

RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LAS ISLAS VENEZOLANAS EN EL MAR CARIBE, ENTRE LOS ROQUES Y LOS TESTIGOS (DEPENDENCIAS FEDERALES)

Carlos Schubert

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
Apartado 1827, Caracas 101

y

Peter Moticska N.

Ministerio de Minas e Hidrocarburos
Dirección de Geología
Centro Simón Bolívar, Torre Norte, Piso 19
Caracas 101

(Recibido en agosto de 1973)

RESUMEN

En las islas de Gran Roque y La Orchila aflora un complejo ígneo-metamórfico. Las rocas más antiguas: esquistos y filitas cloríticas, ortoanfíbolitas cuarzo-epidóticas-granatíferas, gneis hornbléndico y gneises y esquistos epidótico-micáceos, afloran en La Orchila. Aquí forman un amplio anticlinoide en la parte oriental de la isla; pequeños afloramientos también se encuentran en el extremo occidental. Estas rocas metamórficas fueron intrusionadas por diabasa y rocas graníticas y granodioríticas (metamorfizadas posteriormente), y diques de pegmatita y aplita (en ese orden). Las zonas de contacto entre todas estas rocas están bien expuestas y muestran rasgos típicos de metamorfismo por contacto (cocimiento, alteración de la roca caja, apófisis e inclusiones). Todas las rocas muestran un grado de metamorfismo regional bajo (zona de la clorita), excepto las rocas caja metamórficas, cuyo metamorfismo (previo al período de intrusión) alcanzó la parte superior de la facies de los esquistos verdes. Este último es similar al metamorfismo de las rocas de las Montañas del Caribe del norte de Venezuela.

En el centro de la Orchila afloran serpentinitas y peridotitas, en una serie de cerros bajos y aislados. Sus relaciones con el complejo ígneo-metamórfico son desconocidas, pero se supone que intrusionaron a las rocas metamórficas.

En Gran Roque, la secuencia intrusiva es particularmente evidente. Aquí una metadiabasa de grano fino forma los cerros centrales y oriental. El cerro occidental consiste de meta-lamprófidio (meta-spessartita) de grano grueso. Estas rocas básicas fueron intrusionadas por diorita cuarcífera de grano grueso, que forma pequeños cuerpos irregulares y diques en los tres cerros. Entre los rasgos intrusivos más típicos se encuentran apófisis e inclusiones.

Finalmente, todas estas rocas fueron intrusionadas por numerosos diques y vetas de aplita y pegmatita.

En La Blanquilla aflora un batolito de trondhjemitita (Trondhjemitita de Garantón), que consiste de una roca de grano grueso la cual, en la parte noroeste de la isla, varía hacia una roca tonalítica más oscura. Este batolito fue intrusionado por numerosos diques y vetas pegmatíticas; dentro de la zona tonalítica se hallan numerosas inclusiones de anfíbolita. En Los Hermanos aflora lo que probablemente constituyen estas rocas caja intrusionadas por el batolito de Garantón. Estas rocas consisten de gneis hornbléndico, esquistos biotítico-epidóticos, anfíbolítica, epidositita, con numerosos diques y vetas intrusivas de pegmatita.

Las rocas que afloran en Los Testigos consisten principalmente de un complejo meta-andesítico (andesitas, tobas andesíticas, lavas andesíticas y rocas similares), el cual fue intrusionado por un batolito de rocas meta-graníticas. El carácter intrusivo está demostrado por la presencia de inclusiones y numerosas apófisis que penetran la roca caja (andesítica).

La edad del complejo ígneo-metamórfico que aflora en las Dependencias Federales se puede inferir por sus relaciones con rocas similares en regiones adyacentes y de algunas edades radimétricas. Estas evidencias sugieren una probable edad cretácica para las rocas metamórficas y una edad Cretácico Superior para las intrusiones ígneas. Un basamento ígneo-metamórfico, posiblemente relacionado con las Montañas del Caribe del norte de Venezuela, probablemente infrayace a la plataforma continental venezolana.

ABSTRACT

An igneous-metamorphic complex crops out on the island of Gran Roque and La Orchila. The oldest rocks: chloritic schists and phyllites, quartz-epidote-garnet orthoamphibolites, hornblende gneiss, and epidote-mica gneiss and schist, crop out on La Orchila. There they form a broad antiform in the eastern part of the island; small outcrops are also found in the western end. These metamorphic rocks were intruded by diabase and granitic granodioritic rocks (later metamorphosed) and dikes of pegmatite and aplite (in that order). The contact zones between all of these rocks are well exposed and show typical contact metamorphic features (baking, alteration of country rock, apophyses, and xenoliths). All of these rocks show a low grade of regional metamorphism (chlorite zone), except the metamorphic country rocks, whose metamorphism (previous to igneous intrusion) reached the upper part of the greenschist facies. The latter is similar to the metamorphic grade of the Caribbean Mountains of northern Venezuela.

Serpentinite and peridotite crop out in the central part of La Orchila, in a series of low, isolated hills. Their relationship with the igneous-metamorphic complex is unknown, but it is assumed that they intrude the metamorphic rocks.

On Gran Roque, the intrusive sequence is particularly evident. A fine-grained metadiabase underlies the central and eastern hills. The western hill consists of coarse-grained metalamprophyre (metaspessartite). These basic igneous rocks were intruded by coarse-grained quartz diorite, which forms small irregular bodies and dikes in all three hills. Apophyses and xenoliths are among the most typical intrusive features. Finally, all of these rocks were intruded by numerous dikes and veins of aplite and pegmatite.

A trondhjemite batholith (Garantón Trondhjemite) crops out on La Blanquilla, consisting of a coarse-grained rock which, in the northwestern part of the island, grades into a darker tonalitic rock. This batholith was intruded by numerous pegmatitic dikes and veins; numerous amphibolite inclusions were formed within the tonalitic zone. On Los Hermanos crops out what seems to represent the country rocks intruded by the Garantón batholith. These rocks consist of hornblende gneiss, biotite-epidote schist, amphibolite, epidosite, with numerous dikes and veins of pegmatite.

The rocks that crop out on Los Testigos consist mainly of a meta-andesitic complex (andesite, andesitic tuff, andesitic lava and similar rocks), which was intruded by a batholith of metagranitic rocks. The intrusive character is demonstrated by the presence of xenoliths and numerous apophyses which penetrate the country rock (andesite).

The age of the igneous-metamorphic complex which crops out on the Federal Dependencies can be inferred from its relationships with similar rocks in adjacent regions and from a few radiometric dates. These evidences suggest a probable Cretaceous age for the metamorphic rocks and an Upper Cretaceous age for the igneous intrusions. An igneous-metamorphic basement, possibly related to the Caribbean Mountains of northern Venezuela, probably underlies the Venezuela continental platform.

INTRODUCCION

Las Dependencias Federales venezolanas incluyen la mayor parte de las islas frente a las costas venezolanas en el Mar Caribe, y se extienden desde Los Monjes, frente a la península de la Guajira, hasta Los Testigos, al este de la isla de Margarita (Fig. 1). Este informe consiste de dos partes, la primera de las cuales trata sobre Gran Roque y La Orchila, y la segunda trata sobre La Blanquilla, Los Hermanos y Los Testigos, al este de la isla de Margarita (Fig. 1). Este informe trata sobre Gran Roque, La Orchila, La Blanquilla, Los Hermanos y Los Testigos, además de un resumen sobre la cronología de las rocas ígneas y metamórficas. La geología de Los Monjes fue estudiada recientemente por BELLIZZIA *et al.* (1969); la geología de Los Frailes fue estudiada por MOTICSKA (1972). En el resto de las Dependencias Federales no afloran rocas ígneas o metamórficas, cuyo estudio es el objetivo de este trabajo. Los aspectos geográficos y naturales fueron tratados, entre otros, por la SOCIEDAD DE CIENCIAS NATURALES LA SALLE (1956) y VILA (1967).

Entre los primeros que visitaron las Dependencias Federales desde el punto de vista geológico, está Richard LUDWIG quien las visitó entre los años 1886 y 1888. Las muestras recolectadas por él fueron estudiadas por W. BERGT y los resultados fueron publicados por SIEVERS (1898). La mayor parte de los tipos de rocas existentes en las islas fueron mencionados por SIEVERS, así como numerosas observaciones de campo. Fue uno de los primeros en reconocer la relación geológica entre todas las islas situadas entre Aruba y Margarita. RUTTEN (1931 y 1940) re-examinó las muestras de LUDWIG además de estudiar otras recolectadas por P. WAGENAAR HUMMELINCK. Publicó descripciones petrográficas más detalladas, e hizo énfasis en la relación con las rocas de Aruba y Curacao. Entre las rocas descritas por estos autores se encuentran: dioritas, dioritas cuarcíferas (biotíticas y hornbléndicas), aplitas y pegmatitas en forma de diques y vetas, anfibolitas y esquistos hornbléndicos o epidóticos, peridotita-serpentinita, y rocas volcánicas de tipo lamprofídico. Con respecto a la edad de estas rocas, RUTTEN (1939) menciona las relaciones estratigráficas entre las rocas ígneas y sedimentarias de Curacao y Bonaire, y llega a la conclusión de que son probablemente de edad Cretáceo Superior.

ROST (1938) realizó un reconocimiento más detallado de las islas de Gran Roque y La Orchila, cuyo objetivo fue el estudio de los depósitos de fosfato. Las rocas principales descritas por Rost en Gran Roque son: un cuerpo de diabasa oscura y de grano fino, con diques y cuerpos intrusivos de diorita cuarcífera, algo néisicos, apliticos y a veces pegmatíticos. Propone que la roca fosfática se produjo por asimilación de magma néisico por la masa fosfática. RUTTEN (1940) no se mostró de acuerdo con este origen, postulando más bien un reemplazo de las rocas fracturadas por los ácidos, producto de la mezcla de guano y agua de lluvia. En La Orchila, ROST (1938) describe un granito de dos micas (diorita cuarcífera) con diques de pegmatita en la parte occidental del Cerro

Walker, el cual es intrusivo en esquistos y gneises. La parte oriental del cerro consiste de diabasa tectonizada, con numerosos diques de pegmatita y aplita. Menciona que en algunos sitios la diabasa está foliada indicando metamorfismo y tectonismo. En los cerros orientales de la isla menciona la presencia de gneises y esquistos hornbléndico-biotíticos, algunas veces granatíferos. Además, se encuentran capas de esquistos diabásicos, grauvacas y cuarcitas. En el centro de la isla menciona la presencia de basalto (en el presente trabajo y de acuerdo con RUTTEN (1931) se determinó que en realidad es un afloramiento de peridotita y serpentinita). AGUERREVERE y LOPEZ (1938) publicaron un excelente trabajo sobre la geología de Gran Roque, el cual incluye un mapa geológico detallado. Estos autores describieron dos tipos de rocas básicas, una diabasa hornbléndica de grano fino en la parte oriental y central de la isla, y un gabro hornbléndico de grano grueso en la parte occidental. Estas rocas básicas fueron intrusionadas por cuerpos de diorita cuarcífera y diques de pegmatita y un pórfido diorítico cuarcífero. En su informe se encuentra una descripción petrográfica detallada y análisis químicos (Tabla 1) de las rocas más importantes. Las rocas básicas tienen un marcado exceso de CaO y MgO y una deficiencia de Na₂O y K₂O. Otros informes relacionados con la isla de Gran Roque fueron publicados por McCONNELL (1941), BOWEN (1964) y ESPINAL (1964). Un resumen de la geología de La Orchila, basado en nuestros trabajos fue publicado anteriormente SCHUBERT (1970).

Sobre el resto de las islas existe poca información. AGUERREVERE (1937) estudió las posibilidades de hallar agua potable en La Orchila y describió brevemente la geología de las islas. ZULOAGA (1953) describió las condiciones fisiográficas y naturales de La Blanquilla y Los Hermanos; también estudió la geología y describió brevemente las rocas ígneas y sedimentarias. En un apéndice presentó una lista de los fósiles hallados en las terrazas arrecifales, y concluye que son de edad pleistocena a subreciente. La geología de La Blanquilla y Los Hermanos fue tratada también por MALONEY (1971). Entre las rocas de estas islas, estos dos últimos autores encontraron granodiorita en La Blanquilla, y dioritas cuarcíferas hornbléndicas, anfibolitas, gneis hornbléndico y vetas de cuarzo en Los Hermanos. Consideran que la granodiorita representa una superficie erosionada cubierta por caliza arrecifal, la cual correlacionaron con depósitos similares en Barbados, Curacao, Aruba y La Tortuga.

La geología de la isla de La Tortuga fue descrita por BERMUDEZ (1966) y MALONEY y MACSOTAY (1967). La geología de la isla de Aves, en la parte centro-oriental del Mar Caribe, fue descrita recientemente por ZULOAGA (1955) y MALONEY *et al.* (1968). Algunos aspectos geológicos de la Prominencia de Aves fueron publicados por MARLOWE (1969), y el archipiélago de las Aves fue descrito por SIEVERS (1898), RUTTEN (1931) y ROST (1938).

La geología de la plataforma continental, sobre la cual están situa-

das todas estas islas ha sido el objeto de pocos estudios. Entre ellos se pueden citar los de OFFICER *et al.* (1957), MALONEY (1966 y 1967), LIDZ *et al.* (1968 y 1969), BALL *et al.* (1969) y PETER (1972).

La geología de las Antillas holandesas de Aruba, Curacao y Bonaire ha sido estudiada con más detalle. Entre los informes más importantes se encuentran los de WESTERMANN (1932) y PIJPERS (1933). Más recientemente, la geología de esas islas ha sido estudiada por BEETS (1966 y 1972), BEETS y LODDER (1967), de BUISSONJE (1964 y 1969) LAGAAY (1969). La edad del batolito de diorita cuarcífera de Aruba fue determinado por PRIEM *et al.* (1966) como Cretáceo Superior (Campaniense).

Los trabajos geológicos descritos en este informe fueron realizados entre 1969 y 1970, y representan un esfuerzo por conocer mejor la geología de las Dependencias Federales. Estas islas se encuentran en el borde sur del Mar Caribe y son importantes en el estudio de las relaciones entre esa región y América del Sur.

Se recolectaron 334 muestras en cuyas descripciones petrográficas, las proporciones volumétricas de los minerales fueron estimadas bajo el microscopio y promediadas (entre paréntesis la variación). El contenido anortítico de las plagioclasas fue obtenido con el auxilio de la platina universal, y los porcentajes molares fueron promediados (entre paréntesis, el rango de variación). Los valores del ángulo 2V fueron medidos directamente en la platina universal.

Las relaciones geocronológicas entre las rocas ígneas, y entre éstas y las rocas metamórficas de las Dependencias Federales solo se conocerán con el auxilio de determinaciones radiométricas. Recientemente, SANTAMARIA (1971) realizó un estudio en este sentido y un informe detallado de la geoquímica y geocronología de las Dependencias Federales será publicado en otra parte (SANTAMARIA y SCHUBERT, en preparación). Otro aspecto importante en la investigación de estas islas es la perforación y recolección de muestras a profundidad en la plataforma continental al norte de América del Sur, para así obtener datos concretos sobre las regiones submarinas que las circundan, y así poder realizar correlaciones más exactas. Esto podría ser la etapa siguiente en las investigaciones de la región.

Las Dependencias Federales se encuentran situadas en un cinturón de climas semi-áridos a áridos localizado a lo largo del borde norte de Venezuela y Colombia. Esta zona representa una de las anomalías climáticas más prominentes del mundo, con precipitaciones menores de 1000 mm anuales, y en parte menores de 500 mm. Esta anomalía climática fue estudiada en detalle por LAHEY (1958) y un resumen fue publicado por TREWARTHA (1961, p. 57-64).

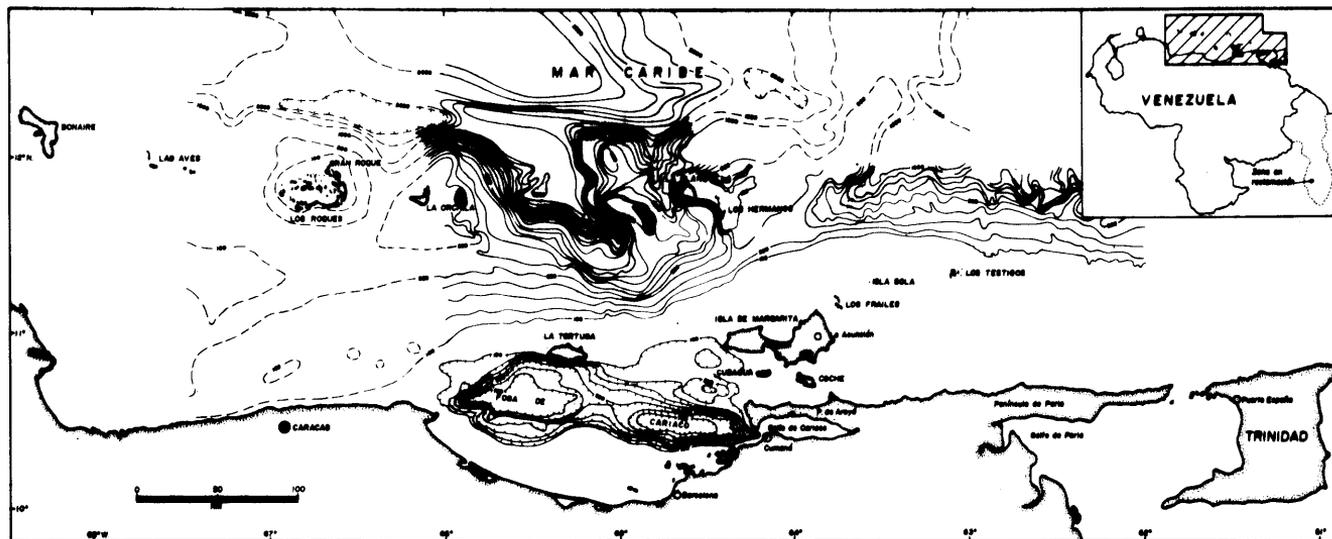


Figura 1. Mapa índice (batimetría según Maloney, 1966 y 1967; y Peter, 1972).

