

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **PETROLOGÍA DE LOS CUERPOS ÍGNEO-METAMÓRFICOS DE LA PENÍNSULA DE LA GOAJIRA, ISLA DE TOAS, Y ARCHIPIÉLAGO DE LOS MONJES, ESTADO ZULIA Y DEPENDENCIAS FEDERALES**

Trabajo especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad central de Venezuela  
Para optar por el título de Ingeniero Geólogo  
Por el Br. Azancot R. Manuel J.

Caracas, noviembre de 2008

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **PETROLOGÍA DE LOS CUERPOS ÍGNEO-METAMÓRFICOS DE LA PENINSULA DE LA GOAJIRA, ISLA DE TOAS, Y ARCHIPIÉLAGO DE LOS MONJES, ESTADO ZULIA Y DEPENDENCIAS FEDERALES**

TUTOR ACADÉMICO: PROF. FRANCO URBANI

Trabajo especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad central de Venezuela  
Para optar por el título de Ingeniero Geólogo  
Por el Br. Azancot R. Manuel J.

Caracas, noviembre de 2008

Azancot R., Manuel J.

**PETROLOGÍA DE LAS ROCAS ÍGNEO-METAMÓRFICAS DE LA PENÍNSULA DE LA GOAJIRA, ISLA DE TOAS Y MONJES DEL SUR, ESTADO ZULIA Y DEPENDENCIAS FEDERALES.**

Tutor: Dr. Franco Urbani. Tesis, Caracas UCV. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2008. 164 p.

**Palabras clave:** Petrología, Goajira, Metagranito de Atúschen, Formación Rancho Grande, Volcánicas de Ipápure, Isla de Toas, Metagranodiorita de Toas, volcánicas félscicas, volcánicas máficas, falla de Oca, Monjes del Sur, Anfibolita de Los Monjes.

**Resumen.** La zona de estudio está conformada por tres sectores distintos, el primero, se encuentra al sur de la Península de la Goajira, al este de la población de Cojoro, el segundo, se localiza, en el extremo norte del Lago de Maracaibo, y NE de Maracaibo, en la Isla de Toas específicamente, y el tercero corresponde al Archipiélago de Los Monjes, el cual se haya localizado en el NO del Golfo de Venezuela, y al este de la Península de Paraguaná. Este trabajo pretende realizar una actualización de los mapas geológicos existentes en cada una de las tres localidades, y generar, como resultado final, un modelo de evolución petrológica y tectónica que más se adecúe a cada una,. Para ello, se analizaron petrográficamente 58 de las muestras recolectadas en el trabajo de campo.

En la zona de la Península de la Goajira, fueron cartografiadas varias unidades, entre ellas, el Metagranito de Atúschen, la Formación Rancho Grande, compuesta por arenisca feldespática, las Volcánicas de Ipápure, coformadas por cuerpos de lava dacítica, y de toba gruesa; y, por último, la Formación Uipana, constituida por arenisca cuarzosa de grano grueso. Esta configuración geológica actual, probablemente, podría deberse a la acción de un proceso de rifting, que originase la cuenca de deposición de la Formación Rancho Grande y Uipana, así como el magmatismo que dio pie a la deposición de las Volcánicas de Ipápure, sin embargo, no se han realizado los análisis químicos de las lavas para comprobar su afinidad.

En la Isla de Toas, las muestras de rocas ígneas recolectadas, estas resultaron tener diferencias drásticas entre sí, ya que la roca plutónica y basamento de la isla, que es la Metagranodiorita de Toas, presenta una textura cataclástica, indicativo de tectonismo. Mientras que las rocas volcánicas no presentan estructuras de deformación, lo que indica, que estas rocas, pudieron haber sido emplazadas con una notable diferencia temporal al basamento de la isla. Por otra parte, la dirección de los cuerpos volcánicos presentan paralelismo a direcciones de fallas asociadas a la falla de Oca, según el esquema de Wilcox, con lo cual, se puede inferir, que estas rocas volcánicas son sincrónicas, o hasta más jóvenes que la misma falla de Oca, o estructuras preexistentes, duda que se resolvería con la datación U/Pb en circones. Comparando estas rocas, con las volcánicas de Falcón central, surge el pensamiento de que pudieron tener el mismo origen de magmatismo intraplaca en una cuenca de tracción (“pull apart”), pero al no encontrarse estructuras volcánicas similares, se puede pensar en la hipótesis propuesta por BAYONA (2008), que estas rocas provengan de un magmatismo incipiente generado por la subducción del Protocaribe por debajo del borde noroccidental de Suramérica (PINDELL 2007) ; pero, al igual que las volcánicas de Ipapure, en la Goajira, no se cuenta con análisis químicos que revelen su afinidad.

