

**ESTUDIOS PETROGRAFICOS Y
PETROLOGICOS SOBRE EL BATOLITO DE LA
COSTA DE LAS PROVINCIAS DE SANTIAGO
Y VALPARAISO**

Jorge Muñoz Cristi

CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION 10

DESCRIPCIÓN PARTICULAR DE LOS DISTRITOS

Cuesta de Ibacache	12
Cuesta de Zapata	17
Santo Domingo	20
Inclusiones	21
Tonalitas	23
Granitos	26
Aplitas	28
Lamprófidos	29
Quimismo	30
Cartagena-San Antonio	31
Filones graníticos y lamprofidicos	35
Rocas hipabisales	43
Cartagena-Las Cruces	43
Las Cruces	44
Esquistos metamórficos	44
Tonalitas	46
Aplitas	47
Lamprófidos	47
Gneisses inyectados	47
El Tabo	48
El Quisco	55
Inclusiones	56
Dioritas	58
Tonalitas	59
Tonalitas miloníticas	61
Tonalitas pegmatíticas de anfíbola	61
Granitos	62
Pegmatitas de microclina	66
Aplitas	67
Lamprófidos	68
Procesos deutéricos	71
Algarrobo	71
Quintay	74
Gabros	74
Tonalitas	76
Gneisses	77
Epidioritas	78
Inclusiones	79
Granitos	79
Pegmatitas de anfíbola	80
Aplitas y pegmatitas	81
Lamprófidos	81

CONSIDERACIONES GENERALES

Las formaciones prebatolíticas	82
Desarrollo del batolito	83
Gneisses de inyección	85
Los lamprófidos	85
Origen del batolito	90

REFERENCIAS 92

ANEXO.

Descripción de fotografías

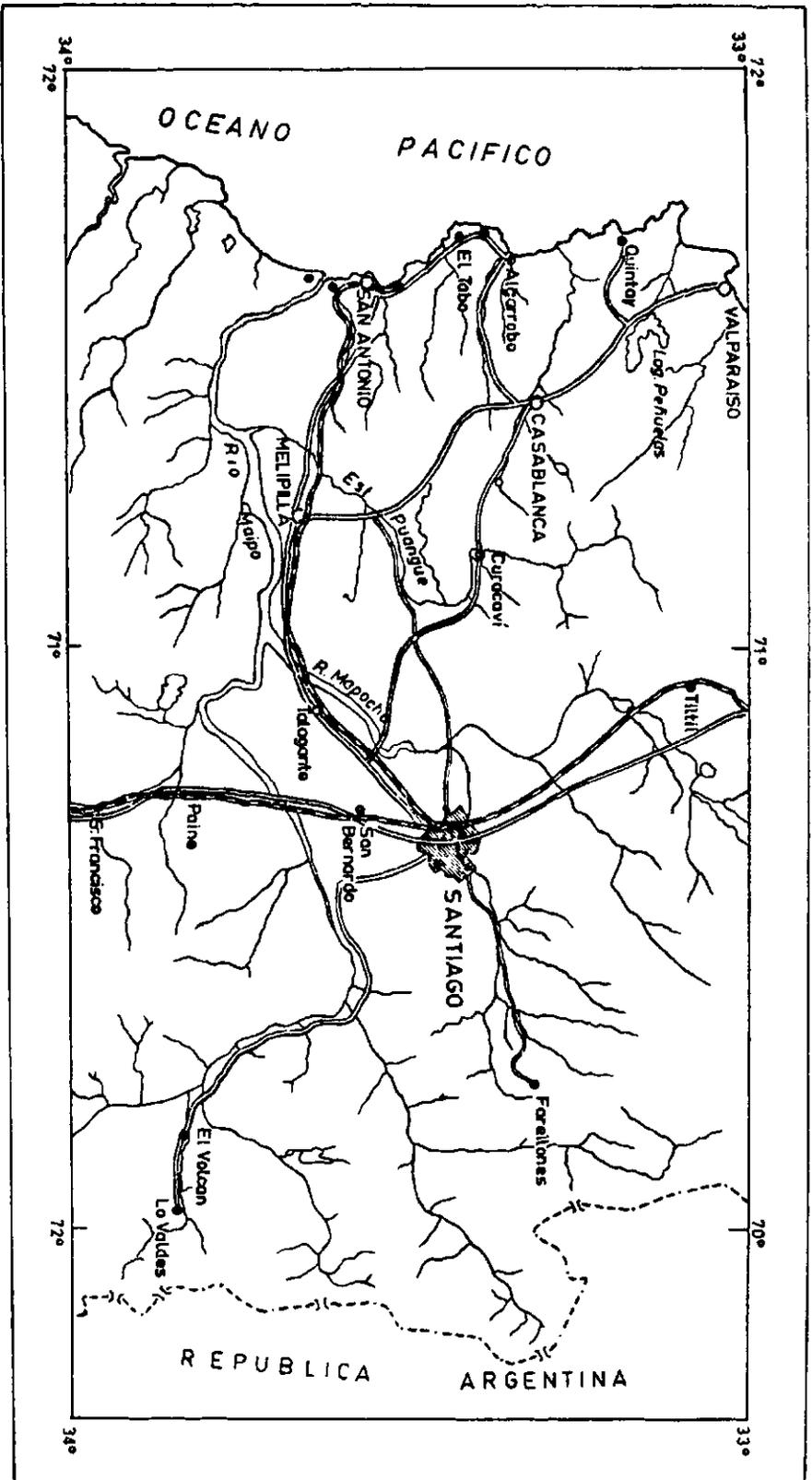


Figura 1. Mapa de ubicación

ESTUDIOS PETROGRAFICOS SOBRE EL BATOLITO DE LA COSTA DE LAS PROVINCIAS DE SANTIAGO Y VALPARAISO

p o r

JORGE MUÑOZ CRISTI

RESUMEN

La región estudiada abarca el área comprendida entre las latitudes de Quintay y Santo Domingo, el Océano Pacífico y las estribaciones occidentales de la Cordillera de la Costa. En ella domina el Batolito de la Costa, de edad permo-carbonífero y en la parte oriental aparece el Batolito Central de edad mesozoica. Además existen pequeñas áreas ocupadas por sedimentos miocenos y cuaternarios.

El informe se refiere especialmente a la línea costanera entre Santo Domingo y Quintay. Las formaciones que allí aparecen consisten fundamentalmente en dos unidades: intrusiones básicas de edad desconocida y un batolito permocarbonífero. Este último tiene su mayor desarrollo entre Punta de Talca y Punta del Barco, mientras que las segundas predominan entre Punta del Barco y Quintay en la parte norte y entre Punta de Talca y San Antonio por la parte sur; pero en estos dos sectores las rocas originales correspondientes a un gabro están fuertemente transformadas por la intrusión del batolito, generando migmatitas bastante variadas, especialmente gneisses de inyección y en parte agmatitas.

Los gabros han sido fuertemente afectados en algunas partes por un metamorfismo dinámico que dio por resultado anfíbolitas.

En el batolito predomina una tonalita de biotita, pero existen también dioritas de anfíbola y biotita, generadas por la interacción de las anfíbolitas con las tonalitas; granitos por un metasomatismo potásico de las tonalitas y todas las etapas de transición entre tonalitas y granitos. Son frecuentes las pegmatitas y las aplitas de microclina, las cuales no aparecen como filones sino que constituyen bolsones de algunos decímetros a pocos metros de diámetro. Abundan los filones lamprofídicos (espesartitas), los cuales están casi siempre ligados a las inclusiones básicas dentro de las tonalitas. Se describen las diversas teorías formuladas hasta ahora respecto al origen de las lamprofídicos, llegándose a la conclusión que ninguna de ellas es aplicable a nuestro caso, y se prefiere explicarlo por la acción de fluidos residuales sobre las inclusiones básicas.

Por las características del batolito se estima que fue emplazado en la mesozona, por inyección magmática, aunque el magna original pudo producirse por fenómenos de anatexia en las partes profundas del Geosinclinal Paleozoico.

A B S T R A C T

The area studied is bounded by the latitudes corresponding to Quintay and Santo Domingo, the Pacific Ocean and the western foothills of the Coastal Cordillera. The predominant rocks outcropping in the area are the Coastal Batholith of Permo-Carboniferous age and the Mesozoic Central Batholith. Furthermore there are some minor occurrences of Miocene and Quaternary sediments.

This report discusses in detail the coastal region between Santo Domingo and Quintay. The formations outcropping can be divided into two fundamental units: basic intrusions of unknown age and a Permo-Carboniferous Batholith. The latter has its major extension between Punta de Talca and Punta del Barco, while the basic intrusions predominate in the north between Punta

del Barco and Quintay and in the south between Punta de Talca and San Antonio. In both, the north and south regions the original rocks, corresponding to a gabbro, have been intensely altered by the intrusion of the Batholith, which generated a variety of migmatites, especially injection gneisses and in some places agmatites.

Amphibolites in some instances have developed as a result of an intense dynamic metamorphism of the gabbro.

The Batholith corresponds in general to a biotite tonalite, but also present are a amphibole and biotite diorites, generated by the interaction of the amphibolites and tonalites; b) granites produced by a potassic metasomatism of the tonalites; and c) all transitional stages from granites to tonalites.

Pegmatites and aplites of microcline are numerous and these occur not as veins but tin pockets varying from some metres to tens of metres in diameter. Also abundant are lamprophyric (spessartite) dykes which are nearly always associated with the basic inclusions in the tonalite. The various theories relating to the origin of the lamprophyres are discussed and it is concluded that none are applicable to this area. It is suggested that the lamprophyres resulted from the reaction of residual fluids on the basic inclusions.

Judging from the nature of the Batholith it was probably emplaced in the meso-zone by the magmatic injection, although the original magma could have been produced by anatexic phenomena in the deeper parts of the Paleozoic Geosyncline.

I. INTRODUCCION

En la constitución geológica del territorio chileno desempeñan un papel muy importante las rocas plutónicas intermedias, representadas en su mayor parte por tonalitas y granodioritas. Ellas ocupan un sector considerable de la Cordillera de la Costa del norte y centro del país, de la Cordillera Patagónica y en menor proporción de la Cordillera Andina. En otra oportunidad nos hemos ocupado detalladamente de la distribución geográfica de los distintos cuerpos que integran esta masa considerable de rocas plutónicas (MUÑOZ CRISTI, 1950 y 1956). Allí hicimos ver también que aún en aquellos sectores donde sus afloramientos son restringidos, ellos bastan para indicar que constituyen un zócalo más o menos uniforme sobre el cual se asientan todas las otras formaciones integrantes del territorio chileno.

Sin embargo, si estudiamos el asunto con mayor detención podremos ver que este cuerpo plutónico no tiene un carácter unitario, sino que consiste en diversos elementos con características estructurales y petrográficas más o menos bien definidas, lo cual está indicando que su generación se ha producido por intrusiones sucesivas durante un lapso bastante largo, que posiblemente abarca desde el Paleozoico hasta el Terciario.

Un sector que tiene características bien definidas es el que abarca la parte occidental de la Cordillera de la Costa de las provincias de Santiago, Valparaíso y Aconcagua y comprendido entre la desembocadura de los ríos Maipo por el sur y Petorca por el norte.

La edad del Batolito Andino ha sido muy discutida. BRÜGGEN (1934, pág. 20) rebate la opinión de STEINMANN, quien considera la Cordillera de la Costa, desde Chañaral hacia el sur, como un elemento extraandino constituido por esquistos cristalinos y granitos antiguos, faltando en ellos los sedimentos del Jurásico y Cretáceo inferior, lo mismo que los granitos modernos. En el Mesozoico esta cordillera habría formado parte del continente Pacífico que limitaba por el oeste el Geosinclinal Andino. El autor citado refuta la idea de los granitos antiguos de STEINMANN basándose en el estudio de los contactos entre los granitos y las rocas mesozoicas, llegando a la conclusión que siempre se trata de

contactos intrusivos. La mayor parte de sus observaciones se refieren a la provincia de Atacama.

Hoy día, mediante las determinaciones de edad radiactivas, se ha comprobado fehacientemente la existencia de granitos paleozoicos en la Cordillera de la Costa de la provincia de Atacama (B. LEVI et al, 1963).

Para los granitos de las provincias de Valparaíso y Santiago BRÜGGEN (1934, pág. 32) dice que al sur de Casablanca el ancho de la zona granítica es alrededor de 60 km sin que se puedan fijar límites entre sus intrusiones; se trata de granodioritas de colores claros que en partes llegan a zonas migmatíticas y gneisses graníticos.

MUNOZ CRISTI (1942, pág. 286) dice que al sur de La Ligua hasta la desembocadura del río Maipo predomina en toda la Cordillera de la Costa la Diorita Andina que en la región más cercana al litoral muestra una fuerte mezcla con rocas cristalinas antiguas como anfibolitas fuertemente metamorfoseadas que dieron lugar a una intensa migmatización y gneisses inyectados, debido probablemente a la introducción de materiales dioríticos en las anfibolitas. En dicho artículo se pone en duda si las tonalitas que producen los gneisses de inyección corresponden a una intrusión mesocretácea o serían un elemento más antiguo; pero se considera que la masa principal de rocas graníticas es de edad mesocretática.

En 1960 dividimos el Batolito en dos grupos principales: Granito de la Costa y Granito Central, correspondiendo el primero a un granito sin tectónico y el segundo a uno post tectónico, basándonos en la existencia de zonas miloníticas dentro del primero. El contacto entre ambos, en la provincia de Santiago, estaría a lo largo de una línea que une el extremo W de la Cuesta de Zapata y Melipilla. En una publicación posterior (1962, pág. 17) consignamos una edad de 287 ± 20 m. a. para una tonalita que aflora en la parte sur de la puntilla, El Quisco; este valor fue obtenido por la firma "Geochron", sobre un concentrado de biotita por el método potasio-argón. Este valor ha sido corroborado por B. LEVI et al (1963, pág. 11), que dan los siguientes datos para la misma zona:

a) Granito porfirico Quisco Norte	270 \pm 30 m. a.
b) Tonalita	310 \pm 35 m. a.
c) Tonalita Algarrobo	320 \pm 35 m. a.

La muestra de 287 ± 20 m. a. corresponde petrográficamente a b) y c). La a) deben ser algo más modernas, pues se ha generado por el metasomatismo potásico sobre las tonalitas.

Con estos antecedentes queda bien definida la edad de la tonalita que constituye la mayor parte del Batolito de la Costa, pero persiste la duda sobre la edad de las intrusiones básicas, gabros, metadioritas y anfibolitas que, como veremos más adelante, constituyen la roca trama de las migmatitas. En nuestra publicación de 1962 las consideramos como la fase básica intrusiva del Geosinclinal Paleozoico.

En el presente informe daremos una descripción detallada de los afloramientos en algunos sectores que hemos estudiado, especialmente a lo largo de la costa entre las localidades de Quintero y Santo Domingo y en algunos caminos del interior. Haremos notar que la distribución de migmatitas, gabros, tonalitas es bastante errática, pero en general existe un predominio areal de las tonalitas

que dan al paisaje un color blanco sucio, en partes rojizo por un comienzo de laterización ocasionado probablemente durante la época preglacial, ya que en muchas partes se pueden ver los rodados glaciafluviales de rocas andinas descansando sobre este maicillo rojizo.

Desde el punto de vista fisiográfico el Batolito de la Costa abarca la totalidad de las terrazas litoráneas, salvo pequeños sectores ocupados por rocas terciarias y/o cuaternarias; además, ocupa las estribaciones occidentales de la Cordillera de la Costa, como se puede ver en el mapa acompañado, Fig. 1.

Debido a la fuerte meteorización, los afloramientos frescos en el Batolito de la Costa aparecen sólo a lo largo de la línea costanera en el fondo de algunas quebradas y escasos cortes de caminos, en cambio el Batolito Cretáceo constituye los cerros más altos de la región y presenta buenos afloramientos. Por tal motivo nuestra descripción se refiere casi exclusivamente a la costa entre Santo Domingo y Quintay.

Agradecimientos. Queremos dejar constancia de nuestros agradecimientos a la Sra. Gilda Moretti, quien hizo las microfotografías; a la Sra. Beatriz Levi y señores Mario Vergara y Eduardo Valenzuela, quienes hicieron algunas de las medidas ópticas; al señor Héctor de los Reyes, quien realizó los dibujos; al señor Jorge Villalobos por la mayoría de los análisis de rocas, y al señor Ricardo Thiele y Antonio Pena que colaboraron con el suscrito en el levantamiento geológico del mapa acompañado. Parte de los análisis fueron efectuados en el laboratorio del Departamento de Minas y Petróleo por los señores Westman, Bahamondes y Sepúlveda. Al Dr. Grawen por los análisis de elementos menores. Al señor Corvalán agradecemos los datos sobre edades, aun inéditas.

II. DESCRIPCION PARTICULAR DE LOS DISTRITOS

La Cuesta de Ibacache.

21 km al N de Melipilla, en un corte del camino, se puede ver la tonalita atravesada por vetas de anfíbola que a veces están horizontales y otras en ramificaciones verticales. Además aparecen numerosas guías de cuarzo de 1 a 5 cm de espesor que surcan la tonalita y los filones con rumbos muy variables.

La tonalita está fuertemente meteorizada y aparece con un color blanco sucio de grano medio, constituida por plagioclasa-cuarzo y hornblenda, esta última bastante alterada a material clorítico. La plagioclasa corresponde a andesina con maclas polisintéticas, muchas veces encorvadas por las presiones. El cuarzo tiene generalmente extinción ondulosa.

Los filones de anfíbola son color negro verdoso, grano fino, están constituidos por un agregado entrelazado de prismas de hornblenda de 0,2 a 1 mm de largo, ligeramente parduzco, poco pleocroico con $Z : c = 20^\circ$; $Z - X = 0,019$. Estos filones tienen el mismo aspecto que las vetas de anfíbola de carácter hidrotermal frecuentes en la provincia de Coquimbo y Atacama y ligadas a los yacimientos de hierro y de apatita.

Subiendo por la Cuesta de Ibacache, desde el lado sur, se puede observar que la tonalita encierra muchos seudofilones de anfibolita. Se trata de rocas negras grisáceas hojosas, bien laminadas constituidas por granos finos de anfíbola negra y feldespatos blancos. Esta roca bajo el microscopio muestra textura blesto porfidice.

Aparecen algunos porfiroblastos de feldespato de más o menos 2 mm. de largo con estructura zonar recurrente, algo borrosa, que llevan inclusiones de anfíbola de la masa fundamental, la cual se acomoda rodeando al fenocristal y envolviéndolo de modo que se arquea en los vértices. El feldespato generalmente está muy turbio por las inclusiones de clorita, sericita y caolín, las cuales a veces se recrystalizan para formar anfíbola con las mismas características que las de la masa fundamental.

La masa fundamental consiste en un mosaico de granos xenomorfos de plagioclasa, anfíbola y biotita, con diámetros de 0,1 a 0,2 mm. La anfíbola es una hornblenda con pleocroismo entre verde oliva oscuro y amarillento en las secciones según (010). Estas características son generales para todas las rocas de este tipo de la zona. La plagioclasa corresponde a labradorita sódica, pero muchas veces sin maclas y con abundantes inclusiones de apatita. La biotita es de color pardo amarillento y muestra fuerte absorción (color negro) en la dirección de Y y Z.

Según estas características la roca se asemeja mucho a las metaporfiritas originadas por el metamorfismo de contacto entre porfiritas con gabros en algunas regiones de la Cordillera de la Costa y por lo tanto no se trata de un filón sino de un pseudofilón o xenolita tabular.

En algunos pseudofilones faltan casi en absoluto los porfiroblastos y están constituidos entonces por un agregado granoblástico de andesina An_{50} y anfíbola en granos de 0,1 a 0,5 mm.

En las partes vecinas al contacto con los pseudofilones la tonalita constituye un gneiss por la penetración de guías de feldespato en los plano de foliación.

En los cortes del camino se ve que la tonalita de color gris mediano está diferenciada en partes pegmatíticas y otras oscuras por la mezcla de las xenolitas de anfibolita con el material tonalítico, es decir, se forman migmatitas. Tanto las xenolitas como las zonas migmatíticas están atravesadas por filones pegmatíticos constituidos casi exclusivamente por cuarzo, microclina, micropertita, con algunas inclusiones de plagioclasa (oligoclasa). Aparecen también algunos filones lamprofídicos posteriores a los pegmatíticos.

La roca granítica presenta en general una foliación NW con inclinación de 50° al SW, la cual se manifiesta por la alternación de fajas claras con otras más oscuras. Pero esta foliación no atraviesa los pseudofilones sino que se endereza en el contacto con ellos, tratando de ponerse paralela, lo cual indica claramente que se trata de xenolitas caídas a la cámara magmática cuando el magma ya estaba bastante viscoso por la recrystalización relativamente avanzada.

En este sector aparecen algunos filones de microgabros de color negro grisáceo, grano fino, constituidos por anfíbola negra y con una proporción de un 50% de feldespato. Bajo el microscopio muestra textura hipidiomorfa con granos de 0,2 a 0,5 mm de diámetro, correspondientes a labradorita sódica y anfíbola; esta última tiene el siguiente pleocroismo: X = amarillo, Y = verde muy oscuro, Z = verde pasto; es decir, se trata de una anfíbola muy análoga a la de los pseudofilones foliados. La textura hipidiomorfa que presenta, parece ser una modificación de la granoblástica y generada por recrystalización, pues se nota que los granos xenomorfos de plagioclasa han crecido tendiendo a adoptar formas hipidiomorfas. Probablemente esta roca corresponde también a los pseudofilones. Ella lleva unas guías irregulares de feldespato rosado, posiblemente ortoclasa, con epidota en guicillas. La presencia de estas guías indica una segregación de un material bastante hídrico y alcalino a partir del magma, en el cual estaba envuelta la xenolita, segregación que pudo producirse por el enfriamiento debido a la absorción de calor por las xenolitas.

En algunas partes, donde hay pocos filones, se presentan gneisses con textura

granular y foliación pronunciada por la existencia de fajas discontinuas de anfíbola negra que va entrelazando los granos de feldespato y cuarzo. Bajo el microscopio muestra una textura cataclástica acentuada; en general, se observa también una textura paralela porfiroblástica. Los porfiroblastos de anfíbola tienen alrededor de 2 mm de largo con numerosas inclusiones orientadas de plagioclasa, ellos están envueltos por una masa milonítica de plagioclasa y cuarzo en cristales del orden de 0,1 a 0,2 mm, con disposición paralela que se arquea en los vértices. Los cristales de anfíbola en otros casos están íntimamente mezclados con los de plagioclasa, cuarzo y algunos de biotita y este conjunto encierra manchas constituidas exclusivamente por plagioclasa y cuarzo. También se encuentran algunos cristales mayores de plagioclasa, pero ellos son generalmente muy heterogéneos, es decir, parecen haberse formado por la reunión de varios cristales más chicos; dentro de estos cristales es frecuente la presencia de cristales de anfíbola de 0,1 a 0,2 mm, lo que hace presumir que se trata de porfiroblastos.

La plagioclasa corresponde a andesina An_{40} con cierta zonalidad no muy pronunciada; las líneas de maclas están casi siempre encorvadas, especialmente en los extremos, pero a veces también en el centro forman pequeñas S que no han alcanzado a fracturarse. Es frecuente que entre dos cristales de plagioclasa de la masa granulada se interponga uno de cuarzo, el cual en la parte periférica lleva abundantes inclusiones, indicando el reemplazo de la parte marginal del feldespato, la cual habría estado granulada, o sea, que el cuarzo penetró después de la granulación.

La anfíbola es una hornblenda con el siguiente precroísmo: X = amarillo verdoso, Y = Z = verde pasto, o sea, que es idéntica a la existente en la tonalita de toda la región, lleva abundantes segregaciones de magnetita y frecuentemente está acompañada de biotita.

El cuarzo se presenta siempre con extinción ondulosa bien marcada y los granos muchas veces están formados por una agrupación de individuos. Como accesorio, además de la magnetita, existe algo de apatita.

Por las características señaladas se ve claramente que estos gneisses se han originado por un escurrimiento bajo presión de la masa magmática, ya en un grado avanzado de cristalización o por inyección. Es evidente también que la anfíbola ha experimentado recristalizaciones durante el tiempo en que se desarrollaba el proceso. Otros tipos de gneisses son de grano más grueso y con una tendencia pronunciada a gneisses con ojos, debido a que se forman agrupamientos elipsoidales de plagioclasa y cuarzo envueltos en una masa de granos pequeños de estos mismos minerales, entrelazados con hojas de biotita. Además aparecen algunos cristales mayores, de 1 a 2 mm de plagioclasas zonales, que varían de An_{50} a An_{30} , los cuales evidentemente son porfiroblastos.

Pero la gneissificación no es general, pues en partes la tonalita es mucho más clara, no muestra foliación y aparece más o menos maciza. Ella consiste en un agregado hipidiomorfo de plagioclasa, cuarzo, biotita. La plagioclasa es una andesina y aparece en cristales alargados con estructura zonal recurrente, generalmente algo heterogéneos como la tonalita gnésica, las cuales parecen haberse formado por la unión de individuos más pequeños, pero otros son bastante homogéneos. En ciertos casos presentan las líneas de maclas encorvadas, pero no en tan alto grado como las tonalitas gnéissicas.

El cuarzo forma grandes playas de granos con extinción ondulosa, pero no muy acentuada.

La biotita tiene pleocroísmo entre castaño y amarillo claro y aparece entre los cristales de plagioclasa, en partes está transformada en un agregado de clorita, epidota y algo de cuarzo, a veces también titanita. Ortoclasa se encuentra en pequeña cantidad; como mineral accesorio existe algo de zircón y magnetita.

Tanto el pequeño grado de encorvamiento de las láminas de maclas de las plagioclasas como la extinción ondulosa poco acentuada del cuarzo indican escasa acción cataclástica, lo cual hace diferenciarse bastante esta roca de la tonalita gnéssica. Otra diferencia reside en los minerales máficos, pues los gnéssicos llevan una gran abundancia de anfíbola y muy escasa biotita, mientras que en la otra falta casi en absoluto la anfíbola y contiene, en cambio, biotita, cuya proporción es muy inferior a la total de máficos de la primera.

Sin embargo, estos dos tipos de rocas se encuentran vecinas y aparecen transiciones entre ellas. Podríamos explicar este fenómeno por la penetración de tonalita dentro de xenolitos de anfíbola.

En la segunda o tercera vuelta antes de llegar a la cumbre de la cuesta por el lado sur, aparecen zonas migmatíticas, como indica la figura 2.

E-66 corresponde a un material bien foliado de grano fino, constituido por anfíbola negra, biotita pardusca y granos blancos de feldespatos.

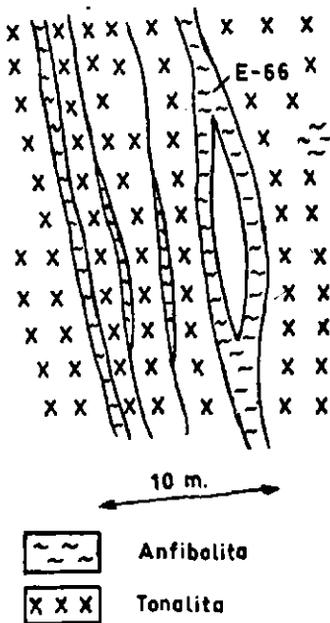


Figura 2. Inyecciones lit par lit de tonalitas en xenolitos de anfíbola. Cuesta de Ibacache.

Bajo el microscopio se puede apreciar que las fajas negras corresponden a migmatitas formadas por una inyección lit par lit de tonalita en anfíbola. La tonalita es un agregado de plagioclasa, cuarzo y anfíbola. La plagioclasa corresponde a andesina con maclas polisintéticas, las cuales muchas veces están encorvadas. Aparece en cristales fragmentarios de 0,2 a 0,5 mm., envueltos muchas veces en una masa enteramente granulada, difícil de reconocer, pues está muy arcillizada, pero seguramente corresponde al mismo feldespatos con pequeña cantidad de clorita.

Algunos cristales contienen en su interior abundantes gotitas de cuarzo, provenientes al parecer, del reemplazo por sílice que ha penetrado por las guicillas de la plagioclasa, las cuales, al atravesar el cristal han producido pequeños desplazamientos de las líneas de maclas. Algunos cristales de andesina tienen hasta 4 mm

de largo y también llevan las gotitas de cuarzo; en ellos a primera vista no se observa fracturamiento ni granulación, cuyas señales han sido borradas casi enteramente por la recrystalización y el cristal toma entonces un aspecto heterogéneo y la extinción se produce independientemente en áreas de contornos borrosos.

Los granos de cuarzo son también de tamaños muy variables, algunos presentan en su interior áreas extensamente granuladas y todos tienen extinción ondulosa y cierta heterogeneidad; algunos encierran granos de plagioclasa. Entre los minerales fémicos aparece hornblenda, bastante cloritizada, que tiende a envolver los granos de feldespato, también algo de epidota y de titanita.

En los cortes según los planos de foliación la roca se presenta en forma de anfibolita constituida por un mosaico granoblástico de andesina, hornblenda y biotita en granos xenoblásticos de 0,1 a 0,3 mm, algunos de los granos de anfibolita tienden a formar prismas; la biotita tiene una orientación preferente bien acentuada.

De estas características se deduce que la roca correspondería a una tonalita que ha penetrado lit por lit en la anfibolita. El deslizamiento se habría producido por la escasa resistencia de las capas muy delgadas a las presiones ejercidas por el magma.

Los pseudofilones antes descritos están separados por fajas de tonalitas claras, ambos tipos de rocas están atravesados por vetillas de pegmatitas de cuarzo y feldespato potásico.

En esta parte el rumbo de los pseudofilones es NW y la inclinación 70° W. Un poco más abajo se los ve en posición horizontal y la tonalita fuertemente comprimida entre ellos. Estas zonas migmatíticas son análogas a las de El Tabo, que describiremos más adelante.

5 km al N del portezuelo Ibacache aparecen afloramientos de una granodiorita bastante laminada de color blanco sucio y grano medio de 1 a 2 mm. La textura es hipidiomorfa granular porfídica. Existen fenocristales de oligoclasa del orden de 2 mm muchas veces con las líneas de maclas encorvadas o quebradas. En algunos cristales se ven inclusiones de ortoclasa orientadas a lo largo de los clivajes (antipertita). Los granos de cuarzo tienen extinción ondulosa y en partes están bastante fracturados. En el orden de tamaño de 1 a 2 mm, los cristales de ortoclasa y microclina son escasos, pero se los encuentra en abundancia en la pasta que rodea los fenocristales, la cual es un agregado pan alotriomorfo de granos de cuarzo y ortoclasa y plagioclasa de 0,1 a 0,2 mm con escasas hojitas de biotita y moscovita. Estos agregados suelen aparecer también dentro de los grandes cristales de oligoclasa. A veces esta granodiorita lleva fajas angostas de biotita serpenteando entre los cristales de feldespato y cuarzo.

De todos estos antecedentes se deduce que en la Cuesta de Ibacache aparece una zona de migmatitas y gneisses de mezcla de carácter tonalítico con granodiorita subordinadas, las cuales se han generado por la inyección del magma tonalítico en una zona con abundantes xenolitas, las que muchas veces constituyen pseudofilones. En ciertos casos se han producido segregaciones de los fluidos residuales para dar lugar a filones o guías de pegmatitas o micropegmatitas que a veces llevan epidota. En ciertas partes la tonalita presenta aspecto macizo.

Parece que la separación de los fluidos residuales se ha producido por la ab-

sorción de calor provocado por las xenolitas al quedar sumergidas en el magma

Cuesta de Zapata.

Este sector, muy vecino al anterior, corresponde probablemente al Batolito Central, pero lo incluimos para apreciar la diferencia.

Al comienzo de la cuesta por el lado W, en una quebrada, aparecen las rocas tonalíticas fuertemente propilitizadas de color verdoso oscuro, con estructura brechosa por la presencia de fragmentos esquinados de 2 a 4 cm, que probablemente corresponden a inclusiones de las rocas del techo. Por efecto de estas inclusiones se ha producido una separación de la fase hidrotermal que tuvo por resultado un desarrollo intenso de anfíbola actinolítica con segregación de titanita, arcillización de los feldespatos y cuarzo secundario. Estos fenómenos estarían indicando que aquí nos encontramos con una facies marginal del Batolito Central, lo cual sería un indicio para suponer que no hay continuidad entre este batolito y el que hemos descrito para la zona de la Cuesta de Ibacache.

En otras quebradas vecinas estas rocas adoptan las características de una melagranodiorita de color gris verdoso oscuro de grano medio con algunas concentraciones de feldespato blanco rosáceo. Bajo el microscopio aparece con textura hipidiomorfa granular y se distinguen cristales de plagioclasa, ortoclasa, cuarzo, augita y biotita en granos con diámetros de 0,2 a 4 mm. La plagioclasa se presenta en cristales hasta de 4 mm con estructura zonal ondulante y una composición media correspondiente a andesina An_{40} , a veces incluye otros cristales de plagioclasa con distinta orientación. La ortoclasa forma granos xenomorfos de 2 a 3 mm que suelen encerrar granos hipidiomorfos de plagioclasa y muchas veces también de biotita. El cuarzo rellena los intersticios entre los otros minerales.

En el contacto entre plagioclasa y ortoclasa suele existir mirmequita.

La augita aparece en granos de 1 a 2 mm, es ligeramente verdosa y en los bordes está frecuentemente transformada en biotita, la cual muchas veces se ha convertido en clorita, con agujitas de ilmenita.

Como minerales accesorios se encuentran magnetita y titanita.

Los minerales deutéricos son relativamente abundantes y consisten en agrupamientos de granos de epidota y clinzoisita; además, moscovita derivada de la alteración del feldespato.

Esta roca se puede considerar también como correspondiente a la parte marginal del batolito tonalítico, en la cual ha actuado la facies potásica segregada en dicha región.

Otro antecedente que nos lleva a suponer la existencia de esta facies marginal es la presencia de vetas de epidota con cuarzo y de filones pegmatíticos con turmalina. Pero existen también filones aplíticos ramificados que son rocas de color blanco rosáceo, grano fino constituidas por feldespato blanco rosáceo, cuarzo gris y biotita negra. Bajo el microscopio se ve que los feldespatos corresponden a albita, ortoclasa y microclina; la primera se presenta en cristales hipidiomorfos de 1 mm de largo, aproximadamente, a veces con las líneas de maclas ligeramente encorvadas; su proporción es aproximadamente un 15%. La ortoclasa y microclina forman granos xenomorfos. El cuarzo constituye grandes playas que encierran a los otros minerales, en los cuales suele penetrar como guiecillas, tiene extinción ondulosa poco pronunciada. El carácter idiomorfo de los granos de albita hace pensar que ellos cristalizaron dentro de un magma líquido ubicado en las grietas del batolito que ya había alcanzado un alto grado de cristalización.

A medida que se asciende hacia el portezuelo, la roca del batolito va perdiendo su color verdoso y toma el aspecto de la roca "ala de mosca" característico del Batolito Central oscilando su composición petrográfica entre diorita, tonalita y granodiorita. El tamaño de los cristales varía de 1 a 2 mm, aunque en la muestra megascópica tienen la apariencia de corresponder a 5 mm, pero ello se debe al agrupamiento de varios individuos. La plagioclasa corresponde a una andesina con contenidos de anortita entre 30 y 40%, frecuentemente muestra estructura zonal oscilante, pero sin grandes diferencias en la composición de las distintas zonas; las maclas en su mayor parte corresponden a la ley de Albita y Carlsbad, sólo en contados casos muestra cierto encorvamiento por presiones, a veces contienen en su interior granos de epidota por las acciones deutéricas, con el resultado que el cristal toma un carácter más alcalino. La ortoclasa existe en proporciones muy variables y nunca pasa de 20%, motivo por el cual las rocas caen entre las tonalitas y granodioritas; es frecuente un aspecto micropertítico; en ciertos casos aparece también algo de microclina. El cuarzo por lo general forma grandes playas constituidas por un agregado de granos con distinta orientación que suelen tener extinción ondulosa poco pronunciada. Entre los minerales máficos la augita es mucho menos frecuente que en las facies marginal descrita más arriba y en las autolitas de que trataremos más adelante y más escasa aún es la hiperstena. En cambio, la biotita aparece en casi todos los ejemplares y con menos frecuencia, la hornblenda con pleocroísmo entre verde pasto y verde amarillento en las secciones según (010). Muchas veces se observa la transformación de piroxena en biotita.

Dentro de este conjunto, que generalmente está muy amaicillado en los cortes del camino, se encuentran bolsones más básicos que han resistido mejor esta acción meteorizante. Se trata de rocas de color gris azulejo constituidas por plagioclasa, cuarzo, biotita, augita e hiperstena; la plagioclasa es una andesina zonal que suele encerrar poikilíticamente granos de piroxena. La ortoclasa aparece en pequeñas cantidades como granos intersticiales o en forma de guías dentro de la plagioclasa. En estas rocas la biotita encierra poikilíticamente cristales de augita y plagioclasa.

Llama la atención la escasez de anfíbola, mineral tan frecuente (Lám. I, Fig. 1), en las rocas de este batolito, y que constituyen generalmente la etapa intermedia entre la augita y biotita. Dentro de la piroxena aparecen abundantes segregaciones de magnetita. Por el hecho de estar la piroxena muchas veces encerrada poikilíticamente en la plagioclasa y la biotita reemplazando a esta última queda bien en claro la precedencia de la piroxena sobre la biotita. Sólo muy rara vez se observa una transformación de piroxena a anfíbola.

Dentro de la granodiorita y tonalita normal, se observan algunas manchas irregulares de una roca rosada mucho más rica en ortoclasa que las granodioritas. Describiremos un afloramiento de esta naturaleza que aparece un poco al W del portezuelo.

Es una roca de grano medio, color blanco rosáceo, constituida por feldespato rosado, cuarzo gris y anfíbola negra. Bajo el microscopio muestra textura hipidiomorfa granular con plagioclasa, cuarzo, microclina y anfíbola. La plagioclasa se presenta en cristales hipidiomorfos de 0,2 á 1 mm de largo con maclas de Albita bien desarrolladas, las cuales a veces están algo desplazadas por pequeñas fracturas. Su composición corresponde a Andesina An₄₀ en la parte central y ligeramente más alcalina en la periferia.

El cuarzo aparece en granos xenomorfos de 0,5 a 1 mm de diámetro, los granos mayores generalmente corresponden al agrupamiento de varios más pequeños, a veces se nota una ligera extinción ondulosa. Este mineral encierra cristales de plagioclasa o penetra en los huecos entre éstos.

La anfíbola se presenta en prismoides hasta de 1 mm de largo; aparece frecuentemente maclada según (100); su pleocroísmo varía de verde pasto oscuro a verde amarillento en las sección según (010). Este mineral suele encerrar cristales de plagioclasa y con menos frecuencia de cuarzo. Las relaciones entre estas tres especies se pueden ver en la Fig. 3.

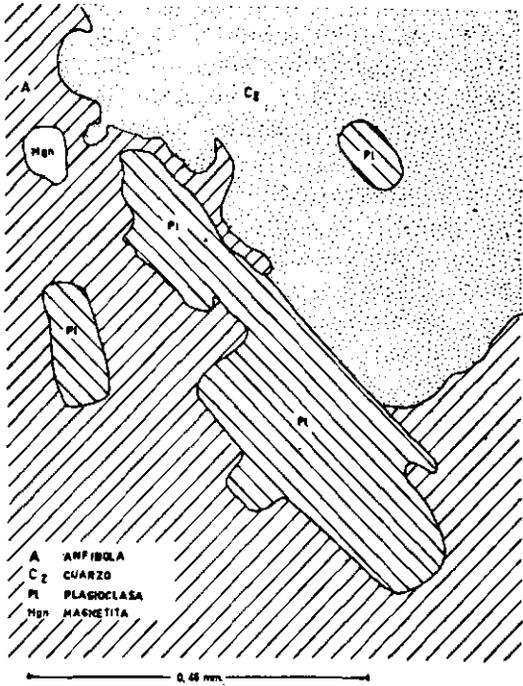


Figura 3. Roca del batolito en Cuesta de Zapata que muestra relaciones entre cuarzo, plagioclasa y anfíbola.

En la figura 3 puede verse que la anfíbola ha penetrado en los intersticios entre la plagioclasa y el cuarzo. Los cristales de anfíbola con frecuencia llevan inclusiones de magnetita, o bien ésta se encuentra en su cercanía. Tal caso demuestra la gran movilidad de la anfíbola.

Existen grandes áreas ocupadas por microclina-micropertita que encierra poikilíticamente cristales de plagioclasa y anfíbola. Llama la atención en este caso que la anfíbola no se haya transformado en biotita, como ocurre casi siempre en las granodioritas normales; tal vez el acceso de iones potásicos se produjo a una temperatura relativamente baja, lo que impidió la reacción con la anfíbola para formar biotita. La microclina penetra en guías dentro del cuarzo, lo cual demuestra su formación posterior.

Como minerales accesorios existen además de la magnetita, apatita y zircón.

Los minerales deutéricos, epidota y clorita, están en pequeñas cantidades.

La forma como aparecen los distintos minerales indica que la roca original debió ser una tonalita de andesina, cuarzo, posiblemente piroxena, la cual después se transformó en anfíbola que se extendió más allá de la piroxena original;

esta suposición está corroborada por el hecho que la anfíbola encierra pequeños indicios de piroxena que escaparon a la transformación y también la circunstancia que esta anfíbola sea posterior al cuarzo, lo cual no se produce en la región que estamos considerando cuando la anfíbola es original. Como etapa final figura el acceso de iones potásicos que originaron la microclina micropertita, la cual pudo reaccionar con la anfíbola para transformarla en biotita.

Cerca del portezuelo existen numerosos filones lamprofidicos de rumbo NE a NS, verticales con potencia de 7 metros, aproximadamente.

Estos filones son rocas densas de color negro ligeramente verdoso con fenocristales de feldespatos blancos turbios, que a veces contienen manchas de epidota y anfíbola negra. Aparecen también algunas guías de epidota. Bajo el microscopio muestran textura porfídica; la masa fundamental es floculenta y está constituida por cristallitos de plagioclasa xenomorfos, de 0,01 mm de diámetro, con estructura zonal y escasas líneas de maclas, en esta masa aparecen hojitas de biotita de 0,03 mm de largo. Los fenocristales son de dos tipos: unos con 0,2 a 0,4 mm de largo y otros de 1 a 2 mm. Los del primer grupo corresponden a plagioclasa y anfíbola; la plagioclasa muestra cierta zonalidad en torno de la composición An_{30} , están maclados según las leyes de Albita y Carlsbad y frecuentemente encierran inclusiones de ortoclasa en forma de guiecillas. La anfíbola aparece en prismas alargados con el siguiente pleocroísmo: X = verde amarillento, Y = Z = verde pardusco oscuro; por lo tanto es bastante diferente de la anfíbola de la tonalita. Los fenocristales del segundo grupo son también de plagioclasa y anfíbola; la primera se presenta por lo general idiomorfa con estructura zonal e inclusiones vítreas en su interior, muchas veces concéntricas. La anfíbola suele encerrar algo de biotita y magnetita y sus características son análogas a las del grupo anterior.

De los antecedentes expuestos se deduce que en la parte occidental, al pie de la cuesta, predomina una mela granodiorita cercana a granogabro, en la cual se han desarrollado intensos procesos deutéricos con formación de abundante epidota, clorita, actinolita y además titanita.

Hacia el oriente predominan las tonalitas de piroxena y biotita, en escasa proporción figuran anfíbolas. El feldespato potásico, que nunca falta, aparece también en proporciones muy variables; en ciertos casos figura sólo como guías y en otros su proporción es tan alta que la roca pasa a una monzonita cuarcífera, la cual forma manchas de contornos poco definidos. Este hecho, junto con la presencia de filones pegmatíticos con turmalina sugiere el acceso de fluidos residuales potásicos con hiperfusibles, que en parte se localizaron en los filones y en parte se difundieron a lo largo de guiecillas, para transformar la tonalita en monzonita cuarcífera. El feldespato potásico existe como ortoclasa o microlina.

Los filones oscuros son de lamprófidos (espesartita).