GRAN ROQUE

La isla de Gran Roque está situada en el extremo nororiental del archipiélago de Los Roques (Fig. 1), el cual está aproximadamente a 150 km. al noreste de La Guaira. Sus coordenadas geográficas son aproximadamente: 11° 57' latitud Norte y 66° 40' longitud Oeste. Tiene una longitud de tres kilómetros y su anchura máxima es de un kilómetro; su superficie es de aproximadamente 1,7 km cuadrados (VILA, 1967). Casi todo el borde norte de la isla consiste en acantilados; hacia el sur y este existen lagunas, salinas y manglares; el pueblo de Gran Roque está situado cerca del extremo sureste. Los rasgos topográficos más sobresalientes son tres pequeños macizos, cuya altura alcanza aproximadamente 110 a 120 m (Fig. 2); estos cerros se han denominado por conveniencia oriental, central y occidental. Están separados por dos pequeñas ensenadas en la costa norte.

La Fig. 2 representa un mapa geológico de Gran Roque. Básicamente consiste en un macizo de meta-diabasa (cerros oriental y central) y un macizo de meta-lamprófidio (metaspessartita). Ambos macizos fueron intrusionados por pequeños cuerpos de diorita cuarcífera, y diques y vetas de aplitas graníticas y alcalinas, pegmatitas gráficas y metalavas andesíticas. Este grupo de rocas se denominó Complejo Igneo de Gran Roque. Evidencias mineralógicas indican que las rocas más antiguas (meta-diabasa y meta-spessartita) han sufrido un metamorfismo regional equivalente a la parte inferior de la facies de los esquistos verdes (zona de la clorita).

Meta-diabasa

Las meta-diabasas forman el macizo de los cerros central y oriental de la isla, y fueron descritas por AGUERREVERE y LOPEZ (1938) bajo el nombre de diabasa de grano fino, y por ROST (1938) como diabasa. Estos cerros tienen elevaciones de 60-70 m. La roca es fanerítica, de grano muy fino, equigranular, masiva y densa. El color varía de gris oscuro a negro; la roca meteorizada muestra colores más claros. En los afloramientos, la roca muestra abundantes fracturas, muchas de las cuales están llenas de un material marrón claro, probablemente fosfatizado. En algunos casos se nota una foliación incipiente, aunque ésta puede ser un efecto de diaclasa. Bajo el microscopio, la textura es equigranular y típicamente intersertal. Ocasionalmente, se nota una ligera orientación preferencial de los granos, los cuales son xenomorfos y raras veces hipidiomorfos. Los minerales máficos exceden siempre en cantidad a los minerales leucocráticos. Se aprecia una débil cataclasis general.

Mineralogía: hornblenda actinolítica, 51% (40-70%); plagioclasa, 45% (40-50%); clinopiroxeno (0-10%); y hematita y magnetita (<2%), y titanita como accesorios. Ocasionalmente se encuentra epidoto.

La hornblenda actinolítica es de color verde, algo pleocroica; es alotriomorfa a hipidiomorfa, tiene forma prismática y su tamaño está usualmente por debajo de 0.5 mm. Una segunda generación de granos

es de forma acicular radial o prismática corta. El mineral proviene parcial o totalmente de la uralitización del clinopiroxeno. El diópsido es incoloro a verde tenue y no pleocroico; es de forma irregular por la uralitización. La plagioclasa tiene forma prismática alargada; su longitud media es de 0.5 mm. En general se trata de una labradorita (68% An) con zonado normal, núcleo de bytownita y borde de andesina (42-79% An). El maclado más común es del tipo albita. Los accesorios titanita, hematita y magnetita son en parte producto de la uralitización. El epidoto es un mineral secundario.

Meta-lamprófido (meta-spessartita)

El cerro occidental consiste en un macizo de metaspessartita. Esta roca es fanerítica equigranular, de grano grueso, masiva y de color gris oscuro. Esta roca fue denominada gabro hornbléndico por Aguerrevere y López (1938). Bajo el microscopio, la textura es ofítica, equigranular y de grano grueso. No se nota una orientación preferencial de los granos. Los minerales máficos representan más del 50% de la roca. **Mineralogía:** actinolita, 39% (30-65%); clinopiroxeno, 25% (15-30%); plagioclasa, 34% (20-40%); y titanita y minerales opacos como accesorios.

La actinolita es de color verde pálido y pleocroica. Se distinguen dos generaciones de granos: los primeros tienen hábito prismático corto, con bordes irregulares y astillosos, con algunos núcleos de clinopiroxeno y alcanzan una longitud hasta de 5 mm. La generación más joven se presenta en forma de haces de granos aciculares, que preferentemente crecen dentro de la plagioclasa. El diópsido es incoloro, y está muy alterado y en vías de ser uralitizado; de ahí que los granos sean irregulares. Estos alcanzan un tamaño de hasta 4 mm y presentan frecuentemente el maclaje típico según la cara (100). La plagioclasa tiene hábito tabular alargado, es de menor tamaño que los granos de actinolita, y junto con ésta forma la estructura ofítica. Generalmente es una bytownita poco zonada (83% An; 75-95%). Los minerales opacos y la titanita son productos de la alteración secundaria de los minerales máficos.

Diorita cuarcífera

La diorita cuarcífera (nombre usado también por AGUERREVERE y LOPEZ(1938) se presenta como pequeños cuerpos intrusivos en la meta-diabasa y la meta-spessartita. Afloramientos de esta roca se encuentran en el extremo oriental del cerro oriental (Fig. 2), en el lado oriental de las ensenadas que separan los cerros, y en el extremo occidental de la isla. En estas localidades se presenta como cuerpos irregulares o diques anchos, con claras relaciones intrusivas en la roca caja. Entre éstas se encuentran apófisis que penetran la roca caja (meta-diabasa o meta-spessartita) e inclusiones de estas últimas dentro de la diorita (Fig. 3).

La roca es fanerítica, de grano grueso, equigranular y masiva. Su color varía de acuerdo con el contenido de minerales máficos, desde

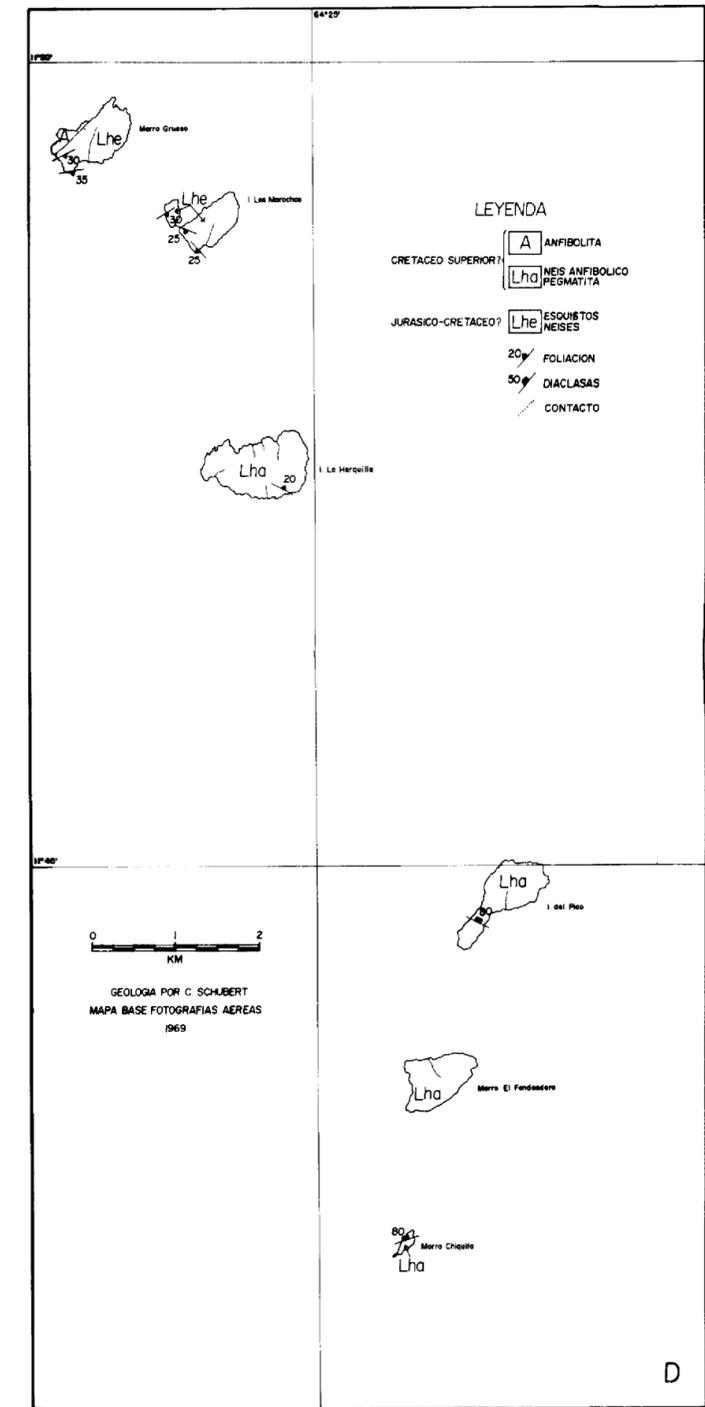
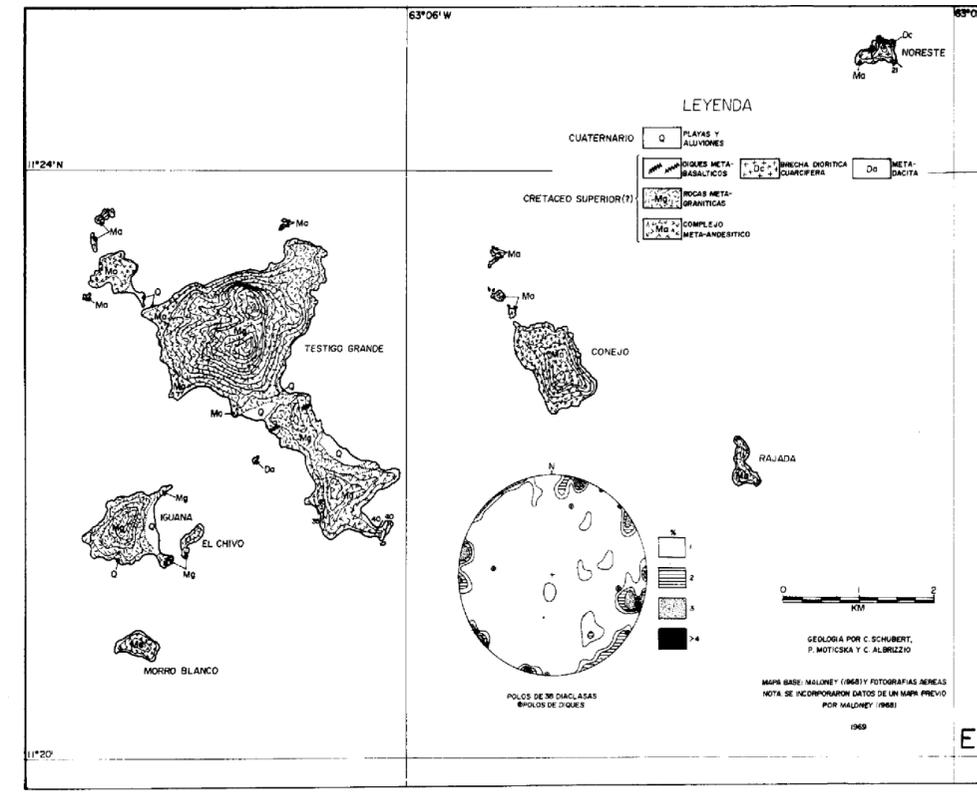
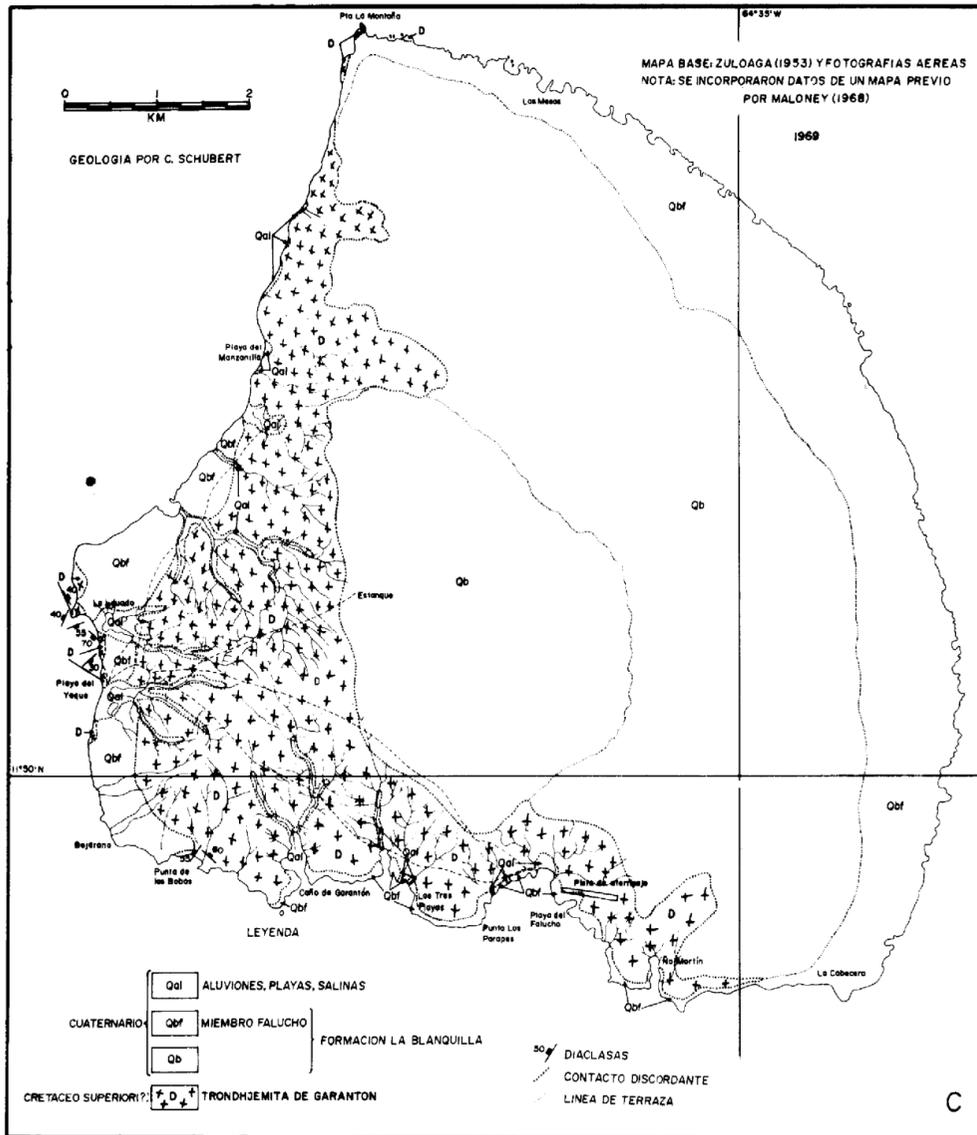
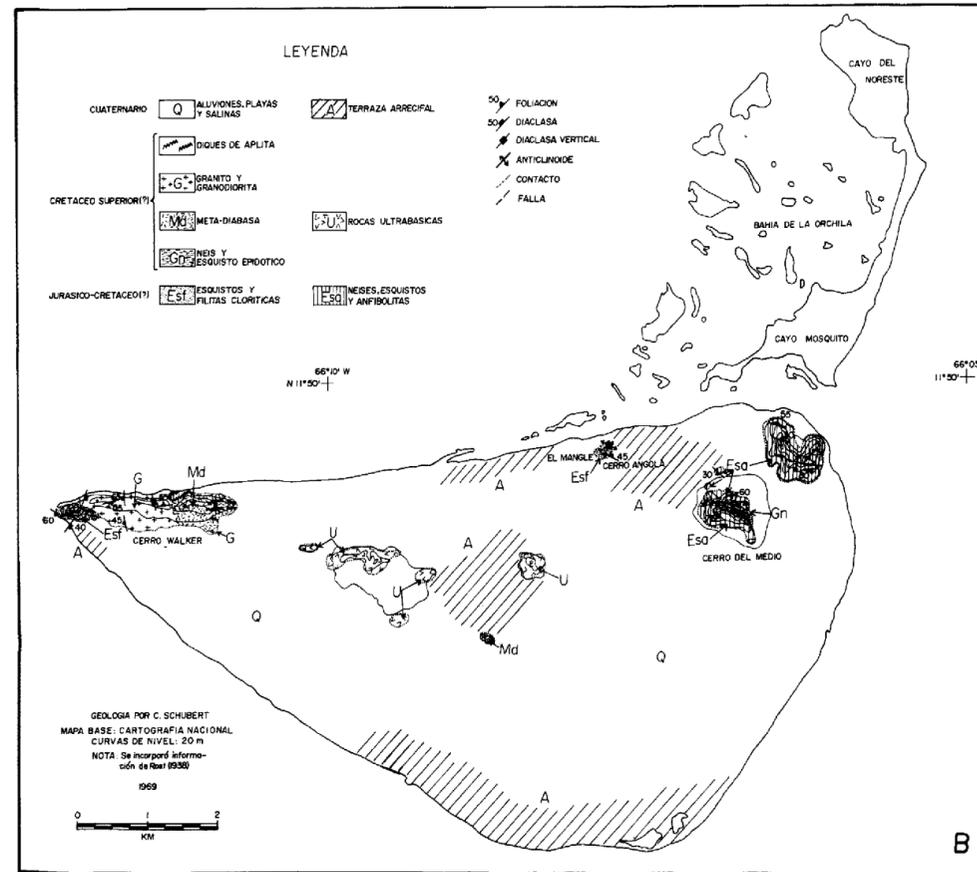
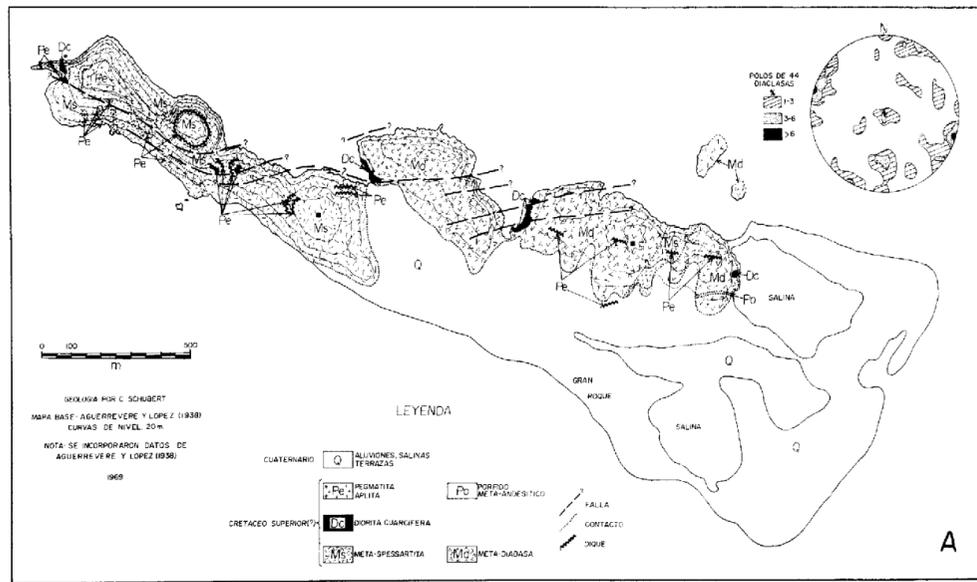


FIGURA 2. MAPAS GEOLOGICOS DE GRAN ROQUE (A), LA ORCHILA (B), LA BLANQUILLA (C), LOS HERMANOS (D) Y LOS TESTIGOS (E).