En Los Monjes del Sur, la historia es otra, las rocas corresponden a litósfera oceánica emplazadas en superficie. Están compuestas en más de un 80% de anfíbol verde-azul, y cantidades menores de cuarzo y plagioclasa, lo que lleva a pensar, que el protolito de estas rocas metamórficas, sean las máficas y ultramáficas de la mitad de la secuencia de piso oceánico, mezcladas con rocas de su parte superior. Se detectan dos direcciones de foliación casi perpendiculares, donde la primera (S1), pudo haber sido generada por la subducción del protocaribe bajo la placa Caribe, generando esfuerzos casi E-W. La segunda (S2), pudo haber ocurrido, por causa de la subducción del Caribe por debajo de Suramerica, formando esfuerzos dirección casi N-S.

Para mejorar el conocimiento de estas regiones, se requiere de datos geocronológicos, así como geoquímica detallada para determinar la afinidad de origen de los distintos cuerpos ígneos.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia, a Dios, por darme la fuerza y la voluntad de culminar esta meta.

A la UCV y a la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, por abrirme sus puertas, y no ser una simple casa de estudios, sino también, una verdadera Universidad de la Vida, y en cuyos pasillos, viví los momentos más impactantes de mi corta vida.

A FUNVISIS por permitirme formar parte del Poryecto GEODINOS.

Al Profesor Franco Urbani, por abrirme las puertas del laboratorio 330, por enseñarme que la geología es mucho más que las aulas de clase, por compartir esos conocimientos y vivencias geológicas a lo largo de toda una vida, así como por tenerme esa paciencia y comprensión en los momentos de presión, y sobre todo, por permitirme ser su tesista, en este proyecto, algo inusual, donde se llego a hacer la geología de tanques.

A mis padres, por brindarme el apoyo necesario para la culminación de esta meta tan importante, sobre todo a mi madre, la cual fue la impulsora de este tren, que dudo mucho que se detenga, esta meta no es mía, es tuya, gracias por darme todo lo que tienes y mucho más, te quiero mucho.

A mis hermanas, María y Annalyn, las cuales siempre fueron un gran apoyo y un ejemplo a seguir todo este tiempo, sin ustedes, este triunfo no hubiese sido posible, gracias por todo. María, gracias por escucharme, y regañarme como una vieja muchas veces, sin esos regaños, no hubiese lo mismo mi estancia en la universidad, muchas gracias.

A Nazareth, mi musa, por llegar a mi vida en este momento tan crucial, y ser el empujón que me faltaba, gracias por estar siempre allí, por tenerme paciencia, no sabes lo que ha significado tu simple presencia en mi vida, gracias, Volim Te.

Al Profesor Ricardo Alezones, por enseñarme los conceptos básicos de la geología, enseñarme lo que es formar parte de la comunidad exclusiva del Laboratorio de Petrología Ígneo-Metamórfica, y sobre todo, por estar siempre a la disposición de brindar conocimientos, así como de escuchar y aconsejar en cualquier momento. Gracias igualmente por el regalo de amigo secreto de diciembre, me funcionó mucho en la elaboración de este trabajo.

Al Profesor Enzo, de preparador a profesor mi pana, gracias por toda esa paciencia, primero como preparador, y luego, como instructor de ArcGIS, te debo unas cuantas.

Al Profesor Sebastián Grande, por la gran ayuda durante la realización de las petrografías, así como de su orientación oportuna en el análisis de este embrollo.

A los Profesores Lenín González y Rafael Falcón, por ser excelentes instructores de la geología, y poder, al mismo tiempo brindar una buena amistad.

A los amigos de toda la vida, Rossmell (El Tío), Ricardo (Cara de P...), y Gabriela (GabyGaby), así como a la prima Laura (Pup) por estar siempre allí, al lado, y compartir estos no sé cuantos años, sin olvidarse de la amistad durante la vida universitaria, gracias mis panas.

A los amigos de la Escuela de Geología, Yoyis, Lupi (Graziana), Mafe (Susy), Laurita (La Profe), Alexandra (Topoyiyo), Hildemaro, Woody, Ángel (El Mompirri), con quienes disfrute muchísimos momentos felices, y cuyos recuerdos de Parroquia, Bodegón, Parrillas en San Antonio, Tasquita, Campo Largo, la Taguara, La Cientoquince, La Llanera y pare de contar siempre los tendré siempre en mi memoria. A Richard (CJ) y Johana (Barranco), por estar siempre pendiente de las tesis, vistes que si pudimos CJ, solo hacía falta el apoyo moral, y echarle un camión, nos hubiésemos quedado en Las Claritas no crees?. A la estúpida mayor (Pedro) por ser chofer designado en la Goajira, gracias mi pana, ahora solo faltas tu, eeechale b..... a la tesis.

Por último al personal de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, María Teresa y Morella, por la ayuda prestada durante la fase final de este camino, muchas gracias.

# ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	1
1.1.1. Objetivo general	1
1.1.2. Objetivo específicos	1
1.2. ÁREA DE ESTUDIO	2
1.2.1. Península de la Goajira	2
1.2.2. Isla de Toas	3
1.2.3. Monjes del Sur	4
1.3. METODOLOGÍA	4
1.3.1. Recopilación Bibliográfica	4
1.3.2. Fase de campo	6
1.3.3. Fase de oficina	7
2. GEOGRAFÍA FÍSICA	9
2.1. Relieve	9
2.1.1. Península de la Guajira	9
2.1.2. Isla de Toas	11
2.1.3. Archipiélago de Los Monjes	11
2.2. Drenaje	12
2.3. Vegetación	13
2.4. Geomorfología	13
2.4.1. Península de la Goajira	13
2.4.2. Isla de Toas	14
2.4.3. Los Monjes del Sur	15

3. GEOLOGÍA REGIONAL	16
3.1. Aspectos Históricos y Litológicos	16
3.1.1. Península de la Goajira	16
3.1.2. Isla de Toas	20
3.1.3. Monjes del Sur	22
3.2. Geología Estructural Regional	24
3.2.1 Península de La Goajira	24
3.2.2. Isla de Toas	26
3.2.3. Monjes del Sur	29
4. GEOLOGÍA LOCAL	31
4.1. Península de la Goajira	31
4.1.1. Metagranito de Atuschón	31
4.1.1.1. Extensión	31
4.1.1.2. Descripción de Campo	32
4.1.1.3. Contactos	32
4.1.1.4. Estructuras	32
4.1.1.5. Petrografía	33
4.1.1.6. Edad	36
4.1.2. Formación Rancho Grande	36
4.1.2.1. Extensión	36
4.1.2.2. Descripción de Campo	37
4.1.2.3. Contactos	37
4.1.2.4. Estructuras	38
4.1.2.5. Petrografía	39
4.1.2.6. Edad	41

4.1.3. Volcánica de Ipapure	41
4.1.3.1. Extensión	41
4.1.3.2. Descripción de Campo	42
4.1.3.3. Contactos	42
4.1.3.4. Estructuras	43
4.1.3.5. Petrografía	44
4.1.3.6. Edad	52
4.2. Isla de Toas	53
4.2.1. Metagranodiorita de Toas	53
4.2.1.1. Extensión	53
4.2.1.2. Descripción de Campo	53
4.2.1.3. Contactos	55
4.2.1.4. Estructuras	55
4.2.1.5. Petrografía	55
4.2.1.6. Edad	61
4.2.2. Unidad de Rocas Volcánicas	62
4.2.2.1. Extensión	62
4.2.2.2. Descripción de Campo	62
4.2.2.3. Contactos	62
4.2.2.4. Estructuras	62
4.2.2.5. Petrografía	63
4.2.2.6. Edad	67
4.3. Monjes del Sur	68
4.3.1. Anfibolita de Los Monjes	68
4.3.1.1. Extensión	68

4.3.1.2. Descripción de Campo	68
4.3.1.3. Contactos	69
4.3.1.4. Estructuras	69
4.3.1.5. Petrografía	69
4.3.1.6. Edad	74
5. INTERPRETACIONES GENERALES	75
5.1. Península de la Goajira	75
5.1.1. Metagranito de Atuschón	75
5.1.2. Formación Rancho Grande	76
5.1.3. Volcánica de Ipapure	77
5.2. Isla de Toas	80
5.3. Monjes del Sur	86
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
6.1. Península de la Goajira	91
6.2. Isla de Toas	92
6.3. Monjes del Sur	93
BIBLIOGRAFÍA	94
APÉNDICE A	98
APÉNDICE B	131
Anexo I: Mapa Geológico de la Región de Cojoro	161
Anexo II: Mapa Geológico de la Región de Cusia	162
Anexo III: Mapa Geológico de Isla de Toas	163
Anexo IV: Mapa Geológico de Monjes del Sur	164
Anexo V: Datos Estructurales de monjes del Sur	165
Anexo VI: Mapa Geológico de la Península de la Goajira por BLACK (1957)	166

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Unidades litológicas utilizadas por cada autor para la Península de la Goajira.	30
2. Tabla composicional de las muestras analizadas del Metagranito de Atñuschon	33
3. Tabla composicional de las muestras analizadas de la Formación Rancho Grande	40
4. Tabla composicional de las muestras analizadas petrográficamente de las Volcánicas de Ipapure.	44
5. Tabla composicional de las muestras analizadas de la Granodiorita de Toas.	56
6. Tabla composicional de las muestras analizadas de la unidad de Rocas Volcánicas	63
7. Tabla composicional de las muestras analizadas de la Anfibolita de Los Monjes	70
8. Comparación entre clasificación petrográfica y por análisis químico de las Volcánicas de El Totuno. Tomado y modificado de URBANI <i>et al</i> (2006).	78