Dentro de las tonalitas aparecen algunas autolitas con una proporción de piroxenas mucho mayor que la normal.

Santo Domingo.

En el balneario Rocas de Santo Domingo, ubicado inmediatamente al sur de la desembocadura del río Maipo, están muy bien expuestas las rocas del Batolito de la Costa en un largo de 1 Km. Hacia el sur de los afloramientos rocosos sigue una extensa playa de arena.

Las rocas predominantes en este sector son migmatitas del tipo *agmatita*, con inclusiones negras de tamaños variables entre pocos centímetros y un metro, las cuales tienen generalmente contornos redondeados y formas fusiformes por la acción corrosiva de la tonalita que las rodea. Estas inclusiones por lo general están dispuestas paralelamente con un arreglo fluidal (Lám. xviii, Fig. 35). Parece que la *agmatita*, en rasgos generales, está dispuesta también con cierta orientación.

La composición petrográfica de las inclusiones varía entre verdaderas anfíbolitas y meladioritas, mientras que la roca envolvente es de carácter tonalítico; pero existe toda clase de transiciones entre una verdadera brecha en la cual los fragmentos negros aparecen diseminados en la tonalita gris clara y una roca de mezcla en la cual el material oscuro está íntimamente mezclado con el claro, aunque de un modo relativamente irregular, formándose *schlieren*, *nebulitas*, etc. Parece que en estos casos se han desarrollado con más intensidad los feldespatos zonales, aunque ellos no están totalmente excluidos de la tonalita clara.

El conjunto brechoso suele estar atravesando por una tonalita exenta de inclusiones, lo cual se podría atribuir a que el magma tonalítico que invadió la roca trama, ha perdido toda posibilidad de asimilar el material oscuro por sobre saturación, pérdida de calor o pérdida de hiperfusibles y que en esta etapa se produjeron fracturas por las cuales penetró el magma exento de inclusiones; pero aun en este caso se conservan rastros de feldespatos zonales.

A veces los filones que atraviesan la *agmatita* son de tonalitas con proporciones variables de feldespatos potásicos que se presentan como *micropertita* o *microclina*. Estas tonalitas *microclinizadas* en mayor o menor grado, suelen constituir enjambres de filones. Por lo tanto, no existe una diferencia fundamental entre la roca invasora (*neosoma*) de la *agmatita* y los filones tonalíticos a *granodioríticos* posteriores. Pero es necesario dejar claramente establecido que tanto el *neosoma* como los filones posteriores son de carácter tonalítico y la introducción del feldespato potásico es un fenómeno póstumo que afectó tanto a las inclusiones como al *neosoma* y a los filones tonalíticos.

En algunos sectores, ocupados tanto por las *agmatitas* como por las tonalitas, se ha producido una *granitización* más intensa debido a la introducción de feldespato potásico en ciertas áreas, tal vez favorecidas por grietas tectónicas.

Antes de discutir las relaciones mutuas entre los diversos tipos de rocas, detallaremos las características petrográficas de las diversas facies que intervienen.

INCLUSIONES

Inclusiones finas. LAM. I. Fig. 2.

Se presentan como rocas negras *afaníticas* o débilmente *sacaroides*. Bajo el microscopio muestran *textura granoblástica* y aparecen constituidas por un agregado de *anfíbola*, *plagioclasa* y en menor proporción *biotita*. La *plagioclasa* corresponde a *oligoclasa* y se presenta en cristales de 0,22 mm con *maclas rudimentarias* y se ve *estructura zonal*. Existe tendencia a la reunión de algunos granos para formar cristales mayores hasta de 2 mm; en estos casos se ven los núcleos con una *constelación de inclusiones*. Este es el primer paso a la formación de *porfiroblastos* con *estructura zonal*. Cuarzo existe en pequeña cantidad y con *extinción ondulosa*. La *anfíbola* es una *hornblenda* con el siguiente pleo-

croísmo X = amarillo verdoso, Y = Z = verde pasto, a veces presenta tonos azulejos por una ligera alcalinización; esta anfíbola se presenta en prismas alargados, generalmente de 0,2 mm, los cuales se suelen juntar para constituir un enjambre de cristales hasta de 2 mm de diámetro. La biotita aparece en hojitas con pleocroísmo entre pardo amarillento y castaño oscuro, pero a veces toma color verde por un comienzo de transformación a clorita. Ella está siempre íntimamente relacionada con la anfíbola, de la cual parece derivar y a medida que aumenta la influencia de la tonalita crece la proporción de biotita a expensas de la anfíbola. En estas rocas es frecuente la existencia de titanita. El conjunto de biotita y anfíbola representa más o menos el 30% del volumen total; pero en los tipos más melanocráticos la anfíbola llega a constituir el 60% del total. Un análisis de estas rocas tomada en la Laguna, figura en el cuadro 1 con el número E-1051. Pág. 30.

Inclusiones gruesas.

En una puntilla ubicada frente a la plazoleta se puede ver la transición entre las xenolitas meladoríticas y la tonalita encajadora. Las xenolitas ya no aparecen como anfibolitas granoblásticas sino como meladoritas de color gris negruzco, grano medio con textura hipidiomorfa y constituidas por plagioclasa, cuarzo, biotita, anfíbola y titanita. La plagioclasa corresponde a andesina probablemente An₃₅ y se presenta en cristales de 1 a 5 mm; generalmente formados por la coalescencia de varios cristales y a veces se nota que cada uno de ellos tiene estructura zonal oscilante; al reunirse estos cristales se empiezan a formar maclas y desaparece casi totalmente la estructura zonal, constituyéndose así fenocristales dentro de una masa formada por plagioclasa, anfíbola, biotita y cuarzo en cristales de 1 a 2 mm, además abundante titanita.

La anfíbola es una hornblenda con pleocroísmo entre verde pasto y amarillento, está generalmente algo cloritizada. El cuarzo aparece en pequeña cantidad, constituyendo granos aislados con extinción ondulosa; a veces aparecen dentro del cuarzo cristales de plagioclasa quebrados.

Esta roca, bastante melanocrática, está rodeada por otra más leucocrática, en la cual la anfíbola aparece en cantidades subordinadas y el cuarzo en mayor cantidad; la estructura zonal de los feldespatos es menos acentuada por haberse alcanzado un mayor grado de homogenización.

Por fin, en la tonalita franca (E-1066), disminuyen aún más los minerales melanocráticos y los feldespatos son más homogéneos. El cuadro siguiente muestra los análisis modales de los tres tipos de rocas.

	E-1065 Roca oscura	E-1067 Roca media	E-1066 Roca clara
Oligoclasa	58,2	56,9	54,2
Cuarzo	1,9	21,0	28,9
Hornblenda	24,6	2,0	0,6
Biotita	13,4	19,8	16,2
Titanita	1,1	—	—
Opacos	0,2	0,4	0,1
Total	99,4	100,1	100,0

En este cuadro se ve claramente que a medida que pasamos de la roca oscura a la roca clara aumenta el cuarzo, disminuye la anfíbola y titanita; la biotita es algo errática, pero indudablemente su proporción es menor en la roca oscura. Estos valores no se pueden tomar como absolutos, por cuanto las rocas intermedias son muy heterogéneas en lo que respecta a la distribución del material oscuro. No se podría asegurar si las meladioritas oscuras provienen de las anfibolitas descritas en el párrafo anterior o son xenolitas originales. Por lo que veremos al tratar del distrito de Cartagena es más probable esta última suposición.

Un problema que se plantea respecto a este conjunto es la interpretación de los feldespatos zonales, es decir, si la estructura zonal de los fenocristales es anterior o posterior a la masa fundamental. Debido a algunas inclusiones que se presentan en la parte periférica, se podría pensar en que son posteriores, es decir, se trataría de porfiroblastos que, poco a poco, se van homogenizando.

Existen todas las transiciones entre la roca con abundantes inclusiones y otras en las cuales ellas faltan en absoluto.

A veces, la diorita, con inclusiones, aparece relativamente homogénea en cuerpos de color mediano envueltos por la tonalita clara, lo cual se explica, porque las inclusiones han sido totalmente absorbidas por la tonalita, de modo que el material melanocrático se ha repartido uniformemente.

En la microfotografía de la roca E-1078 a) Lám. II, Figs. 3 y 4, se puede ver una agrupación de feldespatos con estructura zonal oscilante.

El análisis de la roca E-1060, cuadro I, corresponde a inclusión de diorita.

TONALITAS.

Son rocas de grano medio, color gris mediano (ala de mosca), moteado con un fondo blanco, constituido por plagioclasa blanca y cuarzo gris, salpicado por hojitas negras de biotita y a veces pequeños prismas de anfíbola negra verdosa. La repartición de los minerales oscuros no es uniforme, pues en algunas partes aparecen más concentrados que en otras y se forman *schlieren*. El tamaño de los granos es de 3 a 5 mm.

Bajo el microscopio muestran textura hipidiomorfa granular, y aparecen constituidas por plagioclasa, cuarzo, biotita y ocasionalmente anfíbola. A veces aparece pequeña cantidad de feldespato potásico. La plagioclasa se presenta en prismoides hasta de 5 mm, a veces con estructura zonal oscilante y un comienzo de desarrollo de maclas que en ciertos casos aparecen encorvadas, la variación en la composición entre las diversas zonas es pequeña; pero la mayoría de los cristales son homogéneos y su composición corresponde a andesina An_{35} , pero con frecuencia es oligoclasa-andesina An_{30} y a veces llega a An_{25} . En raros casos se encuentran periferias de Albita An_{15} y núcleos de andesina An_{40} . Lám. III, Figs. 5 y 6. Los cristales homogéneos muestran maclas de Albita y de Carlsbad bien desarrolladas y en casos excepcionales periclina. Es frecuente el caso en que cristales de plagioclasa quedan encerrados por otros de la misma composición y con diferente orientación óptica. Posiblemente, los cristales que muestran estructura zonal débil son los restos de inclusiones asimiladas. Cuando se presentan cristales con estructura zonal acentuada, ellos están envueltos por otros de composición más homogéneas y con distinta orientación óptica.

En algunos ejemplares aparece pequeña cantidad de microclina en los intersticios, entre el cuarzo y la plagioclasa; ella, rara vez presenta el enrejado característico, pero sí una leve extinción ondulosa y un ángulo $2V_4$ sobre 75° . A veces

se encuentra micropertita filamentosa en cristales hasta de 4 mm, la cual suele estar atravesada por un cuarzo de última generación.

El cuarzo forma playas hasta de 5 mm, ocupadas por un conjunto de granos con extinción ondulosa pronunciada; además, suele llevar cierta granulación interior.

La hornblenda se presenta en pequeñas cantidades y únicamente en los ejemplares más básicos, constituyendo prismas de 1 a 2 mm; tiene pleocroísmo entre verde oscuro y amarillento y a veces está ligeramente cloritizada.

La biotita es el mineral máfico más frecuente; aparece en hojas hasta de 5 mm con pleocroísmo entre pardo oscuro y amarillento; presenta contornos mutuos con la plagioclasa, pero parece de cristalización anterior, a juzgar por la presencia de menudas inclusiones de biotita dentro del feldespato en las inmediaciones del contacto.

Como accesorios existe escasa titanita, casi siempre en contacto con hornblenda o biotita, apatita en prismas dentro del feldespato, zircón y magnetita.

En algunas rocas de este grupo existen ciertas áreas con una textura igual a la de las inclusiones, constituidas por oligoclasa, biotita y anfíbola, las cuales parecen ser restos incorporados a la tonalita, es decir, que la tonalita de oligoclasa, cuarzo y biotita ha ido absorbiendo las inclusiones de anfibolita o meladiorita.

Aunque este grupo es algo heterogéneo, se puede estimar que su análisis modal corresponde más o menos a los de las muestras E-1067 y E-1066, que aparecen en pág. 22.

En el cuadro de análisis 1 hemos consignado algunas muestras de tonalita con los números E-1053; E-1057 y E-1061.

Las tonalitas de colores claros que mencionamos más arriba, atravesando las agmatitas, se diferencian de las tonalitas con inclusiones, porque los minerales máficos aparecen en muy pequeña cantidad y la plagioclasa es más cálcica, llegando a Andesina An_{40} , lo cual se podría explicar suponiendo que el líquido mágmático absorbió parte de la cal de los minerales máficos; pero subsiste el problema del destino del Fe y Mg, los cuales tal vez pasaron a formar parte de filones lamprofídicos.

Introducción del Feldespato Potásico en las tonalitas.

Dentro de las tonalitas y dioritas se presentan algunos sectores en los cuales la plagioclasa ha sido reemplazada en mayor o menor grado por el feldespato potásico. Las características megascópicas son enteramente iguales a las de las tonalitas y sólo a veces se nota un ligero tinte rosáceo. Bajo el microscopio se puede apreciar que el feldespato potásico ha invadido la roca primitiva que pudo ser una tonalita de biotita, tonalita de anfíbola y biotita o diorita anfibólica, estas últimas provenientes de inclusiones. La forma en que se ha depositado el feldespato potásico es generalmente microclina, la cual sólo a veces presenta el enrejado característico. Además, existe algo de ortoclasa ligeramente perfitica y a veces micropertita. Damos a continuación las características observadas en algunas muestras de este grupo con el ángulo $2V$ determinado en mesa Federow.

E-1004 Ortoclasa $2V = -67^\circ$ (medido en proyección).

E-1051 No presenta maclas características, no se pudo determinar $2V$; posiblemente microclina a juzgar por la extinción ondulosa.

- E-1054 Microclina, sin maclas 2 V = - 85°.
- E-1067 Microclina, indicios de maclas. No se pudo determinar 2 V.
- E-1068 Ortoclasa 2 V = - 67° (medida directa).
- E-1074 Microclina, maclas relativamente bien desarrolladas, 2 V = - 75°.

Por estos datos, se ve que el mineral predominante es microclina con 2 V variable entre - 72° y - 85°.

Estas rocas muestran generalmente pequeñas señales cataclásticas, las cuales se manifiestan por encorvamiento de las líneas de maclas y extinción ondulosa y granulación del cuarzo; no se puede asegurar si la cataclasa es anterior o posterior a la introducción del feldespato potásico.

La proporción del feldespato potásico está por lo general bajo el valor necesario para dar a la roca el nombre de granodiorita, pero localmente se producen concentraciones que justifican los nombres de granodiorita, adamelita o monzonita cuarcífera. Como puede verse en el cuadro de análisis, todas las tonalitas llevan cierta proporción de ortoclasa en la norma, con valores que varían entre 10% y 12%. Naturalmente que gran parte de esta potasa está incluida en la biotita y posiblemente algo en la plagioclasa.

El carácter granodiorítico de estas rocas se acentúa más en ciertos filones que atraviesan la agmatita, como ocurre en la región de la Laguna. Estos filones son irregulares, con anchuras de 5 a 50 cm y encierran lentes de la diorita oscura. Petrográficamente (E-1071), corresponden a una roca gris clara con fondo feldespático-cuarzoso blanco, moteado con un 10% de biotita negra, lo cual es más abundante en las salbandas. Bajo el microscopio muestra textura hipidiomorfa granular con cristales de 1 a 2 mm; excepcionalmente de 5 mm; constituidos por plagioclasa, cuarzo, microclina, anfíbola y biotita. La plagioclasa corresponde a oligoclasa An₂₅ y algunas muestran estructura zonal ondulante, con pequeñas variaciones entre las distintas zonas y sin maclas; las más homogéneas llevan maclas de Albita y Carlsbad y a veces de Periclina; con frecuencia las líneas de maclas están fracturadas y dobladas; algunos de estos cristales están fuertemente sericitizados. El cuarzo forma grandes playas ocupadas por granos con extinción ondulosa. La microclina se presenta en manchas irregulares encerrando poikilíticamente cristales de plagioclasa, cuarzo y anfíbola; ella sólo en partes muestra el enrejado característico y a veces es ligeramente micropertítica. Llama la atención que se presenta completamente fresca, a pesar de que la plagioclasa está algo sericitizada.

La hornblenda aparece en prismas de 1 a 2 mm, sin caras terminales, con pleocroísmo entre verde pasto oscuro y verde amarillento, junto con ella suele encontrarse biotita. Como accesorios existe zircón, en cristales hasta de 0,2 mm, apatita relativamente abundante, magnetita y titanita. Los minerales de alteración deutérica, fuera de la sericita ya mencionada, corresponden a clorita y epidota. Su composición modal aproximadamente es:

Plagioclasa	55%
Microclina	20%
Cuarzo	10%
Hornblenda	10%
Biotita y accesorios	5%

En esta roca llama la atención que, a pesar de ser un filón, muestra algunas de las características de las tonalitas que han reemplazado las anfibolitas o meladioritas, como ser las plagioclasas zonadas sin maclas. Además que, a pesar de atravesar tonalitas ricas en biotita, predomina en ellas la hornblenda.

GRANITOS.

En todo el sector de Santo Domingo se presentan algunas áreas en las cuales las migmatitas han experimentado un fuerte reemplazo por feldespatos potásicos, convirtiéndose en verdaderos granitos. Describiremos algunos de estos afloramientos.

En la parte ubicada al sur de la desembocadura del río Maipo y cerca del alcantarillado, aparece una distribución en fajas como indica la Fig. 4.

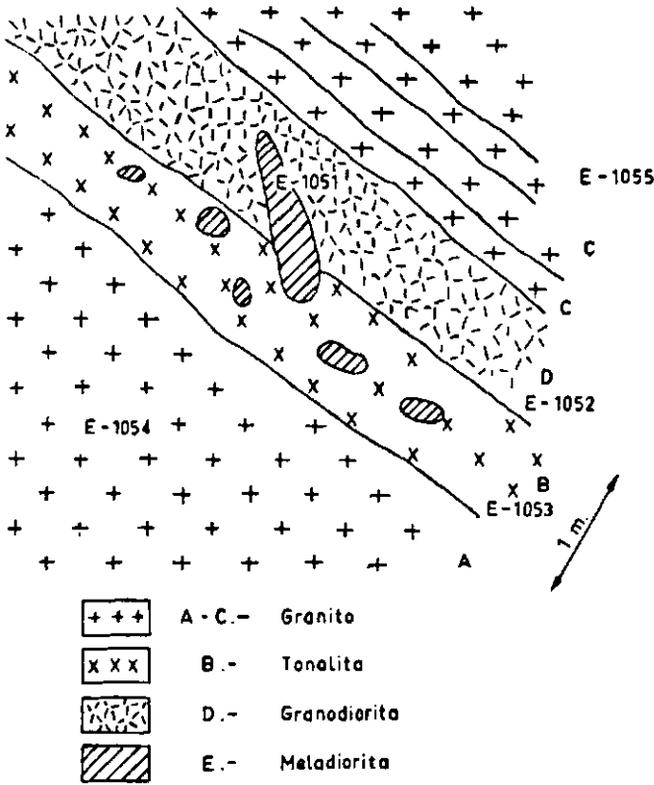


Figura 4. Granito con distribución en fajas del sector Santo Domingo.

A. Granito gris blanco rosáceo, constituido por oligoclasa An_{30} , encerrada dentro de microclina o micropertita, cuarzo, biotita (E-1054).

B. Faja irregular de 0,60 a 1,20 m de potencia, constituida por tonalita de biotita. Su posición es $N 60^\circ E/40^\circ S$. En ella aparecen frecuentes inclusiones que están más o menos contaminadas por las rocas adyacentes y se alargan en el sentido de la lineación. Esta tonalita es poco homogénea, a veces aparece muy oscura por la gran abundancia de schlieren provenientes de las inclusiones poco asimiladas; se suelen encontrar algunas inclusiones de cuarzo de 15 a 5 cm (E-1053).

C. Granito grueso del pendiente, constituido por oligoclasa, microclina, cuarzo y biotita.

D. Granodiorita constituida por oligoclasa, microclina, cuarzo y biotita. Representa una transición entre la tonalita de la faja B y el granito de la faja C (E-1053).

Lleva inclusiones de color negro verdoso, grano fino, textura granoblástica, constituida principalmente por andesina y hornblenda, con pequeñas cantidades de biotita (E-1051). El contacto entre las fajas B y A a veces es relativamente brusco, pero por lo general es gradual, de modo que va aumentando lentamente el mineral oscuro. A veces se observa en el contacto cierta foliación como si los fluidos granitizantes hubieran sido forzados. Es posible que con anterioridad a la introducción de los materiales graníticos se produjeran acciones cataclásticas, pues con frecuencia aparecen cristales de oligoclasa fracturados y rodeados por microclina.

En otras partes, como se ve en Lám. XVIII, Fig. 36, la granitización ha sido más intensa y la roca toma el aspecto de un granito con schlieren, nebulitas, etc. Este granito está surcado por filones aplíticos. Muchas veces se puede observar que la granitización se ha producido por la penetración de gran número de vetillas graníticas que han reemplazado la roca adyacente. Con frecuencia las guías graníticas llevan en el centro venillas de cuarzo y epidota; esta última proviene posiblemente de la disolución de los materiales máficos de las inclusiones de la tonalita.

En ciertos casos el granito está circunscrito a cuerpos ovoidales incluidos dentro de la tonalita, como pasa en el Quisco con bolsones aplíticos. La única forma de explicar este fenómeno es por reemplazo metasomático.

Un caso muy interesante aparece en un peñasco ubicado en el extremo N de la playa de la Piscina, el cual está reproducido en Lám. XIX, Fig. 37.

A. Tonalita invadida por el granito, con algunas inclusiones y Fig. 5.

B. Granito grueso blanco rosáceo, constituido por microclina, oligoclasa, cuarzo, biotita, clorita. Parece haberse formado por la microclinización de la tonalita, aunque los bordes son más o menos nítidos, pero al contacto es muy irregular.

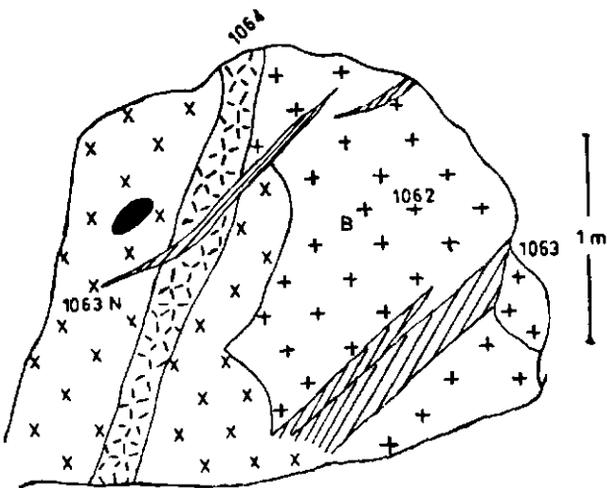
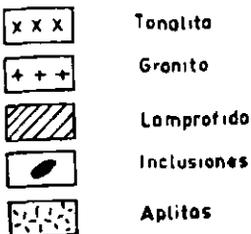


Figura 5. Tonalita invadida por el granito, probablemente por reemplazo metasomático y formación de guías y de filones de espesartita.



C. Filón aplítico, sacaroide de 0,10 m de potencia, constituido por ortoclasa, micropertita, microclina, oligoclasa, cuarzo y biotita.

D. Filones de espesartitas con potencia de 0,02 m y corrida de 0,80 m.

Estos granitos evidentemente no corresponden a la consolidación de un líquido, como lo demuestra el hecho que existen todo tipo de transiciones entre tonalitas, granodioritas, adamelitas o monzonitas cuarcíferas y granitos, según el mayor o menor grado de reemplazo ocasionado por el feldespato potásico sobre el material tonalítico original. Además nunca encontramos estos granitos, constituyendo un verdadero cuerpo eruptivo, como pasa con las aplitas.

Los granitos son rocas de color blanco rosáceo, grano medio a grueso, por lo general más grueso que el de las tonalitas. Bajo el microscopio aparecen con textura hipidiomorfa granular con tendencia porfídica, y constituidos por feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo y pequeñas cantidades de biotita, son frecuentes la clorita y epidota.

El feldespato potásico se presenta en forma de ortoclasa, micropertita o microclina. La ortoclasa constituye grandes cristales maclados según la ley de Carlsbad, envolviendo poikiliticamente cristales de plagioclasa; por lo general es pertítica o micropertítica. Estos cristales a veces están doblados o granulados por presiones o presentan extinción ondulosa. En algunos ejemplares el feldespato potásico corresponde en su mayor parte a microclina, la cual a veces constituye agrupamientos de cristales pequeños y otras aparece en áreas mayores por la integración de los primeros. Dentro de estos cristales de microclina aparecen restos de oligoclasa con maclas de Albita y Carlsbad, los cuales están atravesando por guicillas de feldespato potásico y a veces de moscovita.

Las relaciones entre ortoclasa, micropertita y microclina no son claras, parece sí que la microclina correspondiera a una fase más avanzada, acercándose a filones residuales, pues ella es el feldespato predominante en los filones aplíticos de que trataremos más adelante.

La plagioclasa aparece en pequeñas cantidades, formando cristales alargados hasta de 3 mm con núcleos de oligoclasa y periferias de albita An_{10} , los cuales están por lo general sericitizados. Aunque la plagioclasa constituye los cristales de primera formación, ella no presenta contornos idiomorfos, por haber sido corroídos por el feldespato potásico y cuarzo; estos cristales están maclados según las leyes de Albita y Carlsbad y se presentan generalmente en agrupaciones de dos a tres individuos.

El cuarzo muestra las mismas características que en las tonalitas, es decir, agrupamientos de granos con extinción ondulosa. El único mineral máfico es la biotita que se presenta en pequeñas cantidades y alterada a clorita y epidota.

En el cuadro de análisis 1 figura un granito con el número E-1055.

APLITAS.

En el distrito son relativamente frecuentes las aplitas de microclina, ya sea en forma de filones tabulares o en masas irregulares. Lám. XIX, Fig. 38. Ellas atraviesan todas las rocas descritas hasta ahora y las únicas posteriores son los lamprófidos. En general, los filones tienen pocos centímetros de potencia, pero a veces llegan a un metro.

Petrográficamente son rocas de grano fino, textura sacaroides, color blanco crema o rosáceo. Bajo el microscopio muestran un agregado pan xenomórfico de microclina, micropertita, cuarzo, oligoclasa-albita.

La oligoclasa-albita aparece en cristales hasta de 0,5 mm, maclados según las leyes de Albita y Carlsbad, su proporción es escasa. Con frecuencia los cristales están dentro de otros mayores de micropertita o de microclina. En ciertos casos se puede apreciar un borde de albita en la oligoclasa y a veces existen en su interior pequeños núcleos de epidota. Algunos individuos están fallados y soldados. La microclina se presenta con su enrejado característico, envolviendo granos de oligoclasa y de cuarzo; en algunos ejemplares se midió $2V = -72^\circ$. La micropertita existe en cristales de las mismas dimensiones que la microclina, con maclas de Carlsbad bien desarrolladas y $2V = -56^\circ$. Parece que existe también ortoclasa, pero no se pudo determinar con seguridad. El cuarzo siempre tiene extinción ondulosa y suele encerrar granos de plagioclasa; sus relaciones con los feldespatos potásicos no son claras. Biotita existe en muy pequeña proporción, a veces cloritizada o transformada en moscovita. Como accesorios se encuentran pequeñas cantidades de magnetita y zircón.

Una muestra típica de aplita aparece en Lám. iv, Fig. 7 (E-1064).

LAMPRÓFIDOS.

En el distrito abundan los filones lamprofídicos con dimensiones muy variables: algunos tienen potencias de 0,50 m a 1,00 m y corridas de algunas decenas de metros, en cambio, otros, como los que aparecen en Fig 5 y Lám. xix Fig. 37, tienen un espesor de sólo 2 cm y largo de 80 cm. Naturalmente que la profundidad debe estar en relación con la longitud de la corrida y el tamaño del grano con la potencia. Estos filones atraviesan todas las rocas: agmatitas, anfibolitas, dioritas, granodioritas, granitos y aplitas, es decir, corresponden a una etapa magmática muy avanzada.

Petrográficamente, son rocas de color negro verdoso y grano muy fino. Describiremos las características microscópicas de dos de estas rocas.

E-1063. Corresponde al lamprófidio de Lám. xix, figura 37.

Textura porfídica; la masa fundamental es un agregado fieltroso de agujitas de anfíbola verde pálida con pleocroísmo débil y largo de alrededor de 0,05 mm.; ellas están entrecruzadas y dispersas sobre una masa feldespática constituida por granos xenomorfos de oligoclasa y abundantes granos de epidota hasta de 1 mm. Los fenocristales corresponden a augita en prismas hasta de 2 mm., los cuales a veces muestran estructura zonal y suelen estar surcados por venillas de epidota; a veces la augita tiene estructura de reloj de arena. En menor proporción aparecen fenocristales de anfíbola con pleocroísmo entre café rojizo y amarillento, tal vez por cierto contenido en álcalis.

E-1056. Filones que atraviesan el granito al sur de la desembocadura del río Maipo.

Roca negra verdosa grano muy fino con manchitas diseminadas de feldespato. Bajo el microscopio aparece constituida por anfíbola (70%) y feldespato (30%), con textura hipidiomorfa granular. El feldespato ocupa la parte intersticial entre los cristales de anfíbola. La anfíbola se presenta en cristales prismáticos de 0,2 a 0,4 mm., con el siguiente pleocroísmo $Z =$ pardo verdoso, $X = Y =$ pardo verdoso claro. A veces existe algo de augita en el centro del cristal de anfíbola. La anfíbola con frecuencia está transformada parcialmente a tremolita y suele presentar bordes azulejos. Aparecen ciertas áreas de contornos hexagonales rellenos por serpentina, las cuales están rodeadas por cristales de anfíbola y podrían corresponder a antiguos núcleos de olivina. El feldespato aparece intersticial en masas informes y corresponden a oligoclasa An_{25} . Existe cierta cantidad de magnetita. Los análisis de esta roca figuran en el cuadro 1.

Estos filones lamprofídicos corresponden a espesartitas y suelen encerrar trocitos de granito o tonalita, indicando que han penetrado en zonas de fractura.

QUIMISMO.

Damos el análisis de algunas rocas correspondientes a este sector

Cuadro 1

Santo Domingo

E	1051	1053	1056	1057	1060	1061
SiO ₂	51,50	65,16	46,86	65,91	53,26	67,06
TiO ₂	1,06	0,50	0,94	6,60	0,94	0,54
Al ₂ O ₃	19,95	18,86	13,80	16,85	21,91	18,58
Fe ₂ O ₃	0,77	0,80	1,71	1,00	0,10	0,63
FeO	7,54	2,99	7,38	3,36	6,99	3,07
MnO	Ind.	0,02	0,18	0,08	0,21	0,07
MgO	5,79	1,49	14,42	2,08	3,82	1,49
CaO	8,66	4,75	9,12	5,37	7,62	4,24
Na ₂ O	2,65	3,33	1,99	3,26	4,02	3,44
K ₂ O	1,93	2,33	0,85	1,54	1,91	2,14
H ₂ O	0,82	0,45	2,30	0,65	0,51	0,02
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO ₂	Ind.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	Ind.	Ind.	0,07	Ind.	Ind.	Ind.
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00

Normas C.I.P.W.

Cz	—	23,04		24,36		26,10
or	11,12	13,34	5,56	8,90	11,12	12,23
ab	23,06	27,77	16,77	27,77	34,06	28,82
an	36,70	23,91	25,85	26,69	36,14	20,85
C	—	2,24	—	0,10	—	3,06
en	8,90	3,90	8,60	5,20	2,10	3,70
fs	7,26	4,09	2,51	4,49	2,51	4,49
wo	2,67	—	8,12	—	0,70	—
fo	3,78	—	19,32	—	5,25	—
fg	3,26	—	8,02	—	7,04	—
mt	1,16	1,16	2,55	1,39	0,23	0,93
il	2,13	0,91	1,67	1,27	1,67	0,91
Pi			0,15			
cr			0,45			

Número de Niggli

E	1051	1053	1056	1057	1060	1061
si	127,5	274,7	95,4	285,9	140,3	236,9
al	29,1	46,8	16,7	43,2	34,0	38,6
fm	38,4	11,9	58,3	13,8	31,0	18,0
c	23,0	21,8	19,9	25,0	21,5	15,9
alk	9,5	19,5	5,1	18,0	13,5	27,5
k	0,31	0,31	0,24	0,23	0,24	0,17
mg	0,56	0,78	0,76	0,98	0,49	0,44
Corte	IV	VII	III	VII	V	V

E-1051 Inclusión de meladorita en la tonalita granitizada — Frente a la Laguna Santo Domingo.

E-1053 Tonalita de Biotita, mismo punto.

E-1056 Espesartita cerca de la Punta del Alcantarillado.

E-1057 Tonalita con kb — inclusiones dentro del lamprófido.

E-1060 Meladorita — inclusión en tonalita.

E-1061 Tonalita de biotita.

Analista: Sepúlveda (1945), Laboratorio Departamento de Minas y Petróleo.

Cartagena-San Antonio.

Asignamos a este distrito la costa comprendida entre el extremo sur de Playa Grande y el Puerto de San Antonio. Los elementos petrográficos que integran este sector son los siguientes:

- a) Gabros y Meladoritas;
- b) Anfibolitas;
- c) Gneisses de mezcla;
- d) Id. granitizados;
- e) Granitos de microclina, y
- f) Lamprófidos.

Como todos estos elementos están relativamente bien ordenados a lo largo de la costa, salvo los filones de granito y lamprófidos, haremos la descripción en sentido de norte a sur. Pero como están bastante mezcladas las facies (a) y (d), las describiremos en conjunto.

En la costa sur de Playa Grande aparecen rocas negras grisáceas de grano medio con foliación poco pronunciada, salvo en sectores aislados y tienen las características de meladoritas anfibólicas. Están surcadas por numerosas guías de tonalitas de biotita, a veces de contactos bien nítidos y otras algo difuso, en partes ellas han producido un verdadero reemplazo produciéndose manchas tonalíticas de contornos indecisos. Además aparecen inyecciones de granitos blancos. (Lam. xx, Fig. 39).

Esta meladorita es una roca negra verdosa, en parte moteada de blanco por cristales de feldespatos. Está constituida por anfíbola negra verdosa y feldespatos blanco en igual proporción; la textura es pan xenomorfa granular. La anfíbola está transformada parcialmente a actinolita y el feldespatos aparece bastante sericitizado; lleva cierta cantidad de apatita. Aparecen algunas fajas de gneisses anfibólicos con estructura milonítica acentuada que se caracteriza por granulación y dobladura de los feldespatos. En otras partes se presentan los gneisses blancos grisáceos bandeados por la penetración de capas lit por lit constituidas por andesina y cuarzo en granos de 1 a 2 mm, ambos con señales cataclásticas consistentes en granulación de los bordes y dobladura de las líneas de maclas, junto con los minerales nombrados aparece algo de biotita y gránulos de zircón.

A veces, como ocurre en algunos filones concordantes dentro de la anfibolita en la explanada del extremo 5 de la Playa Chica, la granulación de los feldespatos está muy acentuada y constituye una masa que envuelve los porfiroclastos de andesina y cuarzo, junto con hojitas de biotita.

En algunas partes la diorita está transformada en propilita, que megascópicamente tiene el mismo aspecto que la diorita; pero consiste en un agregado de albita, actinolita verde clara, zoisita, epidota, clorita sericita y escasa titanita.

En esta parte se observan sectores con formación de pegmatita de anfíbola, producida por la penetración de guías irregulares de feldespatos que tiende a formar stockwerks. En ellas existe una masa fundamental con textura hipidioromorfa granular constituida por andesina, cuarzo y anfíbola en granos de 0,4 mm aproximadamente. Sobre ella se superponen cristales de andesina cálcica de 4 mm bastante fracturados con las líneas de maclas rotas y dobladas y otros de

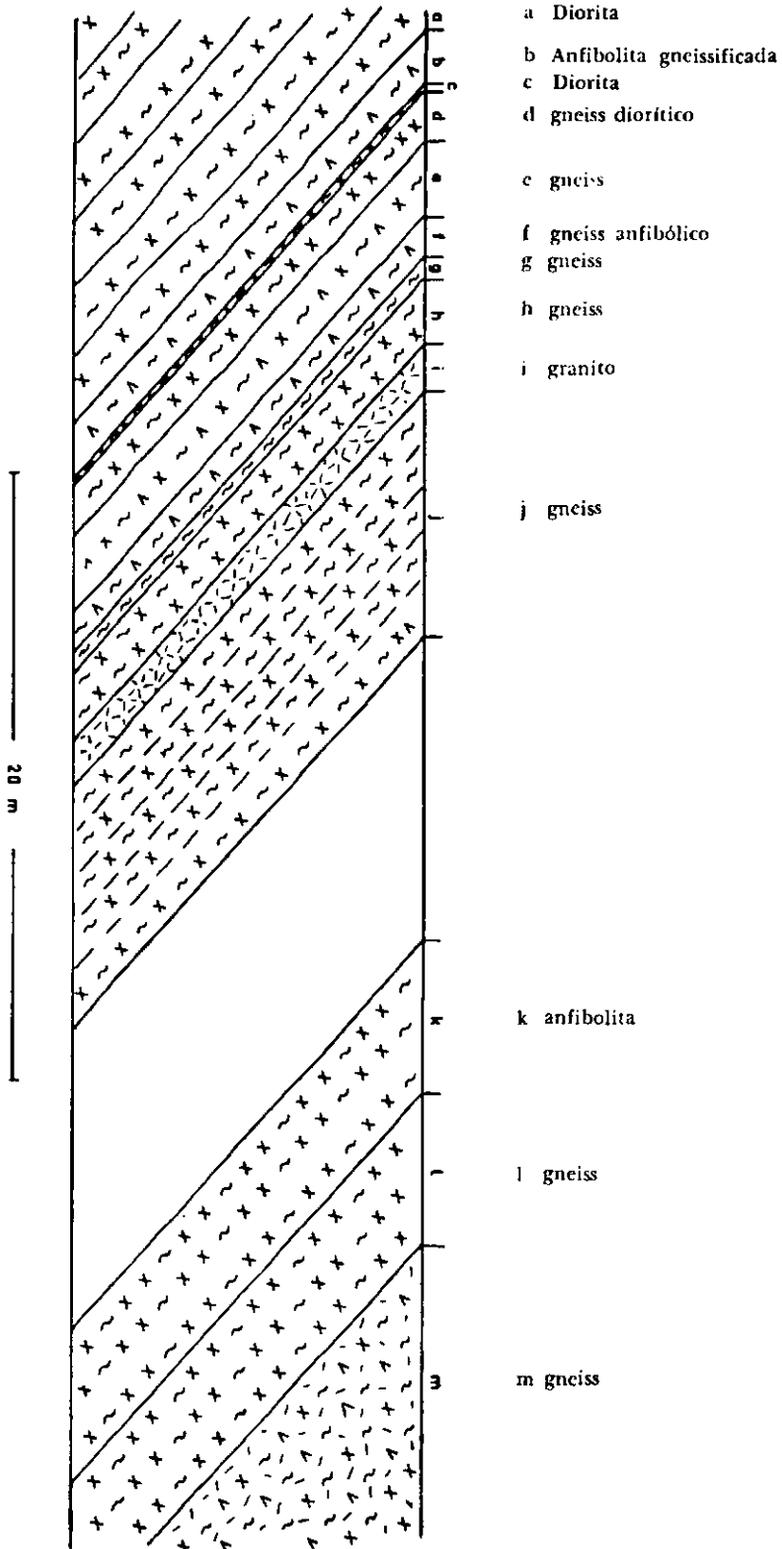


Figura 6. Perfil del sector Cartagena-San Antonio, entre playas chica y grande

hornblenda con dimensiones análogas, algo diferentes de los que constituyen las anfibolitas descritas más arriba, pues tienen el siguiente pleocroísmo:

Z = verde esmeralda; Y = verde pardusco; X = verde amarillento.

Aparecen también algunos granos de cuarzo redondeados que reemplazan parcialmente al feldespato y anfíbola. En algunos ejemplares la anfíbola ha llegado a formar cristales de 10 mm, los que incluyen poikiliticamente granos de andesina, bastante cataclásticos con las líneas de maclas encorvadas. En las fajas de mayor foliación se ha formado algo de epidota y zoisita.

Más hacia el sur, en el espolón que separa la Playa Grande de Playa Chica la roca presenta un aspecto bandeado por la alternación de materiales claros y oscuros, formando verdaderos gneisses. Para apreciar las relaciones entre los diversos elementos que integran estos gneisses describiremos un pequeño perfil cerca de la puntilla de Los Suspiros, donde está la Virgen. La foliación de las capas es EW y la inclinación 50° S. Empezando en la parte norte tenemos la siguiente sucesión. (Las medidas se refieren a distancias horizontales), fig. 6.

a) 0,50 m. Diorita gris mediana gneissificada por estiramiento, conservándose algunos trozos elipsoidales dentro de la masa con fuerte foliación, en la cual se distinguen fajas claras y oscuras. La tonalita es de grano medio (1 mm) y está constituida por andesina, cuarzo, hornblenda y escasa cantidad de biotita, presenta señales cataclásticas acentuadas.

b) 1,80. Anfibolita gneissificada de color gris negruzco. Dentro de la masa anfibolítica aparecen lentes alargados de material feldespático que le dan a la roca un aspecto gnéissico, los cuales engranan con las partes oscuras. Está constituida por un agregado panxenomorfo de andesina hornblenda y cuarzo, con fuerte granulación, generándose biotita en las zonas granuladas, fig. 7.

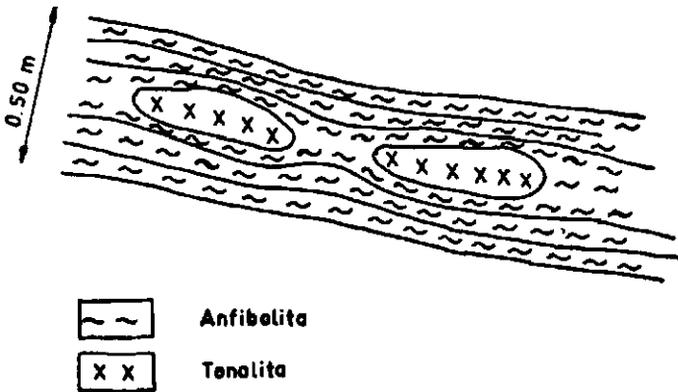


Figura 7. Núcleos de tonalita dentro de anfibolita.

c) 0,20 m. Diorita gneissificada como en a).

d) 1,70 m. Gneiss diorítico castellano (gris mediano) constituida por andesina, hornblenda y biotita en pequeña cantidad con fuerte deformación en los feldespatos y cierta granulación de carácter protoclastico.

e) 2,50 m. Gneiss análogo al anterior pero más oscuro con fajas finas en las que predomina el material de anfíbola y biotita, las cuales rodean los ojos de andesina. Fuerte granulación.

f) 1,30 m. Gneiss anfibólico bien foliado constituido por hornblenda andesina y poca biotita. Textura cristaloblástica en fajas paralelas.

g) 0,70 m. Gneiss gris plumizo con alternación de fajas oscuras y otras claras. Las fajas claras están constituidas por un agregado panxenomorfo de andesina y cuarzo con los contornos granulados, hay guías con mayor granulación en las cuales se han introducido hojitas de biotita que tienden a formar especies de guirnaldas y llevan también ojos grandes de micropartita y algunos cristales de microclina, los cuales parece que no han sido afectados por la granulación. Las fajas oscuras corresponden a una meladiorita de andesina cálcica y hornblenda, con bastante apatita. Estas fajas son lenticulares y corresponden a restos de la meladiorita envueltas por la tonalita. Aparece una de 4,0 m de largo por 0,70 m de ancho.

h) 2,20 m. Gneiss gris claro amarillento con límites indecisos entre las fajas claras y oscuras. Está constituido por un agregado panxenomorfo de oligoclasa y cuarzo en granos de 1 a 2 mm con los bordes granulados; además aparece biotita y escasa moscovita. El cuarzo forma playas constituidas por un conjunto de granos con extinción ondulosa. Existen pequeñas inclusiones de feldespato potásico. Esta roca debe ser un diferenciado aplítico de la tonalita.

i) 1,50 m. Granito de microclina con reliquias de plagioclasa con maclas encorvadas; la microclina también está afectada por la tectonización. Lleva algunas fajas y lentes de 10 a 20 cm de espesor del gneiss como indica la figura 8.