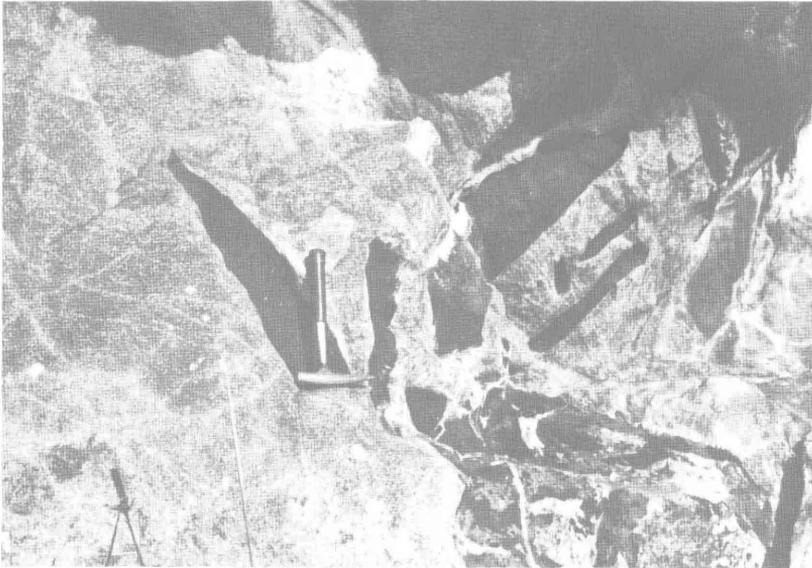


Figura 3. Inclusiones de meta-diabasa en diorita cuarcifera, Gran Roque (Aguerrevere y López, 1938, Fig. 16).

casi blanco a gris oscuro. Bajo el microscopio, la textura es equigranular de grano medio a grueso y no muestra orientación preferencial; los granos son alotriomorfos. La proporción de máficos varía entre amplios límites, pero no llega a exceder el 30% de la roca.

Mineralogía: plagioclasa, 44% (35-60%); cuarzo, 36% (15-60%); hornblenda, 10% (0-20%); biotita, 6% (1-15%); los accesorios primarios son: apatito, ortita, circón y rutilo; los accesorios secundarios son: epidoto, clorita, titanita, sericita y carbonato.

La plagioclasa está parcial o totalmente sericitizada y alcanza un tamaño de hasta 5 mm. El zonado es normal y el contenido anortítico promedio es de 44% (26-60%), lo cual corresponde a una andesina con núcleo de labradorita. El cuarzo es generalmente intersticial y raras veces llega a medir 2 mm. La extinción es ondulosa. La hornblenda es de color verde a verde oscuro y muy pleocroica; los granos llegan a medir hasta 4 mm de largo. Generalmente muestran reabsorción, son algo poiquilíticos con inclusiones de cuarzo, y frecuentemente presentan maclaje según (100). La biotita está usualmente asociada a la hornblenda; presenta color oscuro fuertemente pleocroico y puede estar cloritizada en parte, con la consiguiente segregación de titanita residual. Los minerales del grupo del epidoto son relativamente raros; aparecen la pistacita amarilla pleocroica, la zoisita y muy raras veces la alanita marrón pleocroica. El apatito se presenta en forma de pequeños granos idiomorfos. El zircón produce aureolas pleocroicas en la biotita y raras veces se presenta el rutilo como inclusiones en la biotita.

Aplitas graníticas y alcalinas

Estas rocas afloran en forma de diques de espesor variable (varios centímetros a 1 m o más), que son intrusivos en todas las rocas descritas anteriormente (meta-diabasa, meta-spessartita y diorita cuarcífera). Son más abundantes en el cerro occidental (Fig. 2 y 4), aunque existen algunos diques en el cerro oriental.



Figura 4. Diques de pegmatita en meta-lamprófidio, Gran Roque

La roca es fanerítica, de grano fino a medio, equigranular y masiva. Su color varía del blanco al pardo claro, según el estado de alteración de la roca. Al microscopio, la textura es equigranular y granitoide, de grano alotriomorfo fino a medio, y sin orientación preferencial. **Mineralogía:** feldespato potásico (pertita), 43% (40-60%); cuarzo, 36% (35-46%); plagioclasa, 19% (5-35%); biotita, 1%; los accesorios secundarios son: clorita, pistacita, titanita y minerales opacos.

El feldespato potásico es generalmente micropertítico y el tamaño de los granos varía entre 0,5 y 4 mm. En las aplitas graníticas la pertita puede tener bordes mirmequíticos. El cuarzo tiene un tamaño promedio de 0,5 mm y siempre presenta extinción ondulosa. La plagioclasa está generalmente alterada, turbia y muestra zonado normal; los granos alcanzan hasta 4 mm de longitud. La biotita es de color verde oscuro a oliva y muy pleocroica. Sus escamas se encuentran en diferentes estados de alteración a clorita o pistacita. La titanita y la hematita son productos residuales de la alteración secundaria.

Pegmatita gráfica

La pegmatita, de color blanco, rosado sucio o pardo claro, se encuentra formando diques de espesor variable (varios centímetros a 1 m o más) y un cuerpo alargado y potente en la parte occidental del cerro occidental, los cuales son intrusivos en la meta-spessartita. La roca es fanerítica de grano grueso masiva y ligeramente alterada. Se encuentran generalmente asociadas a los diques de aplita, descritos en la sección anterior. Al microscopio, la textura es pegmatítica con intercrecimiento gráfico entre la pertita y el cuarzo; y es frecuente el intercrecimiento mirmequítico.

Mineralogía: feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa; y biotita y hematita como accesorios.

El feldespato potásico es en parte pertita y generalmente muestra intercrecimiento gráfico con cuarzo. Los granos pueden alcanzar una longitud de varios centímetros y están usualmente alterados. La plagioclasa, generalmente alterada, presenta abundantes intercrecimientos con cuarzo; la mirmequita es más bien rara. El cuarzo se presenta en dos formas; como vetas y como intercrecimiento gráfico; en ambos casos la extinción es ondulosa. La biotita se halló en una sola muestra; forma escamas alargadas de color marrón oscuro y pleocroicas. Los fosfatos, presentes en algunas muestras, fueron introducidos a lo largo de fisuras y sustituyeron a los feldespatos.

Meta-lava andesítica

En una sola localidad, el extremo oriental del cerro oriental, aflora un dique de aproximadamente 5 m de espesor, de una roca porfídica con matriz afanítica, de color marrón a gris claro, que contiene fenocristales rosados de forma irregular. La roca está algo meteorizada y es porosa superficialmente debido a la lixiviación meteórica. Este dique es intrusivo en la meta-diabasa. En ambos contactos, y dentro del pórfido, existe una zona delgada (30-50 cm) de alteración. Al microscopio, la textura es porfídica, con fenocristales idiomorfos de grano medio a grueso. La matriz es holocristalina pilotáxica de grano muy fino. La roca presenta textura de flujo.

Mineralogía: los fenocristales están formados por plagioclasa, hornblenda y cuarzo; la matriz consiste en su mayor parte en plagioclasa; como accesorios se hallan apatito y hematita.

La plagioclasa, parcialmente reabsorbida por la matriz, se presenta en forma de cristales idiomorfos de hasta 4 mm de tamaño; está turbia y parcialmente alterada a epidoto (zoisita). La hornblenda, de color verde e intensamente pleocroica, es igualmente idiomorfa y forma prismas de hasta 2 mm de largo; está frecuentemente alterada a epidoto. Generalmente se nota un zonado con el núcleo más claro que los bordes. El cuarzo es idiomorfo a xenomorfo, y es bastante escaso; su tamaño promedio es de 0,4 mm la matriz consta casi en su totalidad de pequeños cristales idiomorfos de plagioclasa que no llegan a medir 0,1 mm.

Ortoanfíbolita

En una localidad se recolectó una muestra de ortofanfíbolita, la cual corresponde al contacto entre un dique de diorita cuarcífera y la meta-spessartita, en el extremo occidental de la isla. Al mismo tiempo, parece estar asociada a una zona de falla. La roca es afanítica y presenta buena exfoliación. La textura es equigranular de grano fino, con tendencia a formar mosaico. Los granos presentan orientación preferencial. **Mineralogía:** plagioclasa, 55%; hornblenda, 45%; minerales opacos, <1%.

La plagioclasa es xenomorfa, pero con estructura de mosaico, y el tamaño de los granos es mucho menor que 0,1 mm. La hornblenda es de color verde claro, pleocroica, y el tamaño de los granos es también menor que 0,1 mm.

TABLA 1

Análisis químico y normas CIPW de los principales tipos de rocas ígneas del Gran Roque (según *Aguerrevere y López 1938*).

	I	II	III	IV	V
SiO ₂	49.33	50.28	61.06	67.52	79.37
Al ₂ O ₃	15.62	14.92	15.77	15.04	12.62
FeO	4.03	7.67	0.35	3.48	0.17
Fe ₂ O ₃	0.90	0.97	3.40	0.77	0.14
TiO ₂	0.29	0.58	0.49	0.38	trazas
MnO	0.09	0.10	trazas	0.09	trazas
CaO	16.03	13.20	2.36	4.88	3.40
MgO	10.96	9.66	0.78	1.94	0.18
K ₂ O	0.09	0.08	3.16	1.90	0.43
Na ₂ O	0.93	1.49	3.23	2.84	2.74
H ₂ O ⁻	0.10	0.06	2.95	0.50	0.45
H ₂ O ⁺	1.28	1.67	2.30	0.80	0.43
P ₂ O ₅	0.18	trazas	3.88	0.14	0.12
Cr ₂ O ₃	trazas	0.06	—	—	—
Total	99.89	100.16	99.73	100.28	100.05

Cuarzo	—	—	29.1	28.5	54.3
Ortoclasa	0.6	0.5	18.7	11.2	2.6
Albita	7.9	12.6	27.3	24.0	23.2
Anortita	38.1	33.7	—	22.7	16.5
Apatito	0.4	—	8.5	0.3	0.3
Magnetita	1.3	1.4	—	1.1	0.2
Ilmenita	0.5	1.1	0.8	0.7	—
Wollastonita	17.1	13.3	—	0.5	—
Enstatita	24.7	23.7	2.0	4.9	0.5
Ferrosilita	5.6	12.0	—	5.1	0.2
Forsterita	1.9	0.4	—	—	—
Corindón	—	—	7.0	—	—
Hematita	—	—	3.4	—	—
Total	98.6	98.9	96.8	99.0	97.8

Análisis por W. H. Herdman, Glasgow, Escocia.

I: gabro hornbléndico (meta-spessartita en este informe)

II: diabasa hornbléndica (meta-diabasa en este informe)

III: pórfido diorítico cuarcífero (pórfido andesítico en este informe)

IV: pórfido diorítico cuarcífero hornbléndico (diorita cuarcífera en este informe)

V: diorita cuarcífera albitizada

Porcentajes en peso.

Rocas fosfáticas

En numerosas localidades, en especial en el flanco sur del cerro occidental, se encuentran depósitos de material fosfático. En una de ellas, aproximadamente 200 m al norte de las pequeñas islas al suroeste de Gran Roque (Fig. 2), se encontraba un depósito extenso, el cual fue explotado y sólo quedan restos del fosfato (ver descripción de AGUERREVERE y LOPEZ, 1938). El material fosfático es de color verde pistacho, amorfo, y se encuentra en vetas a través de la roca caja, generalmente meta-spessartita. Según AGUERREVERE y LOPEZ, (1938), los depósitos de fosfato se produjeron por fosfatización de la roca caja (meta-spessartita y pegmatita-aplita) debido a la acción de soluciones de ácido fosfórico derivado del guano. Estas soluciones penetraron por fracturas y diaclasas y reemplazaron la roca desde afuera hacia adentro (Fig. 5).

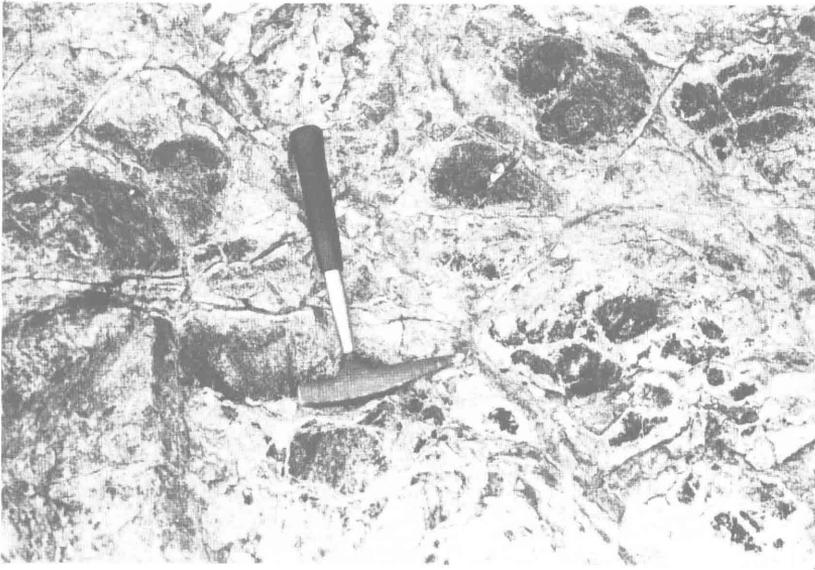


Figura 5. Meta-lamprófido reemplazado por fosfato, Gran Roque. Nótese como el reemplazo disminuye desde las fracturas hacia el interior de la roca.

En secciones finas se determinó que originalmente las rocas fosfáticas fueron rocas granitoides, en las cuales los feldespatos ya muy meteorizados, fueron lixiviados y sustituidos por fosfatos. Los fosfatos se presentan tanto en forma cristalizada como amorfa. La dahllita (fosfato de calcio carbonatado) es uno de los fosfatos anisotrópicos presentes. McCONNELL (1941) menciona la presencia de barrandita (fosfato hidratado de aluminio y hierro) en los fosfatos de Gran Roque. El único material de la roca original que no fue alterado es el cuarzo. Sin embargo, está muy fracturado y presenta extinción ondulosa.

Depósitos cuaternarios

En el extremo oriental del cerro oriental se encuentran buenos ejemplares de una roca de playa consistente en un conglomerado de meta-diabasa cementado por un material marrón-rojizo ferruginoso y poco calcáreo. Esta roca está principalmente a nivel del mar y llega a elevaciones de 1 m.

En el flanco sur del cerro occidental, existen terrazas formadas por conglomerados de meta-diabasa y meta-spesartita, que están a elevaciones de 3 a 5 m sobre el nivel del mar (Fig. 6). Están cementados por un material calcáreo, con numerosos fragmentos de corales.



Figura 6. Terrazas cuaternarias en la costa sur de Gran Roque.

Estructuras

Las estructuras más prominentes que muestran las rocas de Gran Roque son las diaclasas. En la Fig. 2 se representan las diaclasas en un diagrama de frecuencia. Como se puede observar, existe un sistema prominente de diaclasas verticales con rumbo N18E. Además, hay tres sistemas menos frecuentes: N62W, vertical; N88W, 52N; y horizontal.

Otras estructuras existentes son aquellas de los contactos ígneos. En los contactos entre la diorita cuarcífera y la meta-diabasa se observan inclusiones de esta última dentro de la diorita (Fig. 3). Estas inclusiones tienen diversas formas, pero generalmente son angulares, están cerca del contacto (en algunos casos todavía están unidos a la roca caja), y muestran zonas concéntricas de alteración. También se observaron apó-

fisis de diorita que penetran a la roca caja (meta-diabasa) y que, en algunos casos, se convierten en pequeñas vetas o diques.

En los diques de diorita cuarcífera y de meta-lava andesítica, se observaron contactos de enfriamiento. Cerca del contacto, la roca del dique tiene un grano cada vez más fino, hasta que en el contacto mismo ya no se distinguen los granos.

En la parte más alta del cerro occidental se observó un dique aproximadamente horizontal que corta todo el cerro formando un afloramiento en forma de anillo (Fig. 2). Hacia el oeste de este sitio, se encuentra un retazo de techo (*roof pendant*) o sea, un remanente de metapessartita alterada del contacto superior del cuerpo intrusivo de pegmatita.

La isla está atravesada por varias fallas (Fig. 2). La expresión topográfica de estas fallas consiste en cortes orientados aproximadamente N70-80E que forman pequeños cañones en la ensenada al norte del pueblo de Gran Roque y en el flanco norte del cerro occidental. En uno de estos cortes se halló una zona de falla muy nítida, consistente en aproximadamente 1 m de arcilla de falla, entre dos planos verticales. No se observaron evidencias de movimiento. Es posible que la zona rica en fosfatos en el flanco suroeste de la isla esté asociada a una o varias fallas.

LA ORCHILA

La isla de La Orchila está situada aproximadamente a 50 km al oeste del archipiélago de Los Roques y 160 km al noroeste de La Guaira (Fig. 1). Sus coordenadas geográficas son aproximadamente: 11° 47' a 11° 55' latitud Norte, y 66° 05' a 66° 12' longitud Oeste. Consiste en una isla grande de forma triangular, que tiene un diámetro máximo de aproximadamente 9 km y en el extremo nororiental existen varias islas pequeñas de origen arrecifal (Fig. 2). Su superficie es de aproximadamente 19,8 km cuadrados (VILA, 1967). La isla mayor consiste de tres macizos montañosos cerca del borde norte rodeados por una extensa terraza de origen arrecifal. El macizo occidental se denomina Cerro Walker, al pie del cual se encuentra el Apostadero Aero-Naval "Capitán de Navío Antonio Díaz" de la Marina Venezolana. Los otros dos macizos se denominaron aquí por conveniencia cerros centrales y orientales. La elevación máxima de aproximadamente 135 m es alcanzada por cerro Walker.