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Mapa de ubicación de la zona de estudio en Península de la Goajira	3
2. Mapa de ubicación de la zona de estudio en la Isla de Toas	3
3. Mapa de ubicación de la zona de estudio en los Monjes del Sur	4
4. Planicie amplia de la Goajira. Foto tomada desde la cima de la loma Walirpanachón, viendo, hacia el oeste	8
5. Morfología del Cerro Guasosopo y Serranía de Cosinas.	9
6. Morfología del relieve de Isla de Toas	10
7. Fragmento del mapa Geológico de la Península de la Goajira (BLACK 1957)	16
8. Mapa Geológico de la Península de la Goajira – Cosinas de la Península	18
9. Mapa geológico realizado por RODRÍGUEZ & LONDOÑO (2.002)	20
10. Mapa simplificativo de la Isla de Toas de PIMENTEL (1.973)	21
11. Mapa Geológico de Los Monjes del Sur según BELLIZZIA <i>et al.</i> (1.969)	24
12. Mapa geológico del área de Cosinas de RODRÍGUEZ & LONDOÑO (2.002)	25
13. Sección de la Isla de Toas según ROD (1.956)	27
14. Sección de la Isla de Toas por PIMENTEL (1.973)	27
15. Estructura en flor propuesta por ALBERRACIÓN (1.989)	28
16. Procesos de erosión de la Isla de Toas propuesta por ALBERRACÍN (1.989)	29
17. Metagranito de Astuschón exhibiendo su bandeadimiento y su dos familias de diaclasas	32
18. Loma de Astuschón compuesto por bloques de varios tamaños	32
19. Pertita en el centro del cristal Muestra 157.227. Foto en NX	34
20. Dos tipos de pertitas cuentas sobre hilos Muestra Zu-03. Foto NX	34
21. Horblenda alterando a clorita en fracturas. Muestras 157.227. Foto NX	34
22. Horblenda alterando a clorita en fracturas. Muestras 157.227. Foto NII	34
23. Pseudomorfo de piríbola alterando completamente a calcita. Muestra Zu-06. Foto en NX	35
24. Dique de dacita de Volcánicas de Ipapure (B) cortando a la Formación Rancho Grande (A)	37
25. Imagen satelital abarcando el Metagranito de Atúschon, y la Formación Rancho Grande, con sus Diques de Dacita en Color blanco. Tomada de GoogleEarth	37
26. Contacto erosivo entre Formación Rancho Grande (base) y Volcánicas de Ipapure	37
27. Colina al NW del cerro Guasosopo, con las Volcánicas de Ipapure (A) sobre la Formación Rancho Grande (B), y falla inferida cubierta por aluvión.	38
28. Cemento de pirofilita y de arcilla con óxido de hierro envolviendo granos. Muestra Zu-13B Foto en NX	41

29. CEMENTO DE Clorita (coloración verdosa) rellenando poros y envolviendo granos Muestra 157.228. Foto en N=	41
30. Volcánicas de Ipapure (A) cortando como dique a la Formación Rancho Grande (B) al este de la loma Atúschon	42
31. Contacto erosional entre Volcánicas de Ipapure (A) y Formación Rancho Grande (B)	43
32. Diaclasamiento que afecta a las Volcánicas de Ipapure en el Cerro Guasosopo, sobre el contacto con la Formación Racho Grande.	43
33. Cuarzo con textura de bahía, y borde de reacción. Muestra Zu-06. Foto tomada en NX	45
34. Plagioclasa subhedral con macla albita. Muestra Zu-08A. Foto tomada en NX	45
35. Cristal de gran tamaño de sanidina euhedral. Muestra Zu-14	45
36. Muscovita alterada a sericita con manchas de leucoxeno. Muestra Zu-15. Foto en NX	46
37. Muestra de mano mostrando orificios y zonas meteorizadas en su superficie. Muestra Zu-13A	47
38. Cristal de muscovita alterada con epidoto granular y orificios en la muestra a su izquierda. Muestra Zu-13A. Foto en NX	47
39. Biotita alterando a muscovita, nótese las manchas de opacos que comienzan a aparecer. Muestra Zu-11. Foto en NX.	47
40. Cuarzo con borde de reacción con el magma. Muestra 157.234. Foto tomada en NX	48
41. Cuarzo con textura bahía por asimilación de magma. Muestra 157.239B. Foto en NX	48
42. Fragmento angulares de plagioclasa y cuarzo. Muestra 157.238. Foto en NX	49
43. Clorita radial proveniente de alteración de compuestos máficos de la matriz. Muestra 157.238. Foto en NX.	50
44. Biotita alterándose a clorita, notándose los colores interferencia violácea de la clorita. Muestra 157.239B. Foto en NX	50
45. Cristal de epidoto llenando orificios. Muestra 157.239B. Foto en NX	51
46. Fragmento de roca tipo cuarcita a la izquierda de la Foto, en contacto con matriz fina de roca. Muestra 157.234. Foto en NX.	51
47. Cárcava generada en zona de cizalla, nótese el diaclasamiento intenso de la roca descompuesta. Punto Zu-19.	53
48. Zona de Cizalla intensa en el cuerpo rocosa; nótese las pequeñas fallas generadas por dicha cizalla. Punto Zu-20.	53
49. Veta de barita (B) cortando la Granodiorita de Toas (A) bastante descompuesta. Punto Zu-30	54
50. Plagioclasa tipo albita alterada a sericita, calcita y prenhita. Notándose sus tipos de maclas. Muestra Zu-23. Foto en NX	56
51. Feldespato potásico con pertita tipo hilos. Muestra Zu-19. Foto en NX	56

