que lamentablemente no obra aún en nuestro poder, es sin duda muy importante; está destinado a los no silicatos (óxidos, hidroxidos, sulfuros, sulfatos, carbonatos, fosfatos y sales haloides).

Para cada mineral o grupo de minerales, se consignan los datos ilustrativos concernientes a la estructura, composición química y principales variaciones de la misma, propiedades ópticas y físicas, paragénesis y rasgos distintivos más notables.

Las secciones que describen estructuras y métodos de identificación por rayos X, son sin duda las más completas que se hayan publicado en obras tan generales como la que nos ocupa, con la sola excepción, tal vez, de los trabajos destinados a los minerales arcillosos.

Las propiedades ópticas están bien consignadas, pero tal vez en forma excesivamente sucinta. Ello quizás se deba a la mayor abundancia de la bibliografía que se ocupa del tema.

Las secciones destinadas a la paragénesis son sin duda resúmenes claros y concisos de los conocimientos actuales al respecto, pero de ninguna manera pueden reemplazar la lectura de los trabajos citados, puesto que a nuestro criterio, se aceptan a veces algunas opiniones sin una discusión suficientemente crítica de las mismas.

La presentación tipográfica es excelente —excelencia que desgraciadamente se ve reflejada en el costo de la obra—. Si bien no puede decirse que las ilustraciones sean muy abundantes, ellas son generalmente suficientes para facilitar la comprensión del texto; algunas de ellas lograrían mejor su propósito con una reducción menor. La bibliografía que acompaña a cada sección es muy abundante y actualizada.

En conclusión: se trata de un trabajo de gran aliento que, creemos, tendrá una larga vigencia en los ambientes especializados; por ello sería muy deseable que los autores encararan desde ya la posibilidad de ofrecer, dentro de algunos años, un apéndice que mantuviera actualizada la obra.

A. ROMERO

SE TERMINO DE IMPRIMIR EL 30 DE SEPTIEMBRE DE 1964
EN LA IMPRENTA Y CASA EDITORA CONI, PERU 684
BUENOS AIRES, REPUBLICA ARGENTINA

ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

COMISION DIRECTIVA: *Presidente:* DR. CARLOS D. STORNI; *Vicepresidente:* DR. MARIO E. TERUGGI; *Secretario:* LIC. HÉCTOR J. PÉNDOLA; *Tesorero:* DR. EDUARDO J. METHOL; *Vocales:* DR. EDUARDO ROLLERI, DR. FÉLIX RODRIGO Y DR. VÍCTOR MAURIÑO; *Vocales suplentes:* DR. ARTURO AMOS, DR. OSCAR RUIZ HUIDOBRO Y DR. RAÚL ZARDINI.

SUBCOMISION DE LA REVISTA: DR. ARTURO AMOS, DR. RAÚL ZARDINI Y DR. VÍCTOR MAURIÑO.

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

PERU 222, Buenos Aires (Rep. Argentina)

Toda la correspondencia referente a suscripciones, colecciones o números sueltos, debe ser dirigida a

LIBRART S. R. L., CORRIENTES 127, Buenos Aires

Representante y distribuidor exclusivo para toda la República Argentina y el exterior.

LIBRART S. R. L.

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS de las siguientes publicaciones

ANALES DE LAS PRIMERAS JORNADAS GEOLOGICAS
ARGENTINAS

BIBLIOGRAFIA GEOLOGICA Y CARTOGRAFICA DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES

INDICE BIBLIOGRAFICO DE ESTRATIGRAFIA ARGEN-
TINA

PALEONTOGRAFIA BONAERENSE

HORACIO H. CAMACHO : *Sección Invertebrados*

C. A. MENÉNDEZ & H. A. ORLANDO : *Sección Paleobotánica*

ROSENDO PASCUAL : *Sección Vertebrados*

PUBLICACIONES PERIODICAS

AMEGHINIANA, REVISTA DE LA ASOCIACIÓN PALEONTOLOGICA ARGENTINA

PHYSIS, REVISTA DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CIENCIAS NATURALES

REVISTA DE LA ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

VENTA EXCLUSIVA:

LIBRART S. R. L.

CORRIENTES 127

(EDIFICIO BOLSA DE CEREALES)

BUENOS AIRES

T. E. 31 - 4368

Dirección Postal :

Casilla de Correo 5047

Con "suspenso", riesgos y duro trabajo, al fin llega a la superficie "El Tesoro Escondido"... ¡el petróleo! Pero todavía es un "tesoro escondido".

El caso del tesoro escondido

Es necesario someterlo a complejos procesos para transformar su oculta riqueza en valiosos productos. Así resuelve Esso S. A. Petrolera Argentina "El caso del tesoro escondido": arribando siempre al "final feliz", con más y mejores productos para bienestar de la comunidad.



INVESTIGANDO LAS EXIGENCIAS DEL MAÑANA, ESSO SIRVE LAS NECESIDADES DE HOY