Cerro Walker y los cerros orientales están formados por una asociación de rocas básicas, intermedias y ácidas de origen ígneo, metamorfozadas; ortoanfíbolitas, meta-diabasas, meta-lavas, ortognéises, esquistos variados, aplitas y pegmatitas. Los cerros centrales, a diferencia de los otros, están totalmente constituidos por rocas plutónicas ultrabásicas, las peridotitas serpentinizadas. Esta asociación de rocas ígneas y metamórficas se denominó Complejo Igneo-Metamórfico de La Orchila. La presencia de anfíbolita almandínica indica que estas rocas han sufrido un

metamorfismo ligeramente superior al metamorfismo típico de la facies clorítica de los archipiélagos circundantes. Este metamorfismo de alto grado es más antiguo que el metamorfismo de bajo grado, posterior a las intrusiones ígneas.

Filitas y esquistos cloríticos

Estas rocas afloran en el flanco sur del extremo occidental del Cerro Walker (Fig. 2), en forma de capas buzando hacia el sur. Se encuentran sobre las rocas graníticas y granodioríticas descritas abajo, las cuales son intrusivas en estas rocas metamórficas. Están finamente foliadas y muy alteradas, y la textura es equigranular, filítica a esquistosa, de grano muy fino. Las micas están bien orientadas.

Mineralogía: clorita, sericita, feldespato, cuarzo, epidoto y opacos.

Ortoanfibilita cuarzo-epidótica (granatífera)

Las ortoanfilitas afloran casi exclusivamente en los cerros orientales, y forman parte de una secuencia metamórfica que aflora en un amplio anticlinoide en la parte oriental de la isla. Pueden ser afaníticas o faneríticas, de grano fino a muy grueso. Todas poseen foliación esquistosa o gnéisica, y son de color gris o verde oscuros. Bajo el microscopio, la textura es esquistosa o gnéisica, equigranular o de grano fino a muy grueso. En algunos casos, se presentan estructuras de mosaico entre los granos de plagioclasa.

Mineralogía: anfíbol, 56% (40-70%); plagioclasa, 23% (5-45%); cuarzo, 10% (2-20%); epidoto, 6% (2-10%); clorita (<1-15%); titanita, 1% (<1-24%); sericita (0-5%) granate (0-5%); apatito (0-<1%); opacos (0-<1%).

El anfíbol puede ser una hornblenda verde oscura con fuerte pleocroísmo o una hornblenda actinolítica ligeramente sódica, con pleocroísmo desde Z=verde azulado a X=verde claro, que es la más común ($2V_x=92^\circ$). El tamaño de los granos varía desde menos de 1 mm a más 6 mm; son alotriomorfos a hipidiomorfos, con hábito tabular a fusiforme y están generalmente orientados y en parte alterados. En algunos casos se notan dos generaciones de granos, siendo los más jóvenes recristalizaciones idiomorfas de los originales. Raras veces se presentan granos poiquilíticos. La plagioclasa está totalmente saururizada, y es notable la casi total ausencia de maclas. La proporción de cuarzo varía entre límites amplios; se presenta en forma de vetas, bandas concordantes y granos homogéneamente distribuidos; la extinción es ondulosa. El epidoto aparece en forma intergranular y en bandas o vetas; es generalmente xenomorfo y menos frecuentemente, hipidiomorfo. La clorita es un producto de alteración del anfíbol y es relativamente escasa. La titanita se presenta en granos irregulares y en parte es un producto residual de la cloritización. El granate (almandino) aparece sólo en pocas muestras; posee un color rosado tenue, está parcialmente alterado a epidoto y clorita; y parcialmente reabsorbido. El diámetro de los granos llega a

medir 3 mm y a veces se presentan granos poiquilíticos o esqueléticos. El apatito y los minerales opacos son muy escasos. La calcita que se presenta ocasionalmente, es un mineral secundario introducido.

Gneis hornbléndico granatífero

Estos gneises se parecen litológicamente a las anfibolitas descritas en la sección anterior y están asociadas a ellas, pero presentan cantidades mucho menores de anfíbol. Afloran en capas de espesor variable en la secuencia metamórfica de la parte oriental de la isla. Su textura es gnéisica y equigranular de grano medio. El almandino está siempre presente.

Mineralogía: Plagioclasa, 50% (30-65%); cuarzo, 30% (25-40%) hornblenda, 11% (5-15%); epidoto (<1-4%); granate (<1-3%); mica incolora (0-5%); minerales opacos (0-3%), biotita (0-1%); clorita (0-1%); y ocasionalmente titanita y apatito.

Gneis y esquistos micáceos epidóticos

Bajo esta clasificación se encuentran rocas foliadas muy heterogéneas, tanto en su aspecto macroscópico como en su composición mineralógica. Forman parte de la secuencia metamórfica mencionada en las secciones anteriores, y afloran como capas de espesor variable dentro de ella. Son rocas faneríticas de grano grueso, con foliación esquistosa a gnéisica, y de color gris claro a oscuro. Bajo el microscopio, la textura es equigranulada, de granularidad variable, esquistosa a gnéisica. Las estructuras en mosaico, poiquilíticas y porfídicas son otras.

Mineralogía: plagioclasa, 46% (30-55%); cuarzo 27% (10-40%); biotita (<1-20%); epidoto (<1-20%); mica incolora (1-10%); titanita (<1-1%); apatito (<1-1%); clorita (0-2%); opacos (0-1%).

La plagioclasa es ácida (0-30% An) y está muy sausriritizada. El cuarzo se presenta en bandas concordantes, en vetas y homogéneamente distribuido, y su extensión es siempre ondulosa. La biotita aparece en cantidades variables y generalmente es pleocroica: X=amarillo, Y= marrón oscuro. En algunas muestras se encontró biotita desteñida e incolora. La mica incolora (sericita, muscovita) es en parte producto de la alteración de los feldespatos. Los accesorios titanita y apatito se encuentran en muy pequeñas cantidades, pero no faltan. La clorita y los minerales opacos son también escasos pero faltan ocasionalmente.

Meta-diabasa

La meta-diabasa aflora en la parte oriental del Cerro Walker, donde forma un cuerpo irregular y relativamente masivo, y también como cuerpos tabulares interestratificados con las rocas metamórficas de los cerros orientales, descritas anteriormente. En esta clasificación se agrupan rocas que presentan vestigios de textura intersertal equigranular a veces ligeramente porfídica. El aspecto general es el de una roca hipoabisal,

aunque la presencia de almohadillas indica que por lo menos en parte es extrusiva submarina. Estas rocas pueden ser afaníticas o faneríticas de grano fino. Casi todas muestran foliación gnéssica o esquistosa y poseen colores entre gris verdoso y gris oscuro. Bajo el microscopio, la textura es intersertal en vestigios y equigranular. En algunos casos es ligeramente porfídica y la granularidad va desde muy fina a mediana.

Mineralogía: plagioclasa, 40% (25-70%); actinolita, 26% (2-50%); epidoto, 16% (10-20%); cuarzo (0-15%); clorita (0-10%); titanita (0-3%); opacos (0-2%); calcita (0.1%).

La plagioclasa se presenta en muchos casos con el típico hábito tabular xenomorfo de la textura intersertal. Por lo general se trata de una labradorita (50-55% An), pero ocasionalmente se determinaron granos de albita, lo cual sugiere que hubo albitización. Debido a que no se encontró feldespato potásico y muy poco cuarzo, no se justificaría el nombre de una roca volcánica alcalina. La actinolita es de color verdeazulado, pleocroica y se presenta en granos xenomorfos alterados a pseudomorfos fibrosos y en forma acicular, sugiriendo la existencia de diferentes generaciones. El epidoto es generalmente muy abundante y forma aglomerados granulares irregulares y mal distribuidos; en estas rocas es evidentemente un mineral secundario. Su color amarillo y su pleocroismo lo identifican como pistacita. El cuarzo es generalmente escaso y puede faltar totalmente; aparece en granos pequeños y es difícil decidir si es un mineral primario o un producto residual de la epidotización. La clorita, la titanita y parte de los minerales opacos son productos de la alteración de la actinolita. La calcita es un mineral secundario.

Rocas graníticas y granodioríticas

Este tipo de rocas (denominado dioritas cuarcíferas por ROST 1938), aflora en la parte occidental del cerro Walker, y son claramente intrusivas en la meta-diabasa. Evidencias de esto se encuentran en los diques graníticos que parten de las rocas graníticas y granodioríticas, y penetran la meta-diabasa; el contacto entre las dos rocas aflora en el flanco norte del cerro Walker y muestra una meta-diabasa muy alterada ocasionalmente conteniendo apófisis de roca granítica. En el extremo occidental del cerro Walker se hallaron inclusiones de diabasa alterada dentro de la roca granítica (Fig. 7).

Estas rocas se caracterizan por su conspicua deformación y cataclasis por cizallamiento. Son muy ácidas y alcalinas. Originalmente se trataba de granitos y granodioritas como lo demuestran las muestras poco deformadas. Las rocas menos cizalladas son faneríticas de grano grueso a muy grueso, y muchas veces porfídicas. Siempre presentan una textura ligeramente gnéssica, y a medida que aumenta la intensidad de deformación, la roca adquiere un aspecto esquistoso-laminado. Los colores varían entre gris y pardo claro. Microscópicamente, la textura varía al igual que lo expuesto anteriormente. En las rocas poco deformadas

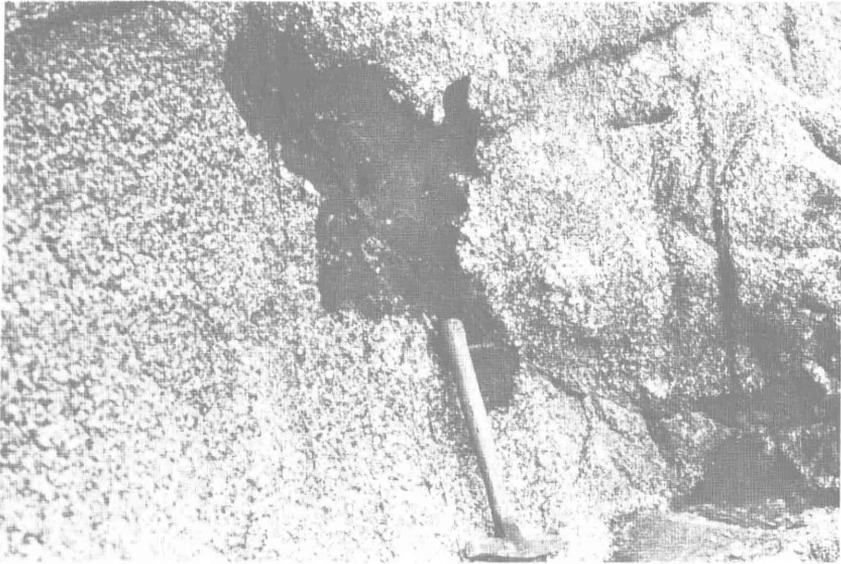


Figura 7. Inclusión alterada de roca básica en rocas graníticas en el extremo occidental de Cerro Walker, La Orchila.

comienzan a aparecer vetillas de cuarzo con estructura de mortero. En estado avanzado de cizallamiento se nota una diferenciación mineral en forma laminar: alternan las bandas de cuarzo con estructura de mortero y las bandas ricas en mica.

Mineralogía: (los porcentajes fueron difíciles de estimar debido a la cataclasis) plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, mica incolora, epidoto, biotita, actinolita, titanita y minerales opacos.

La plagioclasa está generalmente muy alterada, deformada y fracturada. Los granos son alotriomorfos y pueden alcanzar hasta 6 mm de tamaño. El contenido de An es menor al 5%. El cuarzo aparece en grandes cristales muy deformados, en bandas concordantes con estructura suturada y en vetillas con textura de mortero; la extinción es siempre extrémadamente ondulosa e irregular. El feldespato potásico se halla en vías de alteración a muscovita; en las rocas menos cizalladas alcanza hasta 6 mm de tamaño. El microclino reconocible está menos alterado que la plagioclasa. La mica incolora es en gran parte producto de la alteración de los feldespatos; las hojitas son de tamaño muy variable y, a mayor intensidad de cizallamiento, mejor orientadas están, formando bandas ricas en mica alternando con bandas de cuarzo. El epidoto está siempre presente y forma agregados granulares irregulares; los granos pueden ser alotriomorfos, hipidiomorfos e idiomorfos. En parte es producto de la sausrutización y en parte proviene de la alteración de biotita y hornblenda, que aparecen ocasionalmente. Los tipos de epidoto presentes son la zoisita, la pistacita y muy raras veces

la alanita. La biotita es muy escasa y no se encontró en todas las muestras; las pequeñas escamas se hallan en vía de alteración a epidoto. La actinolita aparece en muy pequeña cantidad en una sola muestra. El apatito, la titanita y los minerales opacos son los accesorios habituales de estas rocas.

Dos de las muestras examinadas procedentes del extremo occidental del cerro Walker, son dioritas cuarcíferas ligeramente fracturadas que, a diferencia de las rocas descritas arriba, no son porfídicas y no tienen feldespato potásico.

Gneises y esquistos epidóticos

Estos tipos de rocas afloran en el cerro más meridional de los cerros orientales (cerro del Medio de la Fig. 8), formando una ancha banda

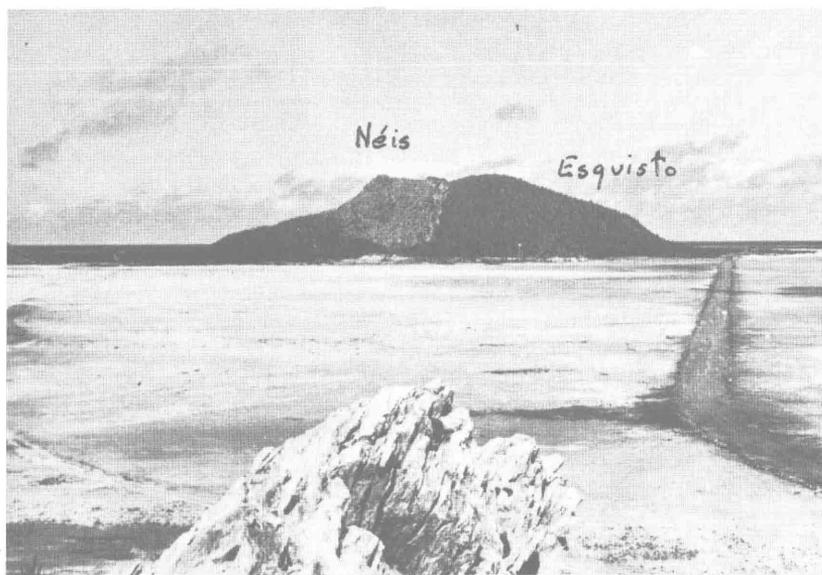


Figura 8. Cuerpo tabular de gneis en la secuencia metamórfica de los cerros orientales, La Orchila.

que corta el cerro de este a oeste (Fig. 2 y 8). Son intrusivas en la secuencia metamórfica que aflora en los cerros orientales y consiste en gneises y esquistos micáceos epidóticos y ortoanfiblitas (descritas anteriormente). Evidencias del carácter intrusivo se encuentran en la gran cantidad de inclusiones de roca caja que se encuentran cerca de los contactos (Fig. 9).

Estas son rocas foliadas ricas en epidoto, asociadas a zonas cataclásticas; son faneríticas de grano fino a medio, foliadas y cizalladas. Los colores varían entre verde oscuro, blanco moteado de verde y par-

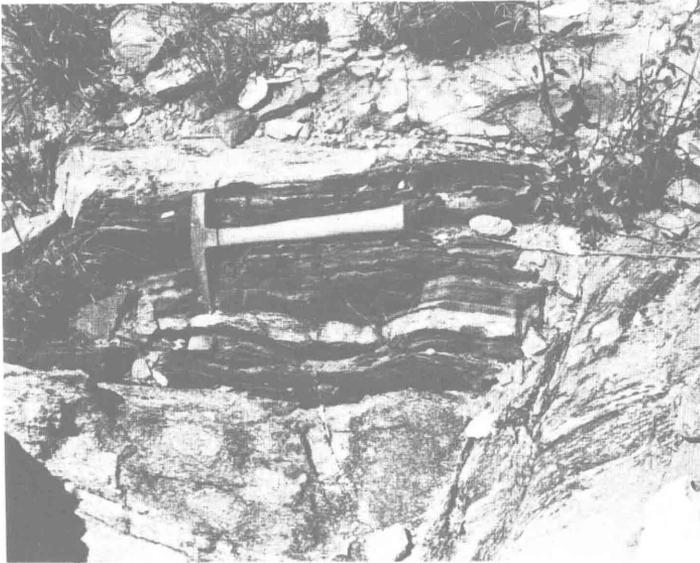


Figura 9. Posible inclusión de gneis y esquistos anfíbolos en el gneis de la figura anterior, cerca del contacto con la roca caja.

do claro, y generalmente están meteorizadas. Bajo el microscopio, la textura es equigranular de grano medio, esquistosa a gnéssica. Los minerales fueron orientados mecánicamente por cizallamiento.

Mineralogía: cuarzo, 40% (35-45%); plagioclasa, 36% (30-40%); epidoto, 17% (12-25%); clorita (0-15%); hornblenda (0-5%); opacos (0.3%); biotita (0-1%); mica incolora (0-1%); ocasionalmente se encuentra titanita y apatito.

El cuarzo se presenta en vetas y lentes concordantes, tiene extinción ondulosa y está parcialmente fracturado; la estructura de mortero es rara. La plagioclasa está muy alterada (turbia), deformada y fracturada; es de grano fino a medio y presenta maclaje pobre. El epidoto se halla en agregados granulares irregulares, y comúnmente es pistacita pleocroica. La clorita es producto de alteración de la hornblenda y generalmente se halla orientada. La hornblenda es escasa; su pleocroismo es fuerte y pasa del verde oscuro al amarillo claro. Los minerales opacos (magnetita) y la titanita y el apatito se presentan ocasionalmente.