52. Biotita plegada y algo cloritzada, nótese la extinción no uniforme. Muestra Zu-19. Foto en NX	57
53. Biotita plegada y algo cloritzada, nótese el pleocroísmo no uniforme. Muestra Zu-19	57
54. Textura sagenítica, compuesta por agujas de rutilo dentro de biotita casi totalmente cloritzada. Muestra Zu-23. Foto en N=	57
55. Estado de trituración general de los granos, nótese la pseudomatriz generada. Muestra Zu-19. Foto en NX	58
56. Cristal de albita exhibiendo microfalla que desplaza las líneas de macla. Muestra Zu- 19. Foto en NX.	58
57. Cuarzo euherdral con textura bahía por asimilación del mismo por el magma. Muestra Zu-22 <sup>a</sup> . Foto en NX.	59
58. Plagioclasa euherdral fracturada por cizalla. Muestra Zu-22A. Foto en NX	59
59. Biotita plegada por cizalla, nótese la alteración a clorita de la misma. Muestra Zu-22A. Foto en NX	60
60. Biotita plegada por cizalla, nótese las manchas de magnetita en la superficie. Muestra Zu-22A. Foto en N=	60
61. Plagioclasa alterada casi completamente a calcita. Muestra Zu-21A. Foto en NX.	63
62. Biotita alterada, rodeada de matriz fina afieltrada. Muestra Zu-21 <sup>a</sup> A. Foto en NX.	64
63. Biotita alterada, nótese las manchas de magnetita en la superficie. Muestra Zu-21 <sup>a</sup> A. Foto en N=	64
64. Cuarzo con extinción ondulatoria llenando amígdala en basalto, nótese las manchas verde oscuri dentro de él, que representa la clorita. Muestra Zu-26. Foto en NX.	65
65. Textura traquítica formada por microlitos de plagioclasa. Muestra Zu-26. Foto en NX.	65
66. Fenocristales de plagioclasa alterados, parcial y completamente a calcita. Muestra Zu- 27. Foto en NX.	65
67. Amígdalas llenas de clorita con colores de interferencia verde azulado. Muestra Zu- 26. Foto en NX.	66
68. Fosfatización vermicular de anfibolitas, nótese el color meteorizado blanquecino de la roca.	68
69. Estereografía mostrando por planos de foliación.	68
70. Diagrama de rosetas de rumbo, mostrando el rumbo preferencia da la foliación	68
71. Contacto mosaico entre cristales de cuarzo, rodeando cristal de piroxeno. Muestra M- 14B. Foto en NX	70
72. Inclusiones de cuarzo en cristales de anfíbol verde-azul (posible barroisita). Muestra M-04. Foto en NX	70
73. Plagioclasa alterando a epidoto. Muestra M-07. Foto en NX	70
74. Labradorita manchada con arcillas. Muestra M-10. Foto en NX	70

75. Cristales de augita dispuestos angularmente a la foliación. Muestra E-63. Foto en NX	71
76. Primera generación de foliación (dirección E-W) intersectadas por una segunda generación de manera oblicua. Muestra M-09. Foto en N=	72
77. Estructura de deformación que origina la segunda generación de foliación, cortando la primera generación en forma oblicua. Muestra M-14B. Foto en N=	72
78. Esfena con magnetita como pseudomorfo de piroxeno, nótese el hábito subhedral. Muestra M-11. Foto en NX	72
79. Veta de prenhita y fosfato originando drusa. Muestra M-11. Foto en NX	73
80. Estilphomelana entre cristales de plagioclasa y anfíbol. Muestra M-15. Foto en NX	73
81. Triángulo APQ para la unidad de Volcánica de Ipapure, Nótese la concentración de puntos en la composición dacítica.	77
82. Feno-dacita con fenocristales de posible mineral máfico muy alterado. Muestra Zu-10B.	79
83. Zona de cizalla en extremo este de la Isla de Toas. Punto Zu-19.	81
84. Zona de Cizalla en extremo este de la Isla de Toas, cárcavas generadas en zona intensamente diaclasada. Punto Zu-19.	81
85. Triángulo APQ de volcánicas, nótese la concentración en el vértice de plagioclasa de las muestras estudiadas.	82
86. Modelo de Choque de dos subducciones con polaridad invertida. Tomando y modificado de PINDELL <i>et al</i> (2007).	83
87. Modelo de colisión y migración de la placa Caribe respecto a Suramérica. Tomando de PINDELL <i>et al</i> (2007).	84
88. Modelo de Wilcox para la Isla Toas. Nótese el pseudoparalelismo entre los dique de volcánicas.	86
89. Secuencia generalizada de piso oceánico. Tomado de GRANDE (2005)	88
90. Diagrama de episodio de generación de una segunda generación de foliación (S2), a partir de una primera generación (S1).	89
91. Relicto de una primera foliación, cortados por una segunda foliación mucho más prominente. Muestra M-09, Foto en N=	89
92. Dos direcciones de foliación, S1 en línea azul y S2 en línea roja. Muestra M-14B. Foto en N=.	90
93. Diagrama de rosetas de dirección, con dirección de esfuerzo formadores de foliación.	90

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Especial de Grado es auspiciado por el proyecto GEODINOS (Geodinámica Reciente del Límite Norte de la Placa Suramericana), ejecutado por FUNVISIS (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas) con el apoyo de diversas instituciones, tal como la Universidad Central de Venezuela, la cual soporta este estudio.