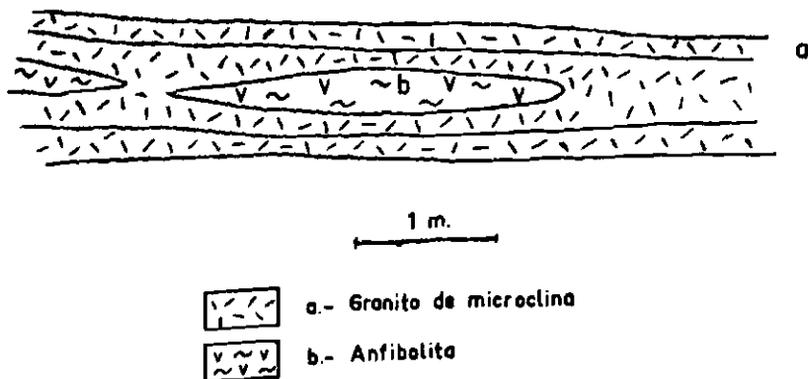


Figura 8. Granito de microclina correspondiente a (i) del perfil figura 6

j) 8,00 m. Gneiss bien foliado con fajas oscuras y claras alternadas. Las partes oscuras corresponden a anfíbolitas foliadas constituidas por un agregado granoblastico de andesina y anfíbola con estructura paralela. Las fajas claras corresponden a tonalitas constituidas por andesina, cuarzo, hornblenda y biotita. Este gneiss está atravesado por un filón de espesartita constituido principalmente por anfíbola y escasa oligoclasa. En esta capa está la Virgen. Lám. v. Fig. 10.

10 m. No visible.

k) 5,00 m. Anfíbolita tonalitizada por la penetración de feldespato alcalino y cuarzo.

l) 5,00 m. Gneiss castellano verdoso oscuro con foliación poco marcada constituido por andesina, anfíbola, biotita, cuarzo y epidota con tendencia a estructura en fajas, encorvándose la anfíbola, biotita y epidota en torno de los granos de andesina, que también llevan las líneas de maclas encorvadas. El feldespato en partes está bastante sericitizado.

m) 40 m. Gneiss bandeado de materiales claros y oscuros en fajas como las anteriores y algunas corresponden a anfibolitas negras con pecas de feldespato y otras casi blancas correspondientes a granitos de microclina bastante granulados.

Hacia el sur siguen los gneisses anfibólicos con caracteres análogos hasta llegar a Playa Chica, pero las rocas se hacen más macizas y tienen las características de meladioritas.

En este sector aparecen filones lenticulares concordantes o discordantes de un gneiss blanco ceniciento que está constituido por una masa microbrechosa, con trozos de oligoclasa doblados hasta de 2 cm envueltos en un agregado granoblástico de cuarzo y oligoclasa bien mezclada en granos xenomorfos de 0,1 a 0,2 mm con hojitas de biotita. Se trata de zonas brechizadas y recrystalizadas, lo mismo ocurre con la cantera Panul. Lám. XXI. Fig. 41.

FILONES GRANÍTICOS Y LAMPROFÍDICOS

Los gneisses y anfibolitas descritos están intruidos por algunos filones de granitos aplíticos de microclina, los cuales aparecen concordantes o discordantes. Describiremos solamente un filón que aparece en el espolón entre Playa Chica y Playa Grande más o menos frente a la Virgen. Lám. v, Fig. 9 y Lám. xx, Fig. 40.

Estos granitos se presentan como roca blanca rosácea constituidos por un agregado muy fino de cuarzo y plagioclasa, con grandes cristales de microclina rosada y algunas manchas verdes de epidota. Presentan textura cataclástica muy acentuada; los granos de plagioclasa (oligoclasa) con tamaños de 0,2 a 0,4 mm, tienen las líneas de maclas fuertemente dobladas y desplazadas; además una granulación intensa; el cuarzo forma playas con granos de 0,2 a 0,4 mm con extinción levemente ondulosa. En esta masa cataclástica se han formado grandes cristales de microclina pertita superpuestos al agregado cataclástico. El único mineral fémico es algo de epidota diseminada en las áreas granuladas. Un análisis de esta roca figura en el cuadro II con el N^o E-1711.

Estos granitos están atravesados por filones que megascópicamente tienen el aspecto de lamprófidos, pues son rocas negras verdosas de grano muy fino y aspecto sedoso. Pero la observación microscópica revela que están constituidas principalmente por un agregado de hornblenda en cristales aciculares de 0,5 mm de largo, con pleocroísmo débil entre verde muy claro y amarillento en las secciones según (010), dispersos desordenadamente; entre ellos existen manchas de talco incoloro. No aparecen feldespatos lo cual naturalmente excluye la denominación de lamprófidos. Un análisis de esta roca aparece en cuadro N^o II con el N^o E-1712. Lám. IV, fig. 8.

Analizando las relaciones estructurales y petrográficas entre las rocas encajadoras, los granitos y las vetas de anfíbola podemos deducir que las dioritas y anfibolitas encajadoras fueron reemplazadas metasomáticamente por los materiales graníticos para formar los filones de granito pegmatítico rosados y que el material fémico sustraído a la roca encajadora para formar el reemplazo se ubica en las vetas de anfíbola, las cuales encierran restos de granito.

En varios otros lugares de Cartagena encontramos granitos análogos al descrito y también filones de espesartita con mayor o menor desarrollo de feldespato de modo que se establece una transición gradual entre vetas de anfíbola y espesartitas.

En la costa sur de la ensenada de Cartagena están bien visibles las rocas en un acantilado de 40 mts de altura de rumbo E W y casi rectilíneo interrumpido sólo por escasas ensenadas.

En el camino de Playa Chica a Estación de Cartagena se presentan en el corte de la carretera anfíbolitas atravesadas por granitos.

La anfíbolita es una roca negra verdosa de grano muy fino constituida por granos xenomorfos de andesina cálcica de 0,5 a 1 mm de diámetro envueltas en un agregado de anfíbola verde, en parte azuleja. Los feldespatos están bastante turbios por las inclusiones de arcilla; existe además zoisita, epidota y segregaciones de magnetita. La proporción entre feldespato y anfíbola es aproximadamente 1 : 1. En los planos de foliación llevan guías de tonalita.

Estas anfíbolitas están atravesadas por numerosos filoncitos de cuarzo y pegmatita en diversas orientaciones, pero a veces tienden a seguir ciertos planos dándole a la roca un aspecto foliado.

En ciertos casos la anfíbolita toma un aspecto porfiroblástico por el desarrollo de cristales mayores de andesina con aspecto algo heterogéneo, que se manifiesta en cierta extinción ondulosa, debido probablemente a la reunión de varios individuos menores en un cristal mayor; en ellos las líneas de maclas polisintéticas están dobladas; su composición corresponde a andesina An_{35} y llevan inclusiones de zoisita, epidota, actinolita y clorita. Los porfiroblastos están envueltos en un agregado milonítico granular muy fino de andesina sin maclas y cuarzo, en granos del orden de 0,02 mm con gran cantidad de anfíbola verde azuleja (alcalina). Existen también algunos porfiroblastos de anfíbola verde pálida muy destrozados y penetrados por el agregado granoblástico fino, el cual envuelve porfiroblastos y presenta cierta fluidalidad. A veces hay también agrupamientos de granos de cuarzo xenomorfos con débil extinción ondulosa.

En el acantilado las anfíbolitas se ponen en contacto con un potente filón de granito de microclina tectonizado con rumbo EW, inclinación de 50° al S y potencia de 20 m.

En este conjunto suelen aparecer lentes de una roca actinolítica, constituida casi exclusivamente por prismas de anfíbola actinolítica orientados en los planos de foliación, con escasa proporción de biotita y cuarzo. Esta roca se presenta en manchas irregulares rodeada por anfíbolita, y emite pequeñas ramificaciones hacia ella.

En el paquete de anfíbolitas suelen encontrarse algunas fajas de gneisses bandeados con estructuras en ojos, de color verdoso. Los ojos corresponden a cristales xenomorfos de andesina con longitud de 1 a 2 mm, cuyas líneas de maclas están fuertemente encorvadas (Lám. vi, Figs. 11 y 12); y envueltas en una masa de aspecto milonítico constituido por cuarzo y feldespato granulado, junto con anfíbola verde azuleja, epidota y apatita. Hay también ciertas fajas ocupadas por agregados xenomorfos de cuarzo introducidos posteriormente. Por el aspecto de estas rocas parece que correspondieran a rocas básicas que habrían experimentado un fuerte metamorfismo de dislocación, desarrollándose planos de foliación y penetración posterior de feldespato y cuarzo. A veces la anfíbolita está inyectada por cuerpos lenticulares de tonalita.

En la punta Yegua existen restos de materiales anfíbolíticos que no muestran texturas cataclásticas como los anteriores, sino granoblásticos. Son rocas de grano lino de color negro, macizas. La textura es porfiroblástica. La masa fundamental

está constituida por un agregado granoblástico de plagioclasa y anfíbola, con pequeñas cantidades de biotita; los granos de dichos minerales son más o menos equidimensionales, con diámetros de 0,2 a 0,4 mm y están dispuestos con un ligero bandeamiento, pero muy tenue. La plagioclasa corresponde a labradorita An₅₅, con una débil zonalidad, lleva maclas de Albita y a veces también de Carlsbad y de Periclina, suele contener inclusiones de apatita. La anfíbola tiene el siguiente pleocroísmo: Z = verde pasto oscuro, Y = verde pradusco oscuro, X = amarillento; a veces presenta tonos azulejos en los bordes y contiene abundantes inclusiones de magnetita. Esta roca es análoga a la de la pág. 34. Lám. v, fig. 10.

La biotita existe en escasa proporción, tiene pleocroísmo fuerte entre castaño oscuro, casi negro y amarillento, algunas hojitas llegan a tener 2 mm de largo y atraviesan a través de varios minerales, indicando una formación posterior en pequeñas grietas. Epidota se presenta en pequeña cantidad y la apatita relativamente abundante.

Los porfiroblastos son escasos y corresponden a labradorita An₅₅, su longitud llega a 2 mm. Un análisis modal de esta roca dio los siguientes valores:

Plagioclasa	52%
Anfíbola	40%
Biotita	5%
Magnetita, apatita y epidota	3%

En estas anfibolitas aparecen a veces inyecciones tonalíticas con contornos nítidos. Lám. xiv, fig. 27.

Rocas con características análogas aparecen en la parte norte del pueblo de Cartagena especialmente en el corte del camino cerca de la duna grande y también mencionamos un ejemplo en el perfil de Los Suspiros.

Las anfibolitas anteriormente descritas en ciertas partes muestran una alternación de fajas claras y oscuras, pero en otros son homogéneas. Hay también numerosos casos en que la distribución del material claro se produce en manchas, es decir, hay áreas irregulares de material claro dentro de otro más oscuro.

En el camino entre Cartagena y San Antonio, donde dobla para tomar rumbo al sur, aparecen bolsones irregulares de una pegmatita de anfíbola, la cual ha reemplazado a la anfibolita en manchas irregulares, las cuales toman el aspecto de un verdadero filón donde existió una grieta.

Las pegmatitas de anfíbola están constituidas por grandes cristales de plagioclasa y de anfíbola verdosa de 1 a 3 cm.

La plagioclasa corresponde a andesina cálcica con abundantes inclusiones y las líneas de maclas de Albita encorvadas. En partes está algo brechizada y los fragmentos de la brecha cementados por una andesina más sódica y sin maclas. A veces las grietas no están rellenas por este último material y entonces se presentan como fajas granuladas. La anfíbola es de carácter actinolítico de color verdoso y pleocroísmo poco acentuado. Lleva también magnetita.

El origen metasomático de esta pegmatita es evidente por la gran cantidad de inclusiones de plagioclasa que le dan el aspecto turbio y por la forma del depósito.

Desde la punta Yegua hacia el sur, más o menos hasta Panul, encontramos una serie de gneisses de inyección (migmatitas) con una foliación más o menos

pronunciada de rumbo EW y 50° de inclinación al S. Se trata en general de gneisses bandeados alternándose fajas claras y oscuras en un espesor de pocos milímetros, pero salvo raras excepciones, no hay una separación bien nítida entre ellas, pues existe una tendencia a desarrollarse una textura en ojos, estando constituidos éstos por granos de cuarzo y feldespatos, envueltos en una masa oscura de anfíbola y biotita; en algunas de las láminas predomina el material claro y en otras el oscuro, produciéndose así el bandeamiento. El espesor de las fajas varía entre 2 y 100 mm, pero cuando las fajas claras son gruesas siempre llevan una que otra intercalación de material oscuro. Lám. xiv, Fig. 28.

Las fajas claras tienen textura porfiroclástica con porfiroclastos de 1 a 3 mm xenomorfos, cuya composición corresponde a andesina An₄₀; pero a veces muestran cierta zonalidad; siempre están maclados según la ley de Albita, con menos frecuencia de Carlsbad y en casos raros de Periclina; generalmente las líneas de maclas son continuas a través de todo el cristal, pero en otros se acuñan desapareciendo. A veces se agrupan varios cristales xenomorfos para formar ojos hasta de 5 mm envueltos por la masa fundamental granoblástica, la cual se encorva en torno de ellos; algunos porfiroblastos tienen las líneas de maclas encorvadas, en otros se ven fracturamientos y penetración de biotita en las grietas y en ciertos casos también pirita. Suelen llevar inclusiones de cuarzo producidas por reemplazo y en el contacto entre los dos minerales se forma a veces epidota; es frecuente también la presencia de estos minerales a lo largo de los clivajes y de las líneas de maclas.

El cuarzo también forma a veces granos relativamente grandes constituidos por un agrupamiento de cristales xenomorfos con diámetros de 0,2 a 0,4 mm, con contornos endentados y extinción ondulosa poco pronunciada; suele llevar inclusiones de apatita.

La masa fundamental que liga los porfiroblastos de plagioclasa está constituida por un agregado granoblástico de cuarzo cuyos granos tienen diámetros de 0,2 a 0,4 mm y extinción ondulosa poco pronunciada. Forman parte de este mosaico algunos granos de plagioclasa con las mismas características que los porfiroblastos, hojitas de biotita con pequeñas cantidades de epidota, las cuales serpentean entre los granos, penetrando en las grietas. Se trata de una biotita fuertemente pleocroica, entre castaño oscuro y amarillento; junto con ellas aparecen pequeñas cantidades de magnetita.

Cuando los gneisses son más claros presentan una tectonización acentuada; las plagioclasas son del tipo oligoclasa, el mosaico de cuarzo es más abundante y hay penetración de micropertita y microclina, la biotita se ha convertido casi totalmente en moscovita, la cual aparece junto con epidota.

Las fajas oscuras están constituidas por un agregado de tendencia granoblástica y ligeramente porfiroblástica; los porfiroblastos corresponden a andesina An₄₀ con 1 a 3 mm de diámetro, bastante fracturados y con las líneas de maclas encorvadas; además en parte hay granulación; en las fracturas penetran hojitas de biotita. Los fenocristales de anfíbola aparecen en prismas sin caras terminales de 1 a 2 mm de largo, a veces entrelazados con biotita; muestran el siguiente pleocroísmo : Z = verde oliva; Y = verde oscuro; X = pardo verdoso; ella corresponde a hornblenda, algunos cristales tienen color azulejo, indicando cierta proporción de álcalis; en ciertos individuos se ven guías de magnetita y granitos de zircón con aureolas pleocroicas poco pronunciadas. Lám. vii, Figs. 13 y 14.

Aunque la composición de las diversas fajas varía considerablemente, indicamos a continuación dos análisis modales:

	Faja Clara (E-184)	Faja oscura (E-184 a)
Plagioclasa	33,3%	39,5%
Cuarzo	33,3%	11,9%
Anfibola	29,8%	30,6%
Biotita	3,4%	18,0%

Se podría considerar este conjunto de gneisses bandeados como el resultado de inyección en la parte marginal del batolito tonalítico en contacto con el roof-pendant de una meladiorita o gabro transformada en anfibolita por tectonización.

Por efecto de la inyección se ha producido no sólo el bandeamiento sino que también la textura granoblástica a porfiroblástica de que hemos hablado más arriba.

En algunos casos los gneisses están muy homogeneizados y se puede hablar de tonalitas gneissoides. Lám. xv, Fig. 29.

Por la descripción de las muestras anteriores se deduce que estos gneisses inyectados entre la ensenada Panul y Punta Yegua son el resultado de procesos muy complejos. En primer lugar está el desarrollo de rocas córneas de anfibolita producidas posiblemente en una zona de contacto de rocas básicas con un granito subyacente. Después se ha producido el destrozamiento de éstos por esfuerzos tectónicos y la penetración del material tonalítico, el que a su vez ha sido destrozado y recristalizado para formar los gneisses en ojos. Estos ojos de feldespato han crecido dentro de la roca trama empujando lateralmente la anfibola y biotita.

En la cantera Panul se presentan migmatitas en las cuales se puede apreciar las modificaciones que experimenta el conjunto tonalita-anfibolita.

Describiremos las características en que aparecen las distintas fases en la migmatita (Lám. xv. Fig. 30). La roca trama N^o 4 (Fase I) es una roca negra de textura sacaroides con las siguientes características microscópicas:

Agregado granoblástico de andesina biotita y epidota. La andesina aparece en granos xenomorfos de 0,2 a 0,5 m., sin maclas o con maclas rudimentarias. La biotita se presenta en hojitas que entrelazan los feldespatos; tiene pleocrismo entre pardo verdoso y amarillento y a veces las hojitas están dobladas. La epidota constituye granos irregulares hasta de 1 mm., incoloros o débilmente amarillentos.

Esta roca debe ser el resultado del metamorfismo termal de gabros o meladioritas.

La roca N^o 3 (Fase II) es un gneiss de biotita y oligoclasa, color plumizo constituida por granos xenomorfos de feldespato blanco rodeados por cintas de biotita.

Bajo el microscopio muestra textura en ojos; aparecen granos de oligoclasa xenomorfos de 1 a 2 mm. con maclas de Albita poco desarrolladas, a veces encorvadas; ellas están envueltas por biotita y en partes se presentan agregados de cuarzo en granitos pequeños.

Esta muestra corresponde a una fase más avanzada desde la roca córnea 4 y se ha producido por el desarrollo de ojos de oligoclasa que crecieron, a modo de porfiroblastos, empujando las hojas de biotita.

La muestra N^o 1 (Fase III) es un gneiss análogo al de la muestra 3, pero de cristalización más gruesa.

Bajo el microscopio aparecen fenocristales xenomorfos de oligoclasa con abundantes inclusiones y maclas de Albita, generalmente solo en una parte del cristal, envueltos por un agregado pavimentoso de cuarzo en granos xenomorfos de 0,1 a 0,5 mm y biotita en jirones dentro del agregado de cuarzo.

La muestra N^o 2 también es porfídica con fenocristales de oligoclasa fuertemente tectonizados envueltos en un agregado pavimentoso de cuarzo en granos de 0,1 a 0,5 mm con muy escasas hojitas de biotita. Como se ve en la fotografía ella tiende a formar guías aplíticas.

En la ensenada Panul los gneisses inyectados están fuertemente granitizados por la penetración de granito de microclina, dando lugar a la formación de numerosas estructuras brechosas y esquistitas.

En la costa N de la bahía de San Antonio, a lo largo del camino que va a Cartagena, aflora un conjunto de gneisses con cierta disposición en bancos (aunque poco marcada) y colores que van del blanco al gris, en partes rosáceos. Lám. XXI, Figs. 41-42; Lám. XXII, Figs. 43 y 44.

Estos gneisses están constituidos por plagioclasa, cuarzo, microclina, epidota. En algunos ejemplares abunda la titanita y apatita, zircón aparece en pequeñas cantidades. La anfíbola original ha sido transformada casi totalmente en biotita y se conserva sólo en ciertas reliquias.

La textura consiste en un mosaico de granos de cuarzo xenomorfos con diámetro de 0,3 a 0,6 mm y extinción ligeramente ondulosa, dentro del cual aparecen los cristales de oligoclasa cuya composición varía de An₂₅ a An₃₀ y tienden a tomar la forma de ojos por corrosión en los bordes; a veces el agregado de cuarzo los envuelve. Estos cristales muestran siempre las maclas de Albita, por lo general bastante dobladas y rotas en algunas partes; en menor proporción aparecen las maclas de Carlsbad y Periclina. En ciertos casos la plagioclasa se convierte en una antipertita por la presencia de numerosos cristallitos de microclina en su interior, los cuales guardan la misma orientación óptica.

A veces aumenta considerablemente la proporción de microclina hasta reemplazar casi totalmente al cristal de oligoclasa, lo cual da origen a microclina pertita con un fondo de microclina y venillas de oligoclasa. En ciertos casos se forma en los bordes algo de mirmequita. Cuando la microclina es más abundante el granito presenta un aspecto más rosáceo. Lám. VIII, Fig. 15.

Los granos de microclina, con su enrejado característico, están dispersos dentro de la masa total, ya sea en contacto con el cuarzo o con la plagioclasa y son siempre xenomorfos; en algunos casos la microclina forma fenocristales hasta de 5 mm que encierran poikilíticamente granos de cuarzo, plagioclasa y biotita.

El cuarzo, además de presentarse en forma de mosaico, suele constituir granos hasta de 1 mm pero entonces muestra extinción ondulosa muy acentuada.

La biotita aparece en laminillas de 0,2 a 0,5 mm con pleocroísmo entre castaño e incoloro, suele encerrar inclusiones de zircón con aureolas pleocroicas débiles, las que se acentúan algo cuando la biotita está cloritizada. Muy rara es la presencia de moscovita. Generalmente la biotita se presenta junto con epidota y

ambos minerales se ubican formando cintas que rodean los otros granos de las rocas y penetran en guías diminutas, tanto en los feldespatos como en el cuarzo. Junto a ella suele aparecer algo de titanita que a veces forma manchas relativamente grandes. Al aumentar la cantidad de biotita el granito toma colores grises más acentuados.

Dentro de estos gneisses se encuentran algunas rocas más oscuras cuya composición corresponde a melatonalita. Un ejemplo de éstas es una roca de color gris negruzco formada por feldespato blanco y anfíbola y biotita negra. La textura es hipidiomorfa granular. La plagioclasa corresponde a andesina (An_{40}) en cristales de 0,5 a 2 mm, algunos tienen las líneas de macla de albita algo encorvadas, pero esto no es general. La hornblenda es muy abundante y tiene pleocroísmo $Z =$ verde oliva, $X =$ amarillo claro; a veces aparece algo cloritizada y lleva inclusiones de zircón con aureolas pleocroicas débiles, otras veces muestra colores azulejos por la presencia de álcalis. La biotita reemplaza a la anfíbola, tiene pleocroísmo entre castaño verdoso y amarillento claro. Entre los cristales de plagioclasa hay pequeñas cantidades de cuarzo, a veces formando cristales grandes con extinción ondulosa marcada, o bien como un mosaico de granos pequeños. La titanita es relativamente abundante y en menor proporción existe apatita; también se encuentra cierta cantidad de epidota.

Un análisis modal dio:

Plagioclasa	31,4%	Anfíbola	28,4%
Cuarzo	19,5%	Titanita	11,3%
Biotita	7,5%	Apatita	1,9%

En la zona de contacto de los gneisses granitizados con los gneisses de Cartagena, que se produce entre las ensenadas de Agua Salada y Panul, la roca encajadora lleva numerosos filones del granito que le dan el aspecto de brecha, o bien por la penetración del material granítico en fajas dentro de la meladiorita, ella toma el aspecto de gneisses inyectados, es decir un gneiss con fajas oscuras y claras alternadas. La parte clara tiene las mismas características que las granodioritas gneissoides descritas más arriba, aunque con una ligera tendencia porfídica por el mayor tamaño de los cristales de oligoclasa; también existen aquí los grandes cristales de microclina que reemplaza la masa fundamental de cuarzo y oligoclasa o a los fenocristales de oligoclasa, formándose por este proceso cristales de micropertita o de antipertita. La parte oscura es más rica en biotita.

En esta zona pueden observarse algunos filones inyectados en las migmatitas. Se trata de una roca blanca de grano fino de textura sacaroide, con numerosas inclusiones de biotita y algunos cristales de feldespato blanco lechoso. Bajo el microscopio muestra cristales de oligoclasa doblados envueltos en un mosaico de granos de cuarzo de 0,1 a 0,2 mm. En este mosaico se suelen encontrar algunos granos mayores hasta de 1 mm, con extinción fuertemente ondulosa, lo cual contrasta con los granos chicos en los cuales la extinción es lisa y parecen haberse formado por la destrucción de los anteriores y neocrystalización, lo cual es muy probable por cuanto a veces dentro de los cristales grandes con extinción ondulosa aparecen otros pequeños con extinción lisa, y evidentemente provienen de un reemplazo; también suelen aparecer estos granos dentro de la plagioclasa. La plagioclasa corresponde a oligoclasa An_{20} , lleva maclas de Albita y a veces también de Carlsbad y Periclina; se presenta generalmente en granos ovoidales ro-

deados por el mosaico de cuarzo; con frecuencia llevan inclusiones de epidota y guiecillas de biotita. La biotita se presenta en guías de hojitas rodeando los cristales de plagioclasa, a los cuales reemplazan parcialmente y además penetra en guías dentro del mosaico de cuarzo, por lo cual se observa un mosaico muy fino de cuarzo con biotita y epidota, el cual tiene aspecto de cuarcita de biotita. Esta última suele estar transformada en sericita. Por la forma en que se presenta esta roca parece corresponder a un dique de cuarzo que penetró en una zona milonítica.

El efecto de la penetración granítica en la anfibolita del techo es relativamente de poca importancia y se manifiesta sólo por un aumento en la cantidad de biotita a expensas de la anfíbola, cierta alcalinización de ésta señalada por los colores azulejos, y penetración de cuarzo, titanita y apatita; la primera suele llegar a ser muy abundante. Además hay ciertas modificaciones en la textura, perdiéndose el aspecto granoblástico debido a que la anfíbola tiene la tendencia a formar prismas alargados y no granos equiláteros como en las anfibolitas originales. También se observa la penetración de finas películas de ortoclasa en los contornos entre granos de cuarzo y feldespato.

Los filones graníticos del contacto son granitos de microclina de cristalización gruesa, con escasa proporción de oligoclasa, y cierta cantidad de moscovita, disminuyendo la de biotita. Aparecen algunas guiecillas de cuarzo y epidota atravesando la microclina.

Por estas descripciones se ve claramente que en la zona comprendida entre Panul y San Antonio existieron las mismas migmatitas (gneisses inyectados) que en Cartagena, las cuales han experimentado una intensa granitización por la penetración de microclina, probablemente con algo de cuarzo. Es decir, se trata de un fenómeno análogo al que hemos descrito para la zona de Santo Domingo, con la diferencia que en esta última localidad la roca huésped fue la tonalita, mientras que en San Antonio fueron los gneisses inyectados.

En la parte S de la ensenada de Panul se presenta una tonalita de anfíbola (Lám. VIII, Fig. 16), que contrasta grandemente con los gneisses predominantes en toda la costa. Es una roca castellana gris clara, de grano medio de textura hipidiomorfa granular. La plagioclasa aparece en cristales hipidiomorfos de 2 a 4 mm, con maclas de Albita, Carlsbad y a veces Periclina, su composición es andesina An_{30} ; pero algunos cristales presentan estructura oscilante poco pronunciada; a veces contienen pequeñas inclusiones de cuarzo y con frecuencia de ortoclasa, ya sea en manchitas irregulares o en venillas. El cuarzo rellena los intersticios entre los cristales de plagioclasa formando conjuntos de granos xenomorfos y reemplaza la plagioclasa, corrientemente lleva guía de ortoclasa que parten de los límites entre los granos de plagioclasa y cuarzo. La ortoclasa existe también dentro de los granos de plagioclasa y además forma granitos xenomorfos de 1 mm con aspecto rugoso, que hace pensar en una micropertita, pero no se pueden diferenciar las venillas. La anfíbola es una hornblenda con pleocroísmo entre verde claro y amarillento en las secciones según (010); a veces está transformada en mica verde con segregación de titanita y epidota; además es frecuente la presencia de grandes manchas de magnetita en su vecindad. La biotita existe en menor proporción que la anfíbola, en hojitas de 0,2 a 0,4 mm, tiene pleocroísmo entre castaño y pardo amarillento. Además de los minerales accesorios mencionados, magnetita y titanita, existe regular cantidad de apatita. Esta roca tiene todas las características del Batolito Central.

ROCAS HIPABISALES.

Los granitos gneissoides están atravesados por dos tipos de rocas filonianas: lamprófidos y aplitas.

Los *lamprófidos*, son rocas granulares de grano fino, ricas en minerales fé-micos, de color negruzco, ligeramente verdoso, formados por cristales aciculares de hornblenda negra, hasta de 2 mm, entre los cuales existen feldespatos ver-dosos. La textura es granular, con tendencia a intersertal, con cristales de hornblen-da de 1 a 2 mm de largo con el siguiente pleocroísmo:

X = amarillento; Y = verde oliva; Z = verde pasto

esta anfíbola en parte está transformada en tremolita y epidota. Entre los cris-tales de hornblenda aparecen agrupamientos de oligoclasa y cuarzo.

Esta roca, aunque de grano más grueso, tiene las mismas características que los lamprófidos tan abundantes en la región. En la Punta Yegua ellos forman pequeños macizos.

Las aplitas presentan las mismas características que las descritas para la re-gión de Santo Domingo.

Cartagena-Las Cruces.

Hacia el norte del balneario de Cartagena se pueden seguir las meladioritas y anfibolitas hasta cerca de Las Cruces, pero en este sector disminuyen las zonas foliadas y las rocas toman un aspecto más macizo, ya sea de grano fino bien homogéneo o con cristales de feldespato dispersos que a veces aumentan hasta convertir la roca en una diorita normal.

En el corte del camino frente a la duna grande se pueden estudiar bien estas variaciones.

La roca original es una meladiorita negra verdosa constituida por un agre-gado de andesina An₄₀ y hornblenda en granos de 0,5 a 1 mm, la cual en partes lleva señales de tectonización que se manifiesta por cierta granulación de los cristales, dobladura de las líneas de maclas y textura paralela. En parte se ha convertido en un gneiss granoblástico análogo a los que existen en la puntilla de Cartagena, entre Playa Grande y Playa Chica.

Aunque por la heterogeneidad de la roca es difícil tener un análisis modal correcto anotamos algunos valores obtenidos:

Muestra	E-242	E-1616	E-1613	E-1614
Plagioclasa	43%	40%	51%	27
Hornblenda	56%	60%	49%	72
Epidota, magnetita, etc.	1%	—	—	1
E-242	Meladiorita de grano fino			
E-1616	" tectonizada			
E-1613	" de grano medio			
E-1614	" de grano grueso con tendencia a pegmatita de anfíbola.			

Se ve por estas cifras que en estas rocas existe una fuerte tendencia al agrupamiento de la plagioclasa y anfíbola.

En la falda poniente del Cerro Capellanía aflora un filón de granito de microclina N 86E/50° S fuertemente tectonizado que en partes está transformado en milonita con los fragmentos de cuarzo y microclina nadando entre guías constituidas por un agregado fino de epidota. En las vecindades también la meladorita muestra señales de fuerte tectonización y crecimiento de los cristales de anfíbola y andesina.

Las Cruces.

En Las Cruces encontramos la zona de migmatitas en la costa N de Playa Grande y también en las diversas puntillas como El Lacho, Quiquel y la Puntilla. Pero esta zona de migmatitas no penetra muy al interior pues allí predomina la tonalita en su aspecto normal, cubierta en parte por los sedimentos terciarios.

Las migmatitas de esta región son de un tipo análogo a las de Cartagena, es decir que entran en su formación tres tipos de materiales: a) esquistos metamórficos, b) tonalitas y c) granitos.

ESQUISTOS METAMÓRFICOS.

Anfibolitas.

Son de color negro grisáceo y textura granoblástica; en ellas gran parte de la anfíbola está transformada en biotita seguramente por efecto de la introducción de materiales potásicos derivados del granito de microlina, de modo que se puede hablar en realidad de rocas de andesina y biotita; juntamente con los materiales potásicos ha penetrado algo de fósforo que se ha fijado dentro de los feldespatos en forma de apatita.

En este grupo participan también otros elementos que no encontramos en las migmatitas de Cartagena ni del Tabo y son los siguientes:

Esquistos Sericiticas.

Elas aparecen en bancos delgados al E de la Caleta. Son rocas de color ne-gruzco, aspecto verdoso, formadas en su mayor parte por hojitas muy finas, constituidas por sericita fibrosa, en parte recrystalizadas a moscovita; existen también algunas láminas de biotitas alargadas, orientadas longitudinalmente con pleocroísmo débil; en muchas de ellas se ha segregado abundante magnetita. En partes se encuentran pequeños ojos de oligoclasa sin maclas que encierra poeciloblásticamente cristalitos de sericita. También existe algo de clorita verde pálida.

Esta roca contrasta fuertemente con las anfibolitas que forman la base de las migmatitas de la región y tanto por la textura como por la constitución mineralógica no parecen corresponder a un producto de alteración sericítico sino más bien a un sedimento arcilloso metamorfoseado.

Esquistos de Labradorita y Clorita.

Se encuentran formando la base oscura de la migmatita en La Caleta. Son rocas de color gris oscuro, grano muy fino y textura sacaroide. Bajo el micros-

copio aparecen constituidas por granos xenomorfos de labradorita An_{60} y en menor proporción de cuarzo con diámetro que varían de 0,1 a 0,5 mm, excepcionalmente aparecen algunos de 2 mm. Los granos están envueltos por una masa fibrosa de clorita verde muy pálida a incolora, posiblemente mezclada con serpentina, la cual a veces penetra en haces dentro del feldespato y está salpicada con calcita. Sobre esta masa se superponen hojitas de biotita con pleocroísmo entre café rojizo y amarillento, con largo hasta de 0,5 mm y de moscovita.

Las hojitas de biotita tienen el aspecto de micas clásticas por las pequeñas dobladuras. Esta roca contrasta fuertemente con las que forman la base de la migmatita y parecen haber sido originalmente sedimentos, lavas y tobas que han alcanzado un metamorfismo de bajo grado.

Cuarcita de Biotita.

Ella aparece en forma de listas negras de 5 cm de ancho dentro del granito y contiene ojos de éste último. Tiene color gris café, textura sacaroides de grano muy fino algo bandeada; en los planos de foliación se han introducido guías de cuarzo y feldespato; los ojos de granito que encierra contienen algo de granate (espesartita). Bajo el microscopio muestra textura cristaloblástica y aparece constituida por un agregado de granos de cuarzo xenomorfos, cuyo diámetro oscila entre 0,1 a 0,5 mm. Aparecen algunos mayores pero formados por la unión de dos o tres de estos granos individuales. Existen también algunos granos xenomorfos de oligoclasa, pero en muy pequeña cantidad y casi siempre bastante arcillizados.

La biotita, en forma de jirones, está dispersa en toda la masa y ubicada en los contactos entre los granos de cuarzo, es de color café rojizo con pleocroísmo débil. Suelen encontrarse pequeños granos de granate ligeramente birrefringentes. Aparecen algunos porfiroblastos de microclina micropertita envolviendo a los otros granos, los cuales penetran en guías diminutas por los planos de foliación.

Como esta roca está encerrada en la tonalita, se encuentran todas las transiciones entre un estado puro y la tonalita que conserva cantidades apreciables de este material, es decir, formando un gneiss de mezcla. Entonces toma el aspecto granular grueso con un fondo de la cuarcita y abundantes ojos de feldespato y cuarzo en disposición bandeada.

Los grandes cristales de andesina An_{30} y cuarzo de la tonalita han reemplazado el material de la cuarcita biotítica, quedando algunos de los cristales encerrados por ellos y otros bordeados. Además algunos cristales de granate. Existe también algo de microclina en guías como fenómeno final del proceso.

Rocas Córneas de Anfibola y Labradorita.

Estas rocas tienen las mismas características que las descritas para la región de Cartagena, observándose también aquí las transiciones entre aquellas con textura granoblástica bien definida y otras con textura hipidiomorfa granular.

Sin embargo, hay que recalcar una diferencia importante; en las rocas de Cartagena no se encontró granate, ni tampoco las pizarras sericíticas y las rocas córneas de biotita e hiperstena, lo cual parece indicar que los materiales originales en este sector fueron diferentes, con predominio de los sedimentos.

Rocas análogas con granate se han encontrado en los cerros que caen a quebrada Venegas, al interior del estero Las Palmas, donde aparecen algunas cuarcitas de biotita con granate.

Estas serían las únicas manifestaciones de sedimentos invadidos por el batolito hercínico, y probablemente son anteriores al ciclo eruptivo básico que dio origen a las anfibolitas.

Aparacen también rocas córneas de labradorita An_{65} y diópsido-clino enstatita.

TONALITAS.

Estas rocas a veces aparecen en su estado original en forma de filones, los cuales generalmente han asimilado bastante material de las rocas metamórficas. Tales filones son concordantes con la foliación o discordante; pero en general se observa una fuerte asimilación del material oscuro de las rocas córneas, el cual ha sido recrystalizado en forma de biotita que envuelve los granos de plagioclasa y cuarzo de la tonalita, formándose los gneisses castellanos análogos a los que existen en la costa entre Cartagena y San Antonio, es decir gneisses de mezcla.

En los escasos afloramientos donde se puede ver la tonalita más o menos pura, se observa un engranaje con las rocas córneas como indica la figura 9.

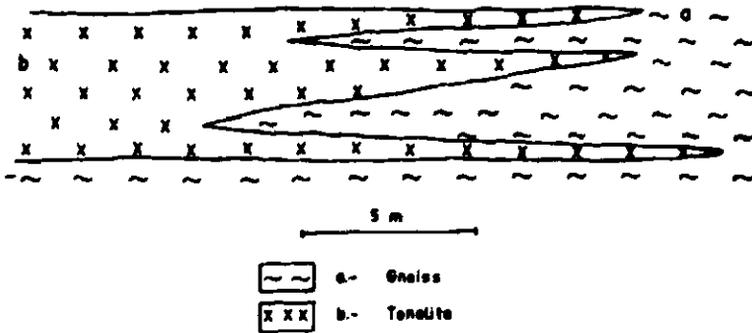


Figura 9. Tonalita que engrana con rocas córneas del sector Las Cruces

Pero aun en la parte izquierda de la figura la tonalita no está enteramente exenta de asimilación, lo cual se manifiesta en cierta tendencia gneíssica. En algunas partes la tonalita ha experimentado algo de milonitización presentándose con características análogas a las tonalidades milonitizadas del Quisco y Algarrobo, es decir en forma de una micro brecha con fragmentos de plagioclasa y cuarzo y una pasta clorítica con algo de epidota. Esta milonitización parece ser posterior a la formación de la microclina micropertita.

Los componentes de la tonalita: son plagioclasa, cuarzo y biotita. La composición de la plagioclasa es algo variable, en promedio corresponde a oligoclasa-andesina An_{30} , pero llega a valores más altos en An (hasta An_{45}) cuando el material asimilado está en mayor proporción. Estas plagioclasas nunca están enteramente exentas de microclina, la cual se presenta como pequeñas inclusiones o en venillas dentro de los cristales o rodeándolos. Las líneas de maclas polisintéticas con frecuencia están encorvadas, fracturadas. El cuarzo presenta extinción ondulosa acentuada y la biotita aparece incluida entre los minerales anteriores o rodeándolos.

Por aumento de la cantidad de microclina la tonalita pasa sucesivamente a granodiorita, monzonita cuarcífera y granito, pero estas diversas especies se presentan irregularmente y no como intrusiones separadas y bien definidas.

APLITAS.

Dentro de los gneisses aparecen algunas fajas de granito de microclina, generalmente de textura sacaroides y grano fino, color blanco, a gris rosáceo. Ellas están constituidas principalmente por microclina, cuarzo y escasa plagioclasa y biotita. La microclina está reemplazando a los otros minerales y a veces formando agregados granoblásticos con granos de 0,2 a 0,5 mm. Esta microclina a veces es pertítica, pero en grado mucho menor que las microclinas de los granitos y pegmatitas del Quisco. Por las características de estas rocas se trata de inyecciones de material potásico dentro de los planos de foliación del gneiss produciéndose el reemplazo de los minerales preexistentes. En algunas de estas rocas aparece algo de granate.

LAMPRÓFIDOS.

Existen también algunos escasos filones de espesartita con las mismas características que en Cartagena.

GNEISSES INYECTADOS.

Por la mezcla de los elementos anteriores se originan los gneisses inyectados que tienen estructura bandeada, alternándose fajas grises de grano muy fino con otras que contienen ojos de feldespato de 1 a 2 cm de largo y estratificadas. La masa fundamental está constituida por un agregado granoblástico de labradorita An_{60} y biotita con diámetro de 0,2 a 0,5 mm, es decir corresponden a las rocas córneas de biotita. En contacto con estas áreas aparecen grandes manchas de microclina pertita y en menor proporción de cuarzo, con límites bien nítidos con la masa fundamental, salvo la formación de pequeñas cantidades de mirmequita en los contactos entre la microclina y la plagioclasa. Suelen llevar a veces cierta cantidad de granate. En algunas ocasiones la microclina ha desarrollado sus maclas sólo en una parte del cristal.

Los gneisses inyectados con tonalita tienen las mismas características que los descritos para Cartagena. Presentan una textura cataclástica acentuada. El fondo está constituido por un agregado de granos xenomorfos de plagioclasa y cuarzo, con diámetro entre 1 y 10 mm. La plagioclasa corresponde a andesina An_{45} , pero muestra una ligera zonalidad y contiene algunas inclusiones de microclina; las líneas de maclas están fuertemente encorvadas. Los granos de cuarzo tienen extinción ondulosa pronunciada.

En los bordes de los cristales antes mencionados se ha producido una granulación, formándose así un agregado cataclástico de plagioclasa y cuarzo, el cual está fuertemente reemplazado por biotita, de modo que ella tiende a formar guías que rodean a los otros minerales. Esta biotita tiene pleocroísmo entre café rojizo y café amarillento, es decir, es diferente de la que aparece en los gneisses de Cartagena y de las tonalidades del Quisco; suele llevar inclusiones de zircón con aureolas pleocroicas débiles.

Granate aparece en regular cantidad; corresponde a la serie pyralspita, es decir se trata de granate de Mg Fe, Mn y Al. Está comúnmente entrelazado con las agrupaciones de hojas de biotita o diseminado con las zonas milonitizadas; se presenta en granos de 1 a 5 mm.

Por fin, la roca lleva grandes porfiroblastos de microclina pertita que se superponen sobre las áreas miloníticas. Ella aparece también como inclusiones dentro de la plagioclasa.

De la descripción anterior y de las condiciones del terreno se puede deducir que esta roca representa una migmatita producida por la mezcla de las rocas córneas con material tonalítico. Posteriormente ha experimentado una milonitización intensa que dio lugar a la penetración de las guías de biotita y al granate, provenientes de la movilización de los elementos ferromagnesianos de la roca córnea. Los grandes porfiroblastos de microclina son posteriores a la milonitización y le comunican un aspecto de granito rapakivi, pero sin la aureola de oligoclasa.

Naturalmente que también existe posibilidad que correspondieran a una roca córnea transformada en epidiorita y después milonitizada y gneissificada. Abonaría esta hipótesis la composición de la plagioclasa que se acerca más a las rocas córneas.

El Tabo.

En el Tabo las rocas del Batolito de la Costa se presentan en una disposición muy heterogénea por la presencia de xenolitas de anfibolita, filones lamprofidicos ligados a las mismas y una fuerte gneissificación en ciertos sectores; para dar una idea más o menos completa de estos fenómenos describiremos en detalle algunos ejemplos.