Ortognéis porfídico (meta-lava)

En la parte oriental de cerro Walker, en relación intrusiva con la meta-diabasa, se encuentran numerosos diques de meta-lava, de espesor variable (0.5 a varios metros). En el extremo oriental del cerro se encuentran excelentes ejemplos de estos diques. Son rocas porfídicas, fo-

liadas y ácidas, que presentan vestigios de textura lávica. Se las puede considerar como rocas originalmente volcánicas o hipoabisales ácidas metamorfizadas. En algunos casos se observó que están asociadas a las rocas graníticas y granodioríticas, ya que algunos diques pueden ser seguidos hasta el contacto entre la meta-diabasa y las rocas graníticas.

Estas rocas son faneríticas de granularidad variable con aspecto raramente porfídico, pero siempre gnéisico. Su color es generalmente gris claro, pero hay variedades de color verde a verde oscuro. Al microscopio, su textura es porfiroide y gnéisica con una matriz microgranular, de grano muy fino a fino. Los fenocristales y la mica están orientados. **Mineralogía:** cuarzo y plagioclasa en proporciones variables; mica incolora, 10% (5-15%); epidoto, 5% (1-10%); clorita (<1-5%); titanita (<1-2%); apatito (<1-1%); opacos (0-1%); ocasionalmente se encuentran carbonatos secundarios.

La plagioclasa es albitica (0-7% An) y aparece en fenocristales y en la matriz. Los fenocristales alcanzan longitudes de hasta 4 mm y están parcialmente sauritizados y fracturados; ocasionalmente son idiomorfos. El cuarzo se halla tanto en la matriz como entre los fenocristales; éstos son redondeados y la extinción siempre es ondulosa. La mica incolora (muscovita) es típica y abundante en estas rocas, y se puede considerar como producto del metamorfismo (recristalización de la sericita?). Las escamas, generalmente pequeñas, están regular o pobremente orientadas; algunos "fenocristales" muestran estructura implicada. El epidoto es alotriomorfo a hipidiomorfo y de grano fino, generalmente está mal distribuido y se trata de pistacita y zoisita. La clorita se encuentra homogéneamente distribuida en la matriz, o forma pequeños haces o nidos irregulares. La titanita es bastante frecuente y forma agregados granulares. El apatito se presenta como pequeños granos idiomorfos asociados a los minerales máficos. Los minerales opacos son escasos; ocasionalmente se distingue la pirita. En una muestra se halló actinolita poco pleocroica, en proceso de alteración a clorita y epidoto. En otra muestra aparece biotita en fenocristales pleocroicos de color verde, los cuales están parcialmente alterados a clorita y epidoto; su orientación es diferente de aquella de la sericita.

Aplitas granodioríticas

En los cerros orientales, intrusionando la secuencia metamórfica que aflora allí se encuentran numerosos diques y vetas de aplita, de espesor variable, pero generalmente no más de 10 cm. Estas rocas son faneríticas de grano medio a fino, masivas, de color blanco, beige claro o gris claro, y están algo meteorizadas. Su textura es aplítica equigranular, de grano medio y alotriomorfo. En algunos casos las micas están orientadas.

Mineralogía: plagioclasa, 54% (45-60%); cuarzo, 26% (20-30%); microclino, 12% (7-20%); mica incolora, 4% (<1-10%); epidoto (<1-5%); biotita (0-5%); clorita (0-1%); apatito (0-<1); titanita (0-<1%).

La plagioclasa está generalmente algo alterada a sericita. Los granos son xenomorfos y alcanzan tamaños hasta de 2 mm. El cuarzo está homogéneamente distribuido y tiene extinción ondulosa. El microclino presenta su maclaje típico; los granos alcanzan a medir hasta 1 mm de diámetro, y están menos alterados que la plagioclasa. La mica incolora aparece como sericita, un producto de la alteración de los feldespatos, y muscovita en escamas hasta 0,8 mm. El epidoto es muy escaso y está alterado. La biotita falta en algunas muestras: su fuerte pleocroismo pasa del verde oliva al castaño oscuro y al amarillo, y está parcialmente alterada a clorita. Los accesorios apatito y titanita son sumamente escasos.

Pegmatitas granodioríticas

Además de los diques de aplita, en los cerros orientales afloran diques de pegmatita (de espesor similar), intrusivos en la secuencia metamórfica. Estas rocas son faneríticas de grano grueso a muy grueso, y de color blanco; están algo meteorizadas y el aspecto es pegmatítico. Bajo el microscopio, la textura es heterogranular pegmatítica, de grano grueso, sin orientación preferencial; los granos son alotriomorfos.

Mineralogía: plagioclasa, 55%; cuarzo, 25%; microclino, 13%; sericita, 5%; minerales opacos, <1%; y epidoto, <1%.

La plagioclasa está parcialmente alterada a sericita y está deformada. Alcanza una longitud de hasta 5 mm. El cuarzo se halla homogéneamente distribuido y en forma de vetas. En un caso presenta estructura de mortero. El microclino muestra su maclaje típico y está menos alterado que la plagioclasa. El epidoto es muy escaso y se presenta en granos irregulares.

Epidositas

En los contactos entre la meta-diabasa y las rocas graníticas o diques graníticos, se encuentran con frecuencia las epidositas. La textura y mineralogía originales de estas rocas han sido destruidas por el avanzado estado de la epidotización pero es notable su alto contenido de cuarzo. Las rocas son afaníticas densas o faneríticas de grano fino, masivas a ligeramente esquistosas, de color verde intermedio. Bajo el microscopio, la textura es equigranular de grano fino alotriomorfo, masiva a esquistosa. Las muestras con alto contenido de calcita presentan una estructura de mosaico.

Mineralogía: epidoto (40-60%); cuarzo (15-50%); actinolita (5-15%); clorita (2-15%); plagioclasa (cantidades variables); titanita (<1-5%); ocasionalmente biotita, minerales opacos, apatito y carbonatos.

El epidoto se presenta en grano fino a medio, y formando aglomerados irregulares; en general se trata de clinzoisita y pistacita. El cuarzo es intergranular y de grano fino; su extinción es ondulada. La actinolita, de color pleocroico a incolora, es de grano fino y de forma acicular o tabular irregular; está parcialmente cloritizada. La titanita es en

parte un producto residual de la cloritización y en parte es un mineral primario.

Vetas de cuarzo

En el cerro Walker y, en menor cantidad, en los cerros orientales, se encuentran vetas de cuarzo. Estas rocas contienen más del 99% de cuarzo y su textura varía de muestra en muestra: equigranular de grano fino y bien orientado, heterogranular con textura de mortero alrededor de los granos más grandes, o simplemente muy fracturada con extinción ondulosa. El tamaño de los granos varía entre 0,1 y 10 mm. Una sola muestra contiene muscovita, clorita y minerales opacos en proporciones menores del 1%.

Serpentinitas y peridotitas

Los cerros centrales consisten exclusivamente en serpentinitas y peridotitas, las cuales fueron descritas bajo el nombre de basaltos por ROST (1938). La roca original fue una peridotita (Iherzolita) de la cual quedan algunos vestigios. Gran parte de la roca está casi totalmente serpentinizada.

Como las muestras son representativas de todas las fases de la serpentización, su granularidad pasa de fanerítica de grano grueso, parcialmente fanerítica con aspecto porfiroide, a afanítica y densa. Los colores varían del marrón al marrón o gris oscuro y no son típicos para la roca, ya que provienen de la abundancia de óxidos metálicos que contienen. Al microscopio, la textura es de alteración; muestra granos de minerales máficos redondeados o fragmentados por la serpentización de una matriz de antigorita con estructura de fieltro, que a veces adopta el aspecto de un mosaico.

Mineralogía: serpentinas, ortopiroxeno, clinopiroxeno, olivino, espinela y minerales opacos.

La antigorita es el mineral más abundante de la roca, llegando a formar desde el 50 a más del 95% de ella. Se presenta en muchas formas: agregados escamosos irregulares en forma de franjas o cintas, en forma de sobre de carta, etc. y representa el producto de alteración de los minerales ferro-magnesianos. La broncita ($2V= 86-88^\circ$) incolora es bastante abundante, y la augita diopsídica ($2V_z= 56^\circ$), igualmente incolora, frecuentemente presenta intercrecimiento laminar con otro piroxeno. El olivino ($2V= 90^\circ$; forsterita) es aparentemente menos abundante, debido a que es más fácilmente serpentizado que los piroxenos. La espinela (picotita) es relativamente escasa y puede faltar totalmente; se presenta en agregados de granos redondeados y está generalmente alterada. Los minerales opacos son la magnetita y/o la hematita; en parte son productos residuales de la serpentización.

Depósitos cuaternarios

En la costa sur de la isla aflora una roca de playa a nivel del mar, que consiste de fragmentos de todos los tamaños de corales y conchas. También en la costa sur, y en algunas parte de la costa norte, por ejemplo en El Mangle (Fig. 2) aflora una terraza de 1,5 a 2 m de elevación sobre el nivel del mar (Fig. 10), que consiste en una roca de playa y rocas arrecifales, cuyo contenido es principalmente fragmentos coralinos. Esta terraza aflora en algunos sitios de la parte central de la isla. En la costa sur y en la parte noreste de la isla, esta terraza está cubierta por acumulaciones de fragmentos coralinos que posiblemente representan una terraza de tormenta, similar a la descrita por MALONEY *et al.* (1968) en la isla de Aves.



Figura 10. Terraza coralina en la costa sur de La Orchila.

Estructuras

La secuencia metamórfica de los cerros orientales está plegada en un amplio anticlinoide, cuyo eje tiene un rumbo aproximado este-oeste (Fig. 2). La foliación de las rocas metamórficas está plegada por numerosos pliegues mesoscópicos. El anticlinoide está ligeramente volcado hacia el sur, como lo indica el buzamiento más pronunciado del flanco sur. El cuerpo tabular de gneis y esquistos epidóticos, intrusivo en los cerros orientales (Fig. 2), probablemente es concordante y buza en la misma dirección que la roca caja (hacia el sur).

En el pequeño cerro de Angola (Fig. 2), donde afloran esquistos y

filitas cloríticas se observa un intenso plegamiento de la foliación. Todos estos pliegues están volcados hacia el sur. Una pequeña falla con rumbo noroeste y buzamiento alto hacia el norte corta ese cerro. El movimiento es probablemente de corrimiento hacia el suroeste, como lo indican las relaciones de arrastre de la foliación en la falla.

En el cerro Walker, las rocas metamórficas que afloran en el flanco sur del extremo occidental, buzan hacia el sur (Fig. 2). El contacto con las rocas graníticas y granodioríticas es transicional, desde esquistos y filitas alterados, pasando por facies de metamorfismo de contacto caracterizadas por la formación de grandes cristales de feldespatos (hasta varios centímetros de longitud), hasta la roca fanerítica, porfídica, ligeramente gnéssica, que representa la intrusión de granito-granodiorita.

El contacto entre las rocas graníticas y granodioríticas, y la meta-diabasa aflora en el flanco norte del cerro Walker, y se caracteriza por una zona de alteración y cataclasis intensa. En el extremo occidental de la isla, las rocas graníticas contienen inclusiones irregulares de roca caja, probablemente esquistos y filitas cloríticas y meta-diabasa alterados (Fig. 7). La foliación de las rocas graníticas y granodioríticas tiene un rumbo general hacia el noreste y buza hacia el suroeste.

Las rocas ultrabásicas (peridotitas y serpentinitas) que afloran en los cerros centrales muestran numerosas diabasas y fracturas, tanto verticales y horizontales, como a lo largo de planos curvos, lo cual le da una apariencia parecida a las almohadillas de las rocas volcánicas. Esto, asociado a la intensa meteorización de estas rocas, probablemente condujo a la errada identificación petrológica de ROST (1938).

La relación entre las rocas ultrabásicas y las demás rocas que afloran en la isla no se conoce con certeza, ya que no afloran contactos entre estas rocas en ninguna parte. Tomando en cuenta las relaciones estratigráficas y estructurales de las rocas ultrabásicas de la Cordillera de la Costa (las más cercanas a las descritas aquí), es posible que representen cuerpos intrusivos en las rocas metamórficas.

LA BLANQUILLA

La isla La Blanquilla está situada junto con el archipiélago de Los Hermanos, sobre una plataforma submarina somera cerca del extremo meridional de la Prominencia de Aves (Fig. 1). Se encuentra aproximadamente a 100 km al noroeste de la isla de Margarita, y la plataforma está separada de La Orchila por un cañón submarino MALONEY (1971). La Blanquilla se encuentra a unos 160 km al este de La Orchila. Sus coordenadas geográficas aproximadas son: 11° 50' latitud Norte y 64° 35' longitud Oeste. Tienen una forma de cuadrante de un círculo (90°), con un diámetro de 10 km (ZULOAGA, 1953), y su altura máxima llega a más de 30 m. La superficie de la isla es de aproximadamente 52,5 km cuadrados (VILA, 1967) es una isla plana, cuya parte oriental está formada por varios niveles de terrazas arrecifales y la parte occidental consiste de colinas suaves donde afloran rocas graníticas. La fisiografía

fue descrita en detalle por ZULOAGA (1953), por lo tanto no se repite aquí. Ese autor y MALONEY (1971) describen la geología en rasgos generales, en especial las rocas sedimentarias. Recientemente, PETER (1972) describió detalladamente la morfología submarina entre La Blanquilla y La Orchila, y presentó mapas estructurales basados en datos geofísicos submarinos.

La Fig. 2 representa un mapa geológico de la Blanquilla. En general, consiste en un batolito de diorita cuarcífera trondhjemitica que posee un borde o frente básico de tonalita (diorita cuarcífera) en la parte noroeste de la isla. Estas rocas fueron intrusionadas por diques y vetas pegmatíticas. Cubriendo parcialmente a este batolito se encuentran tres niveles de terrazas formadas por calizas arrecifales, las cuales fueron descritas por ZULOAGA (1953), el cual de una lista de los fósiles hallados en ella. Ese autor deduce que la edad de estas calizas es pleistocena a subreciente. MALONEY (1971) también describe las rocas sedimentarias y define formalmente a la Formación La Blanquilla, que incluye todas las terrazas. Separó a la terraza inferior, de litología diferente (contiene una gran cantidad de fósiles en comparación con las terrazas superiores) con el nombre de Miembro Falucho.

Trondhjemita de Garantón

Esta roca fue descrita originalmente por RUTTEN (1931 y 1940) como granodiorita biotítica y diorita cuarcífera. ZULOAGA (1953) se refiere a ella como Granito de La Blanquilla, y MALONEY (1971) introduce el nombre de Granodiorita de Garantón, y establece la bahía de Garantón, en la costa sur de la isla, como la localidad tipo. En este informe se retiene el nombre de Garantón.

La Trondhjemita de Garantón aflora en el tercio suroccidental de la isla (Fig. 2), y da origen a una topografía de colinas suaves con numerosas acumulaciones de cantos y bloques (Fig. 11). Es una roca de grano grueso, equigranular, generalmente masiva o con ligera orientación preferencial de los minerales máficos. Su color habitual es blanco con pequeñas motas negras y siempre se halla algo meteorizado. Bajo el microscopio presenta textura granitoide de grano alotriomorfo grueso y equigranular. Esporádicamente se nota una orientación preferencial en los minerales máficos. El intercrecimiento mirmequítico es raro y denota la presencia de feldespato potásico.

Mineralogía: plagioclasa, 58% (45-70%); cuarzo, 25% (15-35%); biotita, 5% (2-8%); clorita (1-2%); hornblenda (0-10%); feldespato potásico (0-10%); opacos (<1-5%); titanita (<1-5%); apatito (<1-1%); ocasionalmente se encuentran rutilo y zircón.

La plagioclasa se presenta en granos parcialmente alterados de 0,8 a 5 mm de tamaño, los cuales generalmente están zonados y el núcleo básico puede estar totalmente sausrutizado. El contenido promedio de An es de 35% (26-46%) y el intercrecimiento antipertítico es relativamente raro. El cuarzo se encuentra en nidos, vetas y en forma irregular;



Figura 11. Aspecto típico de los afloramientos de trondhjemitita, La Blanquilla.

presenta extinción ondulosa y estructura suturada, y esporádicamente se halla en mirmequitas y como inclusiones hipidiomorfas en feldespato potásico. La biotita muestra pleocroísmo fuerte desde el marrón al amarillo, y está parcialmente alterada a clorita con segregación de titanita y magnetita; los granos llegan a medir hasta 4 mm. La hornblenda es escasa y puede faltar por completo; su pleocroísmo varía del verde oscuro al amarillo, no son raros los granos maclados y poiquilíticos, y generalmente se hallan deformados y alterados. La hornblenda está asociada a la biotita. El feldespato potásico se presenta ocasionalmente en pequeñas cantidades; se trata de microclino a veces perfitico, con inclusiones de cuarzo y plagioclasa, y está menos alterado que la plagioclasa de la roca. La clorita es producto de la alteración secundaria de la biotita y hornblenda, y su proporción es variable. La magnetita es relativamente abundante y parcialmente es un producto de la alteración de los minerales máficos primarios. La titanita se presenta en dos generaciones: primaria, en granos hipidiomorfos redondeados, y secundaria, en agregados granulares irregulares. El apatito es el accesorio más constante y aparece en forma de pequeños prismas idiomorfos. El rutilo y el zircón se presentan raras veces como inclusiones en la biotita y la clorita.

Tonalita (diorita cuarcífera)

En la costa noroeste de La Blanquilla, en los alrededores de Playa del Manzanillo (Fig. 2), aflora la tonalita, la cual representará un frente

o borde básico del batolito de Garantón. En esta localidad la tonalita contiene numerosas inclusiones de una roca verde oscura, clorítica y hornbléndica, además de numerosos diques pegmatíticos, descritos más adelante.

La roca es de grano grueso, equigranular y masiva, y en general, es más oscura que la trondhjemitita anteriormente descrita. Bajo el microscopio, la textura es granitoide, de grano alotriomorfo grueso, equigranular o heterogranular.

Mineralogía: plagioclasa, 51% (40-58%); cuarzo, 23% (16-60%); hornblenda, 19% (18-20%); biotita, 5% (1-10%); minerales opacos (<1-1%); clorita (<1-1%); titanita (<1%); apatito (<1%); ocasionalmente se presenta feldespató potásico y epidoto.