La zona de estudio se encuentra dividida en tres localidades diferentes, dos en el estado Zulia (Península de la Goajira e Isla de Toas), y una en las Dependencias Federales (Isla Monjes del Sur del Archipiélago de los Monjes).

Las rocas que componen estas zonas son ígneas, metamórficas y sedimentarias, sin embargo, en este trabajo se hace énfasis en el estudio de las rocas ígneas y metamórficas presentes, con lo que se pretende aportar información relevante adicional a los trabajos previos realizados en la región.

### 1.1. OBJETIVOS

#### 1.1.1. Objetivo General

El objetivo principal de este trabajo consistirá en la integración y actualización de la cartografía geológica existente en el país. Esto debido a la necesidad de contar con una base geológica actualizada, adaptada a la nomenclatura internacional de las unidades litodémicas para las rocas ígneo-metamórficas y con ello formar una capa temática digital de la geología de superficie para su uso en diversas actividades. Correspondiente, en este trabajo en particular, a las zonas de la Península de la Goajira, Isla de Toas, y los Monjes del Sur.

#### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar una compilación bibliográfica sobre los posibles cuerpos ígneos y metamórficos que afloran en la región de estudio.

- Realizar un trabajo de campo con el fin de corroborar y redefinir las unidades geológicas, y especialmente los contactos litológicos y su naturaleza.
- Caracterizar, visual y petrográficamente los cuerpos ígneos y metamórficos encontrados en cada una de las tres zonas en cuestión.
- Revisar y redefinir, las unidades litológicas actuales, que así lo ameriten, a través del análisis petrográfico de muestras recolectadas en campo.
- Integrar y elaborar los distintos mapas geológicos para cada una de las zonas de estudio; a escala 1:25.000 para la Península de la Goajira; 1:10.000 para la Isla de Toas; y escala 1:2.500 para los Monjes del Sur.
- Interpretar la evolución petrológica y estructural que mejor se adecue a la configuración actual de estas rocas.

## 1.2. ÁREA DE ESTUDIO

### 1.2.1. Península de la Goajira

Está ubicada en el extremo nor-occidental de Venezuela, constituyendo las costas occidentales del Golfo de Venezuela. La zona de estudio se encuentra entre las poblaciones de Cojoro y Macuirapa, cercanas a la frontera Colombo-Venezolana, encerrado en el cuadrilátero definido por las coordenadas 11°40'00'' y 11°45'00'' latitud norte, 71°52'30'' y 71°37'30'' longitud oeste (Fig. 1); constituyendo un área total de 68 km<sup>2</sup>.

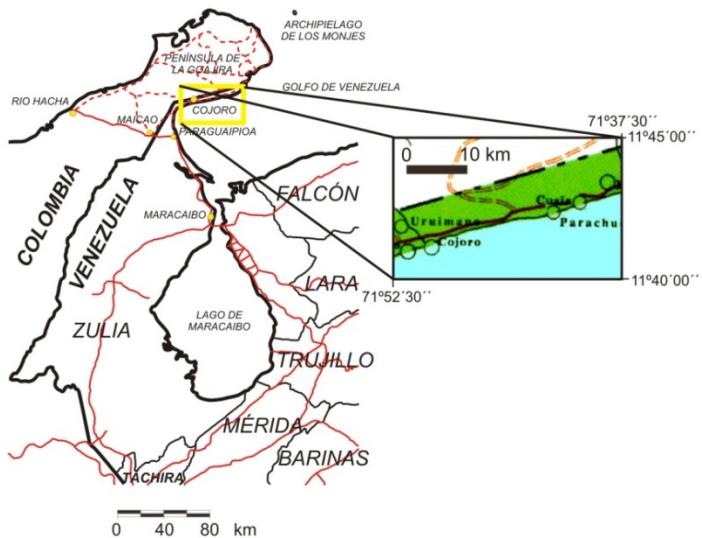


Fig. 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio correspondiente a la Península de la Goajira.

### 1.2.2. Isla de Toas

Esta se encuentra en la costa norte del Lago de Maracaibo, al oeste de la Bahía de El Tablazo, aproximadamente a 35 km al norte de Maracaibo y 7 km al este de San Rafael de El Moján, entre las coordenadas 10°55'00'', 11°00'00'' latitud norte y 71°45'00'', 71°37'30'' longitud oeste (Fig. 2); constituyendo un área total de 9 km<sup>2</sup>.