Frente al hotel del Tabo se encuentra un afloramiento representado en LAM. XXIII, Fig. 45, en el cual existe una xenolita negra *b* (E-1574) que muestra contactos bien nítidos con el granito *a* (E-1572) el cual suele penetrar en forma de guías y encierra fragmentos de la anfibolita; pero a veces estas guías están atravesando material oscuro y el granito se transforma en tonalitas de anfíbola. De las xenolitas de anfibolitas parten algunas guías *c* (E-1571) que tienen el aspecto de filones lamprofidicos con corrida de más o menos 8 m y potencia de 0,15 mm. Los filones son generalmente paralelos y atraviesan no sólo el granito sino también la xenolita, pero es más frecuente el caso en que se inicien en esta última y se prolonguen por varios metros para terminar en cuña. En el granito hay partes más claras y otras más oscuras. El filón mencionado atraviesa en partes anfibolitas granitizadas *a* penetradas por granitos aplíticos *b*. LAM. XXIII, Fig. 46.

Los filones lamprofidicos son generalmente paralelos y atraviesan no sólo el granito sino también las xenolitas, pero es más frecuente el caso en que se inicien en estas últimas y se prolonguen por varios metros dentro del granito para terminar en cuña. Dentro de estos filones suelen encontrarse pequeños tabiques de granito.

Describiremos a continuación los tipos de rocas mencionados.

Anfibolita *b* (E-1574). Es una roca negra, ligeramente verdosa, aspecto algo sacaroides con textura granoblástica a porfiroblástica. Los porfiroblastos corresponden a actinolita con las siguientes constantes ópticas:

$$\begin{aligned} Z : c &= 17^\circ; Z = X = 0.029; 2V = -85^\circ \\ Z &= 1.653 \pm 0.003; \quad \gamma = 1.641 \pm 0.003; \quad X = 1.627 \pm 0.003 \\ Z &= \text{café verdoso}; \quad \gamma = \text{café claro}; \quad X = \text{café claro verdoso.} \end{aligned}$$

Según Winchell, la composición sería actinolita con 30% de ferrotromolita.

El tamaño de los cristales varía de 0,5 a 1,0 mm; son por lo general xenoblástico, pues tienden a formar agregados granoblástico con la biotita. Esta última se presenta en general con tamaños muy variables desde 0,1 a 1,0 mm; tiene pleocroísmo entre amarillento muy pálido y café rojizo; $X = 1.578$; $Z = 1.610$ ($\pm 0,003$).

La plagioclasa aparece en granos xenomorfos de 0,1 a 0,5 mm, generalmente incluidos poeciloblásticamente dentro de la actinolita y corresponde a labradorita cálcica.

La composición modal es la siguiente:

Anfibola 29,3%.	Plagioclasa, 24,7%.
Biotita, 23,2%.	Cuarzo, 1,0%.
Anfibola alterada, 12,6%.	Opacos, 0,8%.
Clorita, 8,4%.	Granate, indicios.

Esta xenolita proviene seguramente del metamorfismo de anfibolitas por acciones hidrotermales que transforman la hornblenda en actinolita.

La xenolita antes descrita está envuelta por el granito y de ella parte la guía *c* que corresponde a un lamprófidio.

En las partes vecinas a la xenolita la guía aparece como una roca negra densa de grano muy fino, la cual bajo el microscopio muestra textura porfídica con fenocristales de clinopiroxena con estructura de reloj de arena, dentro de una masa constituida por cristales fibrosos de anfibola pardo verdosas de 0,2 mm de largo, clorita, serpentina y zoisita. Esta composición, salvo en lo que respecta a la augita, está demostrando la participación de soluciones acuosas en su formación.

A mayor distancia de la xenolita los prismas de piroxena están transformados en clorita con inclusiones de epidota y zoisita, conservándose algunos núcleos de augita. El tipo de clinopiroxena no se pudo determinar, pero probablemente corresponde a diópsido con cierta proporción de clinoenstatita.

El granito *a* que envuelve la xenolita es un granito de microclina (E-1572) de color blanco, ligeramente grisáceo con algunas manchas oscuras de biotita negra verdosa y otras amarillentas de limonita. bajo el microscopio muestra las siguientes características:

Textura pan alotriomorfa granular con granos de 0,5 a 1,0 mm. Está constituido por plagioclasa, microclina, micropertita, cuarzo y biotita. La plagioclase existe en proporción inferior a 5%, corresponde a andesina y con frecuencia está bastante sericitizada. La microclina, con enrejado característico, ocupa manchas hasta de 10 mm. de diámetro, en ella es frecuente la macla de Carlsbad; la mayoría de los cristales encierran abundantes inclusiones de cuarzo y a veces de moscovita. El cuarzo ocupa playas rellenas con la agrupación de varios individuos xenomorfos con extinción ondulosa. La biotita, fuertemente cloritizada, aparece en guías cortas constituidas por hileras de hojitas que serpetean entre los espacios intergranulares.

Por estos caracteres la roca parece corresponder a una tonalita que ha sido reemplazada en gran parte por microclina. Llama la atención que la microclina es enteramente blanca, en oposición a la que tenemos en otras partes donde es rosada o gris oscura.

El granito en partes contiene mayor proporción de material oscuro, y su aspecto es menos homogéneo (E-1573) por la repartición desigual de la biotita

y por la presencia de cristales grises. Bajo el microscopio muestra las siguientes características:

Textura hipidiomorfa granular, constituida por un agregado de plagioclasa, cuarzo, microclina y biotita. La plagioclasa se presenta en cristales con tamaños variables entre 0,7 y 4 mm.; con maclas polisintéticas bien desarrolladas, a veces ligeramente encorvadas o desplazadas por microfracturas; corresponde a oligoclasa cálcica. El cuarzo forma grandes playas constituidas por una agrupación de granos con extinción ondulosa muy pronunciada, penetrando en forma de bahías en la oligoclasa. La microclina aparece en granos irregulares en contacto con el cuarzo o con la plagioclasa, suele encerrar granos de cuarzo y a veces penetra en guías diminutas dentro de este mineral y en el contacto con la plagioclasa suele desarrollar mirmequita. Se observan algunas guías muy irregulares de agregados granulares finos constituidos principalmente por cuarzo, epidota, clinozoisita y algo de apatita; cuando estas guías atraviesan la plagioclasa, ésta ha sido fuertemente sericitizada. Estas guías son el resultado de procesos hidrotermales los cuales han originado también la formación de clorita verde, fuertemente pleocroica con color de polarización azul y penetran en forma de cuña dentro de los otros granos, aun del cuarzo.

Esta roca corresponde a monzonita cuarcifera proveniente del reemplazo parcial de una tonalita por feldespato potásico. Parece que con posterioridad se ha producido cierto fracturamiento y la penetración de soluciones hidrotermales.

Hacia el E de la xenolita descrita anteriormente se puede observar el siguiente perfil: fig. 10.

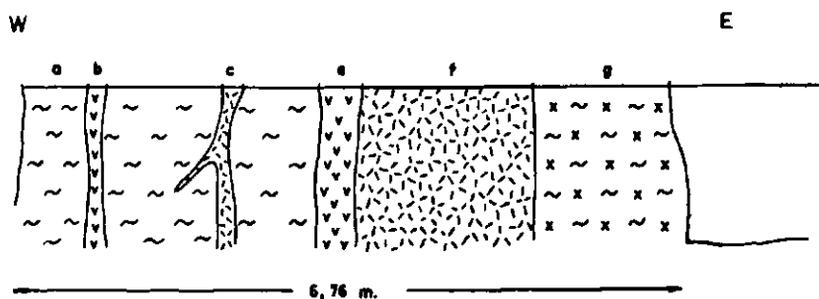


Figura 10. Perfil frente al Hotel El Tabo

- a \approx 0,60 cm Anfibolita. Roca córnea de actinolita, biotita, augita, plagioclasa, pertenece al mismo cuerpo que la xenolita E-1574 descrita en pág. 48 con guías de granito de microclina.
- b \approx 0,16 cm Lamprófido vertical de rumbo N 85 W el cual corre 4 mts por la roca córnea y después entra en un macizo de granito de microclina que inyecta la roca córnea hacia el poniente.
- c \approx 2,00 cm Anfibolita igual al tramo a con inyecciones graníticas.
- d \approx 0,30 cm Granito igual al que forma las ramificaciones de la faja de anfibolitas c (E-1581).
- e \approx 0,90 cm Lamprófido N 75 W, vertical, continúa por 20 m al N y al S después se pierde en la arena. Es análogo al de la faja b, pero con alteración deutérica más intensa.
- f \approx 0,60 cm Granito igual al de la faja d.
- g \approx 2,20 cm Mezcla muy confusa de gneiss tonalítico contorsionado con xenolitas lenticulares y granitos blancos análogos a los de la faja d. La disposición de estas fajas se puede apreciar en la LAM. XXIV, Fig. 47.

Describiremos a continuación las características petrográficas de estos materiales:

b. El lamprófidio b (E-1580) es una roca de color gris negrusco, de grano muy fino. Bajo el microscopio muestra textura porfídica: Hay una masa fundamental de serpentina fibrosa incolora con índice de refracción. 1,54 (antigorita y clorita) dentro de la cual existen abundantes cristales de anfíbola parda verdosa y en menor proporción de clinopiroxena. Se encuentran también algunos cristales alargados de plagioclasa de 0,3 x 0,03 mm. cercana a oligoclasa, con maclas polisintéticas poco desarrolladas y en partes bien translúcidas. La piroxena es un diópsido con cierta proporción de hedenbergita y forma fenocristales hasta de 1 mm.

Este lamprófidio es análogo al que parte de la xenolita de anfibolita en la fotografía. LAM. XXIII, Fig. 45.

El granito E-1581 es un granito de microclina, albita, cuarzo y epidota de color blanco, ligeramente grisáceo a verdoso, grano medio. Bajo el microscopio muestra textura pan alotriomorfa con ligera tendencia a hipidiomorfa. La albita (An_2) aparece en cristales xenomorfos de 0,5 a 1 mm. con maclas, polisintéticas bien desarrolladas y generalmente rodeados por granos de cuarzo, con el cual muestra contornos endentados; en ciertos casos forma guías constituidas por una agrupación desordenada de cristales que se interponen entre los granos de cuarzo. Se presenta también el caso de cristales de albita hipidiomorfos corroídos en sus extremos por el cuarzo y con las líneas de maclas ligeramente encorvadas. El cuarzo constituye grandes playas de 4 mm² constituidas por agrupamientos de cristales xenomorfos con extinción ondulosa; a veces suelen encerrar cristales de albita, frecuentemente llevan una red de guías de microclina.

La microclina forma cristales hasta de 3 mm. frecuentemente con abundantes inclusiones, reemplaza irregularmente al cuarzo y la albita. En algunos individuos se observan cristales de albita incluidos y orientados constituyendo pertitas. La epidota aparece en cristales idiomorfos o hipidiomorfos de 0,5 a 2 mm. de largo. Es una variedad sin pleocroísmo; muchas veces tienen estructura en criba por encerrar inclusiones de cuarzo, microclina o albita.

Hay también pequeña cantidad de moscovita reemplazando la microclina y de clorita. Como accesorios se presentan escasos granos de aparita y magnetita.

El gneiss de la faja g es una roca blanca y grisácea de grano medio constituida por plagioclasa, cuarzo, ortoclasa y biotita. Bajo el microscopio se pueden observar dos fases que las denominaremos a) y b).

La fase a) consiste en cristales de oligoclasa An_{30} con abundantes inclusiones que muchas veces han borrado casi totalmente las líneas de maclas. Estos cristales, cuyo tamaño es del orden de 1 mm., aparecen bastante fracturados; en algunos casos bien translúcidos y en otros hay agregados sericíticos escamosos además de inclusiones con 1 micrón y menos de largo, con bordes bien definidos con índice de refracción muy inferior al de la plagioclasa. En algunas partes se ve que estas inclusiones poco definidas se transforman en cristales de ortoclasa bien definidos y de pequeñas dimensiones (0,01 mm.). Por lo tanto las plagioclasas con gran cantidad de inclusiones representan la penetración de materiales alcalinos que después se recrystalizan para formar inclusiones de ortoclasa. Los cristales de plagioclasa en partes están atravesados por un sistema de venillas diagonales respecto a las líneas de maclas, con espesores del orden de un micrón los cuales aparecen rellenos con un feldespató de baja birrefringencia (ortoclasa-albita) y a partir de éstos se produce la alteración sericítica. Como estas guías no penetran en los cristales vecinos, ellos se han formado con anterioridad a éstos últimos.

La fase b) consiste en un agregado hipidiomorfo granular de microclina, micropertita, cuarzo y biotita. La microclina aparece en cristales xenomorfos, muchas veces encierra inclusiones de cuarzo, lleva sus maclas de enrejado características y además de Carlsbad. En el contacto con la plagioclasa se ha desarrollado mirmequita. Muchas veces dentro de un gran cristal de microclina hay encerrado uno de plagioclasa, el cual se ha transformado en mirmequita. El cuarzo ocupa grandes playas con extinción ondulosa poco pronunciada y muchas veces falta. La biotita tiene pleocroísmo entre café castaño y café amarillento; aparece generalmente en hileras de hojitas contorneando los otros granos, pero también como inclusión dentro del feldespató; muchas veces está transformada en una mica verde fuertemente pleocroica con colores de polarización azul (clorita). Como minerales accesorias aparece apatita en prismas hasta de 0,4 mm. dentro de la plagioclasa y del cuarzo, a veces también en la microclina, por lo tanto parece haber reemplazado a todos los otros minerales. La roca en general presenta bastante granulación.

Por estas características se deduce que la roca en cuestión corresponde a una transición entre gneiss tonalítico y el granito de microlina.

Entre estas mismas fajas gnéissicas se presentan algunas de color gris negruzco que son verdaderos gneisses por la presencia de cristales elipsoidales de feldespato y cuarzo envueltos por hojas de biotita.

Estos gneisses se han formado en una tonalita tectonizada; mediante la tectonización se destruyeron los contornos de los granos grandes y otros totalmente, generándose así una textura porfiroclástica. Los espacios entre los granos fueron rellenados por clorita proveniente de biotita; además participa en este relleno algo de epidota.

En esta muestra no se observa nada de feldespato potásico; pero en otras fajas (E-1583) existió un reemplazo considerable por microclina y entonces la textura cataclástica desaparece por completo.

Hacia el norte del lugar descrito más arriba el material se hace más homogéneo, es decir, aparece el gneiss tonalítico foliado con algunas inclusiones negras elipsoidales. Los gneisses siempre están formados por agregados de oligoclasa-andesina y cuarzo con abundante biotita y en un caso se observa un agregado fino de los constituyentes de la tonalita, plagioclasa y cuarzo, proveniente de la cataclasa, incluidos dentro de un cristal de microclina. El mineral que envuelve los granos en este caso es la biotita.

La penetración de la ortoclasa es a veces incipiente y va avanzando por el contorno de los granos, como puede verse en la fig. 11 donde aparecen claramente los efectos del reemplazo.

Llama la atención que cuando existe feldespato potásico el mineral fémico es siempre la biotita, aunque la manera de presentarse es la misma que en los casos descritos anteriormente para la clorita. Esta biotita suele llevar inclusiones de zircón con aureolas pleocroicas.

En el gneiss, al cual corresponde la fig. 11, se ve que la roca original es un gneiss de inyección producido por la penetración del material tonalítico en anfíbolitas. Parte del material máfico ha sido movilizado para dar lugar a biotita que rodea los granos.

El cristal de plagioclasa de abajo con las maclas encorvadas por presiones.

En la puntilla norte del Tabo las rocas pierden el aspecto gnéissico y tienen más bien las características de granitos con inclusiones. LAM. XXIV, Fig. 48. Las inclusiones a) son rocas córneas de anfíbola tienen color negro, ligeramente verdoso, grano fino y aspecto sacaroide.

Bajo el microscopio muestran textura granoblástica en forma de mosaico y están constituidas por plagioclasa, anfíbola, biotita y epidota. La plagioclasa se presenta en granos de 0,4 a 0,5 mm. anhedrales con maclas de Albita y a veces también de Carlsbad, ligeramente zonales. Su composición es andesina An_{40} . La anfíbola se presenta en granos anhedrales, pero más irregulares que el feldespato, en tamaños muy variables, desde 0,2 a 1 mm. Corresponde a una hornblenda con el siguiente pleocroísmo: Z = verde, ligeramente parduzco; Y = verde oliva; X = verde amarillento. $Z : c = 18$; frecuentemente está maclado según (100). La biotita aparece en proporción menor, en partes se ve cierta alteración y entonces los feldespatos y anfíbolas están turbios y se presentan epidota y sericita. En las partes más frescas la proporción es aproximadamente la siguiente: Plagioclasa, 45%; hornblenda, 45%; biotita, 10%.

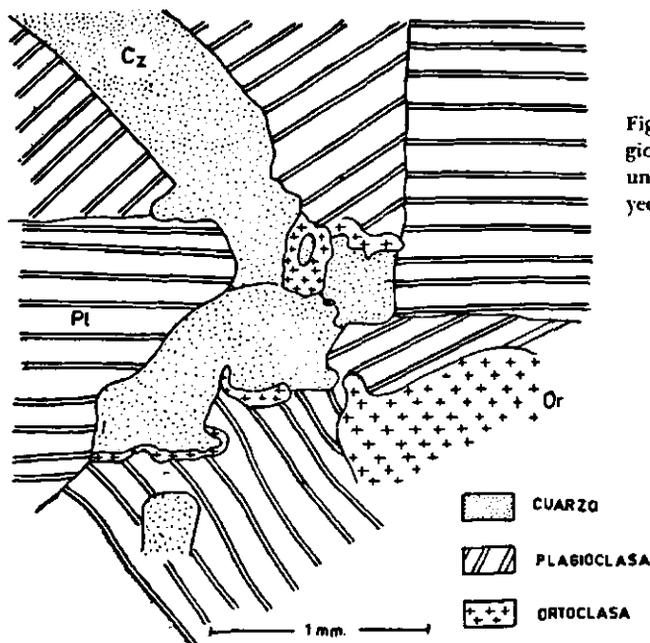


Figura 11. Relación entre plagioclasa, ortoclasa y cuarzo en un gneiss producido por la inyección de material tonalítico en anfibolita. (E-1575)

La tonalita que las envuelve es una roca de color gris negruzco, grano grueso, constituida por andesina An_{35} , cuarzo y biotita. Las señales cataclásticas en la plagioclasa se manifiestan solamente por un ligero encorvamiento de las líneas de maclas en ciertos cristales; más acentuadas están en los granos de cuarzo que muestran extinción ondulosa muy pronunciada. La biotita aquí también aparece rodeando los granos de cuarzo y feldespato, lo que da a la roca un aspecto gneissico. Sólo en sectores restringidos aparece cierta granulación.

En este caso no se ve transición entre las xenolitas de anfibolita y la tonalita, pues los contornos son bien nítidos. Llama la atención la ausencia casi absoluta de feldespato potásico, salvo como pequeñas inclusiones en la plagioclasa y principalmente en los bordes de ella, donde suele formar agregados grafognáticos.

Las relaciones entre la biotita y la anfíbola no son muy claras, aunque en general parece que la primera envuelve a la segunda. La anfíbola está en cantidad muy subordinada a la biotita.

Como la biotita se presenta rodeando a la plagioclasa y al cuarzo, parece muy probable que ella se haya formado con posterioridad a estos dos minerales y después de cierta tectonización, lo cual permitió la penetración de soluciones con iones potásicos que dieron lugar a la formación de biotita, tomando las bases de la anfíbola. Pero también se podría interpretar en sentido inverso, como ocurre en los gneisses de inyección de Cartagena, es decir que se formaron ojos de feldespato, los cuales empujaron la biotita, de modo que esta última aparece rodeando al anterior. En tal caso la tonalita se habría formado por granitización de las inclusiones y como siempre que se trata de este fenómeno, aparecen los feldespatos zonales y una textura bastante diferente a la hipidiomorfa, acercándose a la de los gneisses miloníticos. La biotita con frecuencia lleva inclusiones de apatita, lo cual indicaría que fósforo y otros hiperfusibles habrían actuado en este proceso.

En algunas partes las rocas son más oscuras tal vez debido a una mayor absorción de las inclusiones.

En la parte norte de El Tabo las tonalitas con inclusiones suelen estar atravesadas por filones pegmatíticos de 10 cm de espesor y bastante ramificados. Estos filones corresponden a rocas de color blanco rosáceo constituidas por una interpenetración de cristales de microclina y cuarzo en granos de tamaños variables de 0,5 a 20 mm; además se observan escasas láminas de biotita cloritizadas.

Bajo el microscopio se pueden reconocer micropertita, microclina, plagioclasa y cuarzo. La plagioclasa constituye cristales de contornos irregulares debido a la fuerte corrosión ocasionada por el feldespato potásico, está bastante sericitizada y escasamente se reconocen algunas líneas de macla. La micropertita es del tipo de venillas filiformes que atraviesan la ortoclasa y la microclina parece corroer a la anterior. El cuarzo ocupa grandes playas con extinción ondulosa muy pronunciada. La biotita casi totalmente transformada en clorita ocupa los huecos entre los feldespatos y el cuarzo.

En la punta El Tabo aparecen las rocas intermedias entre tonalitas con inclusiones y gneisses. Igual cosa ocurre en la punta que sigue hacia el norte donde la foliación tiene rumbo N 75° W con 70° de inclinación al E. (LAM. xxv, Fig. 49).

En el extremo norte del roquerío que existe antes de llegar a la Laguna de Córdoba, encontramos un caso en el cual aparecen en inmediata vecindad las tonalitas con inclusiones *a* (LAM. xxv, Fig. 50) y gneisses.

El gneiss es un material gris oscuro con grandes feldespatos de 5 a 10 mm envueltos en una masa micácea y anfibólica, el cual conserva algunos lentes de las inclusiones negras. Hacia la izquierda el color se aclara y la proporción de feldespato es aproximadamente 80% y entonces las inclusiones conservan su individualidad. Más a la izquierda ya tenemos solamente la tonalita con algunas inclusiones bien definidas y cierta impregnación de feldespato rosado.

En el gneiss pueden observarse las fajas micáceas de rocas córneas de biotita constituidas por un agregado granoblástico de oligoclasa, biotita y en menor proporción hornblenda. La plagioclasa corresponde a oligoclasa An_{30} , lleva maclas polisintéticas. El tamaño corriente de los granos del agregado granoblástico es 0,4 a 1 mm, pero hay algunos cristales de plagioclasa que llegan a 1 mm por crecimiento de los granos menores y entonces tiene textura poeciloblástica, igual cosa ocurre en los granos de anfíbola y biotita que pueden crecer, formándose así la transición a una verdadera diorita.

Las fajas de rocas córneas se colocan al lado de otras que carecen casi totalmente de minerales máficos y están constituidas por agregados granoblásticos de plagioclasa, cuarzo y micropertita, en granos de más o menos 1 mm.

La plagioclasa es una andesina An_{35} y a veces se presenta con estructura zonal, suele encerrar hojitas de biotita. El cuarzo aparece en agregados de cristales con extinción ondulosa pronunciada. La micropertita consiste en cristales de ortoclasa con segregación de agujitas finísimas de albita dispuestas según los clivajes; ella encierra cristales de anfíbola fuertemente cloritizada que suelen llevar en el centro un cristal de cuarzo; en los contactos de la anfíbola con la micropertita se ha formado muchas veces epidota; hay también inclusiones de plagioclasa fuertemente sericitizada.

La existencia de estas fajas alternadas de rocas córneas con la tonalita parece indicar una penetración lit par lit del material tonalítico y muy posterior sería la introducción del feldespato potásico.

Las fajas de color gris intermedio (E-1592), son rocas de grano fino de color gris sal y pimienta y corresponden a un agregado granoblástico de oligoclasa-andesina, cuarzo, anfíbola, biotita y titanita. La plagioclasa y el cuarzo aparecen en granos más o menos redondeados de 0,2 a 0,5 mm con contornos endentados. Las maclas en la plagioclasa son muy escasas; la biotita es rara y suele llevar inclusiones de zircón con aureolas pleocroicas poco desarrolladas. La anfíbola, que es una hornblenda con pleocroísmo color verde pasto y verde amarillento en las secciones según (010), tiende a formar manchas relativamente grandes envolviendo el cuarzo y la plagioclasa del mosaico, de modo que siempre presenta una estructura en criba. Hay titanita relativamente abundante y algo de apatita. Por lo tanto, estas fajas tienen la misma textura que las inclusiones.

Las inclusiones de la tonalita son rocas córneas análogas a las que hemos descrito más arriba; pero hay algunas más claras verdosas en las cuales los minerales máficos han desaparecido casi completamente por transformación a clorita y epidota.

En las rocas córneas mencionadas más arriba se produce el crecimiento de algunos cristales de plagioclasa o anfíbola transformándose en meladioritas, como son las que abundan entre las inclusiones en Santo Domingo.

En estas rocas córneas se suele observar la acción del agua liberada posiblemente después de la depositación de los feldespatos potásicos, la cual se traduce en la transformación de la anfíbola y biotita a clorita y epidota. Parece que estos casos se producen debido a la penetración de fósforo junto con el agua de los fluidos residuales, lo mismo ocurre con el titanio que origina titanita, igual que en las aureolas metamórficas. A veces tiene lugar también la sericitización del feldespato.

El Quisco.

Desde Isla Negra hacia el norte disminuyen mucho en importancia las migmatitas para dar lugar a un batolito de tonalita con escasas inclusiones. El efecto de las migmatitas se hace notar hasta Punta de Talca, donde las tonalitas presentan aún cierta foliación por la repartición del material oscuro, biotita, rodeando los feldespatos; pero más al norte por lo general son macizas y las escasas acumulaciones que se observan deben tener su origen en las estructuras planas primarias.

Este batolito no es, en realidad, muy homogéneo, pues se presentan diversas facies que las podemos agrupar del modo siguiente, en orden de acidez creciente:

- a) Inclusiones de rocas córneas.
- b) Dioritas.
- c) Tonalitas.
- d) Tonalitas miloníticas.
- e) Tonalitas pegmatíticas de anfíbola.
- f) Granitos.
- g) Vetas de granitos de albita.
- h) Pegmatitas de microclina.
- i) Aplitas.
- j) Lamprófidos.

Los lamprófidos los agregamos al final por ser de última formación.

INCLUSIONES.

Dentro de la tonalita clara, que constituye la mayor parte del batolito correspondiente al sector El Quisco-Algarrobo, se suelen encontrar algunas inclusiones de rocas oscuras de tamaño relativamente reducido, de pocos centímetros hasta 1 metro de diámetro, cuyo aspecto a veces contrasta fuertemente con el de la tonalita circundante y otros se asemejan mucho a ellas estableciéndose la diferencia sólo por un matiz ligeramente más oscuro. Describiremos algunos casos donde aparecen este tipo de rocas.

En la ensenada al S de San Isidro se presentan unas xenolitas de color gris oscuro por el predominio de cristales de minerales máficos entre los cuales se intercalan feldespato blanco y granos de cuarzo gris; los constituyentes son plagioclasa, cuarzo, anfíbola y biotita, apatita y zircón. La textura tiene una fuerte tendencia a hipidiomorfa, pero en partes se conservan restos de una textura granoblástica, la cual se ha ido perdiendo por crecimiento de los distintos individuos. El tamaño de los granos varía de 1 a 5 mm.

La plagioclasa corresponde a oligoclasa An_{25} , está maclada según la ley de Albite y a veces también de Periclina; es frecuente que las líneas de maclas no se extiendan por todo el cristal sino que aparecen discontinuas, lo cual se debe, al parecer, a cierta inhomogeneidad de los cristales, pues no es raro encontrar dentro de los cristales mayores otros más pequeños con distinta orientación óptica, pero sin que varíe la composición.

El cuarzo forma grandes playas entre los otros minerales y los granos mayores tienen extinción ondulosa acentuada; por recristalización se ha formado otra generación atravesando la anterior, con extinción lisa.

La anfíbola es una hornblenda con pleocroísmo entre verde oscuro y verde amarillento y penetra a veces en los intersticios entre las plagioclasas y el cuarzo, lo cual indica movilización secundaria; a veces está transformada en tremolita.

La biotita se presenta en las mismas condiciones, corroe la anfíbola y a su vez está corroída por el cuarzo de la segunda generación.

La proporción entre minerales claros y oscuros es muy variable, en partes los primeros constituyen más del 60% y en otras ocurre lo inverso.

En la costa N de la Puntilla El Quisco, aparecen también algunas inclusiones bien definidas, dentro de la tonalita, de las cuales describiremos dos ejemplos: LAM. XIII, Fig. 25.

Más o menos 100 metros al poniente del muelle aparece una inclusión de 20 m de largo por 1,50 m de ancho dentro de la granodiorita rosácea con un contacto casi brusco, pero en el borde se nota cierta granitización y a veces también en el interior. Esta inclusión es de color gris negruzco por la abundancia de minerales máficos. La textura es porfiroblástica, con una masa fundamental granoblástica constituida por andesina An_{40} con maclas de albite y cuarzo en menor proporción, en granos de 0,5 a 1 mm; pero los contornos entre los granos han perdido la forma de mosaico debido a la tendencia a desarrollar textura hipidiomorfa granular por crecimiento de los elementos constituyentes; participan en este agregado algunos granos de hornblenda con pleocroísmo entre verde oscuro y verde amarillento. En este conjunto se han desarrollado grandes porfiroblastos de anfíbola con características análogas a las que presentan los granos del agregado granoblástico, de modo que a veces se presentan como manchas de anfíbola dispersas pero con la misma orientación óptica.

En las áreas de mayor granitización la anfíbola se ha transformado a biotita. También la plagioclasa ha desarrollado porfiroblastos por la unión de varios cristales produciéndose al mismo tiempo una alcalinización de ellos, pues en su composición llega a oligoclasa An₂₀ con términos intermedios.

Es muy característico para estas inclusiones, la formación de abundante titanita que se introduce en los espacios entre los granos del agregado granoblástico, formando así porfiroblastos análogos a los de la anfíbola; esta titanita suele encerrar algo de rutilo. Tanto el cuarzo como el feldespato llevan abundantes inclusiones de apatita en pequeños cristales idiomorfos y en ciertos sectores gran cantidad de zircón; la magnetita es bastante escasa.

En este mismo sector aparece la inclusión representada en LAM. XXVIII, Fig. 56. En ella puede apreciarse que la inclusión es un planchón que ha sido corroído algo en el borde inferior, ella está envuelta en la tonalita algo rosácea y en su interior se ha formado algo de feldespato rosado por migración de la microclina.

En las vecindades de esta zona de inclusiones hay filones de espesartita.

Pocos metros al W del farellón que interrumpe la playa norte de la puntilla, aparecen inclusiones de una roca oscura con biotita abundante y cierta foliación que recuerda a las partes oscuras de los gneisses migmatíticos de El Tabo, la cual está envuelta totalmente por la tonalita rosada, la que emite pequeños apófisis dentro de la roca negra. Ella tiene las mismas características petrográficas que la descrita más arriba, es decir un agregado granoblástico de oligoclasa-andesina, cuarzo, hornblenda y biotita, en el cual se han desarrollado porfiroblastos de hornblenda y oligoclasa. La proporción entre los distintos minerales es variable, pero en promedio sería más o menos la siguiente:

Plagioclasa	50%
Cuarzo	10%
Biotita	30%
Anfíbola	10%

en las partes más oscuras aumenta la anfíbola a expensas de la biotita, pues esta última es debida a los efectos de la granitización, tanto por la tonalita que la envuelve como por la penetración de materiales potásicos que culmina con la formación de microclina.

En estas inclusiones no aparece muy claro si se trata de rocas ajenas a la tonalita, ya que la única diferencia que se presenta entre ellas es la mayor proporción de minerales máficos; pero el hecho que los contactos sean relativamente bien delimitados y además los restos de texturas granoblásticas nos inducen a pensar que ellas corresponden a inclusiones de las mismas anfibolitas que forman el elemento oscuro de las migmatitas de El Tabo y que aparecen en su condición original en Cartagena. Si adoptamos esta hipótesis quedaría evidente una transformación profunda de la condición original por la influencia de la tonalita que las envuelve, la cual tuvo por resultado la transformación de anfibolitas en tonalitas. Es interesante anotar la gran cantidad de minerales accesorios que se encuentran en estas inclusiones como titanita, rutilo, zircón, apatita, lo cual es frecuente en las partes marginales de algunos batolitos, por ejemplo en La Higuera (MUNOZ CRISTI, 1950, pág. 104), donde aparecen fuertes concentraciones de titanio cerca del contacto del batolito; ocurre lo mismo en los yacimientos de hierro de Algarrobo. Estos hechos indicarían una precipitación de los materiales volátiles por el enfriamiento provocado por las inclusiones.

Es frecuente que en torno de las inclusiones se haya formado un material pegmatítico por la cristalización de microlina, como se ve en la fig. 12.

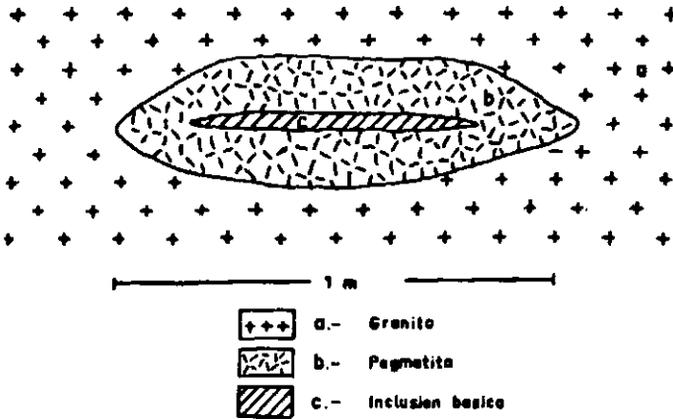


Figura 12. Pegmatita formada en torno de una inclusión básica.

DIORITAS.

Dentro del batolito de tonalitas de la costa del Quisco hay algunos sectores en los cuales la tonalita pasa gradualmente a rocas más básicas que las podemos ubicar dentro de la categoría de dioritas, como ocurre en la costa del Quisco Norte (LAM. x, Figs. 19 y 20).

Ellas son rocas de grano grueso, color gris por la mezcla de áreas blancas de 1 cm y otras negras más o menos en la misma proporción, aunque a veces hay predominio de uno u otro de estos constituyentes; las áreas blancas corresponden principalmente a feldespato y pequeña cantidad de cuarzo, mientras que las negras están constituidas por anfíbola principalmente.

Bajo el microscopio muestran textura hipidiomorfa granular y aparecen constituidas por Andesina An_{40} , cuarzo, hornblenda y biotita. La andesina se presenta en cristales de 2 a 8 mm., con maclas de albita bien desarrolladas; pero con frecuencia no son continuas al través de todo el cristal sino que aparecen en segmentos interrumpidos por pequeñas inhomogeneidades; a veces están algo encorvadas por presiones; en mayor proporción existen las maclas de Carlsbad y de Periclina. Dentro de la plagioclasa, suelen presentarse inclusiones de sericita, cuarzo o anfíbola, pero todos estos minerales son de formación posterior. El cuarzo aparece en granos gruesos en los intersticios de la plagioclasa con extinción ondulosa muy pronunciada. La hornblenda constituye prismoides sin caras terminales, tiene pleocroísmo entre verde oscuro y amarillento en las secciones según (010); pero casi siempre está cloritizada; con frecuencia encierra granos de plagioclasa y suele contener granitos de zircón con débiles aureolas pleocroica; en ciertos casos son azules probablemente por la presencia de álcalis. La biotita tiene pleocroísmo entre castaño oscuro y amarillento; lo mismo que la anfíbola contiene a veces inclusiones de zircón con aureolas pleocroicas débiles. El principal mineral accesorio es la apatita.

La composición modal en un ejemplo bastante oscuro es aproximadamente la siguiente:

Plagioclasa	60
Cuarzo	10
Anfíbola	20
Biotita, apatita, etc.	10

Un análisis químico aparece en Cuadro II con el número E-1510.

TONALITAS.

En El Quisco y Algarrobo las rocas predominantes son tonalitas de biotita, las cuales se extienden desde Punta de Talca hasta cerca de Quintero (LAM. XVI, Fig. 31), con algunas interrupciones, provocadas por las otras facies antes mencionadas. También hacia el interior de este tramo de costa ellas predominan. Son rocas de color gris claro de grano medio a grueso, en las cuales predominan el color blanco correspondiente a la plagioclasa y cuarzo, moteado con negro por las hojas de biotita que se intercalan, las cuales a veces son más abundantes en ciertas fajas dándoles un aspecto bandeado. Frecuentemente en la superficie meteorizada toma un aspecto amarillento. Por los efectos de la meteorización adopta las formas tan características de las rocas de grano grueso (LAM. XXVI, Fig. 32 y LAM. XXVII, Fig. 33), que consisten en una disyunción en bloques superpuestos separados por grietas que al ensancharse por el embate de las olas las van derribando para formar playas de bloques en las puntillas, las cuales poco a poco van reduciendo su tamaño para convertirse en arenas gruesas que se acumulan en las playas abrigadas entre dos puntillas.

En el sector comprendido entre Punta de Talca y Puntilla El Quisco hay pequeños indicios de estructuras planas pero muy poco marcadas (LAM. XXVIII, Fig. 35); en cambio, las diaclasas están bien desarrolladas; ellas corresponden a fracturas longitudinales, transversales y tendidas (LAM. XXVI, Fig. 51; LAM. XXVII, Fig. 54), las dos primeras son casi verticales y muchas veces están ocupadas por filones lamprofídicos; las últimas tienen una inclinación de 10° hacia el poniente y son las que han desempeñado el mismo papel que las capas sedimentarias con inclinación mar adentro, impidiendo la formación de acantilados.

Estas tonalitas están constituidas por plagioclasa, cuarzo, biotita con cantidades subordinadas de anfíbola y feldespato potásico.

La plagioclasa se presenta en cristales de 1 a 5 mm de largo, a veces equidimensionales y otras alargados, ellas se agrupan muchas veces para formar granos mayores. Su composición es algo variable entre oligoclasa cálcica y andesina sódica, en promedio parece corresponder a An_{30} ; en ciertos casos muestran cierta zonalidad poco acentuada con núcleos algo más cálcicos que las periferias. La macla más frecuente corresponde a la ley de Albita; pero a veces se presenta también la de Carlsbad y en casos más raros la de Periclina. En muchos ejemplares las líneas de maclas están encorvadas o aún quebradas por los efectos cataclásticos. A consecuencia de estos fenómenos los cristales muchas veces son heterogéneos por haber sido soldados distintos fragmentos, lo cual indicaría un origen protoclástico (LAM. IX, Fig. 17).

El cuarzo constituye granos de dimensiones análogas a las de la plagioclasa con extinción ondulosa muy pronunciada debido a las presiones, las cuales al acentuarse llegan a romperlos formándose así grandes playas ocupadas por un agrupamiento de granos xenomorfos en distintas orientaciones, lo que favorece cierta recristalización perdiéndose en los granos provenientes de esta acción, la extinción ondulosa. Este mineral aparece también como inclusiones dentro de la plagioclasa por fenómenos de reemplazo.

Microclina suele existir en forma de gotitas dentro de la plagioclasa, en venillas o en los espacios intergranulares entre plagioclasa y cuarzo o aun penetrando dentro de este último. Su contenido aumenta gradualmente en ciertas zonas para

llegar a granodiorita y después a granitos, de modo que no se puede establecer un límite preciso entre estos tres tipos de rocas (LAM. IX, Fig. 18).

La biotita se presenta en hojas de 0,2 a 1 mm, las cuales se agrupan para dar lugar a las manchas negras que salpican la roca; tiene pleocroísmo fuerte entre castaño oscuro y amarillo claro; a veces muestra extinción ondulosa por encorvamiento debido a las presiones. Suele estar íntimamente entrelazada con hornblenda o acompañada de pequeñas cantidades de moscovita. No es raro encontrar en ella pequeñas inclusiones de zircón con aureolas precrocicas débiles, las cuales son más visibles cuando la biotita ha experimentado cierta transformación a clorita. La forma más frecuente en que aparece es entre las guías de plagioclasa y de cuarzo. A veces está acompañada de titanita. Un análisis de la biotita que se empleó para la determinación cronológica dio los siguientes valores. Hemos agregado los análisis de lepidomelano (ROSENBUSCH-MUGGE, 1927, pág. 573)

	1	2	3
SiO ₂	35,24	33,07	33,42
TiO ₃	3,41	3,84	3,14
Al ₂ O ₃	15,52	16,32	12,22
Fe ₂ O ₃	4,04	5,97	9,41
FeO	24,84	22,46	21,83
MnO	0,58	—	0,72
CaO	0,51%	0,26	0,00
MgO	3,49	5,85	6,84
Na ₂ O	0,00	0,37	1,02
K ₂ O	8,47	7,92	7,86
P ₂ O ₅	0,06	—	—
H ₂ O	4,03	3,37	4,32
	100,19	100,43	100,78

- 1.—Biotita de Puntilla El Quisco.
- 2.—Lepidomelano de Miask.
- 3.—Lepidomelano de Brevik.

De estos valores se deduce que esta biotita corresponde a lepidomelano bastante puro.

La anfíbola es una hornblenda con pleocroísmo entre verde oscuro y amarillento en secciones según (010), a veces muestra tonos azulejos por contaminación con álcalis. Su cantidad está muy subordinada a la biotita y se hace evidente en las variedades que constituyen una transición a las dioritas descritas más adelante. Lo mismo que la biotita se presenta en contacto con la plagioclasa.

Entre los minerales accesorios el más frecuente es apatita que aparece en pequeños prismas idiomorfos, es abundante en aquellos lugares donde se han producido grandes cristales de anfíbola, roca que describiremos más adelante entre las pegmatitas de anfíbola.

La magnetita es muy rara y parece que casi todo el fierro se fija en la biotita y en la anfíbola. La titanita también es muy escasa a pesar de ser tan abundante en las inclusiones oscuras a donde ha llegado seguramente a partir de las tonalitas. Los minerales de alteración deutérica son muy escasos y se reducen a cierta sericitización incipiente de algunas plagioclasa y cloritización de biotita y anfíbola. En una sola muestra apareció una manchita de calcita.

Dada la heterogeneidad de la tonalita en cuanto a la proporción de los distintos minerales en lugares relativamente cercanos, es difícil, sin entrar en un trabajo muy laborioso, dar la composición modal, pero aproximadamente se puede estimar por las siguientes muestras:

	E-1513	E-1539
Plagioclasa	63,50	41,9
Cuarzo	22,10	39,2
Biotita	6,2	4,5
Anfíbola	1,3	2,0
Microclina	5,9	10,6
Accesorios	1,0	2,0

El análisis de una tonalita recogida frente a la Avenida El Sol, la cual representa aproximadamente un tipo medio, aparece en cuadro II, con el número E-1513. LAM. IX, Fig. 17.

En algunos sectores la tonalita toma un color rosado intenso, de modo que se presenta igual a los granitos rosados; pero este color se debe a un tinte superficial producido, probablemente, por la meteorización que ha dado lugar a productos arcillosos teñidos con óxidos de hierro. En efecto, al tratar estas muestras con ácido clorhídrico diluido en caliente, desaparece el color rosado y la roca queda igual a las tonalitas normales. Un análisis de esta tonalita rosada aparece en el cuadro II, con el número E-1539. En dicho cuadro figuran además las muestras E-7, E-22, E-1557.

TONALITAS MILONÍTICAS.

En la ensenada al sur de San Isidro, aparece, entre las tonalitas con grandes feldespatos grises, una roca verdosa amarillenta con grandes cristales de feldespato y cuarzo envueltos en una masa muy fina. Bajo el microscopio puede observarse el agregado de grano grueso de oligoclasa y cuarzo como en las tonalitas normales; pero la oligoclasa está enteramente fracturada por presiones y con las líneas de maclas encorvadas; los cristales fracturados han quedado envueltos por el agregado granular fino, proveniente de la milonitización y en ellos se ha formado biotita y algo de clorita proveniente de la anterior. LAM. XII, Fig. 24.

Algunos de los cristales fracturados han sido reemplazados por feldespato potásico y presentan el aspecto de microclina pertita y si el reemplazo es más acentuado pasa a microclina homogénea.

Esta tonalita milonítica se presenta en ojos aislados sin estar relacionada con una tectónica definida.

Un caso análogo existe en la Laguna de Algarrobo.

No está claro en los casos que hemos estudiado si la microclina es anterior o posterior a la milonitización.