La plagioclasa se presenta en dos generaciones: como granos parcialmente alterados, zonados y con núcleo sericitizado, y como granos frescos no zonados y de menor tamaño. El contenido promedio de An es de 42% (30-53%). El cuarzo se encuentra en agregados en forma de nidos; su textura no es suturada y la extinción es poco ondulada. La hornblenda, de color verde oscuro a amarillo, es muy pleocroica, y los granos están parcialmente asimilados y alterados, y presentan estructura poiquilítica; el maclado es frecuente. El tamaño promedio es de 0,7 mm; algunos individuos alcanzan a medir hasta 4 mm. La biotita se halla poco alterada, sus colores pleocroicos varían del marrón oscuro al amarillo y está siempre asociada a la hornblenda, y frecuentemente forma intercrecimientos con ésta. La clorita es escasa debido a la poca alteración de la biotita. La magnetita y la ilmenita se presentan frecuentemente con bordes de titanita, y ésta última forma también agregados granulares en la clorita. El apatito es un accesorio habitual de esta roca. El feldespató potásico y el epidoto se presentan cada uno en una muestra, en pequeñas cantidades. El primero está asociado a la mirmequita y el segundo rellena fracturas.

Pegmatita

En la parte occidental de La Blanquilla afloran numerosos diques, de espesor variable (varios centímetros hasta varios metros), de pegmatita. Estas rocas son faneríticas de grano fino o mediano a grueso, frecuentemente con cristales de feldespató de varios centímetros de longitud. En algunos casos se observaron inclusiones de tonalita alterada dentro de los diques de pegmatita. Los minerales predominantes son perfitita, cuarzo y plagioclasa, con minerales opacos como accesorios. En una muestra se observó un contacto nítido entre una tonalita masiva y una aplita granatífera. Esta última es de composición granítica: perfitita, 35%; cuarzo, 38%; plagioclasa, 30% y granate rosado (probablemente almandino), 1%. Este granate se presenta en granos (0,4 mm) redondeados, parcialmente asimilados y alterados. Además, contiene cantidades inferiores al 1% de biotita, parcialmente alterada a clorita, y hornblenda verde oscura, en parte alterada a epidoto.

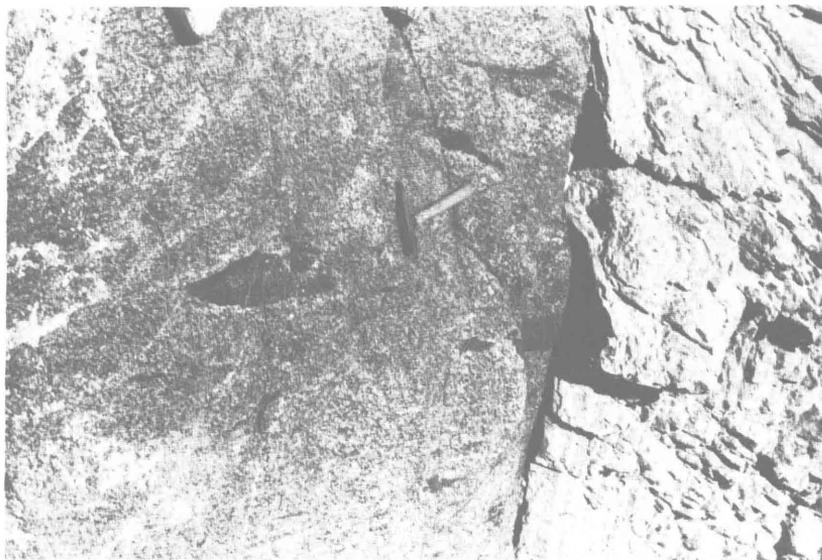


Figura 12. Inclusiones de anfibolita orientadas en la tonalita, La Blanquilla.

Anfibolita

En la costa noroccidental de la isla afloran inclusiones de anfibolita dentro de la tonalita (Fig. 12). Estas inclusiones tienen formas variables, pero generalmente son angulares a redondeadas y alargadas. Se trata de inclusiones exógenas que debido a su basicidad, no fueron asimiladas por el magma tonalítico, pero cuyos bordes fueron recrystalizados.

Son rocas de grano fino, equigranulares o heterogranulares, con orientación preferencial excelente de la hornblenda, y de color verde oscuro a negro. Algunas muestras están ligeramente bandeadas, otras tienen aspecto porfiroide. Bajo el microscopio, la textura es muy variada; en general se nota una tendencia a la estructura de mosaico, y la roca es de grano fino a medio, equigranular. En las rocas porfiroides los "fenocristales" de hornblenda no son más que aglomerados de cristales pequeños.

Mineralogía: hornblenda (55-80%); plagioclasa (25-40%); cuarzo (0-8%); minerales opacos (1-3%); apatito (0-1%); esporádicamente se hallan biotita, epidoto, diopsido y clorita.

La hornblenda es de color verde oscuro, muy pleocroica, y el tamaño de los granos varía entre 0,1 y 0,8 mm son alotriomorfos a hipidiomorfos, y están bien orientados. La plagioclasa es muy variable; su tamaño varía entre 0,1 y 0,4 mm, pero los "fenocristales" alcanzan a medir 1,5 mm y están más alterados que los granos normales. La zonación es débil, pero el núcleo puede estar totalmente sausrinizado. El cuarzo,

la biotita, el epidoto y la titanita se presentan esporádicamente en pequeñas cantidades.

Depósitos cuaternarios

Los depósitos cuaternarios más importantes son las terrazas de origen arrecifal. A lo largo de las costas sur, este y noreste de la isla se observan dos niveles de terrazas, una aproximadamente a 7 m sobre el nivel del mar, y la segunda aproximadamente a 30 m (MALONEY, 1971). En las fotografías aéreas se aprecia un tercer nivel de terraza que probablemente llega a más de 30 m y que se encuentra en la parte central de la isla (Fig. 2). La Fig 13 muestra una sección de la costa al este de Ño Martín, en la cual se observan las relaciones entre las terrazas y el batolito ígneo.

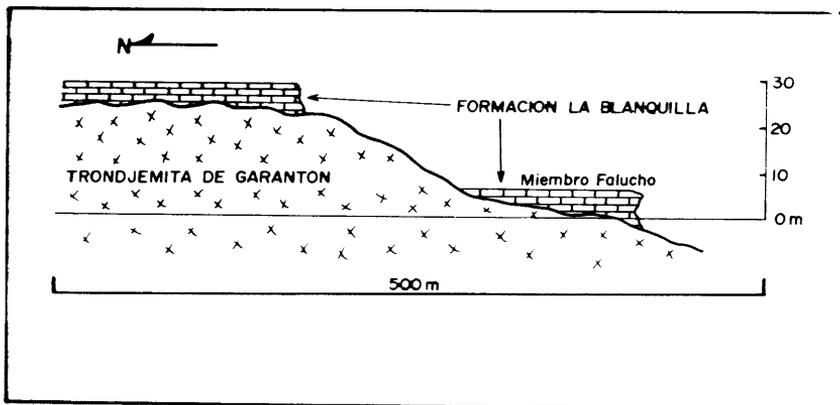


Figura 18. Sección geológica de la costa de Ño Martín, La Blanquilla (ver Figura 2).

Estos depósitos arrecifales fueron denominados Formación La Blanquilla por MALONEY (1971), y la terraza inferior (7 m) fue separada como el Miembro Falucho, nombre derivado de la Playa el Falucho, en la parte sur de la isla. Estas rocas fueron descritas en detalle por Zuloaga (1953); por lo tanto, sólo se resumen en este informe. La terraza inferior (Miembro Falucho) tiene un espesor que varía entre 1,5 a 2 m (costa occidental) y 7 m (costa suroriental). Son comunes las cuevas, puentes naturales y bahías por erosión de la terraza. Consiste en una caliza arrecifal de color crema (gris en las superficies meteorizadas) que contiene numerosos fragmentos de corales, equinodermos, pelecípodos, gasteró-

podos y foraminíferos. ZULOAGA (1953) publicó una lista de los fósiles más comunes. El segundo nivel de terraza arrecifal consiste en una capa de aproximadamente 1.5 a 2 m de espesor que aflora en la parte sur-este, este y norte de la isla (Fig. 2). Consiste en una caliza de color crema o marrón claro, que contiene fósiles similares a los del Miembro Falucho, pero menos abundantes. El tercer nivel de terraza consiste en una roca similar al segundo nivel, con espesores también similares.

En el sitio denominado La Cabecera, en el extremo suroriental de la isla se hallaron restos de cerámica indígena sobre la terraza inferior (Miembro Falucho). Estos consisten en fragmentos de cerámica de color anaranjado y representan restos de tiestos. Posiblemente pertenecen a la Serie Saladoide de CRUXENT y ROUSE, 1958 (E. WAGNER, comunicación personal).

Estructuras

No se observaron fallas o pliegues en las rocas de La Blanquilla, como lo apuntó ya MALONEY (1971). El contacto entre el batolito ígneo y el Miembro Falucho de la Formación La Blanquilla aflora en numerosas localidades (Fig. 14). La caliza arrecifal cubre la superficie irre-



Figura 14. Contacto entre la Trondhjemitita de Garantón y el Miembro Falucho, La Blanquilla. Nótese el dique de pegmatita en el centro (color blanco).

gular de las rocas ígneas, y en su parte inferior contiene numerosos fragmentos redondeados de trondhjemitita, tonalita y pegmatitas. La abundancia de fragmentos decrece hacia la parte superior y desaparece aproximadamente 0,5 m sobre el contacto. Esto indica que hubo erosión

activa del batolito durante la deposición del arrecife.

Las inclusiones (Fig. 12) y los minerales máficos en la tonalita que afloran en la costa occidental de la isla, muestran una alineación preferencia con rumbo aproximado de N65-70W. Esta dirección es bastante constante. Los diques de pegmatita en esta localidad tiene un rumbo perpendicular a esta dirección.

LOS HERMANOS

El archipiélago de Los Hermanos consiste en siete islas (Fig. 1) alineadas en dirección norté-sur, que se encuentran aproximadamente a 10 km al sureste de La Blanquilla. Forman parte de la misma plataforma submarina somera a la cual pertenece esa isla. ZULOAGA (1953) y MALONEY (1971) describieron la fisiografía y resumieron la historia de este archipiélago. Sus coordenadas geográficas son aproximadamente: 11° 45' latitud Norte y 64° 25' longitud Oeste. Estas islas forman verdaderos morros que sobresalen a la superficie del mar, con flancos muy empinados y prácticamente sin playas. La altura máxima es alcanzada por la isla del Pico con aproximadamente 200 m (VILA, 1967).

La Fig. 2 representa un mapa geológico de Los Hermanos. Estas islas consisten en su mayoría de gneises hornbléndicos tonalíticos con intrusiones de pegmatitas; anfibolitas, epidoditas, y esquistos y gneises biotíticos-epidóticos. En general, las rocas son más básicas que aquellas de La Blanquilla, e indican un grado metamórfico que llegó a la facies de la clorita.

Gneises y esquistos biotítico-epidóticos

Estas rocas afloran en Morro Grueso y la isla Los Morochos y pueden considerarse como la roca caja del batolito expuesto en La Blanquilla y Los Hermanos. Son de grano fino a medio, equigranulares o heterogranulares (una muestra es porfiroide), con foliación gnéisica o esquistosa, raras veces bandeada (Fig. 15), y los colores son diferentes tonos de gris. Al microscopio, la textura es típicamente gnéisica (lepidoblástica); los fenocristales son más abundantes de lo que el aspecto macroscópico permite suponer.

Mineralogía: Feldespato, 38% (23-55%); cuarzo, 38% (20-60%); biotita, 13% (10-15%); epidoto, 6% (3-10%); apatito (<1-1%); mica incolora (0-2%); minerales opacos (0-1%); en la muestra porfídica aparece hornblenda (5%).

El feldespato es generalmente plagioclasa aunque en sección fina aparece el microclino en proporción elevada. La plagioclasa es de grano fino, poco alterada y no está zonada; los "fenocristales" de plagioclasa son bastante frecuentes y están muy alterados, sugiriendo la presencia de una generación más antigua que la de la matriz. El cuarzo se presenta en bandas leucocráticas, en *augen* y en intersticios, y es de grano fino con extinción ondulada. La biotita, levemente alterada, es inten-



Figura 15. Afloramiento típico de gneises y esquistos en la isla Los Morochos, archipiélago de Los Hermanos

samente pleocroica, del marrón oscuro al amarillo, bien orientada, los granos miden 0,3 a 0,5 mm, y se encuentran en bandas. El epidoto (piscacita y raros núcleos de alanita) forma agregados granulares y rellena fracturas; muchas veces está asociado con biotita. El apatito está siempre presente en forma de granos prismáticos redondeados. La mica incolora (muscovita) es escasa y puede faltar totalmente; las pequeñas escamas muestran vestigios de asimilación. Los minerales opacos, la titanita y el rutilo aparecen ocasionalmente en muy pequeña cantidad. El rutilo forma la estructura sagenítica de la biotita.

Gneis hornbléndico (tonalítico)

Esta roca aflora en las islas de La Horquilla y del Pico, y en los Morros El Fondeadero y Chiquito. La posición estratigráfica de estas rocas en el complejo ígneo-metamórfico de La Blanquilla y Los Hermanos no se conoce con certeza. Mientras que la trondhjemitita y la tonalita son rocas netamente ígneas, el carácter metamórfico de este gneis es evidente. MALONEY (1971) incluye esta roca en el complejo batolítico, pero la condición de roca caja alterada por un metasomatismo básico debido al batolito es más probable.

La roca es de grano medio a grueso, y a veces heterogranular; la mayoría de las muestras presentan foliación néisica pronunciada. Algunas muestran un bandeamiento que llega al extremo de alternarse zonas pegmatíticas con zonas ricas en hornblenda. Bajo el microscopio,

la textura es granitoide a ligeramente gnéisica, de grano medio hetero-granular. Los granos son alotriomorfos.

Mineralogía: plagioclasa, 62% (54-75%); hornblenda, 25% (15-35%); cuarzo, 9% (5-10%); minerales opacos, 3% (1-8%); apatito (<1-2%); esporádicamente se presentan muy pequeñas cantidades de biotita, clinopiroxeno, clorita, zoisita y titanita.

La plagioclasa se halla relativamente fresca y sólo ligeramente zonada, pero los núcleos, sin embargo, pueden estar totalmente sausrinizados. Su tamaño varía entre 0,5 y 2 mm, y la proporción molar de An es de 53% (46-61%). La hornblenda verde oscura, pleocroica, está débilmente alterada, su tamaño oscila entre 0,6 y 2 mm, y el maclado según (100) es común. En una muestra, los agregados granulares de hornblenda pasan lateralmente a tremolita con segregación residual de magnetita. La presencia de algunos granos de diópsido relativamente fresco dentro del agregado indica reacciones complejas. El cuarzo con extinción ondulada, se encuentra en forma de nidos o intersticialmente y a veces como inclusiones en la hornblenda. Los minerales opacos son abundantes y en general constan de magnetita asociada a los minerales máficos.

Anfibolita

Esta roca se presenta en forma de masas tabulares, bandas o masas alargadas dentro del gneis hornbléndico descrito anteriormente. Aflora en Morro Gueso como un cuerpo aparentemente intrusivo en los gneises y esquistos, y en el Morro El Fondeadero. En composición y textura es idéntica a la anfibolita hallada en La Blanquilla. Una muestra, recolectada en la isla La Horquilla, contiene más del 80% de hornblenda, 10% de cuarzo, 9% de minerales opacos y 1% cada uno de biotita, plagioclasa, apatito y circón. Los granos no muestran orientación preferencial.

Pegmatita

Estas rocas afloran en forma de diques o vetas de espesor variable (pocos centímetros hasta 50 cm o más), y su composición y textura son similares a las pegmatitas descritas en La Blanquilla. En los Morros Chiquito y El Fondeadero se hallaron diques de pegmatita que contienen cristales euhedrales y grandes (hasta varios centímetros de longitud) de hornblenda cerca del contacto con la roca caja (gneis hornbléndico o anfibolita).

Epidosita cuarzo-hornbléndica

En Morro Gueso afloran masas irregulares de varios centímetros de diámetro, de una roca verde pistacho la cual está asociada con la anfibolita. Estudios petrográficos indican que es una epidosita cuarzo-hornbléndica bandeada, con textura de mosaico.

Mineralogía: pistacita, 70%; cuarzo, 20%; hornblenda verde azulada, 8%; titanita, 1%; además contiene pequeñas cantidades de plagioclasa, hematita e ilmenita con bordes de titanita.

Esta roca probablemente se originó por alteración del posible contacto intrusivo entre la anfibolita y los esquitos y neises.

Estructuras

La foliación de los gneises y esquistos biotítico-epidóticos buza regularmente hacia el sur, con rumbos que varían entre noroeste y noreste (Fig. 2). El contacto entre estas rocas y la anfibolita en Morro Gueso es intrusivo, como lo demuestra la existencia de probables inclusiones de rocas metamórficas dentro de la anfibolita.

En la isla La Horquilla se aprecia una pronunciada orientación de los minerales máficos, la cual produce una especie de foliación con orientación N65W, 20N.

Las únicas otras estructuras prominentes que se observaron en las rocas de Los Hermanos son las diaclasas. Estas son muy numerosas, y son especialmente evidentes en la isla del Pico.

En el Morro El Fondeadero se observaron dos niveles de erosión (Fig. 16). Estos se aprecian en el tope de la isla y a media altura en los flancos, y posiblemente indican levantamiento de la isla o niveles del mar más elevados. Estos niveles son en parte similares a los hallados por BOWEN (1964) en Gran Roque.

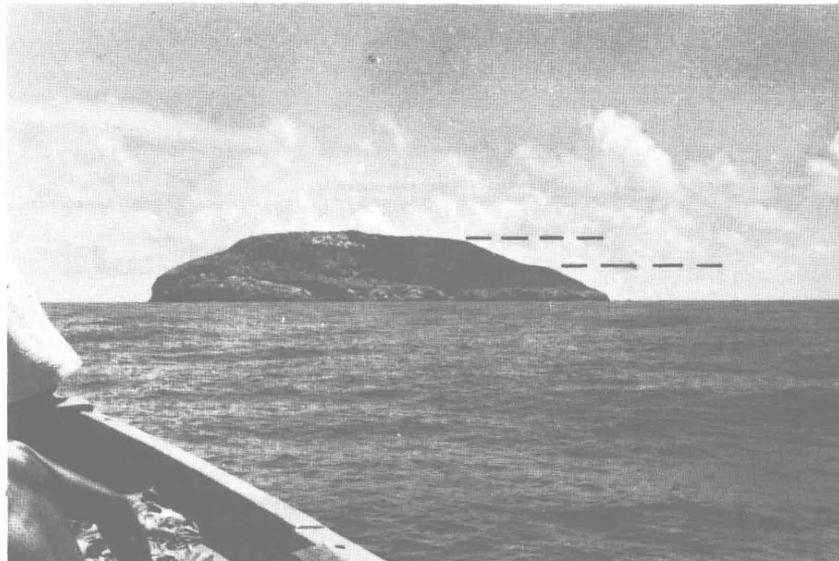


Figura 16. Terrazas erosionales en el Morro Fondeadero, archipiélago de Los Hermanos.

LOS TESTIGOS

El archipiélago de Los Testigos (Fig. 1) consiste en ocho islas principales, además de numerosos islotes, de los cuales la mayor, Testigo Grande, tiene una longitud de 4 km un ancho máximo de 2,5 km y su elevación llega a más de 200 m. Se encuentra localizada aproximadamente entre las siguientes coordenadas geográficas: 11° 20' a 11° 25' Latitud Norte. y 63° 02' a 63° 08' Longitud Oeste, en el borde norte de una amplia terraza continental, descrita por MALONEY (1967).

La Fig. 2 representa un mapa geológico de Los Testigos. Consiste esencialmente de un complejo de rocas volcánicas o hipoabisales ligeramente metamorizadas, intrusionadas por un batolito de rocas meta-graníticas (a su vez intrusionado por diques meta-basálticos y ácidos).

Meta-andesitas

Esta es la roca más abundante dentro del complejo meta-volcánico de Los Testigos. Aflora en las islas Morro Blanco, Rajada, Conejo, Testigo Grande y Noreste, en forma de diques o como rocas masivas. Es una roca porfídica con matriz afanítica, masiva y de color muy variable según el estado de alteración y el contenido de minerales máficos: gris claro, gris verdoso hasta gris oscuro, siempre moteado de colores más claros. Al microscopio la textura es porfídica con fenocristales idiomorfos; la matriz es generalmente holocristalina, pilotáxica y de grano muy fino. En algunos casos presenta textura de flujo.

Mineralogía: plagioclasa, 83% (65-90%), y cantidades muy variables de actinolita, clinopiroxeno, cuarzo, epidoto, clorita, titanita y minerales opacos.

La plagioclasa es el mineral primordial, tanto como fenocristal (1 a 4 mm de longitud) como en la matriz. En parte presenta zonación normal y está generalmente alterada y parcialmente reabsorbida. Su contenido promedio de An es de 56% (40-85%), presentando un rango de variación extremo. La matriz es pilotáxica y el tamaño del grano es muy variable. El cuarzo aparece en muy pequeñas cantidades en la matriz, o falta totalmente. La actinolita verde clara, algo pleocroica, no se halla en todas las secciones finas, pero puede formar hasta el 20% de la roca. Se distinguen dos tipos de fenocristales: los granos alotriomorfos o fibrosos que proceden de la uralitización del clinopiroxeno, y los cristales prismáticos idiomorfos y aciculares que se formaron por la recrystalización de los anteriores. El diópsido es un remanente de la uralitización y es relativamente escaso; generalmente forma fenocristales de hasta 2,5 mm de diámetro, presenta maclado según (100) y está siempre asociado a la actinolita. El epidoto aparece en cantidades menores del 2% y forma agregados granulares o nidos de granos y vetas; es un producto de la alteración de la plagioclasa. La clorita forma parte de la matriz y puede ser abundante la titanita y la hematita son por lo general minerales residuales secundarios y forman agregados de granos irregulares. Los granos de calcita son esporádicos. Una muestra contiene zeolitas en agregados de pequeños granos con extinción (rosetas).

En algunos casos, la meta-andesita contiene una matriz recrystalizada y/o desvitrificada. Estas rocas se diferencian en la textura de la matriz, la cual no es pilotáxica sino que se encuentra en diferentes estados de recrystalización o de desvitrificación total, y generalmente presenta textura microgranular con granularidad variable. El contenido de cuarzo es algo mayor y este mineral también aparece como fenocristal. En general, la roca está algo más alterada que la meta andesita normal. Estas rocas afloran especialmente en la parte suroeste de Testigo Grande, donde forman capas laminares, intercaladas con meta-andesitas normales (Fig. 17).



Figura 17. Capas laminares de meta-andesita en el extremo sur de Testigo Grande.

En algunas islas (El Chivo, Rajada y Testigo Grande) se hallaron diques de meta-diabasa porfídica. Esta se diferencia de las meta-andesitas normales en que posee una matriz intersertal (diabásica), de grano relativamente grueso. La diabasa común, en cambio, raras veces es porfídica.

Cerca de los contactos intrusivos con las rocas meta-graníticas (descritas más adelante), se encuentra una roca porfídica, con textura intersertal, equigranular, masiva, que se puede clasificar como una meta-diabasa. Esta roca representa la alteración de las rocas meta-andesíticas debido a la intrusión granítica.

En la parte suroeste de la isla Noreste aflora una roca que posiblemente representa una fase plutónica de las meta-andesitas. Esta roca, clasificada como meta-gabro, tiene una textura granítica, de grano medio a grueso, masiva, heterogranular, en parte ligeramente porfídica.

Mineralogía (dos muestras): cuarzo, 0 y 10%; feldespato potásico, <1%; plagioclasa (labradorita-bytownita), 50 y 70%; clinopiroxeno, 4 y 5%; hornblenda actinolítica (alteración de clinopiroxeno), 0 y 40%; actinolita (alteración de clinopiroxeno), 0 y 10%; y apatito, magnetita, clorita y titanita como accesorios.

Meta-andesita cuarcífera

Este tipo de roca se encuentra en la parte noroeste de Testigo Grande donde aflora en forma de dique o roca masiva. Es porfídica con una matriz afanítica, está algo meteorizada, y los colores varían dentro del gris claro sucio y gris oscuro. Al microscopio, la textura es porfídica con matriz holocristalina microgranular de grano muy fino, semejante a la meta-andesita con matriz desvitrificada, descrita anteriormente. Esta roca se caracteriza por sus grandes fenocristales de cuarzo.

Mineralogía: plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y uralita, como fenocristales; en la matriz se encuentran plagioclasa, cuarzo, biotita; y como accesorios secundarios, epidoto, titanita y minerales opacos.

Los fenocristales de cuarzo llegan a tener un diámetro de 7 mm, y pueden ser sub-idiomorfos o redondeados; presentan extinción homogénea, pero a veces están fracturados. La uralita está recristalizada y forma pseudomorfos según el clinopiroxeno; en algunas secciones finas falta por completo. La naturaleza de la matriz es difícil de reconocer debido al tamaño submicroscópico de los granos. El epidoto es escaso y se forma generalmente dentro de los fenocristales de plagioclasa. La titanita es abundante y se presenta en forma de gránulos mínimos homogéneamente distribuidos. Los minerales opacos son escasos.

Meta-andesita tobácea

Este tipo de roca aflora en forma de dique en la parte suroeste y sur de Testigo Grande. Son rocas porfídicas con matriz afanítica, masiva, con colores entre el gris intermedio y el gris oscuro y negro, a veces con un tinte verdoso, y generalmente están algo meteorizadas. Bajo el microscopio la textura es porfídica con matriz pilotáctica de grano fino y masiva. La roca se encuentra en estado avanzado de alteración, y se caracteriza por la gran proporción de fenocristales de varios tipos y tamaños. En general, éstos son idiomorfos y redondeados, pero abundan también los fragmentos angulares de cristales.

Mineralogía: plagioclasa, uralita y/o piroxeno, como fenocristales; y plagioclasa y clorita en la matriz; como accesorios secundarios se encuentran epidoto, titanita y hematita; y calcita como accesorio introducido.

Los fenocristales de plagioclasa alcanzan a medir hasta 2 mm, son subidiomorfos y están generalmente alterados y fracturados; presentan zonado normal intenso. El contenido de An varía mucho: 67% (30-90%), habiéndose medido núcleos completamente anortíticos. La uralita pseudomorfo de actinolita fibrosa, es muy abundante; mide hasta 4 mm, es idiomorfa y muestra el maclado original del clinopiroxeno. Son fre-

cuentos los restos de piroxeno incoloro (diópsido) dentro de la uralita. La clorita es abundante, tanto en la matriz como en forma de pequeños nidos. El epidoto es escaso y se encuentra en los fenocristales de plagioclasa y en fracturas. La titanita se presenta en la matriz y en pequeños agregados granulares irregulares. La hematita es escasa o falta totalmente.

Lavas tobáceas andesíticas

Este tipo de roca se encuentra principalmente en la isla Conejo, formando diques y afloramientos masivos. Son rocas porfídicas con matriz afanítica, masiva, de color gris claro a gris oscuro verdoso; generalmente están algo alteradas. Al microscopio, la textura es porfídica tobácea; los fenocristales pueden ser angulares, alotriomorfos o idiomorfos de tamaño variable. La matriz en gran parte es vítrea y está muy alterada. En algunos casos se presentan vacuolas rellenas de zeolitas. Se notan estructuras de flujo, tanto en la matriz como en los fenocristales. **Mineralogía:** plagioclasa, diópsido y/o uralita, como fenocristales; la matriz es vítrea; como accesorios secundarios se encuentran epidoto, clorita, sericita, titanita y hematita; y como accesorios introducidos, calcita y zeolitas.

La plagioclasa aparece como fenocristales y también forma parte de la matriz afanítica. Los fenocristales pueden ser angulares, redondeados o idiomorfos, cuyo tamaño varía y puede llegar a medir 3 mm. Por lo general, están ligeramente alterados a epidoto y sericita, y además están fracturados. El contenido promedio de An es de 45% (37-55%) y en parte muestra zonación normal. El diópsido, de color verde pálido no pleocroico, es relativamente raro, está alterado a clorita o actinolita y presenta maclado según (100). El epidoto (pistacita y clinozoisita) es frecuente y forma agregados irregulares o pseudomorfos según la plagioclasa, el diópsido o la actinolita. La actinolita es escasa y de origen post-genético. La clorita es abundante, tanto en la matriz como en forma de pseudomorfos según el clinopiroxeno. La titanita se presenta como agregados de grano fino, y junto con la hematita es un producto de la alteración secundaria. El apatito y el rutilo son accesorios muy escasos.

Rocas meta-graníticas

En las islas de Iguana, El Chivo y Testigo Grande aflora un batolito de rocas meta-graníticas, el cual es intrusivo dentro del complejo meta-volcánico. Este batolito consiste de los siguientes tipos de rocas: monzogabros, monzogabros cuarcíferos, monzodioritas y dioritas cuarcíferas; todas estas rocas presentan un ligero metamorfismo. Su carácter intrusivo está demostrado por la abundancia de inclusiones (Fig. 18) cerca del contacto con la roca caja, y por la presencia de abundantes diques y vetas que penetran esta última (Fig. 19). RUTTEN (1940) describió esta roca bajo el nombre de granodiorita.

La roca meta-granítica, notablemente fresca, es una roca fanerítica de grano medio a grueso, masiva y de aspecto granitoide. Sus colores

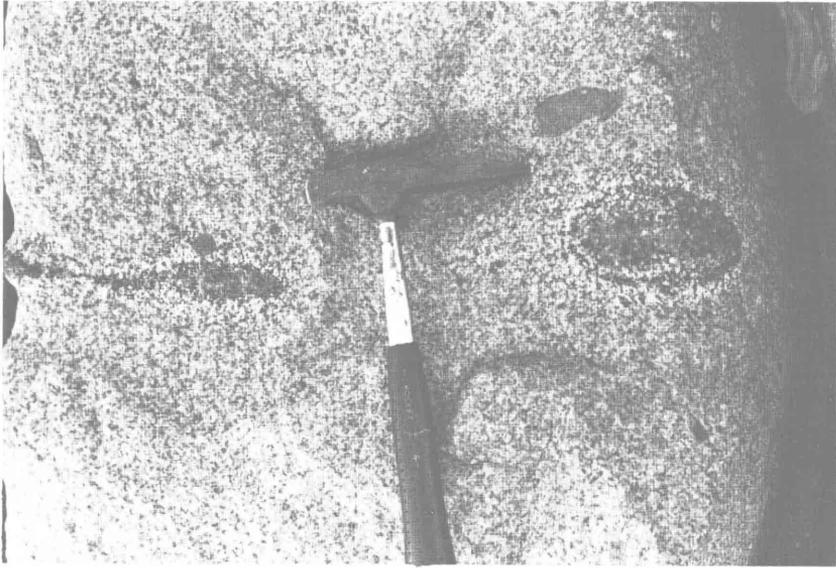


Figura 18. Inclusiones alteradas en la roca meta-granítica, Testigo Grande



Figura 19. Contacto intrusivo entre la roca meta-granítica y la meta-andesita en la costa este de Testigo Grande.

son claros con moteado verde oscuro. Al microscopio, la textura es intersertal, equigranular o heterogranular, a veces ligeramente porfídica y gráfica, masiva y de grano medio a grueso.

Mineralogía: plagioclasa, 72% (60-80%); feldespato potásico, 10% (8-12%); cuarzo, 12% (1-25%); hornblenda, 5%; clinopiroxeno, 3% (1-8%); actinolita, 6% (2-10%); como accesorios primarios se encuentran apatito, circón, rutilo, titanita, biotita y magnetita; y como accesorios secundarios, epidoto, clorita, hematita y sericita.

La plagioclasa tiende a desarrollar grandes cristales tabulares idiomorfos a hipidiomorfos, que alcanzan una longitud de 4 mm, pero el promedio está cerca de 1.5 mm. El zonado es normal y débil, y el contenido promedio de An es de 48% (31-61%); los núcleos llegan a tener hasta el 80% de An. El feldespato potásico se encuentra muy alterado; su relativa abundancia es el factor más importante en la clasificación de estas rocas (prefijo monzo—). El cuarzo es alotriomorfo, se presenta en los intersticios y tiene extinción homogénea; ocasionalmente, muestra intercrecimiento gráfico con feldespato potásico. Los granos llegan a medir 2 mm y ocasionalmente están fracturados. La hornblenda es del tipo común verde a verde oliva, y generalmente está en vías de alteración a actinolita. El clinopiroxeno (aegirina en un caso y diópsido + aegirina en otro) es generalmente un mineral escaso y está muy alterado a actinolita. La actinolita verde pálida, poco pleocroica, es un producto de la alteración de hornblenda y clinopiroxeno; los pseudomorfos, alterados en parte a clorita, alcanzan una longitud de 7 mm y conservan el maclaje del piroxeno. Se encuentran cantidades variables de diópsido incoloro dentro de la uralita; su ángulo 2Vz es de 55°. El epidoto es generalmente muy escaso y es producto de la plagioclasa, formando agregados granulares irregulares. Raras veces se ven núcleos pleocroicos de alanita. Los accesorios primarios, apatito, circón, titanita, biotita y rutilo no son frecuentes.

Las rocas meta-graníticas contienen numerosos diques delgados y vetas de roscas ácidas, en especial de una granodiorita micrográfica. Estas rocas son de color beige, masivas y de grano muy fino.

Mineralogía: cuarzo, 50%; feldespato potásico (en intercrecimiento gráfico con cuarzo), 15%; plagioclasa alterada, 35%; material opaco de tamaño submicroscópico, 10%; y epidoto y titanita como accesorios.

Brecha diorítica cuarcífera

En la parte noreste de la isla Noreste se encuentra un extenso afloramiento de una roca inhomogénea granítica, de grano medio a finomasaiva, de color beige claro. Esta roca se clasificó como una brecha diorítica cuarcífera y se encuentra formando una capa sobre el núcleo de meta-gabro (ver descripción de la meta-andesita) de la isla. La textura de esta roca consiste de granos fracturados en una matriz isotrópica (vítrea?) escasa.

Mineralogía: cuarzo (fuertemente fracturado), 20%; feldespato potásico, 5%; plagioclasa (en granos finos), 75%; y magnetita como accesorio.

Meta-dacita

Dos muestras de meta-dacita fueron recolectadas, una en un islote al este de Testigo Grande y otra en la isla Noreste. En esta última localidad proviene de un dique intrusivo en meta-gabro (ver descripción de las meta-andesitas). La meta-dacita es una roca porfídica masiva, con matriz afanítica a grano muy fino, de color gris claro a oscuro. La matriz es granítica y equigranular, con fenocristales de grano grueso.

Mineralogía: cuarzo, 47 y 55%; feldespato potásico, 0 y 15%; plagioclasa, 35%; minerales secundarios: actinolita, 2 y 3%; clorita, 0 y 1%; y epidoto, clorita, magnetita y hematita como accesorios.

Meta-basalto

En las islas de Testigo Grande e Iguana (Fig. 2) aflora un extenso dique, aparentemente continuo, de meta-basalto. Este dique, aproximadamente vertical, tiene un espesor de 3 a 5 m. Consiste de una roca porfídica verde, muy alterada, con una matriz de grano muy fino y fenocristales blancos de hasta 5 cm de largo, con textura intersertal. Los contactos con la roca caja (rocas meta-graníticas) son nítidos y muestran efectos de enfriamiento: el meta-basalto se hace más afanítico a medida que se acerca al contacto.

Mineralogía: cuarzo (escasos fenocristales), 2%; plagioclasa (fenocristales), 75%; clinopiroxeno (en fenocristales, grupos y en la matriz), 10%; epidoto (en núcleos de fenocristales de plagioclasa y en fisuras), 3%; clorita (en la matriz), 8%; y titanita (en agregados finos), 2%.

Epidositas

El término "epidositas" se emplea aquí como nombre genérico de rocas que presentan una proporción superior al 40% de minerales del grupo del epidoto. Esporádicamente la roca llega a ser casi monomineralica.

Estas rocas están asociadas a las rocas volcánicas e hipoabisales (meta-andesitas), y se encuentran en forma de masas irregulares o vetas epidóticas dentro de ellas, en casi todas las islas. Es notable el enriquecimiento general de cuarzo y la escasez o ausencia de plagioclasa. Esto lleva a la conclusión de que el cuarzo debe ser un producto de la alteración:

plagioclasa ————— > epidoto
(plagioclasa = 60% SiO₂; epidoto = 38% SiO₂). Originalmente se trataba de rocas básicas de diferente tipo, ahora irreconocibles por lo avanzado de la epidotización.

La roca es generalmente fanerítica, equigranular, raras veces porfídica, de grano medio a fino, masiva, de color verde manzana meteorizada y algunas veces ligeramente porosa. Al microscopio, la textura es variable; generalmente es equigranular, de grano fino a medio. alotriomorfa y masiva.