TONALITAS PEGMATÍTICAS DE ANFÍBOLA.

Damos este nombre a tonalitas normales, en las cuales se han desarrollado grandes cristales de anfíbola. Un afloramiento de esta clase, pero enteramente local existe al pie de la terraza de la costa poniente de la Puntilla El Quisco.

Son rocas de color blanco con textura ligeramente porfídica, pues existen fenocristales de plagioclasa hasta de 2 cm dentro de una masa más fina, con aspecto sacaroides, constituida por plagioclasa y cuarzo; entre los feldespatos se encuentra el cuarzo de color gris en una proporción de más o menos 20%. Además, hay una fuerte proporción de cristales de anfíbola hasta de 3 cm. I.A.M. XVI, Fig. 32.

La plagioclasa tiene una composición media de oligoclasa An_{25} , pero a veces es zonal con núcleos de andesina An_{35} y periferias más alcalinas en transición gradual; el tamaño de los cristales más corrientes es de 1 a 4 mm y los granos mayores corresponden a agrupamientos de granos más chicos. Siempre están maclados según la ley de Albita; pero a veces también de Carlsbad y en raros casos de Periclina. El cuarzo se presenta en agregados de granos con extinción ondulosa, lo mismo que en las tonalitas normales y constituye más o menos el 20% de la roca. En algunos lugares existe una proporción apreciable de microclina, englobando los cristales de plagioclasa y cuarzo, de modo que su proporción es variable entre 0 y 20% en las distintas preparaciones estudiadas.

En esta tonalita clara existen bolsones irregulares, en los cuales se han formado grandes cristales de anfíbola con longitudes desde 1 hasta 5 cm. Es una horblenda negra con las siguientes características ópticas:

$$\begin{array}{lll} X = \text{verde amarillento}; & Y = \text{verde muy oscuro}; & Z = \text{verde pasto.} \\ Z - X = 0,025 & & Z : c = 17^\circ \end{array}$$

Dentro de la anfíbola aparece algo de cuarzo penetrándola en disposición paralela a los clivajes paralelos al eje c y parecen de formación simultánea. En la vecindad de esta anfíbola la plagioclasa está fuertemente alterada a una mezcla de sericita con zoisita y epidota.

Llama la atención en esta roca la carencia casi absoluta de biotita.

En algunos ejemplares existe abundante apatita, la misma que hemos encontrado en las inclusiones y este hecho podría explicar la existencia de una proporción apreciable de fluidos que permitieran el desarrollo de los grandes cristales de anfíbola.

GRANITOS.

En toda la región de El Quisco se encuentran zonas más o menos extensas, en las cuales las tonalitas han sido transformadas en granitos, existiendo toda la transición entre ambos extremos, es decir, granodioritas, monzonitas cuarcíferas, o granitos.

Estas zonas tienen una repartición relativamente irregular y sólo en contados casos adoptan la forma de un filón más o menos definido, como ocurre en la parte NW de la Puntilla El Quisco. Tal repartición irregular se explica si consideramos el hecho que casi nunca la tonalita está completamente exenta de feldespato potásico, de modo que la formación de cierta área granítica depende exclusivamente de la mayor concentración de este feldespato, lo cual ocurre, al parecer, en aquellos lugares donde la tonalita ha experimentado un mayor destrozamiento que el usual.

Los granitos son rocas de grano grueso, color blanco amarillento a rosáceo, constituidos por plagioclasa blanca, cuarzo gris, microclina de colores variables entre blanco, rosado y gris, pero siempre con lustre nacarado y biotita negra. La proporción entre los distintos minerales se puede estimar así:

Feldespato potásico	40%
Plagioclasa	20%
Cuarzo	30%
Biotita	10%

pero como lo dijimos más arriba, estas proporciones son muy variables: la biotita puede desaparecer, la plagioclasa reducirse a 10%, aumentando el feldespato potásico a 50% o más. LAM. XI, Fig. 21.

El tamaño de los granos es variable entre 2 y 10 mm, algunos ejemplares tienen un desarrollo marcadamente porfídico por la presencia de grandes fenocristales grises de microclina pertita, los cuales llegan a tener 2 cm de largo.

La textura es, por lo general, hipidiomorfa granular; en el caso de desarrollo porfídico los fenocristales de feldespatos están envueltos en un agregado más fino de plagioclasa, cuarzo y microclina.

La plagioclasa se presenta en cristales hipidiomorfos hasta de 5 mm y corresponde a oligoclasa, con un contenido de anortita variable entre An_{20} y An_{30} . La macla más frecuente es la de Albita y, por lo general, las líneas de maclas están encorvadas como en las tonalitas; con menos frecuencia aparece la macla de Carlsbad y la de Periclina. Casi siempre contiene pequeñas inclusiones de microclina dispuestas a lo largo de los clivajes y también de cuarzo, repartidas al azar. En los contactos de plagioclasa con microclina se suele formar algo de mirmequita.

El cuarzo forma grandes playas constituidas por agregados de granos xenomorfos, con diámetros de 1 a 2 mm; los cristales mayores tienen extinción ondulosa muy pronunciada, no así los granos menores, en los cuales se ha producido cierta recristalización, como puede apreciarse por la existencia de filas de inclusiones que pasan sin interrupción de un cristal a otro.

El feldespato potásico se presenta en tres variedades: a) microclina enrejada; b) micropertita venada, y c) pertita. En estas dos últimas no es seguro si la base corresponde a microclina o a ortoclasa; pero en ciertos casos, especialmente en los grandes fenocristales grises, se trata de microclina-pertita evidente.

La microclina enrejada bajo el microscopio no muestra señales de encerrar feldespato sódico, pero parece ser de formación posterior a las pertitas, pues a veces se introduce en forma de cuña entre estas últimas. Algunas medidas han dado $2V_x = -70^\circ$ (LAM. XI, Fig. 22).

La micropertita venada tiene un fondo de microclina u ortoclasa y venillas de 1 a 5 micrones de plagioclasa (por lo general oligoclasa) lenticulares.

La pertita tiende a formar grandes cristales maclados, comúnmente, según la ley de Carlsbad y a ellos corresponden casi siempre los feldespatos grises que aparecen como fenocristales en ciertos lugares y en las guías o bolsones pegmáticos, en los cuales la plagioclasa (oligoclasa) aparece en cristales bien definidos, con maclas de albita y dispuestos a lo largo de los clivajes y con la misma orientación óptica. Esta disposición contrasta con los casos en que la microclina envuelve granos de oligoclasa dispuestos desordenadamente, juntamente con otros de cuarzo (LAM. XI, Fig. 21). Por lo tanto, en este caso es evidente que el feldespato potásico ha reemplazado gran parte de la oligoclasa original, formándose probablemente soluciones sólidas a temperaturas relativamente elevadas y que después se ha producido el desmezclamiento en mayor o menor grado, dando lugar así a microclinas pertitas o microclina micropertita, según el grado de desmezclamiento. LAM. XII, Fig. 23.

Elem	0,50	0,20	0,15	0,15	1,80	0,90	0,80	0,60	0,20	0,20	1,80	0,30	0,15
Ap	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Si	322,2	411,0	458,0	511,0	173,8	285,0	410,6	391,0	378,4	434,0	124,0	—	483,6
al	43,40	39,18	45,80	51,10	34,0	33,1	40,2	41,7	41,1	49,4	24,6	—	52,0
fm	19,30	21,00	7,56	8,20	31,2	30,1	17,8	12,7	16,1	5,6	13,9	—	5,3
c	19,05	6,25	20,82	9,40	23,2	18,6	20,4	14,1	11,8	10,9	55,5	—	4,1
alk	18,25	33,50	25,28	31,30	11,8	18,1	21,7	31,0	32,0	34,3	5,8	—	38,6
k	0,227	0,576	0,576	0,725	0,849	0,182	0,164	0,516	0,536	0,064	0,122	—	0,0366
Mg	0,386	0,907	0,614	0,370	0,339	0,625	0,163	0,167	0,299	0,400	0,705	—	—
qtz	149,0	177,0	257,0	285,8	—18,0	112,6	223,8	167,0	150,4	196,8	0,800	—	229,4
c/fm	1,000	0,298	2,770	1,145	0,743	0,618	1,145	1,109	0,670	2,050	5,960	—	0,774
Corte	VI	III	VIII	VI	V	IV	VI	VI	IV	VII	VIII	—	V

E-7	Tonalita ala de mosca. Algarrobo.	(Análisis Westman)
E-8	Granito de microclina. Algarrobo.	(" ")
E-22	Tonalita Gneissoide. Casablanca.	(" ")
E-25	Granito de Microperitita cataclástico, extremo W. de Cuesta Zapata.	(" ")
E-1510	Diorita de Biotita y Anfíbola. Quisco Norte.	(Análisis Villalobos)
E-1513	Tonalita El Quisco, Avenida el Sol.	(" ")
E-1539	Granito de Oligoclasa. Puntilla el Quisco.	(" ")
E-1541	Granito de Microclina. El Tabo.	(" ")
E-1557	Granito de Microclina. Puntilla el Quisco.	(" ")
E-1572	Granito blanco. El Tabo, frente Hotel.	(" ")
E-1604	Gabro roca trama en cantera Panal. San Antonio.	(" ")
E-1624a	Microclina Microperitita El Quisco. Playa Hanga Roa.	(" ")
E-1711	Granito de Microclina. Cartagena, entre Playa Grande y Playa Chica.	(" ")

LAM. XIX, Fig. 40.

El mineral máfico más importante es la biotita, la cual se presenta en hojas con pleocroísmo fuerte entre castaño oscuro e incoloro; aparece entre los granos de cuarzo o bien dentro de la oligoclasa y en los intersticios entre plagioclasa y cuarzo. La biotita a veces está cloritizada y acompañada de epidota; en el contacto entre esta clorita y el feldespato se ha formado un enjambre de agujitas de hematita que tiñen el feldespato, entonces aparece también algo de apatita.

La moscovita es muy escasa y suele encontrarse junto con epidota incluida en el feldespato potásico.

La anfíbola aparece rara vez, en forma de hornblenda; ella tiene pleocroísmo fuerte, entre verde oscuro y verde amarillento, y suele estar reemplazada por biotita que encierra granos de epidota. Tiene las siguientes características ópticas:

$$E-1565 \quad Z : c = 18^\circ \quad Z - X = 0,023;$$

En el cuadro 11 de Análisis figuran los siguientes granitos: E-8; E-25; E-1572; E-1541.

La titanita y magnetita son muy escasas, aparecen dentro del cuarzo y de los feldespatos.

Guías de granito de albita.

Cerca del extremo sur de la Puntilla, la tonalita y la granodiorita, vecina están atravesadas por una serie de guías paralelas de un granito de albita, con espesores de 1 a 5 cm y rumbo E-W. Ellas están espaciadas en distancias de 0,5 a 1 mm. Se trata de rocas de color gris ceniciento oscuro rosáceo, con textura hipidiomorfa granular, constituida por cuarzo, albita, clorita y epidota.

La albita (An_6) se presenta en cristales hipidiomorfos de 1 a 4 mm, maclados según las leyes de Albita Carlsbad, a veces Periclina, y muchas veces están encorvados y fracturados. Con frecuencia lleva abundantes inclusiones de clorita, sericita y zoisita, que le dan un aspecto turbio. El cuarzo forma grandes playas constituidas por granos xenomorfos de 1 a 4 mm, con extinción ondulosa poco pronunciada. En los intersticios, entre los granos suelen encontrarse, a modo de cemento, agregados confusos de clorita verde birrefringente con epidota y zoisita.

La proporción de los distintos minerales es aproximadamente:

Cuarzo	50%
Plagioclasa	40%
Clorita, etc.	10%

Como puede deducirse de esta composición, se trata de una roca que más se acerca al producto de depositación hidrotermal y su origen probablemente está en la depositación por las soluciones residuales del proceso que originó la granitización de ciertos sectores de la tonalita, por introducción de la microclina. Desgraciadamente, no hemos podido establecer la relación en el terreno entre estas guías y los filones lamprofídicos.

PEGMATITAS DE MICROCLINA.

Dentro del área ocupada por las tonalitas y granitos de El Quisco-Algarrobo, son escasas las verdaderas pegmatitas y cuando aparecen se reducen a bolsones de pocos decímetros. Mencionaremos algunos casos.

En la costa sur de la playa Hanga-Roa aparece la tonalita granitizada de color rosáceo amarillento, constituida por cuarzo gris, microclina pertita rosácea y algunas hojitas de biotita. El color amarillento de la roca proviene de arcilla y limonita, que han teñido los granos de cuarzo.

Dentro de esta roca aparece un bolsón de 20 cm, constituido por pegmatita de microclina, en la cual aparecen cristales de más o menos 5 cm de microclina gris con inclusiones de oligoclasa. Estas últimas son de formas muy irregulares y no corresponden a la distribución de una microperita, de modo que parecen haberse formado mediante el reemplazo de la tonalita por la microclina gris. En el cuadro de análisis II figura el correspondiente a esta microclina, con el número E-1624. LAM. XXIX, Fig. 57.

Por la analogía con el granito que las envuelve este bolsón pegmatítico, sería el resultado de un reemplazo metasomático por microclina en mayor escala que en el granito normal.

En la playa N de San Isidro se ve en un bloque suelto de varios metros cúbicos una formación semejante.

En la punta que limita por el sur la ensenada ubicada al sur de San Isidro, aparecen vetas lenticulares de este mismo tipo de pegmatitas, constituidas por microclina, oligoclasa y cuarzo. LAM. XVII, Fig. 33.

APLITAS.

Las aplitas, lo mismo que las pegmatitas, son relativamente escasas y no constituyen filones bien formados sino que masas irregulares incluidas dentro de la tonalita. Uno de los afloramientos más típicos lo tenemos en la cantera ubicada inmediatamente al sur de San Isidro. Esta aplita constituye un bolsón de más o menos 5 m de diámetro, incluido en la tonalita.

La aplita (E-1629) es una roca de color blanco grisáceo, grano fino, con textura panxenomorfa, constituida por microclina, cuarzo y plagioclasa más o menos en la siguiente proporción:

Microclina	60%
Cuarzo	30%
Plagioclasa	10%

La plagioclasa corresponde a oligoclasa y en el contacto con la microclina se han formado agregados mirmequíticos. Existen además algunas hojitas de biotita. El tamaño de los granos es de 0,2 a 0,4 mm.

La roca encajadora de este bolsón es una tonalita de grano grueso (ala de mosca), constituida por oligoclasa cálcica, cuarzo, anfíbola, biotita y pequeña cantidad de microclina incluida dentro de la oligoclasa. Ella lleva inclusiones melanocráticas, constituidas por andesina, anfíbola, biotita en pequeña proporción y cuarzo.

Por los datos anteriores se ve que aquí existe una transición brusca entre la tonalita y el bolsón de aplita.

En la costa occidental de la Puntilla, de El Quisco, más o menos frente al transformador, existen aplitas análogas, formando masas irregulares dentro de una tonalita bastante microclinizada, de modo que la transición es gradual.

LAMPRÓFIDOS.

En varios lugares de la región abundan los filones lamprófidos ubicados generalmente en las juntas de las rocas tonalíticas o graníticas. Ellos constituyen rocas duras de color negro o negro verdoso, de grano muy fino hasta afaníticos. En algunos casos llevan inclusiones de rocas graníticas, indicando que se han ubicado en zonas brechizadas, es decir, que las juntas se produjeron con desgarramiento de las paredes. Las potencias varían de pocos centímetros a un metro. LAM. XIII, Fig. 26, y LAM. XVII, Fig. 34.

Por lo general, tienen textura porfídica. La masa fundamental está constituida por microlitas de anfíbola y plagioclasa, con abundante magnetita diseminada; el tamaño de las microlitas es de 0,1 a 0,2 mm, pero cuando los filones tienen potencias superiores a 0,20 m se observa que el tamaño de los cristales es mayor en el centro del filón que en las salbandas. La anfíbola es una hornblenda con pleocroísmo poco pronunciado entre pardo amarillento a amarillo, su composición parece ser la misma que la de los fenocristales. La plagioclasa es oligoclasa An_{20} con maclas rudimentarias.

Los fenocristales corresponden a clino piroxena y hornblenda; su proporción es muy variable en las distintas muestras examinadas, en algunas muy abundantes y en otras faltan totalmente. Su tamaño es del orden de 0,5 a 1 mm. La anfíbola tiene las siguientes características, medidas en muestra E-1548:

$$\begin{aligned} Z : c &= 18^\circ & Z - X &= 0,023 & X &= 1.653 \pm 0,003 & Y &= 1.656 \pm 0,003 \\ 2V &= -64^\circ & Z &= 1.676 \pm 0,003 \\ & & X &= \text{amarillo claro} & Y = Z &= \text{pardo amarillento.} \end{aligned}$$

Por estos caracteres se trata de una hornblenda, pero está bastante transformada en actinolita con Y aproximadamente 1,65, lo cual hace difícil la determinación exacta de los índices.

Los fenocristales de piroxena en algunas muestras son muy abundantes, pero en otras faltan casi totalmente. Ellos son incoloros y presentan las siguientes características ópticas, medidas en muestra E-1547 a :

$$\begin{aligned} Z : c &= 38^\circ; & Z - x &= 0,029; & 2V &= 49^\circ \\ X &= 1.677 \pm 0,003; & Y &= 1.683 \pm 0,003; & Z &= 1.702 \pm 0,003. \end{aligned}$$

Corresponde, según WINCHELL (1951) a diópsido con 20% de hedenbergita y algo de jadeíta.

En el cuadro III de análisis figuran los lamprófidos de El Quisco con números E-1503; E-1713 a); E-1713 b); E-1710, lo cual demuestra que la composición es bastante variable, ya que por tratarse de rocas de grano muy fino el error de muestreo es insignificante: lo que podría producir ciertas variaciones en la cantidad de material granítico incluido, pero, a juzgar por la baja ley en sílice, ella no tiene mayor importancia.

Las muestras E-1713 a) y E-1713 b) corresponden al mismo filón de la punta, que aparece en LAM. XXIX, Fig. 58.

Ya mencionamos que los diques lamprófidos se presentan por lo general dentro de zonas agrietadas, las cuales alcanzan anchuras de 1 a 2 m y longitudes de algunas decenas de metros. Daremos algunos ejemplos que demuestran este fenómeno.

En la playa, frente a la Avenida El Sol, se observa un conjunto de diques, como lo indica la planta de la fig. 13, en la cual se puede apreciar el sistema complicado de agrietamiento por donde penetró la espesartita; también se ve cómo han quedado algunos trozos de la tonalita dentro de la espesartita. Como esta costa está muy cubierta por bloques, no se puede apreciar el largo de la zona agrietada, pero posiblemente no pasa de 50 m. El rumbo general es N 50 W y la inclinación 70° NE.

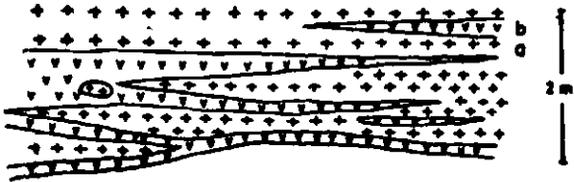
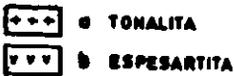


Figura 13. Filones de espesartita en juntas de tonalitas.



Es frecuente el hecho que en la cercanía de los lamprófidos se presenten schlieren de anfíbola y en las salbandas guías de feldespato y epidota.

Como en toda la región las estructuras lineales están poco definidas y además muy variable, no se puede asegurar si los filones de lamprófidos ocupan las juntas longitudinales o las transversales.

En ciertos casos, dentro de un filón lamprófídico aparecen guías de 1 mm de la tonalita, lo cual indica que el filón penetró como una mezcla muy fluida. Es un fenómeno análogo a lo que se encuentra muchas veces en las vetas metalíferas.

El croquis de la fig. 14 muestra otra disposición de los filones al sur de San Isidro. El área A corresponde a una tonalita más oscura. A esta misma zona se refiere la LAM. XXIX, Fig. 58.

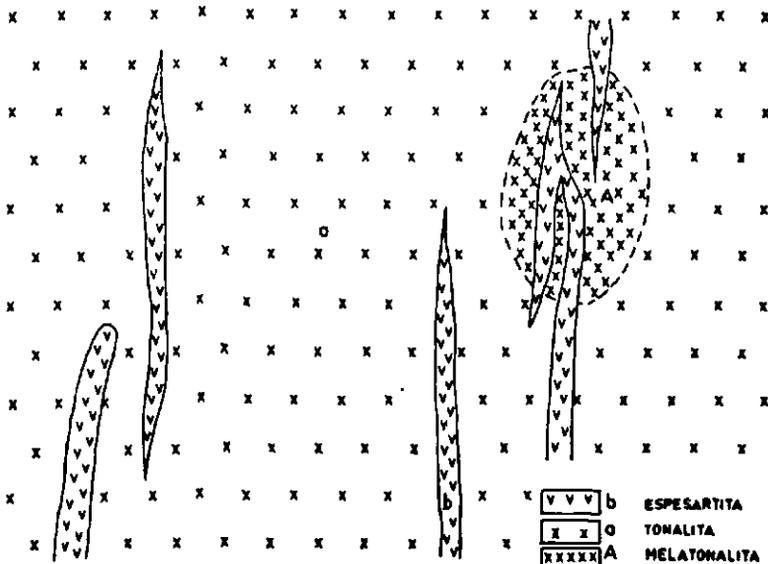


Figura 14. Filones lamprófídicos que cortan tonalitas granitizadas

En la parte N de la puntilla, al llegar al farellón donde queda interrumpido el sendero que va hacia el E, aparece un filón de espesartita negra verdosa con rumbo N 40 W y 80° de inclinación al SW, su anchura es variable entre 12 y 15 cm y está encajonado en granito rosado, fig. 15. Este filón presenta la particularidad que aparece cortado por un plano transversal con inclinación de 45° y desviado en una distancia igual al ancho del filón. El granito de la salbanda poniente está fuertemente quebrado por fracturas distantes 5 mm, pero este quebramiento es muy poco notable en la caja E. El plano de falla se manifiesta en el granito sólo como una trizadura que desaparece a los 30 cm y no se nota ningún desplazamiento.

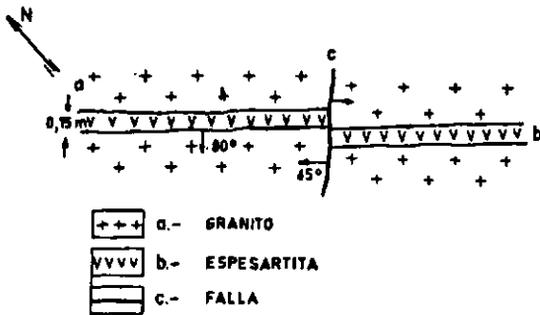


Figura 15. Filón de espesartita encajado en granito rosado y desplazado por falla transversal.

El filón tiene cristalización mucho más fina en la salbanda que en el centro, lo cual indicaría que ha cristalizado de un material fundido y no ha reaccionado en absoluto con el granito.

3,50 m al sur de la falla el filón se acuña y empieza a aparecer otro dentro del cual hay un trozo de granito de 5 cm, indicando que el lamprófidio se ubica en una fractura del granito. Este trozo de granito corresponde a la variedad constituida por microclina micropertita, oligoclasa, cuarzo y biotita. Aparece fuertemente presionado con fajas miloníticas que encierran trozos elipsoidales de feldespato, dentro de ellas la biotita está cloritizada. Los feldespatos aparecen fracturados con las líneas de maclas encorvadas y el cuarzo también está bastante agrietado.

El lamprófidio tiene textura porfídica con masa fundamental constituida por microlitas de oligoclasa y anfíbola parda, esta última en gran parte cloritizada, la cual encierra fenocristales de 0,5 a 1 mm de diópsido, idiomorfos o hipidiomorfos, verdosos, con estructura de reloj de arena.

Este lamprófidio muestra contactos nítidos con el granito incluido. LAM. XVII, Fig. 34, y en sus vecindades encierra trocitos diminutos de esta roca. En estos filones, el material de la salbanda es de cristalización más fina que en la parte central. También los fenocristales de piroxena son mucho mayores, alcanzando a veces hasta 4 mm.

El granito en el cual arma el filón, tiene proporción de minerales máficos variable y es menor en la vecindad de éste, aproximadamente 10%, y aumenta hacia los lados gradualmente, de modo que a 2 m de distancia ya es normal con 20% de minerales oscuros.

En toda la parte N de la Puntilla hay grietas N 55 E/10° NW, que no están rellenas por filones y otras N 30 W/SO SW, que son las más importantes y forman caletones que van destruyendo la puntilla. Ellas están comúnmente rellenas por los filones de espesartita gris y sus paredes constituidas por el granito por-

fídico con grandes cristales de microclina pertita de color gris de 1 a 2 mm. En esta zona son frecuentes las inclusiones básicas descritas más arriba, las cuales parece que proporcionaron el material para los filones de lamprófido.

PROCESOS DEUTÉRICOS.

En general, las rocas de toda la región no presentan efectos pronunciados de acciones deutéricas y sólo donde aparecen vetillas, como en punta Tanlauque, se ha producido una intensa cloritización y epidotización.

Algarrobo.

Las condiciones en Algarrobo son muy parecidas a las de El Quisco, es decir, predominio de tonalitas ala de mosca, constituidas por oligoclasa, cuarzo, biotita y pequeñas cantidades de anfíbola. Un análisis de esta roca aparece en el cuadro II con la designación E-7. Ella, en algunas partes tiene colores rosáceos, como en El Quisco, ya sea por la introducción de microclina rosada o por tinción con arcilla rosada.

En algunos arrecifes, frente a la laguna que forma el estero de San Jerónimo, en su desembocadura, se ven tonalitas cataclásticas dentro de la anterior. Ella lleva masa fundamental de microbrecha, en la cual hay trocitos de cuarzo y feldespatos con tamaños de 0,02 a 0,2 mm cementados por un agregado isótropo de clorita; los trocitos de feldespatos tienen las líneas de maclas muy encorvadas. En estas zonas miloníticas aparecen lentes de micro pegmatita constituidos por microclina con inclusiones de cuarzo en disposición cuneiforme y pequeñas guías de biotita que atraviesan la microclina, indicando una movilización en la biotita original de la tonalita, a consecuencia de la cataclasa y formación de micropegmatitas. En este mismo lugar existen filones doblados de espesartita muy alterados, de modo que todos los máficos se han transformado en clorita y calcita.

En la barranca del camino, frente al lugar antes descrito, aparece un filón muy potente de granito de microclina rosado y en sus vecindades la tonalita lleva inclusiones de microclina.

La tonalita hacia el sur de la laguna está en partes afectada por fenómenos deutéricos que ha producido la epidotización de la oligoclasa, transformándose en albita An_5 y la cloritización de los máficos, agregándose algo de turmalina; esta biotita encierra granos de zircón con aureolas pleocroicas bien desarrolladas. Aquí se observa que la cataclasa ha afectado también a la micropertita.

Hacia el norte sigue la misma tonalita por los acantilados de la costa hasta Tunquén.

Hacia el sur de Algarrobo, en la playa Canelillos, la roca predominante es la tonalita de biotita, ala de mosca, con algunas inclusiones de micropertita. Ella lleva filones de aplita constituidos por microclina (69%) cuarzo (20%), oligoclasa (10%) y biotita (1%).

En la bahía de Canelillo aparece una tonalita más oscura por el aumento de la proporción de biotita y aparición de hornblenda; al mismo tiempo la composición de la plagioclasa tiende a andesina An_{30} . El contacto entre la tonalita clara y la oscura es relativamente brusco y se produce aproximadamente en la mitad de la bahía; pero ella no es de gran extensión. Aquí también la tonalita presenta, a veces, señales cataclásticas acentuadas pero sin llegar a la brechización como en la Laguna de Algarrobo.

Hacia el sur de Canelillo, hasta el Quisco Norte, la roca predominante es esta misma tonalita que en parte está fuertemente microclinizada con microlina gris, como ocurre en la roca de punta Leoncillo (Piedra de la Princesa).

El granito rosado de la barranca del camino (Cuadro análisis II E-8) frente a la Laguna está atravesado por un potente filón lamprófido de más o menos 5 m, en la parte central es de cristalización relativamente gruesa y en las salbandas es muy fino.

La parte central (E-1565) es una roca negra grisácea a castellana oscura constituida por feldespato blanco. Bajo el microscopio presenta las siguientes características:

Textura hipidiomorfa granular con tendencia diabásica, constituida por plagioclasa, cuarzo, anfíbola, clorita y calcita. La plagioclasa es una oligoclasa sódica \pm An₁₆, se presenta en cristales hipidiomorfos hasta de 1 mm, los cuales se agrupan para formar granos mayores, generalmente están algo sericitizados y arcillizados. El cuarzo aparece en pequeña cantidad en granos de 0,2 a 0,4 mm, con extinción lisa. La anfíbola es una hornblenda con pleocroísmo entre pardo amarillento e incoloro, es decir, igual a las de todos los lamprófidos de la región: $Z : c = 18^\circ$; $Z - X = 0,025$; se presenta en cristales de 1 a 3 mm de largo y 0,2 mm de ancho, en parte está transformada a clorita. La calcita forma manchas irregulares hasta de 2 mm, encerrando los otros minerales, lo mismo que la clorita. La composición aproximada es la siguiente:

Plagioclasa, 45%; cuarzo, 5%; anfíbola, 40%; calcita y epidota, 8%; magnetita y leucoxeno, 2%.

La roca marginal (E-1564), es de color negro verdoso, grano muy fino; está constituida por anfíbola parda y oligoclasa en cristales alargados de 0,1 a 0,2 mm.

En el Cuadro de análisis III figuran los correspondientes a estas dos muestras.

Cuadro III

Lamprófidos

	E-1564	E-1565	E-1503	E-1713a	E-1713b	E-1580	E-1710	E-1712
SiO ₂	48,44	50,25	48,29	46,48	45,67	49,98	49,11	47,35
TiO ₂	0,71	1,08	0,90	0,96	0,96	0,84	0,87	0,80
Al ₂ O ₃	16,81	17,34	16,48	17,68	17,24	14,20	15,85	14,98
Fe ₂ O ₃	0,11	2,37	3,53	0,57	0,62	1,78	1,80	0,68
FeO	6,95	6,80	5,78	7,44	7,13	8,02	6,72	6,21
MnO	0,10	0,15	0,12	0,12	0,17	0,12	0,06	0,17
MgO	11,45	6,91	6,06	9,44	10,92	14,26	10,28	14,67
CaO	9,84	8,70	13,27	9,83	10,90	9,35	8,21	10,20
Na ₂ O	1,76	2,75	1,85	2,45	2,10	1,61	2,15	1,23
K ₂ O	0,67	0,79	1,12	1,11	0,89	0,45	2,49	1,15
P ₂ O ₅	0,03	0,05	0,11	0,20	0,20	0,06	0,07	0,16
H ₂ O	3,00	2,91	2,40	3,39	3,32	3,52	2,46	2,19
Cz	—	0,42	—	—	—	—	—	—
Or	3,89	5,00	6,67	6,67	5,56	2,22	15,01	6,67
Ab	14,67	23,06	15,72	20,44	17,82	13,62	17,82	9,96
An	36,14	32,53	33,36	34,19	34,75	30,30	26,13	32,25
Fs	8,18	8,84	6,34	0,88	0,07	4,62	2,77	3,83
Wo	2,20	4,41	13,23	5,68	7,77	6,73	6,03	7,31
En _s	20,000	17,30	15,10	1,67	0,15	13,70	7,50	14,60
Fo _s	6,02	—	—	15,37	18,97	15,33	12,74	15,47
Fa	2,65	—	—	8,92	8,67	5,81	5,10	4,59

Mgn	0,23	3,48	5,10	0,93	0,93	2,55	2,55	0,93
Ilm	1,37	2,13	1,67	1,82	1,82	1,52	1,67	1,52
Ap	—	—	0,34	0,34	0,34	—	—	0,34
Hem	—	—	—	—	—	—	—	—
Si	123,0	121,6	111,2	121,1	113,0	92,9	151,8	115,5
Al	24,9	25,2	22,6	0,6	0,6	16,8	21,1	0,5
fm	43,4	44,0	38,6	94,9	95,5	16,1	15,6	95,8
c	26,7	22,9	33,0	2,0	1,5	63,1	54,6	1,7
alk	5,3	7,8	5,8	2,4	2,2	3,6	8,6	1,7
k	0,200	0,170	0,207	0,143	0,143	0,133	0,444	0,166
mg	0,007	0,577	0,575	0,070	0,056	0,743	0,709	0,029
qz	-115	0,2	2,2	7,6	29,4	-15,5	17,4	11,9
c/fm	0,612	0,52	0,855	0,020	0,066	3,9	3,5	0,085
corde	IV	IV	V	I	I	VIII	VIII	I

E-1564	Espeartita Algarrobo frente laguna. Parte marginal	(Análisis Villalobos)
E-1565	Espeartita Algarrobo parte central	" "
E-1503	Espeartita parte SW puntilla el Quisco	" "
E-1713a	Espeartita punta S San Isidro el Quisco	" "
E-1713b	Espeartita punta S San Isidro el Quisco	" "
E-1580	Espeartita, atraviesa la roca Córnea y sigue al granito (LAM. XX, fig. 45).	" "
E-1710	Espeartita punta de Talca	" "
E-1712	Odynita puntilla entre playa chica y playa grande	" "

ELEMENTOS MENORES

Lamprófidos

	E-1503	E-1523	E-1505	E-1710	E-1712	E-1713A	E-1713B
Ba	r	—	—	—	—	—	r
Sr	f	—	—	—	—	—	+ r
V	+ r	r	f	r	— r	r	— r
Cr	f	mf	mf	mf	f	f	f
Pb	r	v	r	—	—	d	d
Ni	r	f	+ r	+ r	f	+ r	+ r
Co	r	r	r	d	+ r	r	r
Ag	v	—	md	—	—	—	—
Zn	md	v	md	—	d	md	d
Sn	md	—	md	—	—	—	—
Cu	mf	f	mf	+ r	f	mf	mf
Mo	—	—	—	—	—	v	—
Bo	r	r	r	r	md	— r	— r
Ga	r	f	f	+ r	f	f	f

v = apenas visible

md = muy débil

d = débil

— r = menos que regular

r = regular

+ r = más que regular

f = fuerte

mf = muy fuerte

Análisis J. Grawen y R. Contreras.

Quintay.

Hacia el N de El Barco entramos en un ambiente que se asemeja al descrito para la región situada entre El Tabo y San Antonio, pues las rocas se hacen más heterogéneas por la aparición de migmatitas con mayor o menor desarrollo, producidas por la interacción del batolito tonalítico con las intrusiones básicas análogas a las de Cartagena, las cuales siguen hasta Valparaíso.

Describiremos a continuación los diversos tipos petrográficos que aparecen entre El Barco y Quintay.

GABROS.

Son rocas de color negro grisáceo a gris claro, dependiendo el color de la proporción entre anfíbola y feldespato. En los ejemplares más oscuros, se ve en la muestra megascópica un fondo negro de máficos sobre el cual se destacan granos blancos de feldespatos en mayor o menor proporción; en los tipos gris mediano se ve lo inverso, es decir un fondo blanco feldespático en el cual se destacan los cristales máficos; en este sentido existe una transición gradual hacia las epidioritas y tonalitas, correspondiendo las primeras a una mezcla entre los gabros y las tonalitas.

El tamaño del grano, megascópicamente, es bastante regular, del orden de 2 a 5 mm y en casos excepcionales aparecen cristales mayores, pero microscópicamente es más variable, pues muchos de los granos que se pueden individualizar megascópicamente en realidad corresponden al agrupamiento de granos menores.

Algunas rocas llevan fenocristales hasta de 6 mm preferentemente de anfíbola, pero en otros casos también de plagioclasa.

En ciertos lugares aparecen áreas con texturas granoblásticas constituidas por un mosaico de hornblenda y plagioclasa, pero es difícil decidir si estos mosaicos guardan relación con cierta acción tectónica o son el resultado de la depositación simultánea de ambos minerales.

Algunos ejemplares (E-514) muestran una textura claramente poikilítica con granos de plagioclasa de 0,2 a 4 mm envueltos por anfíbola.

Todos los gabros que consideramos en este acápite están constituidos esencialmente por plagioclasa de composición variable entre andesina y labradorita y hornblenda. Aparecen en algunos ejemplares otros minerales máficos como augita, hiperstena y olivina, pero ellos están circunscritos a ciertos sectores especialmente en la parte NE de la hoja Quintay, donde están más alejados del macizo tonalítico de la parte sur. Las relaciones entre ellas son las normales, es decir que las piroxenas, tanto rómbicas como monoclinicas, se han transformado en anfíbola, la olivina se encontró en un solo ejemplar.

En algunas muestras aparece biotita reemplazando a los otros minerales ferromagnesianos, pero no se ha podido establecer de un modo claro si ella es de origen primario o proviene del reemplazo metasomático en una etapa avanzadz.

El cuarzo es bastante escaso y siempre de última formación.

Las características de estos distintos minerales son las siguientes:

Los feldespatos corresponden casi exclusivamente a plagioclasa. En raros casos aparecen pequeñas inclusiones y guiecillas de feldespato potásico. La plagioclasa forma por lo general cristales hipidiomorfos; pero a veces se suelen encon-

trar agregados de plagioclasas y anfíbola con contornos poligonales, formando una especie de textura porfiroblástica.

La composición de los cristales es relativamente variable, algunos son bien homogéneos con contenido de anortita entre An_{40} y An_{60} , llegando en casos excepcionales a An_{90} . En ciertos casos los cristales mayores de 3 a 5 mm tienen composiciones cercanas a An_{60} , mientras que hay otros más pequeños, de 1 mm, con An_{35} . Algunos muestran estructuras zonales con características variables; en ciertos casos existe un núcleo de andesina An_{45} y una periferia con límite bien nítido de An_{35} ; otras veces la parte interior es An_{60} y la periferia An_{45} ; pero con mayor frecuencia la estructura zonal es poco acentuada, ya sea gradual o recurrente, con pequeñas variaciones entre las distintas fajas.

En algunos casos existen señales cataclásticas que se manifiestan por el encorvamiento de las líneas de maclas y en casos extremos un cristal grande, de 5 mm está formado por una serie de trozos diversamente orientados debido probablemente a efectos cataclásticos.

La macla más frecuente es la de Albita, en menor proporción de Carlsbad y de Periclina; en casos muy raros aparece la de Baveno.

La anfíbola es el mineral más importante después de los feldespatos. Corresponde por lo general a una hornblenda con pleocroísmo entre verde pasto y verde amarillento en las secciones según (010), pero hay ciertos casos en que aparece una anfíbola con pleocroísmo entre café claro y amarillento, correspondiente a hastingsita (?); parece que ésta proviene de la hornblenda verde y existen transiciones entre ambas.

La anfíbola en general tiende a formar grandes playas encerrando poikiliticamente a la plagioclasa; pero esta característica no se podría explicar como un fenómeno primario, es decir formación de la anfíbola con posterioridad a la plagioclasa, sino que como un fenómeno de movilización posterior porque otros casos sugieren una formación simultánea. Fuera de la anfíbola café mencionada, se suele encontrar manchas azulejas indicando cierto contenido de álcalis. La anfíbola también encierra cristales de piroxena.

Las piroxenas están representadas por augita e hiperstena; la primera es más abundante y se presenta en cristales hipidiomorfos de 1 a 3 mm, los cuales a veces están rodeados por hornblenda verde indicando claramente un reemplazo.

La hiperstena es más escasa, tiene pleocroísmo débil entre café claro o incoloro y suele presentar cierta estructura de schiller; casi siempre está rodeada por augita.

La cantidad de piroxena es muy pequeña en comparación con la de anfíbola, posiblemente por fenómenos de reemplazo.

La biolita aparece esporádicamente en láminas con pleocroísmo entre castaño oscuro e incoloro, constituyendo manchas irregulares, encerrando a veces a la augita y a la plagioclasa; suele encontrarse junto con anfíbola y epidota, reemplazando a la primera.

Llama la atención la existencia de biotita en muestras que carecen totalmente de feldespato potásico.

El cuarzo suele existir en pequeña cantidad, rellenando intersticios entre cristales de plagioclasa, en manchas constituidas por un agrupamiento de cristales xenomorfos con extinción ondulosa.

En general estas rocas presentan muy poca alteración deutérica. Así los fel-

despatos sólo excepcionalmente están sassuritizados. Las anfíbolas suelen estar transformadas en cloritas, serpentina, zoicita y talco.

Entre los minerales accesorios hemos notado sólo la presencia de magnetita y apatita con frecuencia variable.

La composición modal se puede apreciar por los siguientes valores:

	E-529	E-515
Plagioclasa An ₃₀	81,9	34,2
Augita	10,4	—
Anfíbola	7,5	65,8

TONALITAS.

Elas forman un batolito que se extiende desde la latitud de Punta del Barco hacia el sur. La gran mayoría corresponden a tonalitas de biotita, pero se suelen encontrar pequeñas áreas con tonalitas de anfíbolas que constituyen una transición a las epidioritas que describiremos más adelante.

En general se trata de rocas de color gris claro, con grano medio a grueso, constituidas por un fondo blanco de feldespato y cuarzo moteado con hojitas de biotita en proporciones variables y en casos raros de anfíbola.

Los feldespatos corresponden a oligoclasa-andesina con composiciones que oscilan entre An₃₀ y An₃₅, excepcionalmente llegan a An₄₅ en las variedades que contienen anfíbola, es decir en las rocas de transición hacia los gabros; a veces llevan inclusiones de ortoclasa. Con cierta frecuencia muestran una débil estructura zonal con separación nítida entre las diversas zonas. Estos feldespatos aparecen en cristales alargados hipidiomorfos, hasta de 5 mm; pero en la muestra megascópica se presentan con un tamaño mayor, debido a que existen áreas en las cuales se agrupan varios individuos. Las maclas más frecuentes son la de Albita, en mayor proporción las de Carlsbad y en casos raros Periclina; a veces las líneas de maclas están encorvadas por presiones y abarcan sólo una parte del cristal.

En algunos ejemplares existe algo de microclina, formando áreas irregulares en granos de 2 a 3 mm y en los contactos con la plagioclasa se ha formado mirmequita, su distribución es esporádica y la proporción no alcanza a la requerida para formar granodioritas.

El cuarzo aparece formando grandes playas de 2 a 5 mm, en los intersticios entre las plagioclasas, las cuales están constituidas por un agrupamiento de granos xenomorfos con extinción ondulosa pronunciada. En ciertos casos se observa una ligera granulación en los bordes de los diferentes granos en contacto.

El mineral máfico más abundante es la biotita que se presenta en hojas, generalmente reunidas en haces entre los granos de cuarzo. Tiene pleocroísmo muy intenso entre castaño oscuro y amarillo claro. En raros casos aparece en forma de cristales idiomorfos dentro de la plagioclasa y con más frecuencia en los contactos entre la plagioclasa y el cuarzo. Muchas veces está en contacto con titanita o magnetita, las cuales parecen haberse originado por un proceso de segregación. Las hojitas de biotita suelen estar dobladas.

La anfíbola es muy poco frecuente, corresponde a hornblenda y aparece en granos de color entre verde pasto y amarillento en las secciones según (010), con frecuencia alterada a actinolita y clorita, a veces con tintes azulejos indicando cierta proporción de álcalis, en ciertos casos forma grandes manchas englobando

feldespatos, como ocurre en los gabros descritos anteriormente. En una tonalita que lleva una inclusión de gabro de 3 x 1 cm con un contacto bien nítido, hay cristales de anfíbola con las mismas características que las de la inclusión, ella está junto con biotita que la reemplazaría. Cerca de estos contactos se suelen encontrar schlieren de este mineral.

Los minerales accesorios corresponden a zircón, magnetita y apatita, además de la titanita mencionada anteriormente y que casi siempre está ligada a la biotita.

Dado el gran tamaño de los granos para tener una composición modal correcta, habría sido menester recontar un gran número de muestras. Como dato ilustrativo damos los siguientes valores:

	E-272	E-295
Plagioclasa	40%	61,1%
Cuarzo	30%	36,6%
Biotita	20%	3,1%
Microclina	10%	—

GNEISSES.