Mineralogía: epidoto, 55% (40-98%); cuarzo, 34% (1-55%); plagioclasa, (0-45%); hornblenda actinolítica (0-5%); como accesorios se encuentran titanita (<1-2%), clorita y hematita.

El epidoto se presenta en forma de agregados irregulares de granos xenomorfos a ideomorfos más o menos homogéneamente distribuidos, que alcanzan tamaños hasta de 0,5 mm. Los minerales son la zoisita, la clinzoisita y la pistacita ($2V_x = 85^\circ$). El cuarzo se presenta en proporciones extremadamente variables, pero nunca falta, y los granos tienen tamaños inferiores a 0,5 mm con extinción homogénea. Está regularmente distribuido y también forma nidos granulares y rellena intersticios. En una muestra, forma un fondo de mosaico moteado por el epidoto. La hornblenda actinolítica es escasa y puede faltar por completo; se presenta en la variedad verde azulosa muy pleocroica, prismática y astillosa, y en la variedad de color verde claro, poco pleocroica y acicular.

Depósitos cuaternarios

En la isla Rajada se hallaron restos de una terraza, aproximadamente entre 5 y 10 m de elevación, formada por conglomerados coralinos y fragmentos de meta-andesitas cementados por material calcáreo (probablemente roca de playa). El aspecto de esta terraza es idéntica a las terrazas de Gran Roque.

Estructuras

Las estructuras más prominentes que muestran las rocas de los Testigos son las diaclasas. En la Fig. 2 se representan en un diagrama de frecuencia, en el cual se aprecian dos sistemas con orientaciones aproximadas de N20E, verticales; y N80W, verticales.

Otras estructuras son aquellas asociadas a los contactos ígneos. En el contacto entre la meta-diabasa pegmatítica y el complejo meta-andesítico se observaron numerosas inclusiones de roca volcánica alterada en diferentes grados, que varían entre angulares y redondeadas (Fig 18 y 19). Además, existen numerosas apófisis y vetas diabásicas que penetran la roca caja (meta-andesita). En los bordes de los numerosos diques se aprecian buenos ejemplos de contactos de enfriamiento. Estos se caracterizan por una zona, que varía entre varios centímetros y 50 cm o más de espesor desde el contacto con la roca caja hacia el interior del dique. En el contacto, la roca es afanítica haciéndose progresivamente más porfídica hacia el centro.

En la parte sur de Testigo Grande, las rocas meta-andesíticas muestran estratificación y laminación en algunos lugares (Fig. 17).

EDAD DE LAS ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

La edad geológica de las rocas ígneas y metamórficas que afloran en las islas descritas anteriormente se puede inferir de las edades de rocas

similares en islas y regiones adyacentes. RUTTEN, (1931) consideró que las rocas ígneas de Gran Roque eran equivalentes a las de Aruba, cuya edad estableció como Cretáceo Superior o Terciario Inferior. Al igual, consideró una edad similar para las rocas plutónicas de Los Testigos. ROST (1938) correlacionó las rocas metamórficas de La Orchila con aquellas de las Montañas del Caribe, aunque asignó incorrectamente a éstas últimas una edad devónica o más antigua. Consideró que las intrusiones básicas son terciarias. AGUERREVERE y LOPEZ (1938) mencionan las evidencias aportadas por RUTTEN (1931) con respecto a la edad de las rocas de Gran Roque. Posteriormente, RUTTEN (1939) publicó un análisis de la edad de las rocas plutónicas de las Antillas en el cual concluyó que la edad de las rocas graníticas de Aruba, Curacao y Bonaire es probablemente posterior al Senoniano Inferior (parte inferior del Cretáceo Superior) y anterior al Eoceno Superior (Terciario Medio). Más recientemente, BEETS (1966) trató con detalle la edad de los depósitos eugeo-sinclinales del Cretáceo Superior a Terciario Inferior de la isla de Curazao.

PRIEM *et al.* (1966) realizaron determinaciones de edad del batolito de diorita cuarcífera que aflora en Aruba, basados en los métodos de Rb-Sr y K-Ar. El primero arrojó una edad de 74 ± 4 millones de años y el segundo de 75 ± 4 y 71 ± 4 millones de años. Por lo tanto, esas rocas tienen una edad companiense (Cretáceo Superior), confirmando las conclusiones anteriores RUTTEN, 1931 y 1939). PETER (1972) obtuvo una muestra de granodiorita por medio de un dragado en el flanco occidental de una loma submarina al suroeste de La Blanquilla. Una determinación por el método de K-Ar arrojó una edad de 81 millones de años (sin indicar la desviación normal) para esa roca. Algunas rocas intrusivas graníticas de las Montañas del Caribe han sido fechadas MARTIN-B. (1968), tales como el Granito de Guaremal (79 ± 5 millones de años, Rb-Sr; 33 ± 3 millones de años, K-Ar) y el Granito Sódico de Matasiete (71 ± 3 millones de años, K-Ar).

El metamorfismo observado en las rocas que afloran en las islas descritas, especialmente La Orchila, alcanzó la facies de los esquistos verdes en algunos casos llegando a su parte superior (como lo indica la presencia de granates). Este metamorfismo es similar al de las Montañas del Caribe, en especial al hallado en las rocas de la isla de Margarita y península de Araya (TAYLOR, 1960; SCHUBERT, 1971 y 1972). Esto podría indicar que existe la posibilidad de que la pataforma continental al norte de Venezuela tiene un basamento ígneo-metamórfico, posiblemente relacionado con las Montañas del Caribe. En forma especulativa, esto podría significar que las Montañas del Caribe representan el flanco sur de un cinturón orogénico, que fue fragmentado por fallas transcurrentes terciarias (J. S. BELL, comunicación personal, 1972). Trabajos más detallados sobre las facies metamórficas y, en especial, la confección de mapas isógrados y fechamientos radimétricos, contribuirán a resolver este problema.

Todos estos datos indican, en forma indirecta, que la edad probable de las rocas metamórficas que afloran en las islas entre Los Roques y

Los Testigos es cretácea, y que fueron intrusionadas por rocas ígneas básicas y ácidas de probable edad Cretáceo Superior.

La Fig. 20 muestra un cuadro de correlaciones tentativo entre estas rocas y las de regiones e islas adyacentes.

		ARUBA (Weyl, 1966, Priam y otros, 1966 y Beets, 1972)	CURAÇAO (Beets, 1972)	BONAIRE (Weyl, 1966 y Beets, 1972)	DEPENDENCIAS FEDERALES (entre Los Roques y Los Testigos, esta informa)	ISLA DE MARGARITA (Línea Geotectónica de Venezuela, 1970)	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno			Roca de playa	Aluviones	
		Pleistoceno	Calizas coralinas	Calizas coralinas	Calizas coralinas	Calizas coralinas	Calizas coralinas, conglomerados, bloques de Falga
	TERCIARIO	Plioceno					Formación El Manujillo
		Mioceno	Formación Oranjestad-Wettable				Formación Cubagua
		Oligoceno					Formación La Guica
		Eoceno	Calizas ?	Formación Senes Mámá	Formación Porto Spido		Grupo Punta Carnero
		Paleoceno		Formación Midden-Curacao	F. Soobi-Blanco		
		Maestrichtiense			Formación Rincon		
		Campaniense	Diorita cuarcifera	Grupo Knip		Rocas ígneas ácidas (sábido cuarífero, rocas graníticas, Trondhjemita de Garantón), rocas meta-graníticas, andesita	Formación Los Frailes
		Santoniense			Formación Washikama		Granito de Marasere
MESOZOICO	CRETACEO	Coniaciense	Formación Dabasa-esquistos-toba	Formación Leve de Curacao			
		Turonense				Rocas ígneas básicas (diabasa, lamprólide)	
JURASICO					Rocas metamórficas	Rocas metamórficas	

Figura 20. Correlaciones geológicas tentativas entre las Dependencias Federales y regiones adyacentes.

AGRADECIMIENTOS

Este informe representa los resultados de un programa de investigación de la División de Estudios del Ministerio de Minas e Hidrocarburos. La publicación fue autorizada por el Director de Geología. Un resumen fué presentado en la VI Conferencia Geológica del Caribe (Porlamar, 1971).

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de C. Martin Bellizzia, G. Feo-Codedido y X Picard durante una excursión a Gran Roque y La Orchila en enero de 1971. También se discutieron aspectos de la geología de las Dependencias Federales con H. H. Hess y G. Zuloaga. Los participantes en dos excursiones a Gran Roque y La Orchila (patrocinadas por la VI Conferencia Geológica del Caribe, 1971, y la Sociedad Venezolana de Geólogos, 1972) contribuyeron con numerosas y útiles discusiones. El manuscrito fue leído y criticado por J. S. Bell y C. H. Graf, los cuales contribuyeron con numerosas sugerencias para mejorarlo.

Se agradece a las siguientes personas e instituciones la asistencia prestada: al Aeroclub Los Roques; a la Comandancia General de la Marina por otorgar alojamiento en La Orchila y, en especial, al Capitán de Fragata Luis Vizcaya V., Comandante del "Apostadero Aero-Naval Capitán de Navío Antonio Díaz"; al Sr. Jesús en La Blanquilla, y a los pescadores de Los Testigos, quienes nos alojaron en sus casas; y a todas las personas que en una forma u otra contribuyeron al éxito de los trabajos.

BIBLIOGRAFIA

- AGUERREVERE, P. I. (1937) "Posibilidades de encontrar agua potable en la isla La Orchila". *Informe inédito, Ministerio de Obras Públicas*, 11 p.
- AGUERREVERE, S. E. y V. M. LOPEZ (1938) "The geology of the island Gran Roque (Federal Dependencies, Venezuela) and its phosphate deposits". *Bol. Geol y Min. (Caracas)*, 2 (2-3-4): 155-181.
- BALL, M. M.; C. G. A. HARRISON; P. R. SUPKO; W. D. BOCK y N. J. MALONEY (1969) Fallamiento normal a lo largo del límite meridional del Mar Caribe, Bahía de Unare, Venezuela. *Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petr.*, 12: 22-42.
- BEEETS, D. J. (1966) "Stratigraphic position and age of a Cretaceous ammonite from Curacao, Netherlands Antilles". En T. A. Matsumoto, "Cretaceous ammonite from the island of Curacao, Netherlands Antilles". *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. D. Geology*, 17 (3): 277-294.
- (1972) "Lithology and stratigraphy of the Cretaceous and Danian succession of Curacao". *Uitgaven Natuurwetensch Studiekring v. Suriname en de Nederl. Ant. (Utrecht)*, 70: 1-153.
- y W. LODDER (1967) "Indications for the presence of ignimbrites in the Cretaceous Washikemba Formation of the isle of Bonaire, Netherlands Antilles". *Proc. Kon. Nederl. Akad. v. Wetensch. (Amsterdam), Series b*, 70 (1): 63-67.
- BELLIZZIA, A.; C. L. CARMONA y M. GRATEROL (1969) "Reconocimiento geológico de las islas Monjes del Sur (Archipiélago de Los Monjes), Venezuela". *Bol. Geol. (Caracas)*, 10 (20): 225-230.
- BERMUDEZ, P. J. (1966) "Consideraciones sobre los sedimentos del Mioceno Medio al Reciente de las costas central y oriental de Venezuela". *Bol. Geol. (Caracas)*, (14): 333-412.
- BOWEN, J. M. (1964) "Marine erosional features on Gran Roque". *Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petr.*, 7: 234-252.
- COMISION VENEZOLANA ESTRATIGRAFIA Y TERMINOLOGIA (1970) "Lexico Estratigráfico de Venezuela". *Bol. Geol. (Caracas), Public. Esp.*, 4, 756 p.
- CRUXENT, J. M. y I. ROUSE (1958) *An archeological chronology of Venezuela*, Pan American Union (Washington).
- DE BUISSONJE, P. H. (1964) "Marine terraces and sub-aeric sediments on the Netherlands Leeward islands, Curacao, Aruba and Bonaire, as indications of Quaternary changes in sea level and climate. I and II". *Proc. Kon Akad. v. Wetensch. (Amsterdam), Series b*, 67 (1): 60-79.
- (1969) "Neogene and Quaternary of Curacao, Aruba and Bonaire, Netherlands Antilles". *Tesis doctoral inédita, Universidad de Amsterdam*.
- ESPINAL, H. (1964) "Algo más sobre la isla de Gran Roque: sus recursos y posibilidades". *Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petr.*, 7: 235-241
- LAGAAY, R. A. (1969) "Geophysical investigations of the Netherlands Leeward Antilles". *Verh. Kon. Nederl., Akad. v. Wetensch., afd. Natuurk, Eerste Reeks*, 25 (2): 1-86
- LAHEY, J. F. (1958) "On the origin of the dry climate in northern South America and the southern Caribbean". *Tesis doctoral inédita, Universidad de Wisconsin*.
- LIDZ, L.; M. M. BALL y W. CHARM (1968) "Geophysical measurements bearing on the problem of the El Pilar fault in the northern Venezuela offshore". *Bull. Marine Sci.*, 18: 545-560.
- ; W. B. CHARM; M. M. BALL y S. VALDES (1969) "Marine basin of the coast of Venezuela". *Bull. Marine Sci.*, 19: 1-17.
- MALONEY, N. J. (1966) "Geomorphology of continental margin of Venezuela. Part 1. Cariaco Basin". *Bol. Inst. Oceanog., Univ. de Oriente*, 5: 38-53.
- (1967) "Geomorphology of continental margin of Venezuela. Part 2. Continental terrace of Caúpano". *Bol. Inst. Oceanog., Univ. de Oriente*, 6: 147-155.
- (1971) "Geología de la isla de La Blanquilla y notas sobre el archipiélago de Los Hermanos, Venezuela Oriental". *Acta Cientif. Venezolana*, 22: 6-10.
- MALONEY, N. J. y O. MACSOTAY (1967) "Geology of La Tortuga island, Venezuela". *Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petr.*, 10: 267-288.

- MALONEY, N. J.; C. SCHUBERT; J. I. MARLOWE y A. T. S. RAMSAY (1968) "Geología de la isla de Aves, Venezuela". *Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petr.*, 11: 235-242.
- MARLOWE, J. I. (1969) "Petrología de rocas carbonáticas de la Prominencia de Aves". *Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petr.*, 12: 275-287.
- MARTIN B., C. (1968) "Edades isotópicas de las rocas venezolanas". *Bol. Geol. (Caracas)*, 9 (19): 356-381.
- McCONNELL, D. (1941) "Barrandita, mineral constitutivo de los depósitos de fosfatos de la isla de Gran Roque, D. F., Venezuela". *Rev. Colegio Ing. Venezuela*, 140.
- MOTISCKA, P. (1972) "Geología del archipiélago de Los Frailes". En C. Petzal (Ed.) *Mem., VI Conf. Geol. del Caribe (Venezuela)*: 69-73.
- OFFICER, C. B.; J. I. EWING; R. S. EDWARDS y H. R. JOHNSON (1957) "Geophysical investigations in the eastern Caribbean: Venezuelan Basin, Antilles island arc, and Puerto Rico trench". *Bull. Geol. Soc. America*, 68: 359-378.
- PETER, G. (1972) "Geology and geophysics of the Venezuelan continental margin between Blanquilla and Orchila islands". *NOAA Tech. Rep. ERL-226-AOML-6*, 82 p.
- PIJPERS, P. J. (1933) "Geology and paleontology of Bonaire (D. W. I)". *Geog. en Geol. Med. (Utrecht), Physiog.*—*Geol. Reeks*, 8: 1-103.
- PRIEM, H. N. A.; N. A. I. M. BOELRIJK; R. H. VERSCHURE; E. HEBEDA, y R. A. LAGAAY (1966) "Isotopic age of the quartz-diorite batholith on the island of Aruba". *Netherlands Antilles, Geol. en Mijnbouw*, 45: 188-190.
- ROST, M. (1938) "Die venezolanischen Inseln Las Aves, Los Roques, Las Orchillas und die Phosphoritlagerstätte von Gran Roque". *Zeit. Deut. Geol. Ges.*, 90: 577-596.
- RUTEN, L. M. R. (1931) "On rocks from the Venezuelan islands between Bonaire and Trinidad and on some rocks from northwestern Venezuela". *Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. (Amsterdam)*, 34: 1101-1110.
- (1939) "The age of the quartzdioritic and granodioritic rocks of the West Indies". *Geol. en Mijnbouw*, 5: 128-133.
- (1940) "New data on the smaller islands north of Venezuela". *Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. (Amsterdam)*, 43: 320-327.
- SANTAMARIA, F. (1972) "Geochemistry and geochronology of the igneous rocks of the Venezuelan Coast Ranges and southern Caribbean island and its tectonic evolution. *Tesis doctoral inédita, Rice University*, 112.
- SCHUBERT, C. (1970) "Geología de la isla La Orchila, Dependencias Federales" (Resumen). *Acta Cient. Venezolana*, 21 (Supl. 1): 55.
- (1971) "Metamorphic rocks of the Araya Península, eastern Venezuela". *Geol. Rundsch.*, 60: 1571-1600.
- (1972) "Geología de la península de Araya, Estado Sucre". *Bol. Geol. (Caracas). Pub. Esp.*, 5, 3: 1823-1886.
- SIEVERS, W. (1898) "Die Inseln vor der Nordküste von Venezuela". *Globus*, 74: 163-165, 291-294 y 302-307. (Traducción al español en *Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petr.*, 14: 89-115, 1971).
- SOCIEDAD DE CIENCIAS NATURALES LA SALLE (1956) *El archipiélago de Los Roques y La Orchila*, Editorial Sucre (Caracas), 257 p.
- TAYLOR, G. C. (1960) "Geología de la isla de Margarita, Venezuela". *Bol. Geol. (Caracas), Pub. Esp.*, 3, 2: 838-893.
- TREWARTHA, G. T. (1961) *The Earth's problem climates*. University of Wisconsin Press (Madison), 334 p.
- VILA, M. A. (1967) *Aspectos geográficos de las Dependencias Federales*. Monog. Econ. Estadales, Corp. Ven. Fomento (Caracas), 112 p.
- WESTERMANN, J. H. (1932) "The geology of Aruba". *Geog. en Geol. Med. (Utrecht), Physiog.*—*Geol. Reeks*, 7: 1-129.
- WEYL, R. (1966) *Geologie der Antillen*. Gebrüder Borntraeger (Berlin), 410 p.
- ZULOAGA, G. (1953) "La Blanquita y Los Hermanos". *Bol. Acad. Cien. Fis. Mat. Nat.*, 49
- (1955) "The Isla de Aves story". *Geog. Rev.*, 45:172-180.