Se presentan en el morro de Quintay y en el sector comprendido entre las quebradas principales que bajan al sur y al norte de la Punta Quintay. En general tienen una foliación NW y vertical; pero no constituyen estructuras continuas sino más bien esporádicas dentro del conjunto de gabros.

Se trata de rocas bandeadas con láminas de pocos milímetros de espesor sin contactos bien definidos, unos más claros y otros oscuros. Estas últimas corresponden a anfíbolitas y tienen las siguientes características:

E-262a. Textura paralela constituida por individuos xenomorfos de andesina, con tendencia esferoidal, envuelto por girones de anfíbola. Los granos de andesina son generalmente de 0,5 mm de largo, algunos llevan maclas de albita muy finas a lo largo de todo el cristal, otros sólo parcialmente, pero la mayoría carecen de ellas. En casos raros aparece también la macla de Periclina. En algunos granos las líneas de maclas están encorvadas, y presentan entonces una extinción levemente ondulosa. Con frecuencia encierran segregaciones de ortoclasa. Participan también en este agregado algunos cuerpos alargados de cuarzo en forma de guías lenticulares con extinción ondulosa muy pronunciada, las cuales se amoldan a la estructura paralela general. Los cristales de plagioclasa contienen algunas pequeñas inclusiones de apatita. Los cristales de cuarzo, antes mencionados, deben provenir de la inyección tonalítica, pues en las fajas de anfíbolitas más finas ellos no existen. Dentro de este conjunto existen granos de anfíbola, generalmente en el contacto entre los individuos del agregado granoblástico de feldespato, con longitudes de 0,2 a 1 mm.; ella tiene el mismo pleocroísmo que las anfíbolas del gabro, aunque a veces está ligeramente cloritizada y con algunos tintes azulejos. En pequeña proporción aparece biotita y titanita, las cuales indudablemente corresponden a las venillas de tonalita.

Las fajas de anfíbola a veces son de grano más grueso (E-263-b) y corresponden a los gabros que hemos descrito anteriormente, constituidos por labradorita-andesina An₅₀ y anfíbola, en granos con tamaños variables entre 0,02 y 2 mm.

Las fajas más claras corresponden a tonalita con textura protoclastica muy acentuada. Lleva porfiroclastos de plagioclasa y cuarzo en granos de tendencia esferoidal con 1 a 2 mm de largo. La plagioclasa es oligoclasa cálcica, lleva maclas de Albita y en los granos mayores aparecen también las de Periclina. El cuarzo tiene extinción ondulosa muy pronunciada.

Estos porfiriclastos están envueltos en una masa milonítica constituida por fragmentos de oligoclasa y cuarzo del orden de 0,2 a 0,4 mm entrelazados con hojitas de biotita.

Por las características de las fajas descritas es indudable que se trata de un gneiss de inyección producido por cierto agrietamiento del gabro en fajas paralelas y penetración de la tonalita de un modo forzado y con un avanzado grado de cristalización.

Estas rocas tienen gran analogía con los gneisses de Cartagena.

Se encuentran toda clase de transiciones entre los gneisses de inyección embrechitas y las brechas (agmatitas) constituidas por trozos más o menos esquinados de la anfíbolita, envueltas en las tonalitas. En ciertos casos el gabro se ha roto penetrando la tonalita en las grietas y separando los trozos. Las inclusiones a veces son gabros típicos y otras veces se han transformado en epidioritas.

EPIDIORITAS.

En la costa de playa Quintay y Punta El Barco, aparecen esporádicamente, entre la tonalita, algunas rocas que hemos denominado epidioritas y que constituyen una transición entre las tonalitas y los gabros descritos anteriormente. En general son rocas de grano medio con un color gris mediano, algo más oscuro que el de las tonalitas debido a la mayor abundancia de anfíbola. Su composición mineralógica está constituida por plagioclasa, cuarzo, anfíbola y biotitas; como se trata de rocas de transición en algunos ejemplares falta casi totalmente el cuarzo y la biotita.

La plagioclasa tiene composición variable entre An₃₀ y An₄₀, predominando las An₃₅, con núcleo de labradoritas; a veces llevan inclusiones de feldespato potásico. Aparece en cristales de 2 a 5 mm con maclas de Albita y con menos frecuencia de Carlsbad y Periclina. Las líneas de maclas muchas veces están encorvadas por presiones y a veces se encuentran cristales de ± 5 mm completamente destrozados y los trozos yuxtapuestos, indicando que se trata de fenocristales originales que han sido destrozados y soldados. El cuarzo se presenta en pequeña cantidad en granos hasta de 1 mm con extinción ondulosa poco pronunciada. La anfíbola es una hornblenda con pleocroísmo entre verde pasto y amarillento en las secciones según (010). Esta forma cristales xenomorfos de 1 a 2 mm; a veces envuelve granos de plagioclasa. Las piroxenas son bastante escasas y corresponden en su mayor parte a augita y en pequeña proporción a hiperstena. La biotita aparece sólo en algunos ejemplares y siempre en conexión con la anfíbola.

De los minerales accesorios los más frecuentes son apatita, zircón y magnetita, pero a veces existe titanita con relativa abundancia.

Damos en seguida una estimación de la composición modal de estas rocas:

	E-282	E-294	E-273
Plagioclasa	75	65	60
Cuarzo	—	5	10
Hornblenda	—	25	20
Piroxena	25	—	—
Biotita	—	5	10

Estas rocas se presentan de un modo errático dentro de las tonalitas en áreas de tamaños muy variables y provienen seguramente de la acción de tonalitas sobre inclusiones gábricas.

INCLUSIONES.

Dentro de la tonalita son frecuentes las xenolitas de color gris oscuro grano fino a medio y aspecto sacaroides que están constituidas por plagioclasa, anfíbola, biotita y cuarzo. Su textura varía entre panxenomorfa con tendencia granoblástica a hipidiomorfa; a veces es algo porfiroblástica. Tanto la biotita como la anfíbola tienden a una disposición paralela.

La plagioclasa corresponde a oligoclasa y muestra contornos suturados con el cuarzo, las maclas están poco desarrolladas y a veces se nota cierta estructura zonal continua. Participan en este agregado hojitas de biotita y prismoides de anfíbola con proporciones variables entre una y otra constituyendo ambas más o menos el 30% de la roca. Su tamaño varía de 0,2 a 0,4 mm. El pleocroísmo de la anfíbola es algo diferente del que aparece en los gabros pues tiene tonos verdes más oscuros.

En algunos ejemplares se presentan porfiroblastos de plagioclasa hasta de 4 mm constituidos por una materia feldespática heterogénea, indicando que se han formado por la integración de varios granos; en estos porfiroblastos se ha desarrollado cierta estructura zonal con núcleos de andesina (An_{40} aproximadamente) y periferias de oligoclasa An_{30} , pero las composiciones no se pueden determinar con precisión debido a la heterogeneidad de los cristales. En una etapa más avanzada del desarrollo se producen maclas de Albita y Carlsbad. Estos porfiroblastos encierran pociloblásticamente algunos granos de plagioclasa de la masa fundamental y hojitas de biotita, con frecuencia el núcleo está sericitizado. El desarrollo de estos porfiroblastos es muy análogo al que aparece en las inclusiones de Santo Domingo.

Como minerales accesorios se presenta apatita, magnetita y en algunas, titanita.

En ciertos casos las xenolitas están atravesadas por guías graníticas de pocos centímetros o bien encierran nidos de cuarzo con ortoclasa.

En general el contacto entre la tonalita y las inclusiones es bien nítido, pero la tonalita suele encerrar algunos cristales de anfíbola de las mismas características del que aparece en la inclusión.

A veces la inclusión ha sido casi totalmente absorbida por la tonalita, quedando sólo schlieren de los minerales oscuros. Otras veces se observa cierta foliación primaria por la repartición de estos últimos.

Por las características anotadas parece que las inclusiones corresponden a gabro que ha experimentado cierto metamorfismo termal por la difusión de álcalis a partir de la tonalita, los cuales han alcanilizado los feldespatos y transformado la anfíbola en biotita.

GRANITOS.

Desde la punta Quintay hasta 1 km al N de la punta El Barco, aflora en la costa un granito rosado que se extiende hacia el interior más o menos en 2 km. Se trata de una roca blanca rosácea de grano medio constituida por feldespato

rosáceo, cuarzo gris y biotita negra. Presenta cierto aspecto gneissoide por la orientación de la mica que tiende a formar guías englobando los feldespatos. Bajo el microscopio tiene textura hipidiomorfa granular y aparece constituida por plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo y biotita.

La plagioclasa constituye cristales hipidiomorfos de más o menos 1 mm; su composición es oligoclasa An_{25} y las líneas de maclas de Albita suelen estar encorvadas. El cuarzo ocupa grandes playas, hasta de 10 mm constituidas por granos con extinción ondulosa. El feldespato potásico aparece como micropertita y microclina pertita, ésta última es del tipo venado y tiene un $2V = -73^\circ$. La microclina pertita tiene un $2V = -86^\circ$. El tamaño de los feldespatos potásicos llega a 5 mm. Las maclas más corrientes son las de Carlsbad, pero a veces aparece también la de Baveno. En el contacto entre la oligoclasa y la microclina se suele formar algo de mirmequita.

Un hecho interesante es que casi todos los cultivos buscan de preferencia la zona ocupada por el granito.

PEGMATITAS DE ANFÍBOLA.

Dentro de la tonalita se suelen encontrar algunas concentraciones ricas en anfíbolos y de carácter pegmático. Describiremos algunos de estos casos pues es difícil generalizar.

E-272. Se trata de una concentración de forma groseramente esférica, con 10 m de diámetro, constituida por anfíbola negra verdosa que corresponde a un agregado de cristales xenomorfos de 2 a 4 mm entrelazados entre sí, los cuales tienen un pleocroísmo débil entre verde pálido o incoloro, en partes está transformado en serpentina; suele llevar grandes concentraciones de plagioclasa blanca. Este cuerpo está envuelto por una epidiorita constituida por andesina An_{35} y hornblenda, con cantidades relativamente altas de titanita la cual encierra bastantes inclusiones orientadas como los gneisses de inyección.

E-276. Es un pequeño lente de 50 cm por 10 cm incluido en la diorita, constituido por feldespato blanco en cristales de 1 cm y anfíbola en dimensiones análogas. Los granos de feldespato están constituidos por varios individuos del orden de 2 a 4 mm con maclas de Albita y Carlsbad; su composición corresponde a albita cálcica An_{10} , pero contiene abundantes inclusiones de zoicita y en menor proporción sericita, epidota y titanita. La anfíbola aparece en grandes prismoides, hasta de 2 cm y tiene el siguiente pleocroísmo $X =$ amarillento claro, $Z =$ verde claro. A veces dentro de la anfíbola aparecen inclusiones de feldespato, las mayores de las cuales encierran granos de zoicita; la anfíbola está en parte cloritizada. Existen también algunos granitos de cuarzo de 1 mm que han reemplazado el feldespato y están surcados por venillas de alunita y epidota. Tanto el feldespato como la anfíbola contienen inclusiones de apatita y cristales dispersos de titanita. A veces suele encontrarse microclina rodeando parcialmente la plagioclasa.

En la formación de estas pegmatitas de anfíbola parece que han desempeñado un papel importante los fluidos postmagmáticos, es decir, se trata de una especie de secreción lateral.

APLITAS Y PEGMATITAS.

Los filones aplíticos están de preferencia atravesando los gneisses de inyección, lo cual demuestra que se trata de rocas hipabisales derivadas del batolito. Se pueden distinguir dos tipos de aplitas: las graníticas y las tonalíticas.

Las aplitas graníticas son rocas blancas rosáceas con textura sacaroides. Bajo el microscopio aparecen con textura panxenomorfa con granos de 0,2 a 1 mm de cuarzo con extinción ondulosa, albita cálcica en pequeña proporción y ortoclasa; además aparecen escasas hojitas de biotita y en ciertos casos anfíbola. Es frecuente la presencia de titanita. Estas aplitas atraviesan en forma de guías las tonalitas y los geisses de inyección.

Las aplitas tonalíticas son rocas blancas sacaroides de grano fino constituidas por cuarzo y feldespato, además pequeña cantidad de biotita y a veces de anfíbola verdosa. Bajo el microscopio muestran textura ligeramente porfídica con fenocristales de oligoclasa hasta de 2 mm ligeramente zonales. La masa fundamental es un agregado panxenomorfo de oligoclasa y cuarzo en granos de 0,2 a 1 mm. El cuarzo se presenta en granos xenomorfos con extinción levemente ondulosa. Existe en algunos ejemplares pequeña cantidad de ortoclasa en granos aislados y venillas. Los minerales ferromagnesianos aparecen en cantidades muy subordinadas y corresponden principalmente a biotita en hojitas hasta de 1 mm y menos frecuentemente anfíbola con pleocroísmo entre verde pálido y amarillento. Entre los accesorios aparece apatita, relativamente abundante, zircón, titanita y magnetita.

Estas aplitas también atraviesan los gneisses de inyección.

Pegmatitas propiamente tales son muy raras en la región y las que más se acercan a este tipo son tonalitas gruesas de carácter pegmatítico con cristales de andesina An_{40} y cuarzo hasta de 10 mm; el feldespato muestra las líneas de maclas encorvadas y el cuarzo extinción ondulosa. Ellas atraviesan los gabros en guías.

LAMPRÓFIDOS.

En el sector que estamos considerando los lamprófidos son muy escasos. Citarémos como ejemplo un filón de odinita que atraviesa las epidioritas un poco al norte de la punta Quintay.

Se trata de una roca negra de grano fino con textura hipidiomorfa constituida por cristales de plagioclasa, anfíbola y biotita con tamaños entre 0,2 y 0,4 mm. La plagioclasa es labradorita cálcica; la anfíbola tiene color verde pasto poco pleocroica y en partes está muy concentrada formando manchas que encierran escasos granos de feldespato y constituye más del 60% de la roca. Intimamente mezclada aparece algo de biotita en proporción no mayor de 10%.

Este filón lleva incluidos algunos trozos canteados de diorita, lo cual demuestra que se ha introducido en una zona de fracturas, lo mismo que todos los lamprófidos de la región, pero se diferencia en que estos corresponden casi siempre a espesartitas con plagioclasas más alcalinas y anfíbolas de color café, posiblemente por cierto contenido en álcalis.

CONSIDERACIONES GENERALES

Las Formaciones Prebatólicas.

De los datos anotados se deduce que las únicas rocas anteriores a la intrusión del Batolito de la Costa son rocas básicas, que originalmente correspondían a gabros, de las cuales encontramos representantes in situ en Cartagena y en Quintay. Ellas siguen más al norte de esta localidad hasta Valparaíso.

Estos gabros han sido afectados por un metamorfismo, especialmente de carácter tectónico, que los transformó en ortoanfibolitas, las cuales se presentan a veces en agregados granoblásticos de hornblenda, andesina-labradorita y cuarzo con disposición paralela y sin señales de cataclasa y en cambio en otros sectores estas anfibolitas han experimentado intensos esfuerzos de cizalle.

No podríamos decir con seguridad que relación guardan estas anfibolitas foliadas con los gabros, pues en la única parte donde los encontramos en vecindad inmediata es en el espolón de Cartagena que separa Playa Grande de la Playa Chica; pero aquí los contactos son borrosos por las inyecciones de tonalita que han producido los gneisses inyectados; no obstante, a pesar de eso, el gabro muestra cierta foliación, aunque en grado mucho menos pronunciado. En Laguna Verde (situada 15 km al N de Quintay el gabro también muestra foliación acentuada NW/50° SW intercalándose fajas de material biotítico muy fino en dichos planos; además las acciones dinámicas se traducen en granulación y encorvamiento de las láminas de maclas de la plagioclasa. En condiciones parecidas se encuentra el gabro transformándose en anfibolitas en Playa Ancha (Valparaíso). Por estos antecedentes parece que la formación de las anfibolitas se ha producido a partir de los gabros por acciones dinámicas, las cuales serían previas a la intrusión tonalítica (MUÑOZ CRISTI, 1962, pág. 18).

Respecto a la época de estas intrusiones no tenemos por ahora ningún antecedente fundado, pues los cantos de rocas básicas faltan totalmente en los conglomerados de los sedimentos paleozoicos, los cuales corresponden exclusivamente a granitos y queratófidos; pero en cambio, en todo el Paleozoico superior, que aflora en la costa de la provincia de Coquimbo, son muy frecuentes los filones diabásicos; pero como ellos son frecuentes también en el Triásico, con características muy análogas, no podríamos asegurar que exista una relación entre ellos y el gabro de la región que estamos describiendo, aunque es muy probable.

También encontramos con frecuencia inyecciones de diabasa y gabros en el Basamento Metamórfico, con grandes analogías a nuestros gabros, de modo que no quedaría excluida esta posibilidad de correlación; pero aquí tropezamos con la dificultad que no tenemos antecedentes concretos para fijar la edad de dicho basamento, pero es probable que sea paleozoica.

En la zona de estudio no encontramos en ninguna parte indicios sobre las relaciones entre el Basamento Metamórfico y el Batolito de la Costa, pues el primero se presenta sólo al sur de Pichilemu.

Un punto muy oscuro es si junto con el gabro se han producido los efusivos y piroclásticos correspondientes; pero solamente en Las Cruces existen rocas que podrían corresponder a tobas, pero aun ellas son muy dudosas.

Desarrollo del batolito.

Por las descripciones detalladas que preceden se llega a la conclusión que el Batolito propiamente tal, es decir, sin influencias de las rocas encajadoras y facies marginales, se extiende desde Punta de Talca hasta Punta del Barco, o sea en una extensión de 20 km. En realidad la influencia de la roca encajadora no es totalmente nula, pues siempre existen inclusiones pero en cantidad muy insignificantes. Otro sector con poca influencia de las rocas encajadoras es el de Santo Domingo, pero aquí las inclusiones son mucho más abundantes que en el anterior.

Las tonalitas son rocas de grano medio a grueso constituidas por oliglasa, biotita y cuarzo; y suelen llevar ocasionalmente algo de hornblenda. Esta última es más abundante en las dioritas que constituyen grandes bolsones incluidos dentro de las tonalitas y representan indudablemente inclusiones de carácter gábrico modificadas por las tonalitas que las rodean. Tanto las tonalitas como las dioritas corresponden al tipo de rocas conocidas vulgarmente con el nombre de "ala de mosca", y son de grano medio a grueso con una pasta de cristales de plagioclasa blanca y cuarzo gris salpicada por manchas de biotita. En algunos casos son rosáceas por las inclusiones de óxido de hierro.

Respecto al origen de las inclusiones está bien evidente que ellas provienen de las anfibolitas derivadas de los gabros prebatolíticos o de los gabros mismos con escasa transformación. Estas inclusiones han experimentado los efectos de la tonalita, la cual no pudo disolverlas por encontrarse en un grado más evolucionado en la serie de reacción, pero las pudo transformar convirtiendo la anfíbola original en biotita, y alcalinizando las plagioclasas, minerales con los cuales estaba saturada la tonalita. Por lo tanto estos procesos se han verificado de acuerdo con lo postulado por BOWEN (1922, pág. 540). Además se ha producido una ligera modificación provocada por la introducción de feldespato potásico.

En ciertos sectores la influencia de las inclusiones digeridas es más acentuada produciéndose dioritas de anfíbola y biotita en áreas relativamente grandes; pero cuando el magma tonalítico ha penetrado en las anfibolitas se suelen generar epidioritas anfibólicas con muy escasa participación de biotita, pero en realidad la producción de estas rocas cae más bien en el campo de las influencias de las rocas encajadoras.

A veces las inclusiones constituyen cuerpos tabulares dentro de la tonalita o granito con toda la apariencia de filones lamprofidicos; pero es fácil diferenciarlos de estos últimos por la textura granoblástica, de modo que se trata en realidad de pseudofilones. Ellos aparecen en la cuesta de Ibacache y son muy abundantes en el camino de Viña del Mar a Concón, es decir fuera de nuestra área.

Dentro del área abarcada por las tonalitas se encuentran sectores en los cuales el feldesdesto potásico ha reemplazado metasomáticamente y de un modo parcial a la tonalita o dioritas, transformándolas en granodioritas, monzonitas cuarcíferas o granitos. En ellos el feldespato es de preferencia microclina, microclina micropertita o micropertita.

Este fenómeno de la microlinización de las tonalitas ha sido descrito para diversas regiones. SCHERMER HORN (1956) menciona los granitos de Troncoso en Portugal, en los cuales la textura primaria ha sido destruida por microclinización y esta microclina aumenta hacia el contacto con ciertos granitos de

nominados "Granitos Porfídicos". Cuando se produce la microclinización aparece un borde de albita en torno de la plagioclasa. La cantidad de microclina es variable y la roca pasa por las etapas granodiorita-adamelita-granito. Existen dos variedades de microclina que se distinguen por la pertitización y el ángulo de los ejes ópticos; el enrejado se presenta sólo en ciertos casos. El autor considera que la microclinización se ha producido después de cierta deformación y provendría de la inyección del Granito Porfídico, pero en parte es también original, aunque recrystalizada. La microclinización es un proceso metasomático. La presencia de moscovita en cantidades apreciables indica la influencia del (OH). En las primeras etapas la introducción se produjo en los espacios intergranulares, en forma de fluidos, ayudada por la cataclasa. La introducción de microclina influyó en la transformación de la albita-oligoclasa que es reemplazada por albita, como lo demuestran los anillos de este último mineral que rodean la plagioclasa cuando está en contacto con microclina.

Se han descrito casos análogos en Sierra Leona y en Finlandia (MARMO, V 1962).

La fuente del potasio necesaria para poder producir la transformación de las tonalitas en granitos y todos los términos intermedios ha sido estudiada por MARMO, V. (1962, pág. 63), quien establece que se ha comprobado en Orijarvi, Finlandia, que si la granodiorita deriva de los sedimentos sería tan rica en sodio como ellos, pero contendría menos potasio. Agrega que se han emitido algunas opiniones respecto a la tendencia del potasio a enriquecerse en la parte superior de la litosfera y cita al respecto los trabajos de HIETANEN MAKELA (1953, pág. 532), según los cuales la composición granítica corresponde a un estado de equilibrio químico en la parte superior de la litosfera y los de ESKOLA (1932), quien considera una tendencia al ascenso del magma granítico. Más clara sería la tendencia del potasio a enriquecerse en la parte superior de la litosfera durante los procesos de sedimentación, los cuales se liberarían durante el metamorfismo regional.

Varios experimentos realizados por diversos investigadores llegarían, según MARMO, a la producción de líquidos ricos en potasio por la fusión diferencial de sedimentos.

Para nuestro caso en que la repartición de feldespatos potásico se produce tanto en formaciones intersticiales dentro de la tonalita como en reemplazos locales para generar bolsones de pegmatitas y aplitas de microclina, es evidente que no se podría aplicar el criterio de la acumulación del potasio en las partes superiores de los batolitos. Más bien debemos considerarlos como fluidos residuales que quedaron durante la consolidación de la tonalita después que la mayor parte del material había cristalizado. Estos fluidos sólo en pocos casos se concentraron en filones regulares, como pasa en Algarrobo y otras localidades del interior.

Por lo tanto, aquí no se puede hablar de un magma granítico que haya intruido rocas anteriores y la intrusión principal corresponde a tonalitas o intermedios entre tonalitas y granodioritas, si consideramos los valores normales. MARMO (op. cit., pág. 70), dice que entre los sedimentos residuales la arcilla tiene una composición cercana al granito pero es más pobre en cuarzo de modo que por la recrystalización de una arcilla se podría producir, teóricamente, un granito. Pero la recrystalización de estos sedimentos genera más bien dioritas cuarcíferas o granodioritas, indicando un empobrecimiento en potasio y agua, en relación

con los materiales originales, lo cual se traduciría en el establecimiento de condiciones hidrotermales con líquidos ricos en potasio, los cuales actuaron localmente sobre las tonalitas o granodioritas producidas por la anatexia. La repartición de estos líquidos en impregnaciones o en vetas aplíticas o pegmatíticas dependerá de las condiciones tectónicas que se traducen en fracturas de menor o mayor importancia en las cuales se ubiquen los fluidos y a partir de ellos realicen la microlinización de la roca madre.

Gneisses de inyección.

En éstos la foliación de las anfibolitas es indudablemente anterior a la penetración del material tonalítico que originó dichos gneisses y las deformaciones que exhiben los minerales integrantes se deben indudablemente a acciones proclásticas producidas durante la inyección.

En ciertos casos los gneisses de inyección han sido afectados por una nueva tectonización que se manifiesta por granulación del relleno.

Dado el gran desarrollo de los gneisses de inyección indudablemente aquí nos encontramos en las partes profundas del edificio estructural donde aparecen fenómenos complejos en que han alternado y a veces coincidido las acciones dinámicas y magmáticas (DEMAY, 1942, pág. 53). La penetración de la tonalita en los planos de foliación ha tenido por resultado el desarrollo de acciones cataclásticas intensas en los minerales constituyentes, especialmente en los feldespatos, pero no podríamos asegurar que tales acciones sean el resultado de la penetración de un magma muy recargado de cristales o de acciones tectónicas póstumas en los planos de foliación; es posible también, como lo hace notar el autor antes citado, que se repitan las fases de laminación y neomineralización en fases sucesivas.

La invasión del magma fue precedida por una onda de metamorfismo en la roca encajadora cuya constitución fue cambiada tanto por la adición como por la sustracción de materiales provocada por los agentes magmáticos.

Algunos investigadores, como HOLMQUIST consideran los gneisses de inyección provocados por diferenciación metamórfica en una etapa avanzada del metamorfismo regional y relacionado con la deformación interna de las rocas. Pero en nuestro caso tal interpretación es enteramente inaplicable y no hay ninguna duda que el material granítico penetró, en parte por difusión y en parte por inyección forzada.

La penetración de los materiales tonalíticos en los planos de foliación ha seguido hasta una etapa avanzada de la diferenciación como lo demuestra la inyección de materiales aplíticos que por aplastamiento y estiramiento han dado lugar a gneisses de microclina, como ocurre en la costa sur de Playa Chica de Cartagena y de un modo muy característico en el cerro Mintil, al lado del camino de Melipilla a San Antonio, al salir de los cerros de la Cordillera de la Costa. Pero estas inyecciones aplíticas sintectónicas no tienen nada que ver con la microclinización que se produce en una etapa avanzada tanto en las áreas ocupadas por el batolito, como en los gneisses de inyección de San Antonio.

Los lamprófidos.

De las descripciones anteriores se deduce que los diques lamprófidos abundan en la región, pero sus características son algo variables, tanto en el aspecto estructural como en la composición química y mineralógica.

Desde el punto de vista estructural los lamprófidos constituyen cuerpos que varían desde guicillas de pocos milímetros de espesor y pocos centímetros de corrida hasta filones con potencias de 1 m y varias decenas de metros de corrida. Desde el punto de vista químico se pueden apreciar las variaciones en la composición (Cuadro III). De este Cuadro se deduce que la composición es algo heterogénea, aun dentro de un mismo filón, como lo demuestran las muestras E-1713 a y b, que corresponden a distintas partes de un filón ubicado al S. de San Isidro.

Para apreciar el origen de los lamprófidos que aparecen en nuestra región debemos tener en cuenta los siguientes hechos:

a) Ellos se encuentran dentro de juntas de dilatación en el granito o rocas relacionadas.

b) Es frecuente la inclusión de xenolitas graníticas dentro de los lamprófidos y también de delgados tabiques dentro de los filones.

c) Mientras se estaban produciendo los lamprófidos las rocas encajadoras han experimentado desplazamientos sin que existan fracturas visibles, es decir, tales fracturas se habrían producido cuando la roca tenía cierta plasticidad. Este hecho no se aviene con la existencia de las xenolitas graníticas pues ellas indican la existencia de capas rígidas cuando se formó el lamprófido.

d) Los lamprófidos siempre se encuentran en la vecindad de inclusiones de meladoritas o de anfibolitas.

e) Ellos atraviesan todos los otros miembros del batolito, incluyendo las aplitas.

f) El tamaño de los cuerpos lamprófidos varía de pocos centímetros a varias decenas de metros.

g) En los filones se observa un grano más grueso en el centro del filón y muy fino en las salbandas, como en todo filón eruptivo. Cuando la potencia es de varios metros la parte central tiene textura diabásica.

h) Los lamprófidos son más ricos en metales básicos que las rocas encajadoras.

i) De las características de los filones se deduce que el magma lamprófido era bastante fluido y fue inyectado suavemente.

Daremos un ligero vistazo a las teorías formuladas hasta ahora acerca de este problema:

ROSENBUSCH consideró los lamprófidos como diferenciados básicos en oposición a los diferenciados ácidos constituidos por las aplitas; es decir, los clasificó como rocas diásquísticas. Pero hoy día, basándose en datos experimentales, no se acepta la inmiscibilidad de magmas, por lo cual esta teoría no tendría cabida en las ideas actuales sobre la diferenciación magmática.

NIGGLI y BEGER (1923) consideran los lamprófidos como resultado de la diferenciación magmática mediante la cual los componentes pesados ricos en Mg, Fe y Ca, que se han separado primero, caen al fondo. Tan pronto como pasan de su campo de estabilidad a una zona de mayor temperatura, vuelven a fundirse. Se produce así una capa inferior básica dentro del magma, la que por inyección y enfriamiento progresivo origina los lamprófidos. A este líquido lo designan residuo lamprófido de la mezcla fundida.

Con el descenso de temperatura termina de cristalizar el magma principal, el cual, de acuerdo con el tiempo disponible para la separación según el peso específico, ha perdido los componentes minerales oscuros en mayor o menor escala.

Según este proceso las rocas formadas serán tanto más ácidas cuanto más tarde se haya producido la solidificación.

Con la precipitación de los componentes poco volátiles aumenta en la solución la concentración de las materias más volátiles y se produce un magma residual fluido y ácido que da origen a las aplitas, vetas y fuentes termales.

El líquido lamprofidico que se concentra en la parte inferior de la cámara magmática es pobre en volátiles y tiene por lo tanto baja tensión de vapor "y se hace necesario un fuerte enfriamiento hasta que la tensión de vapor de la mezcla fundida sea suficiente para sobrepasar la presión de la roca que yace encima. Recién en este momento se cumplen las condiciones para la intrusión. Así se explica que los lamprófidos, con pocas excepciones, aparezcan como los miembros más nuevos de la sucesión de filones y en contraposición con las aplitas, generalmente bien separados de la roca vecina, sólo a veces entrelazados con ella y casi siempre con salbandas nítidas, compactas y hasta vítreas".

Dichos autores recalcan que las distintas especies de lamprófidos no constituyen algo químicamente definido; mientras algunos miembros de la misma clase pueden tener una composición bien diferente, por el contrario los de distinta clase pueden tener la misma composición. Así no se puede pensar en un estilo de diagrama de variación válido para todos los lamprófidos.

Los autores consideran que la teoría de diferenciación de BOWEN da una explicación excelente sobre la formación de estas rocas, las cuales por el solo hecho de existir confirman esta teoría.

El análisis de los lamprófidos de NIGGLI y BEGER que hemos descrito más arriba no menciona una particularidad muy llamativa en este tipo de rocas y es la fuerte proporción de agua (alrededor de 3% según Cuadro III) y la presencia de plagioclasas del tipo oligoclasa-albita a pesar de que las leyes en sílice casi siempre están por debajo de 50%. Otra característica muy interesante es la transición que se puede observar entre estos lamprófidos y las vetas de anfíbola, como, por ejemplo, en Cartagena con la muestra E-1712 (Cuadro III), en la cual el contenido en álcalis es muy bajo, de modo que no aparecen feldespatos modales y la MgO llega a 14,67%.

La teoría de NIGGLI y BEGER tendría cierta aplicación en el caso de los lamprófidos existentes dentro de algunos batolitos, en cuyas salbandas o en su interior se han emplazado varias de las vetas cupríferas más importantes del país, como ser las de Tocopilla, Gatico y Carrizal, pues dichos lamprófidos tienen un recorrido vertical de más de 1.000 m y aun no se les conoce el fin; pero siempre queda la interrogante del origen del agua y volátiles.

El mecanismo ideado por NIGGLI y BEGER no sería de ninguna manera aplicable a la región que estamos describiendo, pues aquí los lamprófidos se presentan en filones de corridas cortas y a veces como simples vetillas (Lám. XIX, Fig. 37), de modo que no se puede aceptar una diferenciación magmática, seguida de una concentración y expulsión de los materiales básicos.

BOWEN (1928), critica la teoría de NIGGLI y BEGER diciendo que los lamprófidos se caracterizan por ser rocas porfiríticas con cristales generalmente máficos (olivina, hornblenda, mica) y la masa fundamental notablemente alcalina; además existe una fuerte tendencia al isomorfismo de todos los minerales constituyentes, lo cual estaría en contra de la existencia de líquidos de composición lamprofidica. Este autor supone que los cristales de hornblenda y biotita formados cerca de la periferia del plutón se sumergen hasta ponerse en contacto con

líquidos de basaltos alcalinos de olivina, la fase líquida se enriquecería en álcalis y agua cristalizando simultáneamente augita y olivina. Por fraccionamiento se podrían producir diversos tipos de lamprófidos a partir de estos líquidos; este mecanismo es en realidad muy improbable por la dificultad para que entren en contacto la biotita y anfíbola con los líquidos referidos, especialmente si se trata de cuerpos muy pequeños de lamprófidos como son varios de los descritos para esta región.

Para explicar la depositación tardía de los minerales ferromagnesianos ESKOLA (1954) considera que la temperatura de fusión de la roca principal, granítica, granodiorítica o cuarzdiorítica debió ser mayor que la temperatura de cristalización del lamprófido. Según el autor citado, sustancias básicas pueden quedar en solución cuando los magmas contienen sustancias hiperfusibles que bajan las temperaturas de cristalización y estima la formación de los lamprófidos como un mecanismo análogo a la formación de rocas metasomáticas magnesianas. Por lo tanto, deben ser considerados como cristalizaciones metasomáticas tardías, produciéndose la concentración de silicatos (Mg-Fe) en el magma residual mediante algunos hiperfusibles especiales que impidieron su separación temprana.

Esta manera de enfocar el problema lo sitúa como un proceso continuado en la diferenciación magmática, pero como hemos visto en nuestro caso el proceso habría llegado a la consolidación cuando se depositan los lamprófidos, de modo que no se puede pensar en un magma residual.

TURNER y VERHOOGEN (1960, pág. 255), hacen una objeción a la teoría de ESKOLA basada en la química del proceso de diferenciación las pruebas petrográficas y experimentales demuestran concluyentemente que en el curso de la cristalización normal de magmas basálticos relativamente anhidros, la separación de olivinas y piroxenas se produce en una etapa temprana. La introducción de agua al sistema favorece la aparición de hornblenda y si hay K disponible se forma biotita en lugar de olivina y piroxena. Tales datos deducidos de experimentos sobre la fusión del basalto bajo condiciones de alta presión de agua, no han demostrado ninguna tendencia a la retención de Mg y Fe en las fracciones de bajo punto de fusión.

H. G. SMITH (1946), menciona varios casos en los cuales aparecen inclusiones de rocas extrañas y cita al respecto la opinión de CLOUGH quien encontró en la región de Obau y Dalmally inclusiones de esquistas endurecidas dentro de los lamprófidos y en algunas partes las inclusiones son tan abundantes que la roca toma el aspecto de una brecha. El mismo autor dice en su memoria sobre Ben Nevis y Glencoe, que se produjo una intrusión en una falla, incorporando fragmentos de las paredes. También menciona la descripción de READ sobre la presencia de abundantes inclusiones de diferentes clases de rocas, sin que aparezcan efectos endomórficos visibles sobre el lamprófido, en los contactos. La falla en las cuales se ubicaron los lamprófidos las atribuye a los ajustes producidos por la cristalización del granito más profundo y en ellas se vino a ubicar el magma lamprófido. Ayudaría a la penetración de los líquidos lamprófidos la existencia de gases cuya presión crece a medida que avanza la diferenciación, como ellos llevan álcalis, se explica la presencia de anfíbolas y piroxenas alcalinas en este tipo de rocas. Por lo tanto, se puede decir que SMITH supone el origen de los líquidos lamprófidos en partes profundas de la cámara magmática, pero que han sufrido fuertes modificaciones por procesos deutéricos en los cuales ha intervenido especialmente el agua y en menor proporción los álcalis y anhídrido car-

bónico, sustancias que formaron parte de la fase volátil del magma lamprofídico. SMITH llama la atención a la idea formulada por SOLLAS, ESKOLA y FENNER respecto a que el orden de idiomorfismo no significa necesariamente orden de cristalización. Si esto es efectivo tendría poco valor la observación de BOWEN respecto al significado genético del idiomorfismo de los minerales en los lamprófidos.

WAHLSTROM (1950, pág. 310), considera que los lamprófidos probablemente no fueron inyectados como magma líquido. La presencia de cristales fracturados y quebrados e inclusiones de rocas extrañas en algunos diques de lamprófidos sugiere la inyección forzada de agregados de minerales oscuros que generalmente contenían líquidos intersticiales ricos en álcalis. Hay demostraciones de reacciones producidas entre los minerales oscuros y los últimos fluidos alcalinos, pero no se sabe si los fluidos fueron parte de la masa inyectada original o si pasaron al través de la malla de cristales después de emplazada.

En nuestro caso no hay demostraciones de tales ataques, pues los minerales ferromagnesianos aparecen en una cristalización muy fina y delicada, como si hubieran sido depositados por soluciones hidrotermales.

YOSHIZAWA, H. e ISHIZAKA, K. (1961), al describir los lamprófidos de Mt. Hiei en Japón dice que ellos se formaron a partir de un magma que rellenaba fisuras abiertas y juntas en el granito. La observación de terreno sugiere que este magma tenía baja viscosidad y no fue inyectado en las fisuras violentamente sino que escurrió a lo largo de ellas sin producir reacción con la roca encajadora. Algunas de las fisuras son producidas por tensiones. Además, como los bordes de las fisuras rellenas con el magma son frescos y angulares sin que se note erosión en las paredes, no pudo transcurrir mucho tiempo entre la formación de las fisuras y la inyección del magma lamprofídico, el cual fue bastante fluido y se inyectó pasivamente.

Aquí se observa también que los lamprófidos cortan las aplitas y nunca se ha visto el caso inverso; suelen aparecer en ellos pequeñas xenolitas graníticas.

Los autores suponen que estos lamprófidos fueron inyectados en un horizonte subvolcánico y que ellos se originaron a partir de magmas volcánicos básicos contaminados que contenían abundantes componentes volátiles. El mecanismo sería el siguiente: En una época geológica anterior el magma básico contaminado que asimiló granito y otros materiales siálicos ascendió y se inyectó a lo largo de las fisuras de origen tensional y las juntas del granito. Esta inyección se produjo en un horizonte subvolcánico. El magma lamprofídico era muy abundante en volátiles, los cuales influyeron en la cristalización, provocando la aparición de minerales ricos en volátiles, tanto en su etapa magmática como deutérica. El origen de estos volátiles puede estar en la contaminación con los materiales siálicos y el magma lamprofídico representaría parte del magma básico contaminado en el cual se concentraron los volátiles.

Naturalmente que esta explicación sería posible en un distrito volcánico, pero no en nuestra región donde faltan en absoluto manifestaciones de este tipo.

Del análisis de las teorías formuladas anteriormente se deduce que ninguna podría explicar los lamprófidos de nuestra zona en vista de que ellos son cuerpos de pequeñas dimensiones esparcidos dentro del granito de un modo más o menos errático, sin que se vea una comunicación con receptáculos magmáticos propios, como lo consideran dichas teorías.

Un hecho bien evidente es la existencia de cierta relación espacial entre las

xenolitas y los lamprófidos y a veces se observa que hay lamprófidos que parten de una xenolita, como ocurre en Lám. xxiii, Fig. 45. Para que se forme el lamprófidio sería menester entonces que se produzca el ataque de la inclusión por algún fluido. En otra oportunidad habíamos descrito el proceso mediante el cual podría desarrollarse una fase acuosa durante la consolidación de un batolito (MUÑOZ CRISTI, 1950, pág. 84). Este mecanismo lo aplicamos en aquella oportunidad a la formación de vetas metalíferas con anfíbola, magnetita y calcopirita en el distrito minero de La Higuera, en la provincia de Coquimbo.

Durante la diferenciación magmática se producen fluidos residuales ricos en álcalis, que dan lugar a filones aplíticos o pegmatíticos o bien al metasomatismo potásico en la roca original, como lo hemos descrito en la microclinización de muchas tonalitas de nuestro distrito. Estos fenómenos tuvieron lugar cuando el agua estaba difundida en toda la roca. Al bajar la temperatura más allá de la crítica, el agua empezó a obrar de un modo independiente, como queda de manifiesto por los fenómenos deutéricos y las vetillas de anfíbola y epidota tan frecuentes en los batolitos. En estas soluciones se habría concentrado también el CO₂, favoreciendo la distribución de la sílice. Por lo tanto, así se tendría un medio para producir la disolución de Fe, Al, Ca, Mg y SiO₂, junto con algo de álcalis, generándose una solución bastante viscosa, que se alojó en las grietas producidas por ajustes tectónicos en las partes inferiores del batolito que estaban aún en estado líquido.

Estos filones tienen gran analogía con las vetas de anfíbolas que se suelen encontrar en los batolitos, las cuales son típicamente hidrotermales, como se puede ver por los análisis de las muestras H₁-61 y HI-301 del distrito de La Higuera (MUÑOZ CRISTI, 1950, pág. 80).

		H ₁ -61	HI-301
H	SiO ₂	51,48	44,93
	Al ₂ O ₃	12,21	10,40
	Fe ₂ O ₃	2,54	6,48
	FeO	2,85	5,23
	MgO	6,22	10,01
	CaO	15,81	15,01
	Na ₂ O	3,20	2,90
	K ₂ O	1,6	1,33
H	H ₂ O +	2,31	2,73

Analista Gilda Moretti.

Comparando estos resultados con nuestros lamprófidos del cuadro III se ve que las mayores diferencias están en la Al₂O₃, que es más baja. Los otros elementos son más o menos del mismo orden.

Sería interesante estudiar experimentalmente la acción del agua y otros hipersolubles sobre las inclusiones de anfíbolita.

Origen del batolito.

En cuanto al origen del batolito no se podría aplicar el criterio de Eskola (1932) respecto a la existencia o ausencia de distintos miembros de la diferenciación magmática, pues aquí nos encontramos con la dificultad de que previamen-

te a la formación de las rocas graníticas existan rocas básicas que han dado origen a fases más básicas que la tonalita dominante, mediante reacciones entre ésta y las rocas básicas primitivas.

Por la presencia de zonas miloníticas diseminadas dentro del batolito es evidente que la consolidación se produjo con anterioridad a las últimas acciones tectónicas que afectaron el distrito. Se presenta entonces el problema ¿a qué época orogénica pertenece la formación de este batolito? Para dilucidarlo haremos una ligera reseña de la historia geológica de la Cordillera de la Costa de Chile Central.

Las rocas más antiguas que conocemos constituyen un basamento metamórfico, formado principalmente por filitas y micacitas, al cual se atribuye una edad precámbrica o paleozoica, pero nos inclinamos más bien por esta última, en vista de que hasta ahora no se ha encontrado rastros de discordancia entre ellas y las formaciones paleozoicas evidentes. Además, parece que en ciertos sectores hay una transición entre las rocas metamórficas y los sedimentos paleozoicos, como ocurre, por ejemplo, en la costa ubicada al norte del río Choapa, en la provincia de Valdivia, etc. Entonces podríamos considerar que durante el Paleozoico, especialmente, se ha producido una sedimentación de carácter geosinclinal, interrumpida por algunas discordancias. La más importante sería la que existe en la base del Pérmico y posiblemente entre Carbonífero inferior y superior.

Entonces, aceptando el desarrollo de las fases magmáticas descrito por DE SITTER (1956, pág. 359), el magma granítico se habría producido por fenómenos de anatexia en la parte basal del prisma geosinclinal, desde donde se introdujo a las capas superiores.

Como no tenemos mayores antecedentes respecto a la roca encajadora del batolito, salvo las rocas básicas con las cuales formó migmatitas, y que pudieron estar en gran profundidad, no estamos en condiciones de pronunciarnos hasta qué punto jugarían los fenómenos de granitización, pero es muy probable que hayan desempeñado un papel de poca importancia en los niveles donde se manifiesta el batolito.

En las otras partes del país tampoco tenemos evidencias de los contactos entre el batolito paleozoico y las rocas encajadoras que nos permitan fijar la posición del emplazamiento, de acuerdo con las definiciones dadas por BUDDINGTON (1959).

Tampoco encontramos estructuras fantasmas de sedimentos anteriores, como los que se han descrito para Francia, India, Himalaya, etc., por distintos investigadores. Un solo caso que se podría citar al respecto es la inclusión de sedimentos micáceos pocos Km al N de Casablanca, en el camino a Valparaíso, pero de extensión muy reducida.

La única información de que disponemos respecto a la intrusión de granitos antiguos en el basamento metamórfico es la descrita por MUÑOZ CRISTI (1960, pág. 3) para la zona de Cahuil al sur de Pichilemu:

“Cerca de Cahuil hay un afloramiento granítico que corta las micacitas. Este granito está constituido por oligoclasa, cuarzo, micropertita y biotita en cristales del orden de 1 a 2 mm; la biotita contiene inclusiones de zircón con aureolas pleoroicas muy desarrolladas. La roca muestra cierta granulación en la micropertita y quebraduras en las líneas de maclas de la oligoclasa”.

Pero en realidad este granito, que evidentemente pertenece a la mesozona y sería discordante, puede ser más antiguo que nuestro batolito, pues en otra

oportunidad (MUÑOZ CRISTI, 1962, pág. 15) hemos consignado la presencia de rodados graníticos en sedimentos carboníferos y éstos serían anteriores a nuestro Batolito de la Costa, salvo que la edad de este último correspondiera a una orogénesis ocurrida entre el carbonífero inferior y el superior, lo que es probable.

No entraremos en una discusión detallada respecto al origen de los materiales que constituyeron el Batolito de la Costa, sino que bosquejaremos a grandes rasgos los procesos que pudieron intervenir.

Por sus características es indudable que se trata de un granito magmático, es decir, consolidado a partir de un material líquido o semilíquido, cuya fuente pudo estar en la granitización de materiales colocados en gran profundidad y que avanzó a lugares cercanos a la superficie por intrusiones provocadas seguramente por acciones tectónicas. Nos induce a formular esta suposición el hecho que todas sus características indican que se trata de un emplazamiento en la mesozona BUDDINGTON (1959, pág. 675), es decir, a profundidades entre 8 y 16 Km dentro de rocas que estarían a una temperatura entre 300 y 500°, correspondientes a techo y piso de la mesozona, respectivamente. La característica principal que nos permite darle esta ubicación, es el desarrollo de la "tectónica del granito" de Cloos. Un antecedente contrario sería la presencia de bolsones pegmatíticos y lamprófidos que, según el autor citado, se encuentran de preferencia en los granitos de la epizona, pero para el caso nuestro, especialmente por la presencia de zonas migmatíticas, tal hecho no tiene mayor importancia en la asignación de zona. Dichas migmatitas se han originado por la reacción entre las rocas básicas encajadoras y la tonalita, lo cual está indicando condiciones relativamente profundas.

BUDDINGTON (Op. cit., pág. 731), dice que los plutones de la mesozona son post-tectónicos, pero en nuestro caso las condiciones son más bien apotectónicas, pues es relativamente frecuente la existencia de milonitas.

REFERENCIAS

- BOWEN, N. L. (1922): The behavior of Inclusions in Igneous Magmas. Journ. of Geol. Vol. xxx. Supplement to Number 6.
- Id.: The evolution of Igneous Rocks. Princeton University Press. Princeton.
- BRUGGEN, J. (1934): Grundzüge der Geologie und Lagerstättenkunde Chile. Mathematische Naturwissklesse-Heidelberg Akademie der Wissenschaften.
- BRUGGEN, J. (1950): Fundamentos de la Geología de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago de Chile.
- BUDDINGTON, A. F. (1959). Granite emplacement with special reference to North America. Geol. Soc. America. Bull. vol. 70, p. 671.
- DEMAY, A. (1942): Microtectonic et Tectonique Profonde. Memoir de la Carte Geologique de la France.
- DE SITTER (1956): Structural Geology. Mc Graw Hill Book Co. New York. First Edition.
- ESKOLA (1932): On the origin of granite magmas, Tschermaks Miner. Petr. Mitt, Bd. 42, p. 455.
- Id. (1954): Ein Lamprophyrgang in Helsinki und die Lamprophyrt probleme. Tschermaks Min u petr. Mitt Bd. 4, pp. 329-337.
- HIETANEN MAKELA (1953, p. 532): Geochemistry of Metamorphism (abstrach. Geol. Soc. America, Bull. 65, p. 1532.
- B. LEVI, S. MEECH y MUNIZAGA, F.: Edades radiométricas y petrografía de los granitos chilenos. Ins. Inv. Geol. Bol. Nº 12, 1963. Santiago de Chile.
- MARMO, V. (1962): On Granites. Bull. Comm. Geologique de Finlande Nº 201.

- MUÑOZ CRISTI (1942): Anales I Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología. Tomo II. Santiago de Chile.
- Id. (1950): Geología de Chile en Geografía Económica de Chile editada por la Corporación de Fomento de la Producción. Santiago de Chile.
- Id. (1950): Geología del Distrito Minero de la Higuera ubicado en la provincia de Coquimbo. Anales Fac. de Ciencias Fís. y Matemáticas de la Universidad de Chile. Vol. 7, pp. 78-176.
- Id. (1956): Chile in Handbook of South American Geology. G. S. A. Memoir 65.
- Id. (1960): Contribución al Conocimiento Geológico de la Cordillera de la Costa de la Zona Central. Rev. Minerale, N° 69, abril-junio, 1960. Santiago de Chile.
- Id. (1962): Comentarios sobre los Granitos Chilenos. Revista Minerale, N° 78. 1962.
- NIGGLI und BEGER (1923): Gesteins und Mineralprovinzen. Gebrüder Borntraeger, Berlín.
- ROSEBUSCH-MUGGE (1927): Mikroskopische Physiographie der Petrographisch Wichtigen Mineralica. Bd. I Zweite Hälfte. E. Schweizerbart'sche. Verlag.
- SCHERMERHORN (1956): The Granites of Troncoso (Portugal). A Study on Microclinization. Am. J. Sci. Vol. 254, pp. 329-348.
- SMITH, H. G. (1946): Geological Magazine. Vol. LXXXIII, N° 4, July-August, pp. 165-171.
- TURNER and VERHOOGEN (1960): Igneous and Metamorphic Petrology Mc Graw Hill Book Co. New York.
- WAHLSTROM, E. S. (1950): Introduction to Theoretical Igneous Petrology. John Wiley and Sons, New York.
- YOSHIZAWA, H. e ISHIZAKA, K. (1961): A structural and Genetic Study of the Lamprophire of Mt. Hiei Kyoto, Japan. Memoirs of the College of Science, University of Kyoto. Series B, Vol. xxviii, N° 2. Geology and Mineralogy.

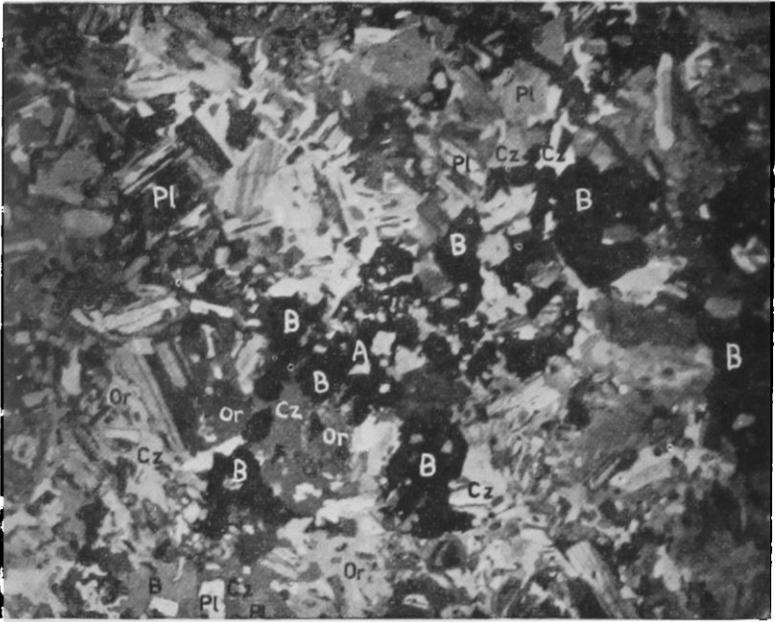


Figura 1. E-81. Cuesta de Zapata. Bolones de diorita en el maicillo de la cuesta. Está constituida por andesina (Pl), pequeña cantidad de ortoclasa (Or), cuarzo (Cz), augita y biotita (B). Con analizador 7.5. Pg. 18

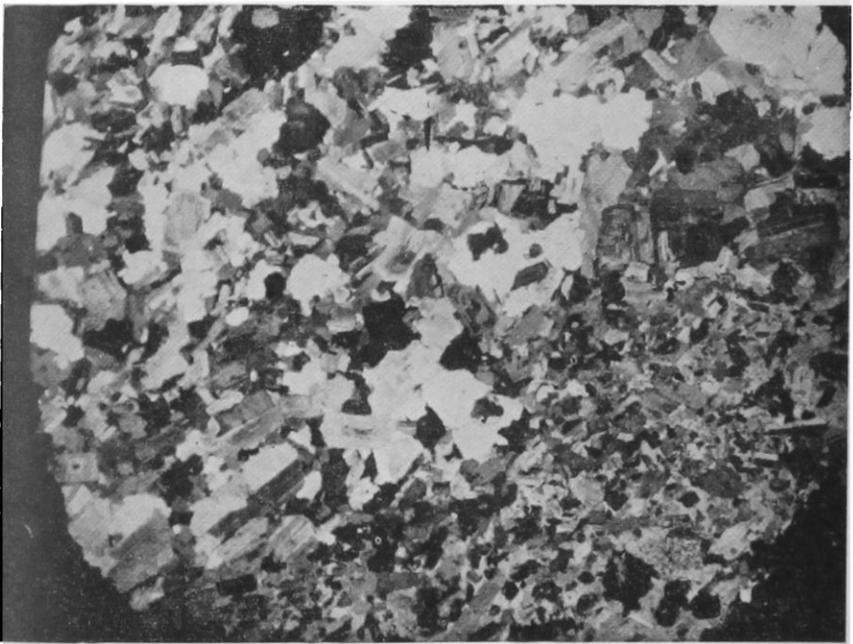


Figura 2. E-1074. Santo Domingo, Tonalita de biotita y anfíbola con cristalización gruesa en contacto con anfíbola de cristalización fina. Con analizador 6 x. Pg. 21



Figura 3. E-1078a. Santo Domingo. Roca cómnea de biotita, anfíbola v plagioclasa con porfiroblasto de plagioclasa zonal integrado por varios individuos. Inclusión en tonalita. Con analizador 20 x. Pg. 23

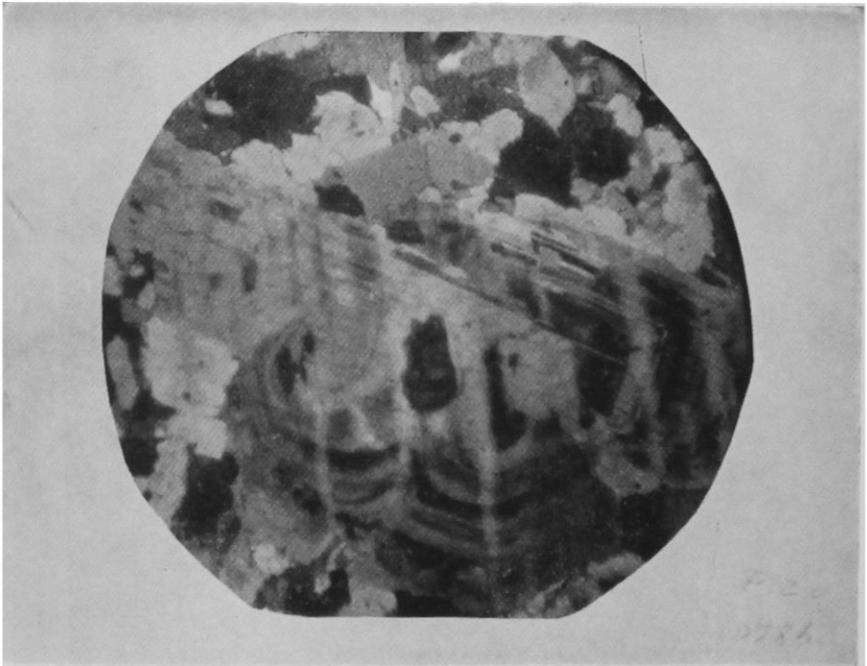


Figura 4. E-1078b. Detalle del porfiroblasto anterior

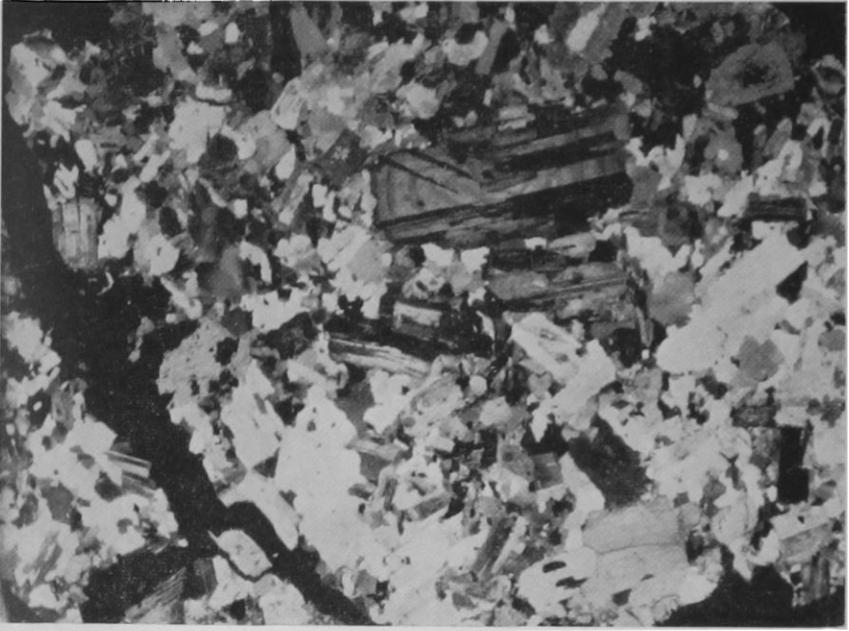


Figura 5. E-1082a. Santo Domingo. Roca córnea de plagioclasa, cuarzo, anfíbola y biotita con porfiroblasto de plagioclasa zonal en vías de homogenización y desarrollo de maclas. Con analizador 6.5 x. Pg. 23

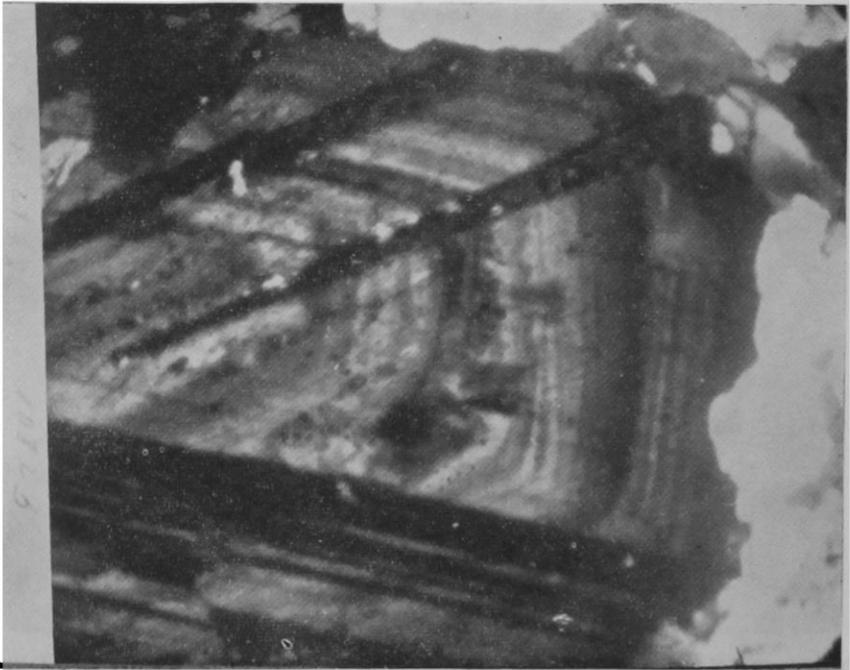


Figura 6. Detalle del porfiroblasto anterior. 43 x.

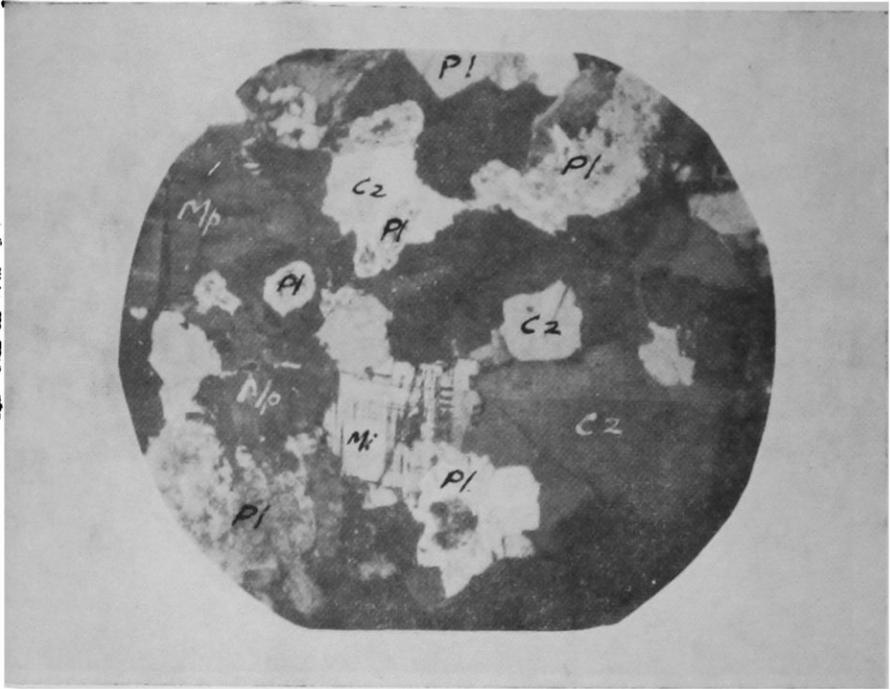


Figura 7. E-1064. Santo Domingo. Aplita de microclina constituida por micropertita (Mp), microclina (Mi), cuarzo (Cz) y albita (Pl). Con analizador 20 x. Pg. 29

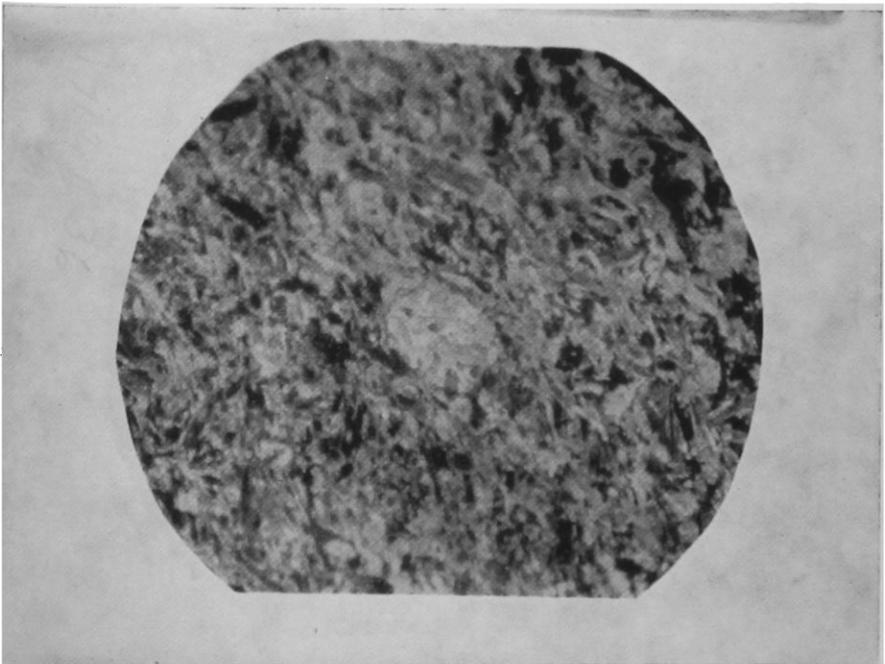


Figura 8. E-1712. Cartagena, entre Playa Grande y Playa Chica. Lamprófido (espesartita), corresponde a filón de Lám. iv, Fig. 8. Sin analizador 23 x. Pg. 35

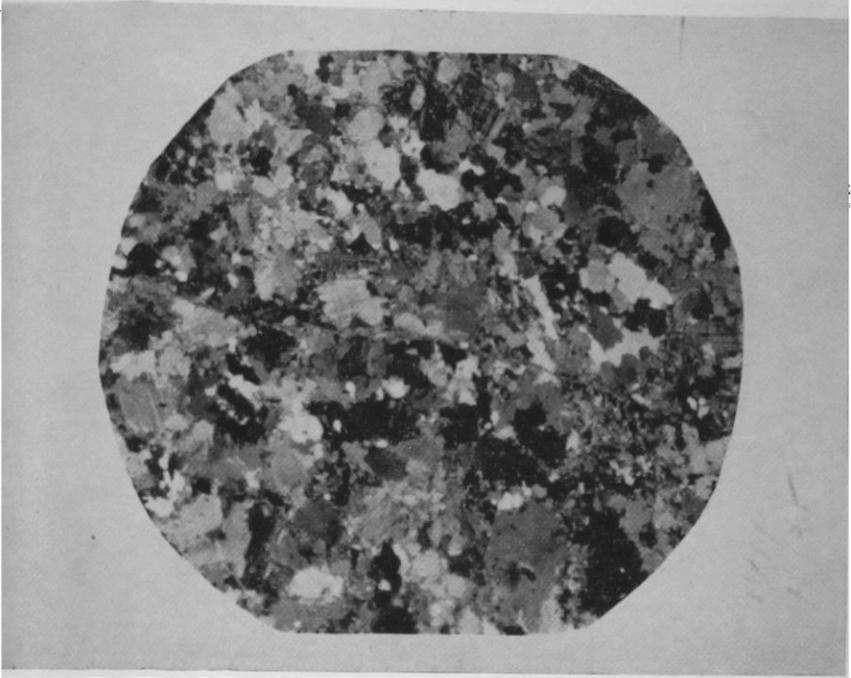


Figura 9. E-1711. Cartagena, entre Playa Grande y Playa Chica. Granito aplítico de microclina (gris) y cuarzo (blanco) en agregado pan xenomorfo. Con analizador 9 x. Corresponde al filón claro de Lám. XIX. Fig. 40. Pg. 35

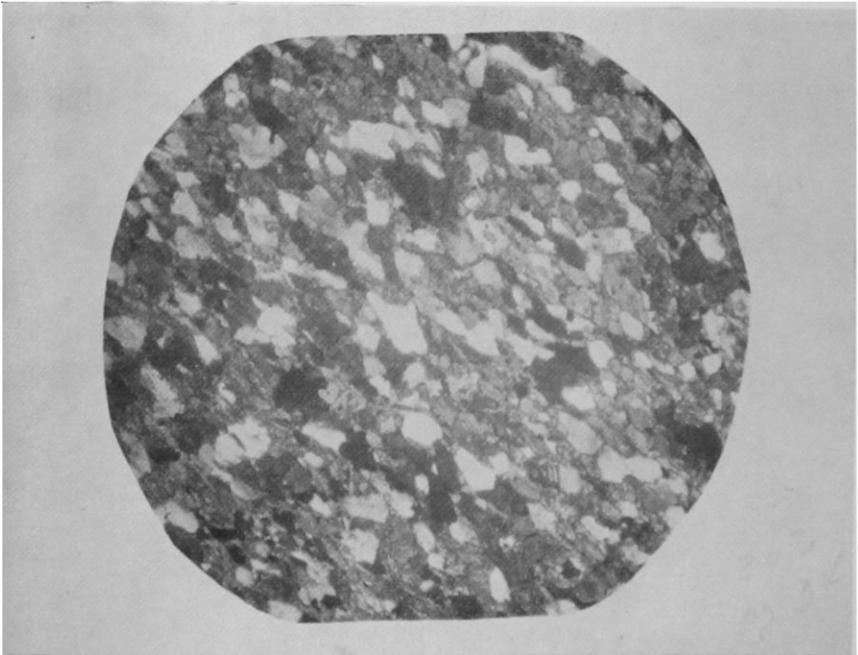


Figura 10. E-202. Cartagena, entre Playa Grande y Playa Chica (imagen de la Virgen). Gneiss granoblástico de hornblenda, andesina cálcica y cuarzo. Con analizador 33 x. Pg. 34

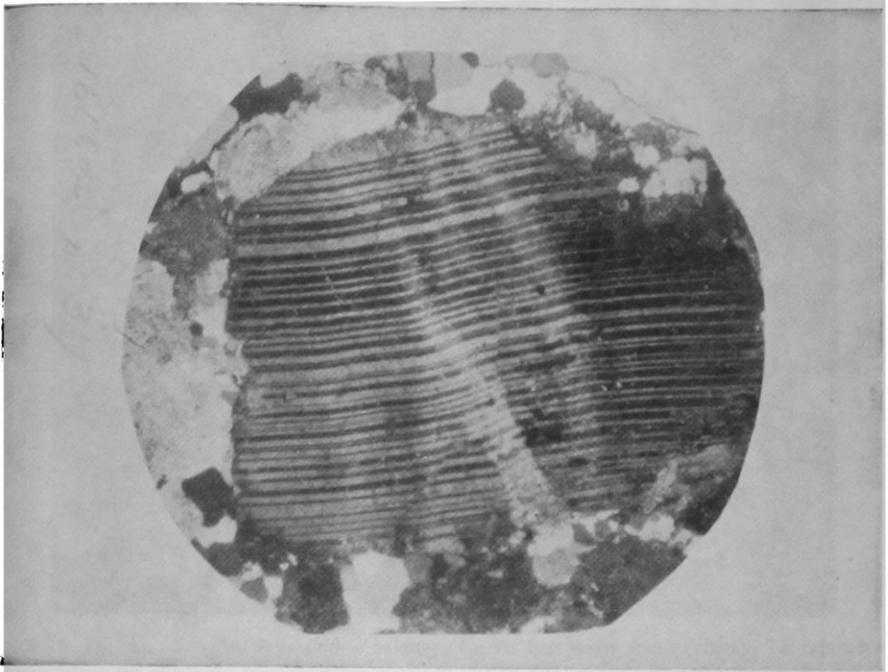


Figura 11. E-1616. Cartagena, costa sur. Porfiroblastos de andesina doblados en los gneisses bandeados tonalíticos. Con analizador 25 x. Pg. 36

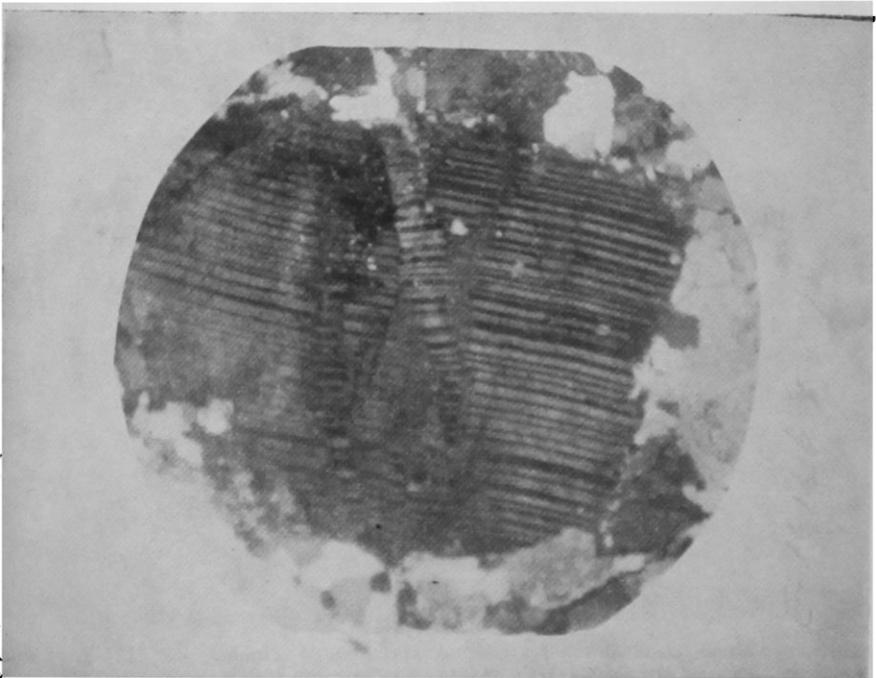


Figura 12. Id. con fracturamiento

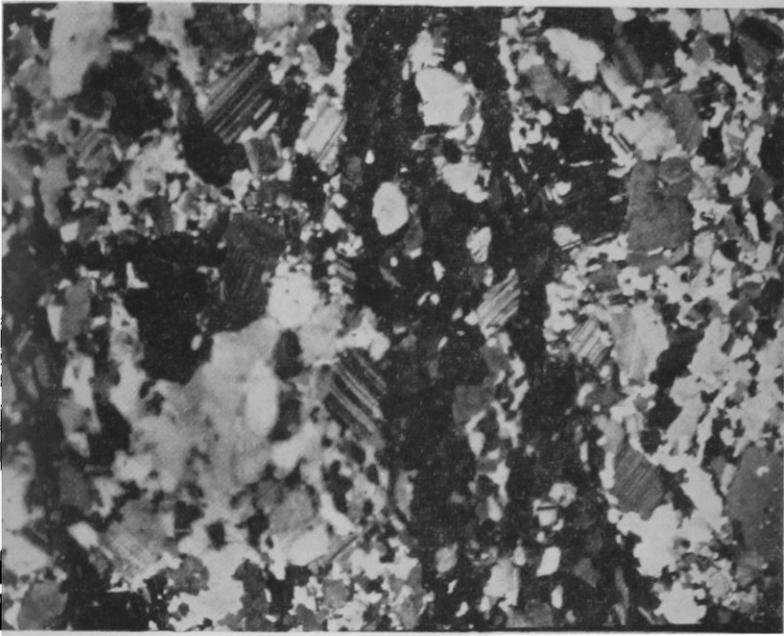


Figura 13. E-1723. San Antonio (bahía Salada). Gneiss bandeado (cmbréchita). La faja oscura corresponde a un agregado granoblástico constituido principalmente por hojas de biotita y hornblenda con pequeña cantidad de cuarzo y andesina. Las fajas laterales son agregados granoblásticos, algo cataclásticos de andesina, cuarzo y pequeñas cantidades de biotita y hornblenda.

Con analizador 7.4 X. Pg. 38

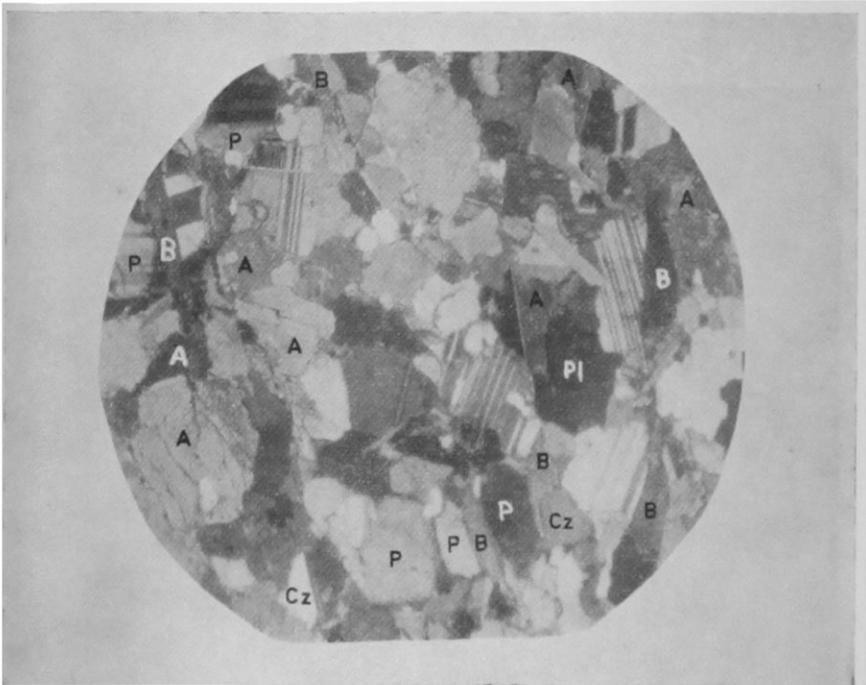


Figura 14. E-1722. San Antonio, bahía Salada. Anfibolita algo foliada con textura granoblástica constituida por andesina An₆₀ (P), hornblenda (A), biotita (B) y cuarzo (Cz).

Con analizador 25 X. Pg. 38

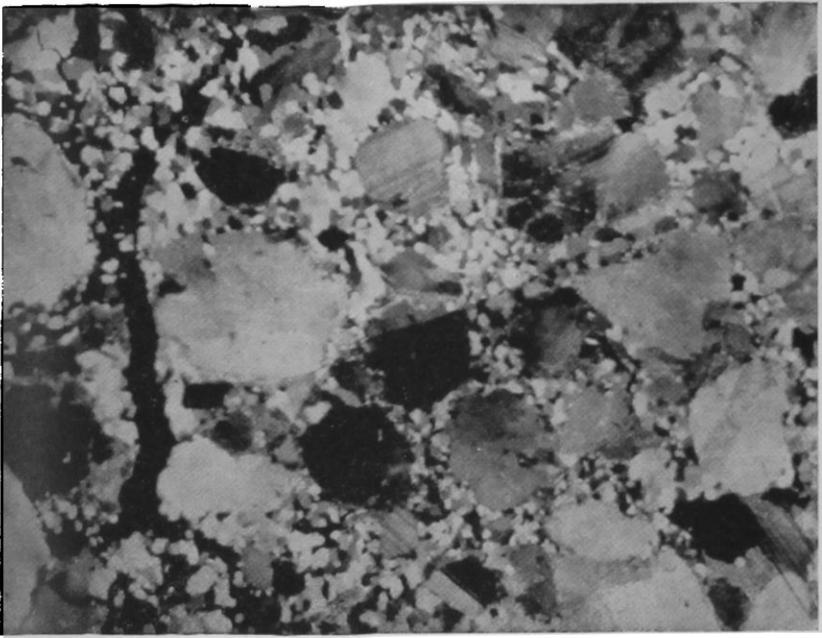


Figura 15. E-1610. San Antonio. Panul. Gneiss tonalítico con porfiroblastos de oligoclasa en una masa granoblástica de cuarzo y plagioclasa, reemplazados en parte por microclina. Con analizador 10 x. Pg. 40

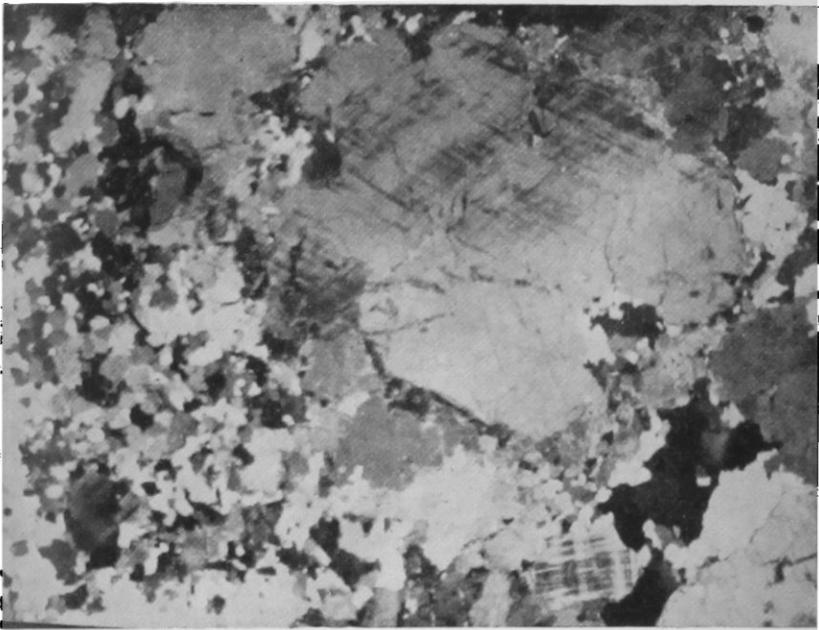


Figura 16. E-1605. San Antonio, punta N de la bahía. Filón de reemplazo constituido por fenocristales de microclina con guías de epidota en una masa granoblástica. Con analizador 10 x. Pg. 42

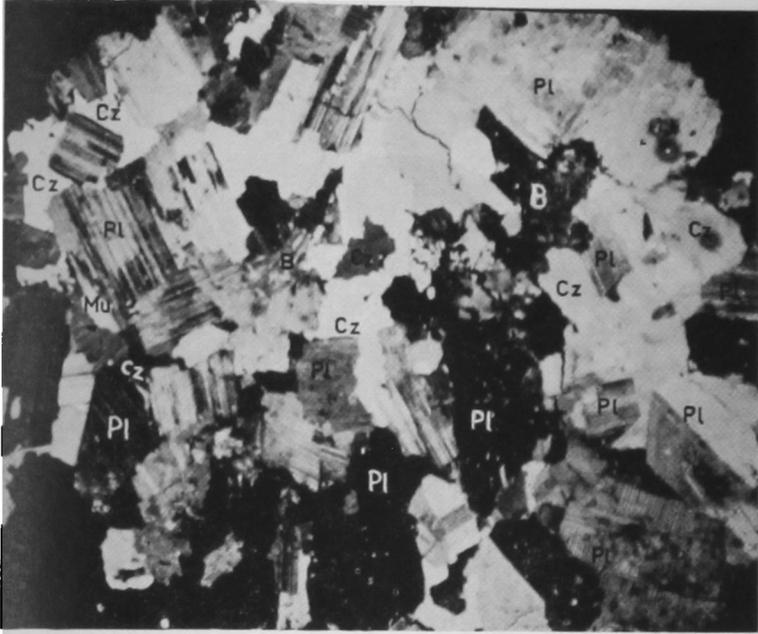


Figura 17. E-1513. El Quisco, Avda. El Sol. Tonalita, constituida por oligoclasa An_{50} (Pl), cuarzo (Cz), hornblenda (A), biotita (B) y escasa muscovita (Mu). Con analizador 5 x. Pgs. 59 y 61

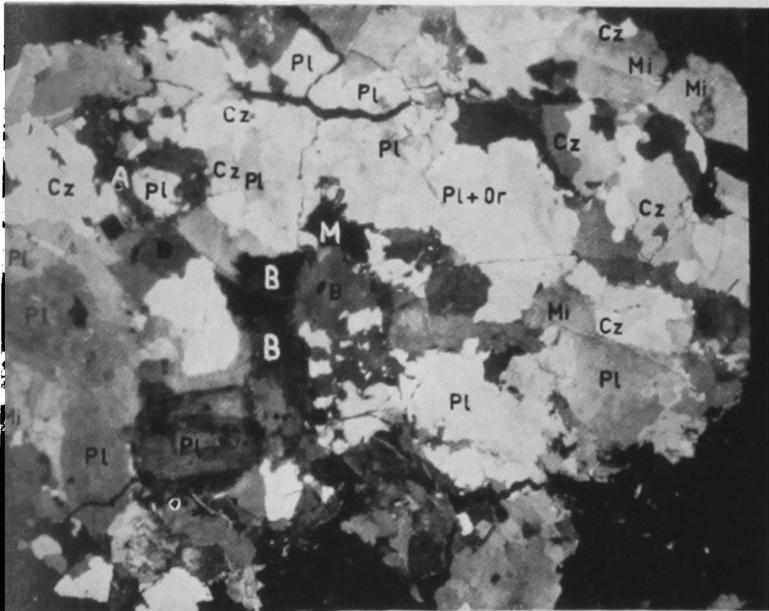


Figura 18. E-1512. El Quisco, ensenada al N. de la Roca La Princesa. Tonalita con pequeña proporción de microperthita (M) y microclina (Mi). La masa consiste en plagioclasa (P), cuarzo (Cz) y biotita (B). Con analizador 7,5 x. Pg. 60

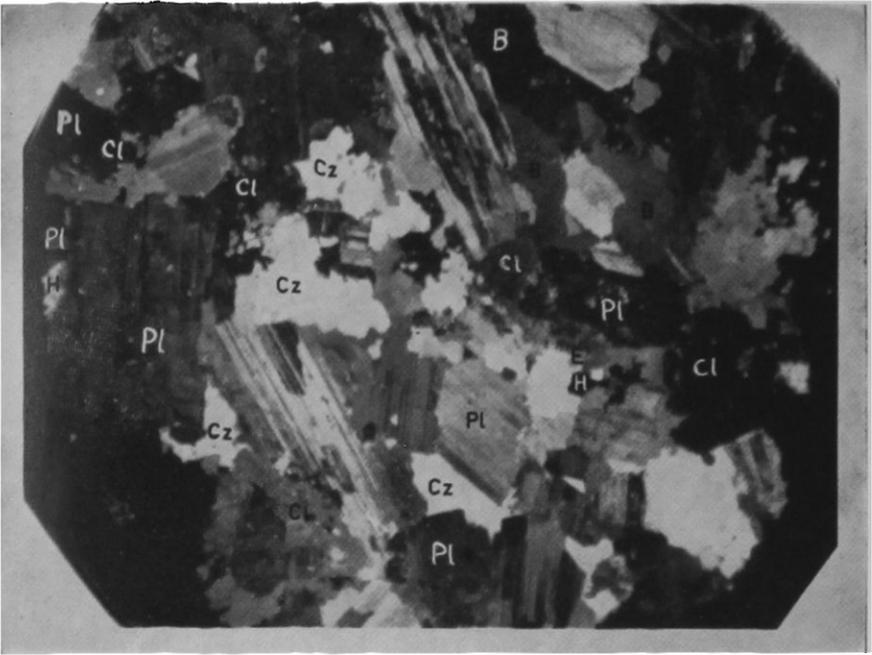


Figura 19. E-1510. Quisco Norte. Diorita cuarcifera de andesina An_{70} (Pl), cuarzo (Cz), biotita (B), hornblenda (H) y clonita (Cl). Con analizador 61 X. Pg. 58



Figura 20. E-1510. Quisco Norte. Diorita cuarcifera de andesina (Pl), cuarzo (Cz), biotita (B) y hornblenda (A). Con analizador 52 X. Pg. 58

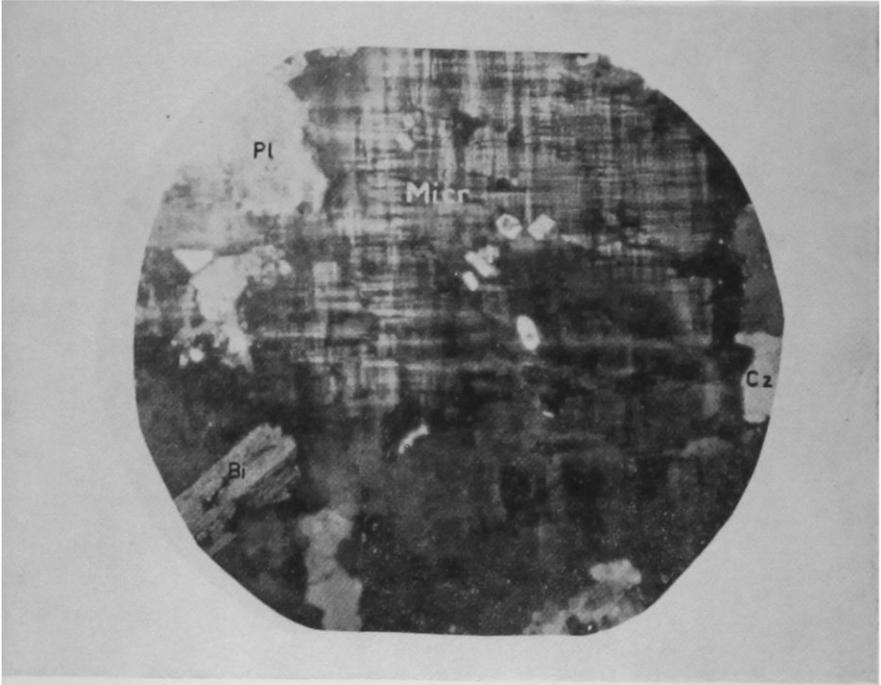


Figura 21. E-1541. El Quisco, extremo N. de La Puntilla. Granito rosado de microclina. La microclina (Mi), lleva pequeñas inclusiones de oligoclasa (Pl), cuarzo (Cz) y biotita verde (Bi).
Con analizador 19 x. Pg. 63-66

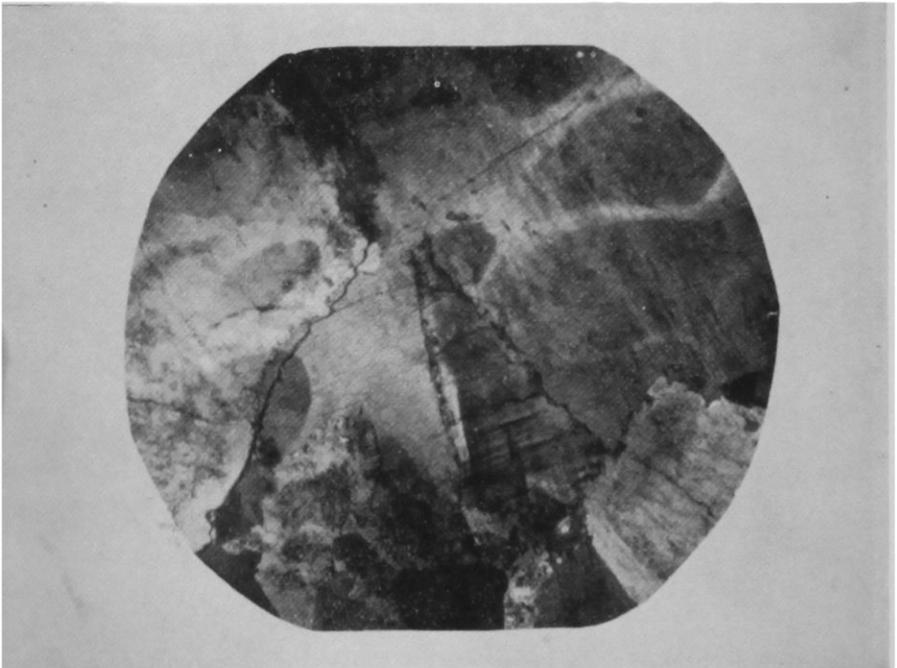


Figura 22. E-1511. El Quisco, ensenada al N. de la Roca de la Princesa. Granito con microclina, entrando en forma de cuña en la microperthita. Con analizador 26 x. Pg. 63

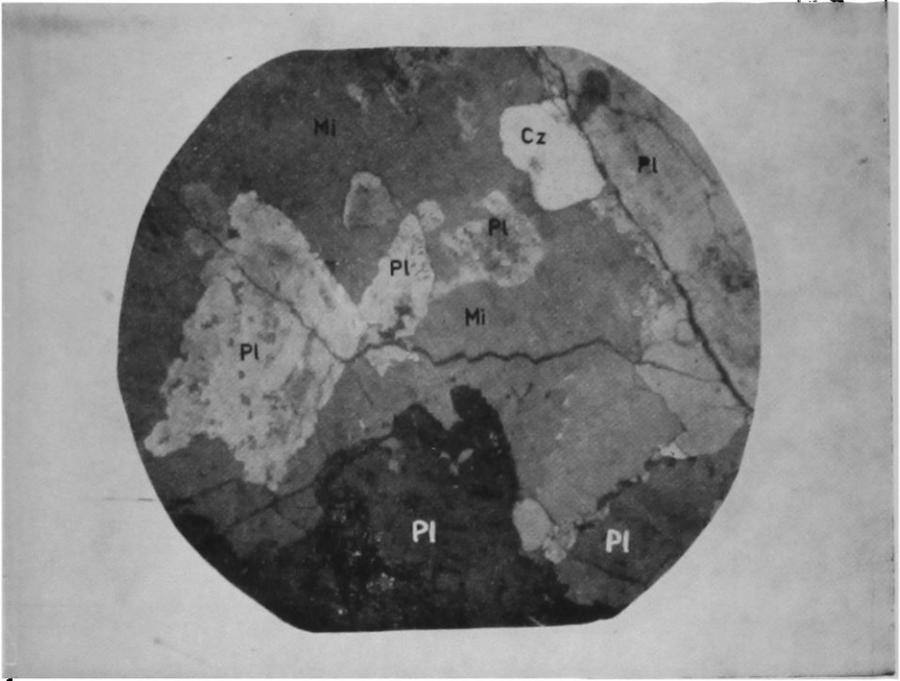


Figura 23. E-1533. El Quisco, Puntilla, extremo NW. Granito. Reemplazo de la tonalita por microclina (Mi). Microclina microperthita, (Cz) cuarzo (Pl) oligoclasa. En el contacto entre microclina microperthita y oligoclasa se ha formado mirmequita. Con analizador 25 x. Pg. 63

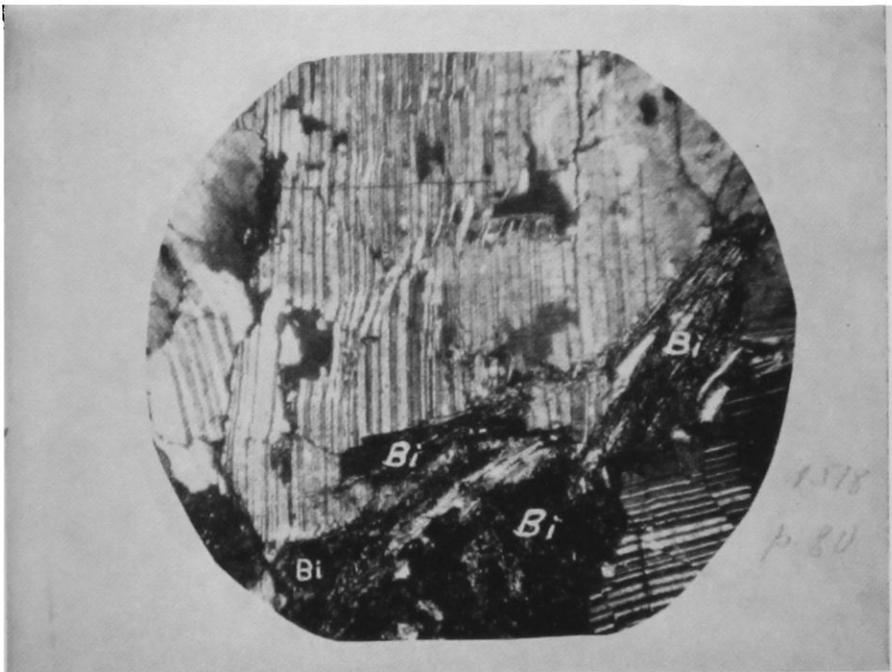


Figura 24. E-1518. Costa al S. de San Isidro. Tonalita microclinizada y milonitizada (Bi), biotita. Se observa la plagioclasa doblada y fracturada. Pg. 61

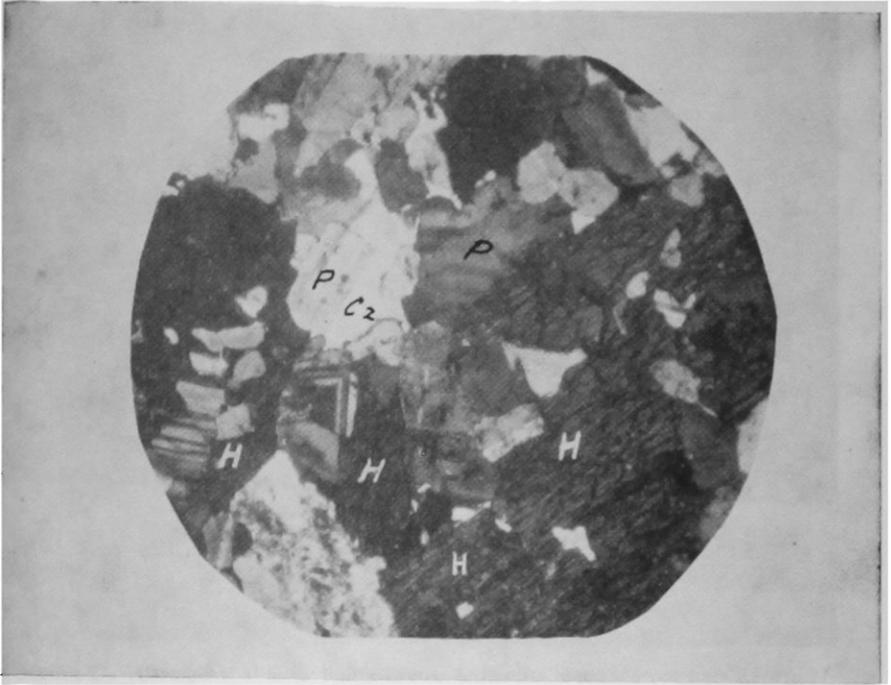


Figura 25. E-1531. El Quisco, Costa sur de ensenada baños. Inclusión básica en tonalita. La hornblenda H encierra poiciloblasticamente andesina (P) y cuarzo (C2). Con analizador 23 x.
Pg. 56

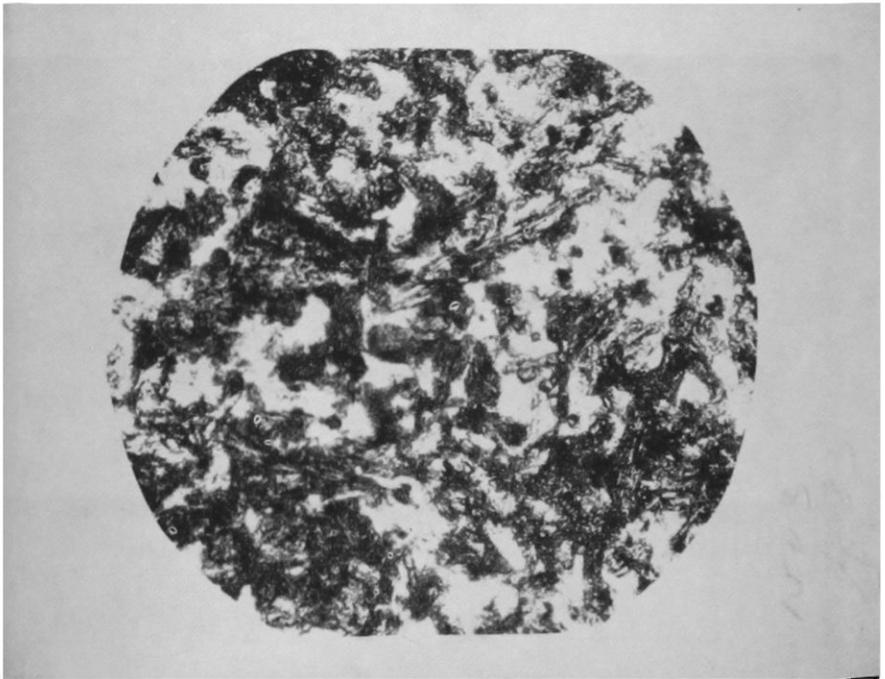


Figura 26. E-1503. El Quisco, Puntilla. Filón lamprofídico (espesartita) de 0,20 m. de potencia constituido por anfíbola fibrosa gris sobre un fondo feldespático blanco. Pg. 68. Sin analizador 125 x.



Figura 27 - Cartagena, al E. de Punta Yegua. Anfibolita invectada por tonalita. Pg. 37

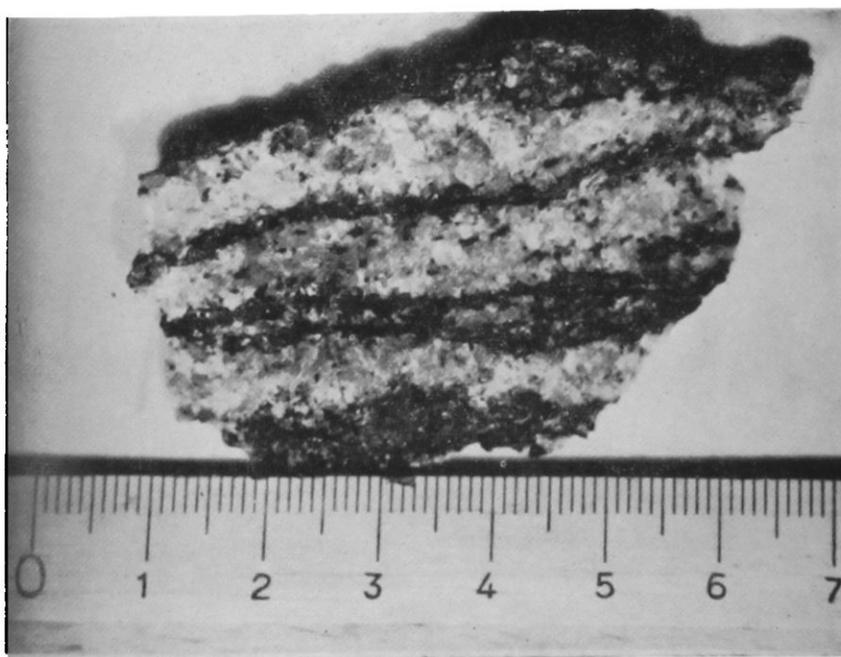


Figura 28 - Bahía Salada. Gneiss bandeado. Pg. 38

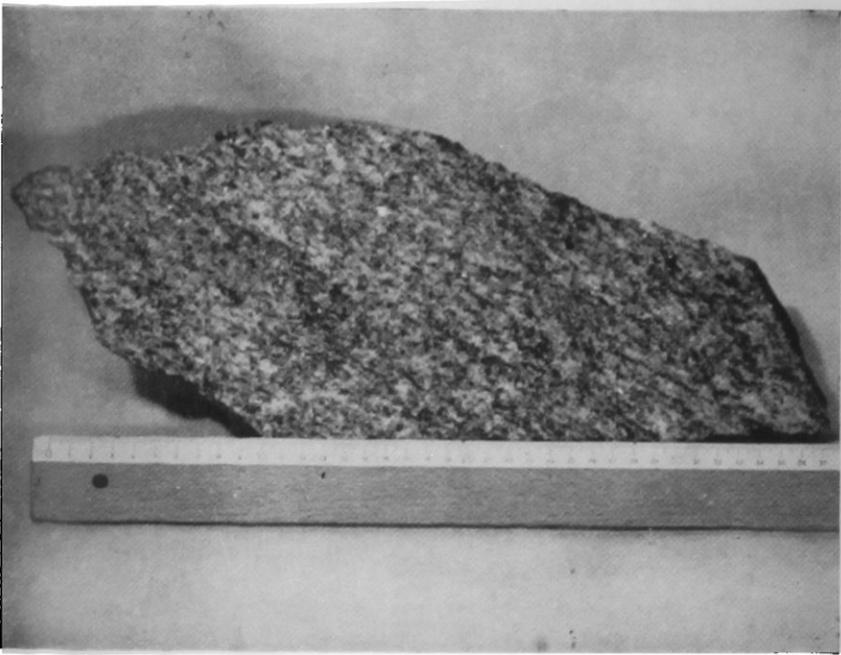


Figura 29. Cantera Panul. Tonalita gneissoide. Pg. 39

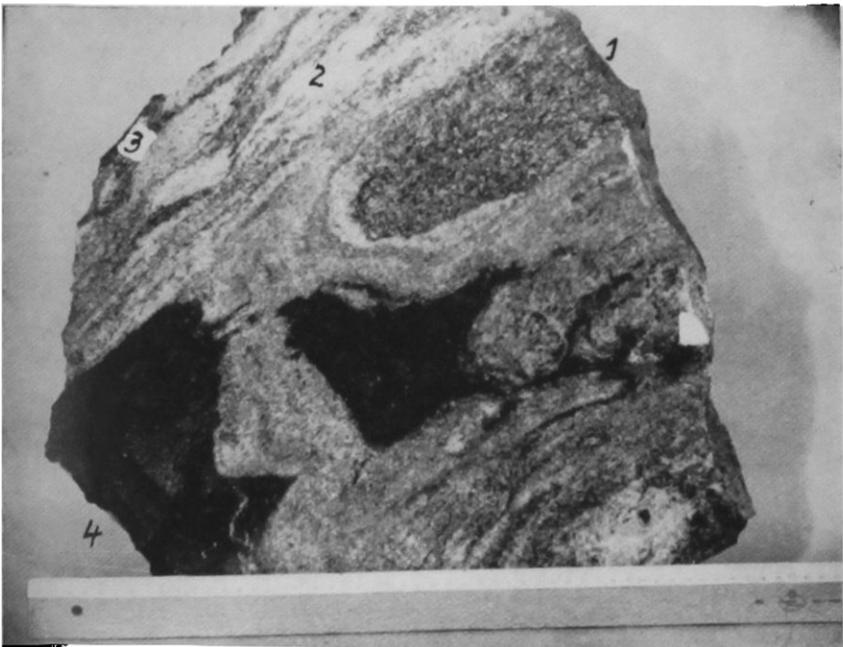


Figura 30. Cantera Panul. Migmatita. Pg. 39

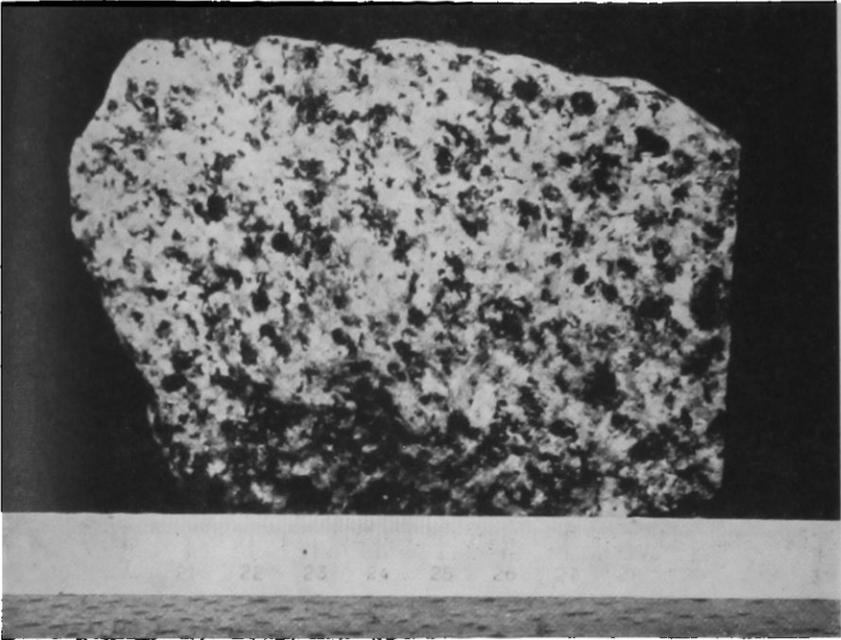


Figura 31. Quintero. Tonalita. Pg. 59

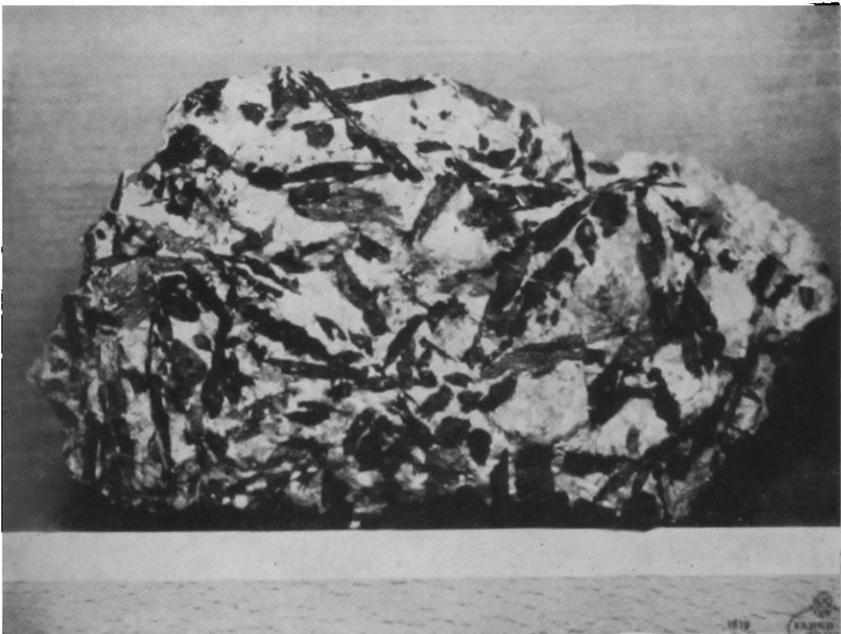


Figura 32. El Quisco. Pegmatita de anfibola. Pg. 62

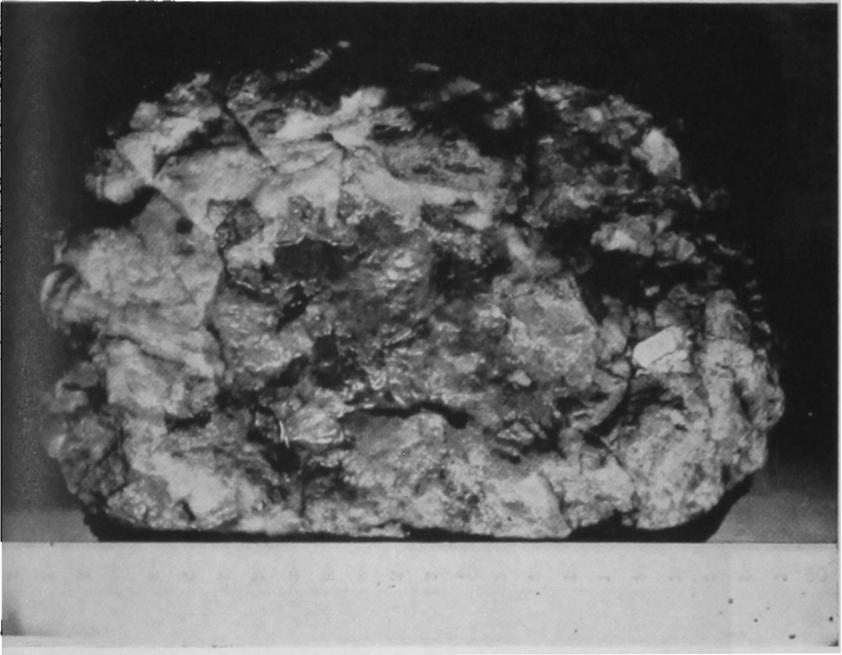


Figura 33. San Isidro. Pegmatita de microclina, oligoclasa y cuarzo. Pg. 67

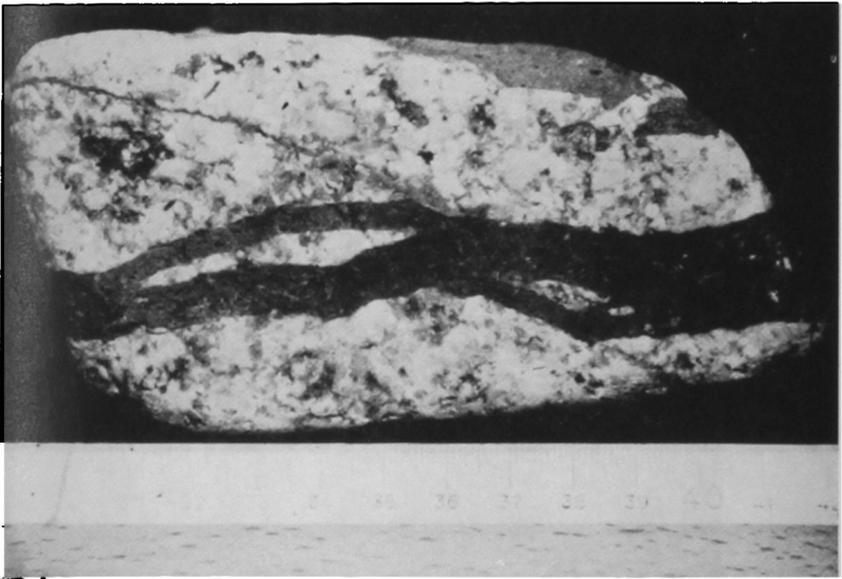


Fig. 31. El Quisco, extremo N. Puntilla. Vetas de lamprophido, atravesando granito rosado. Pg.68-71



Figura 35. Santo Domingo. Inclusiones de meladioritas en tonalita. Pg. 21



Figura 36. Santo Domingo. Tonalita granitizada con schlieren. Pg. 27

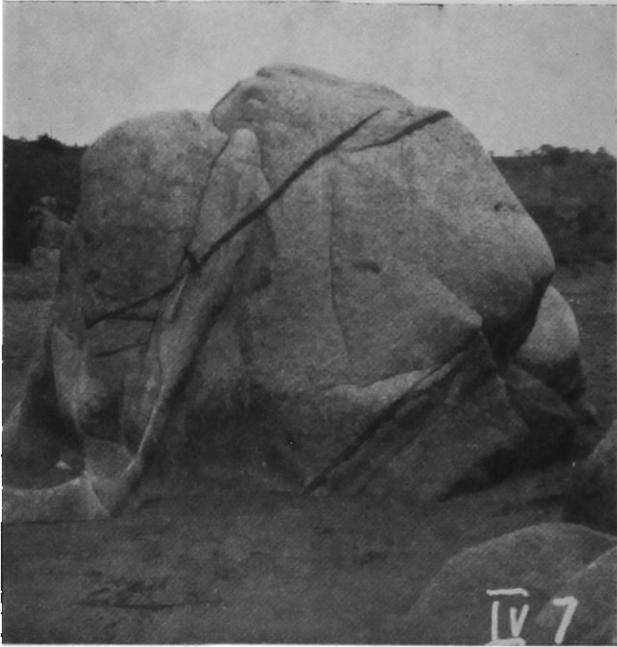


Figura 37. Santo Domingo. Extremo N. de la playa. Tonalita granitizada con guías lamprofidicas y aplica. Corresponde a figura Pg. 27 y 29



Figura 38. Santo Domingo. Tonalita con inclusiones atravesadas por filones aplíticos irregulares. Pg. 28



Figura 39. Cartagena. Cerro al S. de Playa Grande. Gabro cortado por filones de granito blanco. Pg. 31



Figura 40. Cartagena, entre Playa Chica y Playa Grande. Filón de granito de microclina cortada por filones lamprofídicos (microfotos, Lám. v, Nº 9, y Lám. iv, Nº 8). Pg. 35

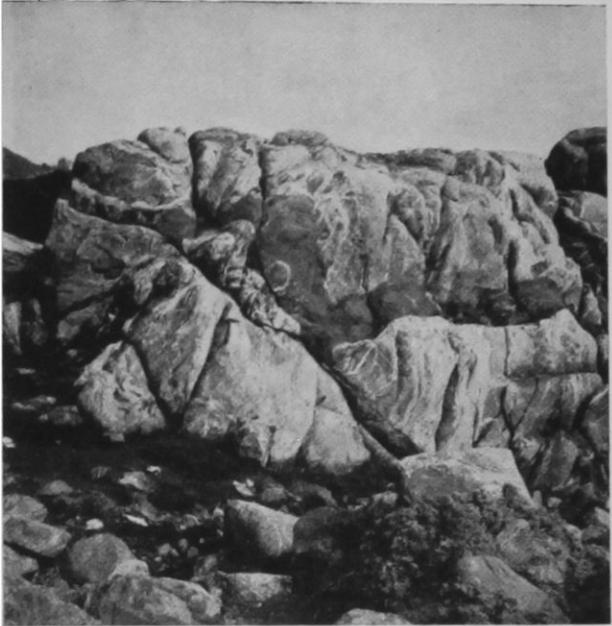


Figura 41. San Antonio al N. de Panul. Gneisses inyectados. Pg. 40



Figura 42. San Antonio, al S. de Panul. Gneisses inyectados. Pg. 40



Figura 43. San Antonio, al N. de Panul. Gneiss inyectado. Pg. 40



Figura 44. Cartagena, al S. de Punta Toro. Gneiss inyectado con inclusiones de **anfibolita** residual. Pg. 40

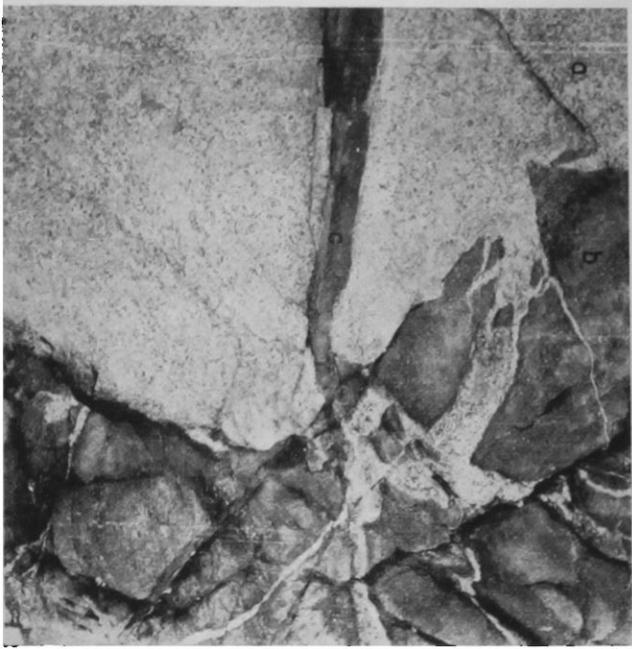


Figura 45. El Tabo, frente Hotel. Xenolita de anfibolita (b) inyectada por el granito (a) y filón de lamprófido (c). Pg. 48 y 51

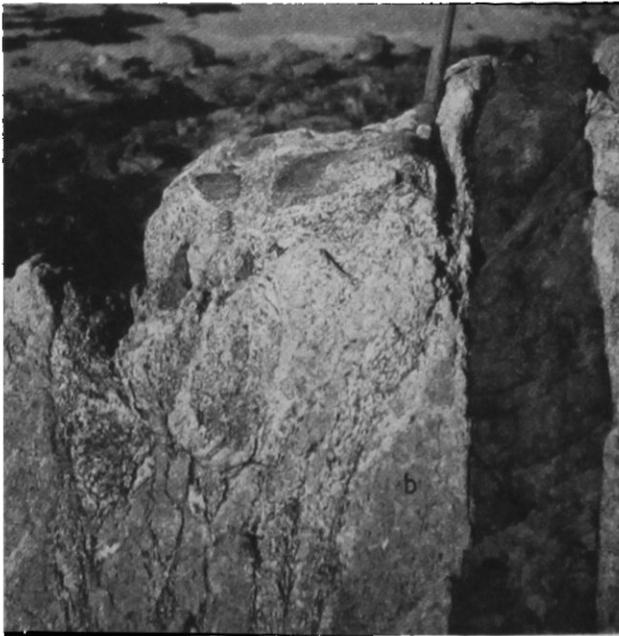


Figura 46. El Tabo, frente Hotel. Filón lamprofidico en contacto con gneiss tonalítico que lleva xenolitas granitizadas inyectadas por el granito aplítico b. Pg. 50

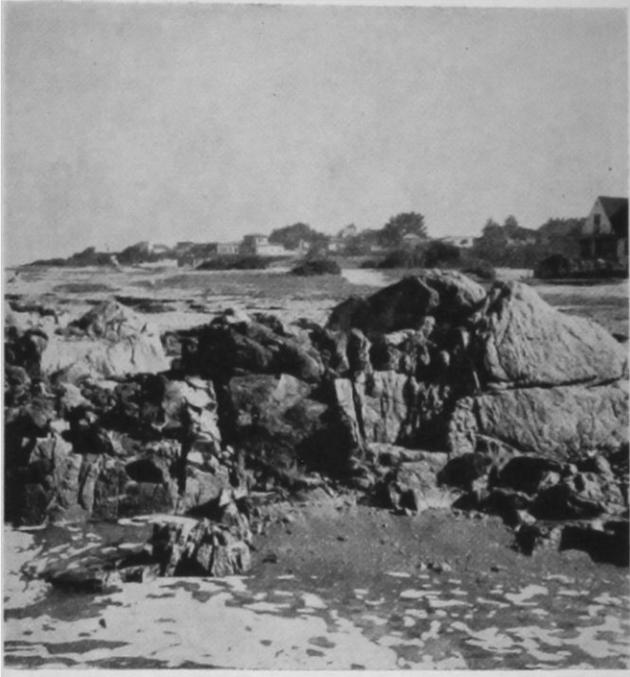


Figura 47. El Tabo, frente Hotel. Filón lamprofídico, atravesando gneisses invectados. Pg. 50



Figura 48. El Tabo. Tonalita con inclusiones de anfibolita. Pg. 52



Figura 49. El Tabo. Tonalita con inclusiones elipsoidales en transición a gneisses inyectados. Pg. 54



Figura 50. El Tabo. Laguna de Córdoba. Gneisses inyectados con restos de inclusiones. Pg. 54

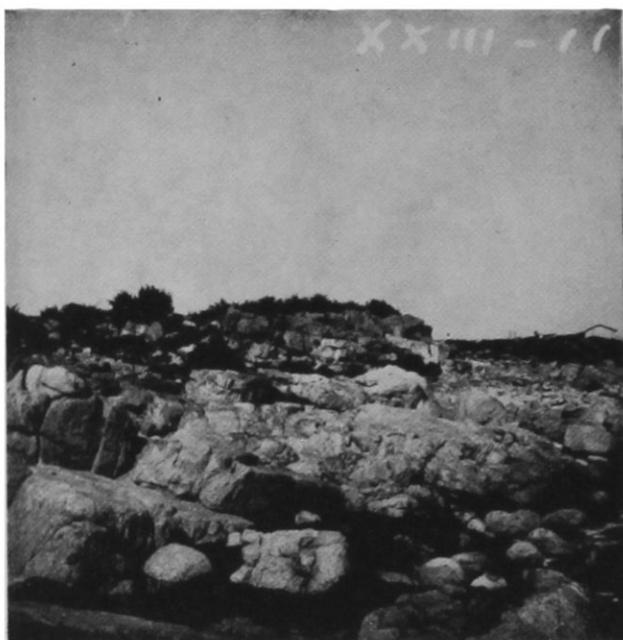


Figura 51. El Quisco. San Isidro. Fracturas tendidas en la tonalita. Pg. 59



Figura 52. El Quisco. Formas de erosión en la tonalita. Pg. 59

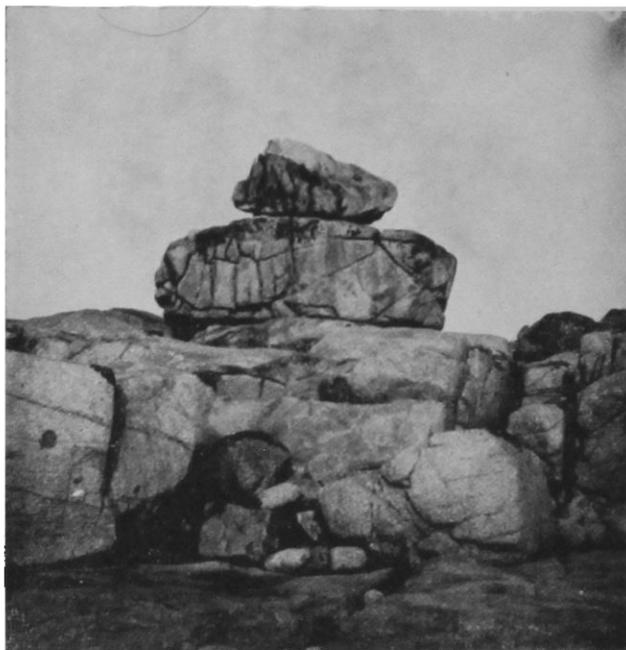


Figura 53. San Isidro, Formas de erosión en la tonalita. Pg. 59



Figura 54. Forma de la costa al S. de El Quisco. Se ve un plano inclinado originado por las diaclasas tendidas. Pg. 59

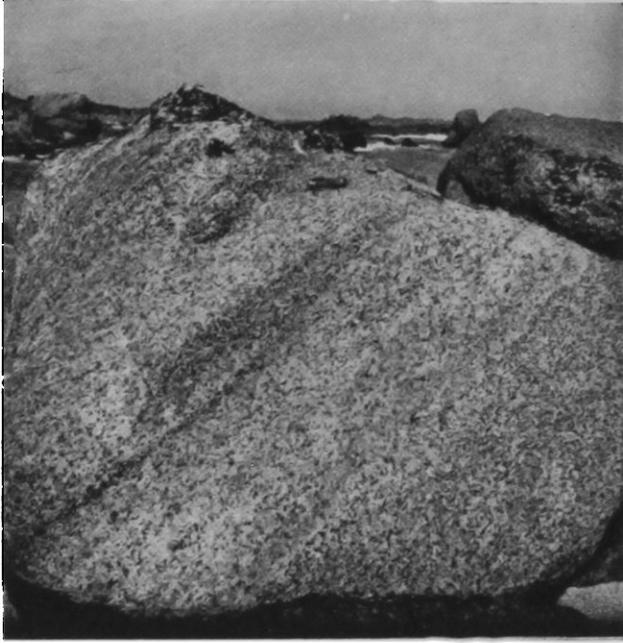


Figura 55. El Quisco. Tonalita bandeada. Pg. 59



Figura 56. El Quisco, Caleta costa sur. Inclusión de anfíbolita (Lám. XIII, Nº 25), en la tonalita. Pg. 57

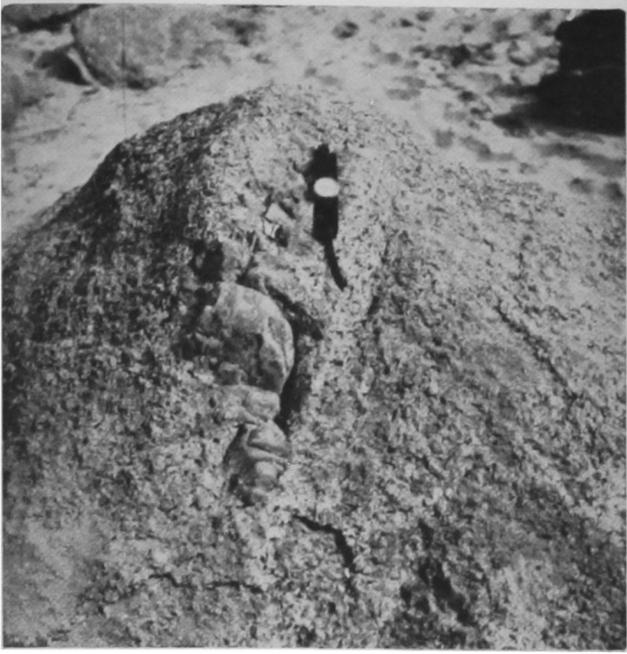
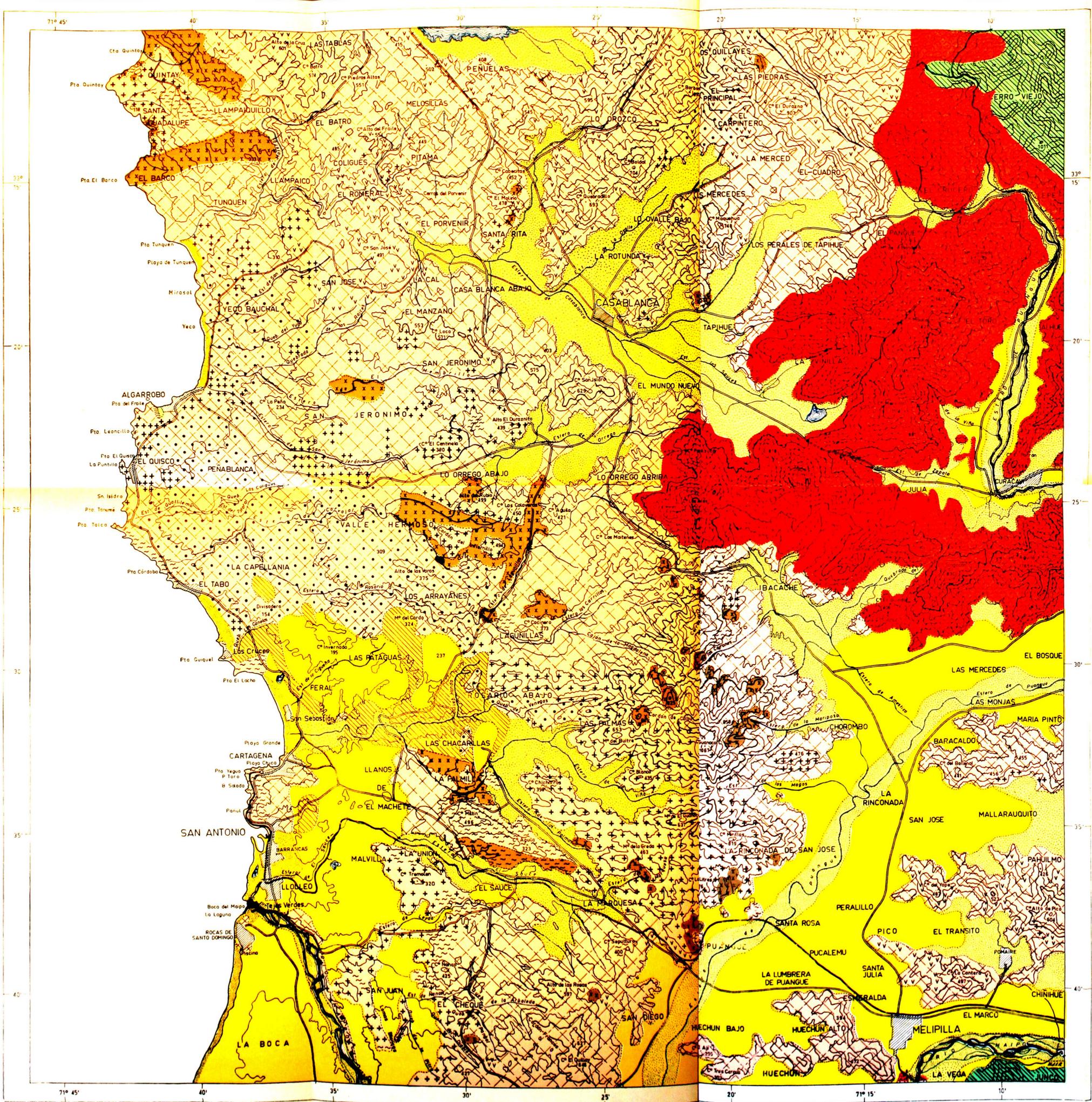


Figura 57. El Quisco, playa Hanga Roa. Bolsón de pegmatita de microclina en granito. Pg. 67



Figura 58. San Isidro, Puntilla sur. Filones lamprofídicos, cortando tonalita granitizada. Pg. 69



LEYENDA

- PALEOZOICO**
- GABROS
 - ANFIBOLITAS
 - TONALITA
 - TONALITA GRANITIZADA
 - DIORITA
 - GRANITO DE MICROCLINA
 - GNEISSES

- MESOZOICO**
- FORMACION PORFIRITICA
 - BATOLITO ANDINO
 - SENONIANO

- TERCIARIO**
- EOCENO
 - MIOCENO

- CUATERNARIO**
- ALUVIUM
 - DILUVIUM
 - Poblaciones
 - F.F.C.C.
 - Caminos
 - Contactos

LEVANTAMIENTO REALIZADO POR:
JORGE MUÑOZ CRISTI
RICARDO THIELE CARTAGENA

BASE TOPOGRAFICA:
PLANIFETA 1:100 000 DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR