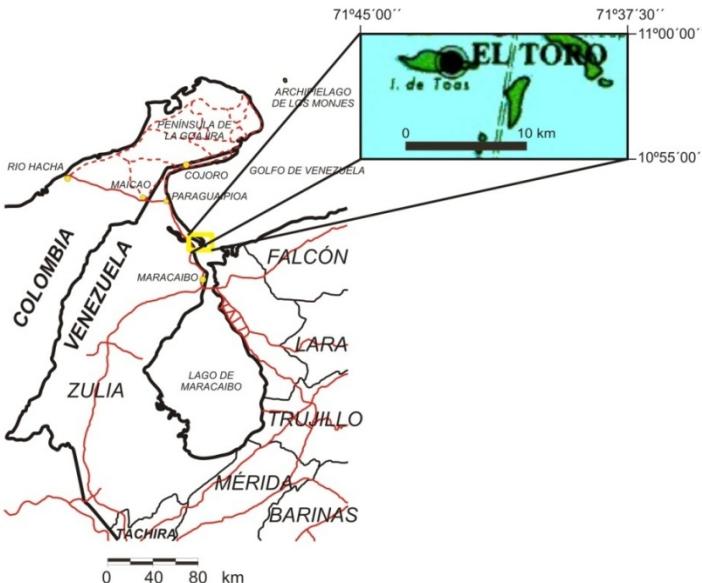


Fig. 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio, correspondiente a la Isla de Toas.

### 1.2.3. Monjes del Sur

Isla meridional del Archipiélago de Los Monjes, ubicado en la parte nor-occidental del Golfo de Venezuela, aproximadamente a 35 km del Cabo de Chivacoa en la Península de la Goajira, y a 80 km de Punta Macolla en la Península de Paraguaná, encerrado entre las coordenadas  $70^{\circ}55'30''$ ,  $70^{\circ}53'40''$  latitud norte, y  $12^{\circ}22'00''$ ,  $12^{\circ}21'20''$  longitud oeste (Fig. 3); constituyendo un área total de  $49 \text{ km}^2$ .

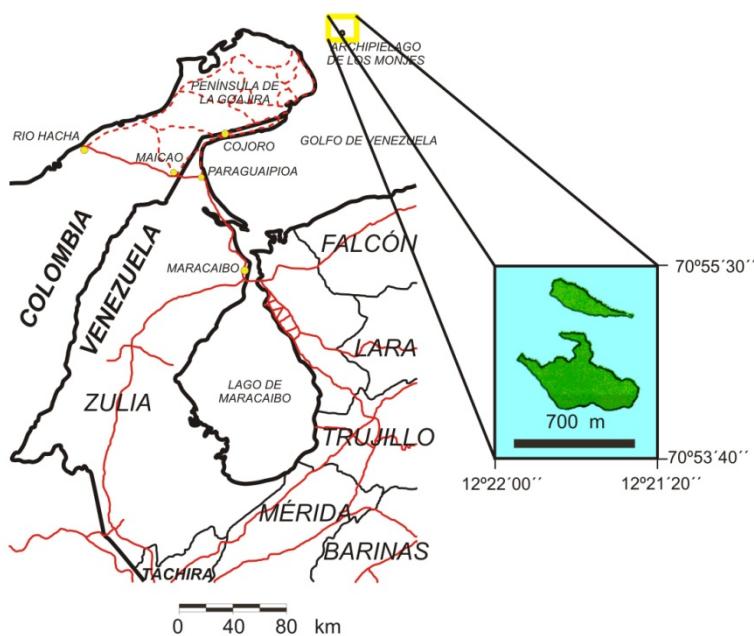


Fig. 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio, perteneciente a Los Monjes del Sur.

## 1.3. METODOLOGÍA

### 1.3.1. Recopilación bibliográfica

Se realizó una investigación bibliográfica en memorias de congresos geológicos nacionales e internacionales, publicaciones seriales, informes inéditos, y trabajos especiales de grado en el área de estudio. Adicionalmente se recolectaron los siguientes mapas:

1) Mapas topográficos del Instituto Geográfico de Venezuela “Simón Bolívar”:

a) Península de la Goajira a escala 1:25000:

Hoja 5850-IV-NE, Cojoro.

Hoja 5851-III-SE, Guasasapa.

Hoja 5851-II-SO, Cusia.

b) Isla de Toas a escala 1:25.000:

Hoja 5848.

c) Archipiélago de Los Monjes:

Como base topográfica se utilizó el mapa geológico realizado por BELLIZZIA *et al.* (1973).

## 2) Mapas Geológicos

a) Península de la Goajira:

Hoja B-3-A, a escala 1:50.000, tomado de la colección Creole, realizado por BLACK (1957).

Mapas a diferentes escalas publicados por RENZ (1960).

b) Isla de Toas:

Mapa publicado por PIMENTEL (1973) a escala 1:10000.

c) Archipiélago de Los Monjes:

Mapa publicado por BELLIZZIA *et al.* (1973).

## 3) Imágenes satelitales del software GoogleEarth

Se capturaron diversas imágenes satelitales del mencionado programa, correspondientes a la Península de la Goajira e Isla de Toas, las cuales pudieron ser usadas en el campo, de manera similar a una fotografía aérea.

### 1.3.2. Fase de campo

Se efectuó un trabajo de campo con la finalidad de corroborar los contactos entre las diferentes unidades litológicas presentes, así como realizar un muestreo de las unidades ígneas y metamórficas para su posterior estudio petrográfico.

En primer lugar, mediante la utilización de los mapas topográficos y las imágenes satelitales de cada una de las zonas de estudio, se determinaron las vías de acceso respectivas, las cuales se enumeran a continuación:

- 1) Península de la Goajira: La vía para acceder a la zona de estudio es la carretera que une la ciudad de Maracaibo con Castilletes, la cual pasa por la población de Sinamaica y Cojoro. En este último lugar, se pernoctó en el cuartel del Ejercito Nacional.
- 2) Isla de Toas: El acceso para esta isla es mediante la carretera que conecta la ciudad de Maracaibo con la población de San Rafael del Mojan, y en cuya localidad se aborda un ferry comercial que cubre la ruta San Rafael del Mojan – Isla de Toas.
- 3) Archipiélago de Los Monjes: Para acceder al archipiélago se debe tomar la carretera que se dirige hasta la localidad de Punto Fijo, en la Península de Paraguaná, estado Falcón, donde se tomará una lancha patrullera perteneciente a la Armada Venezolana, la cual zarpa desde este puerto, dirección a la base naval fronteriza de Archipiélago de Los Monjes.

Seguidamente, utilizando como base los mapas geológicos de cada una de las zonas, se ubicaron los afloramientos de rocas ígneas y metamórficas, cuerpos que fueron muestreados según los diferentes tipos litológicos observados en campo, así como en sectores ubicados en contactos con otros cuerpos rocosos o cercanos a ellos.

Para la cartografía de los contactos litológicos se procedió a realizar una descripción sistemática de las rocas aflorantes, la cual consistió en la determinación de la mineralogía observable en muestra de mano de cada una de ellas, y de ser posible, medir el rumbo y

buzamiento de los contactos entre unidades, así como de posibles fallas. Estos datos de campo fueron marcados, de manera aproximada, sobre las imágenes de Google Earth y sobre los mapas topográficos y geológicos correspondientes.

### **1.3.3. Fase de oficina**

En esta fase, lo primero fue realizar una revisión de las muestras tomadas en campo para seleccionar cuales van a ser analizadas petrográficamente. Esta selección tuvo como principal condicionante las diferencias mineralógicas y texturales entre las muestras de la misma zona y sector. Este análisis petrográfico se le va a realizar a 57 secciones finas, de las cuales, 30 corresponden a la Península de la Goajira, de donde 13 pertenecen a la colección Creole, recolectadas por BLACK (1957); 10 pertenecen a la Isla de Toas; y 17 a Los Monjes del Sur.

Seguidamente, se elaboraron los mapas geológicos, usando los puntos en los cuales se tomaron muestras, ubicando las coordenadas UTM de cada uno, tomadas con GPS, en los mapas correspondientes, tanto geológicos como topográficos. Luego, a partir de los análisis petrográficos de las muestras, corroborar los contactos entre las diferentes unidades litológicas presentes en cada una de las zonas, lo cual permitió la elaboración de los mapas geológicos, a escala 1:25.000 de la Península de la Goajira, 1:10.000 Isla de Toas, y 1:2.500 de Los Monjes del Sur; en cada uno de los cuales se incluye la información pertinente de trabajos previos.

Para los análisis petrográficos, se realizaron mediante la utilización de un microscopio de luz polarizada, para poder observar y estimar el contenido de de cada mineral constituyente de las rocas, y así, poderlas clasificar utilizando los triángulos de clasificación para cada tipo de roca, siendo la clasificación STRECKEISEN (1976 en GILLESESPI 1999), para rocas volcánicas y plutónicas; clasificación de PETTJOHN (1972 en HALLSWORTH 1999), para rocas sedimentarias clásticas, y criterios mineralógicos-texturales de ROBERTSON (1999), para las rocas metamórficas.

Los mapas geológicos fueron realizados utilizando el software denominado ArcGIS, versión 9.2, así como la simbología y la nomenclatura utilizada en dichos mapas se hizo tomando como base las metodologías utilizadas para la elaboración de mapas geológicos de la República de Colombia, por medio de su instituto de geología INGEOMINAS.

Como fase final de esta etapa, se interpretó la evolución petrológica y estructural de cada una de las zonas, que se adecue lo mejor posible a sus configuraciones geológicas respectivas.

## 2. GEOGRAFÍA FÍSICA

### 2.1. RELIEVE

#### 2.1.1. Península de la Guajira

La zona de estudio se corresponde a la parte centro–oriental de la Península de la Goajira, y está conformada por un relieve de amplias planicies que rodean cerros y lomas redondeados y puntiagudos, tal como lo muestra la figura 4, donde se observa el cerro Guasosopo, el cerro La Teta, y el cerro Uipana.

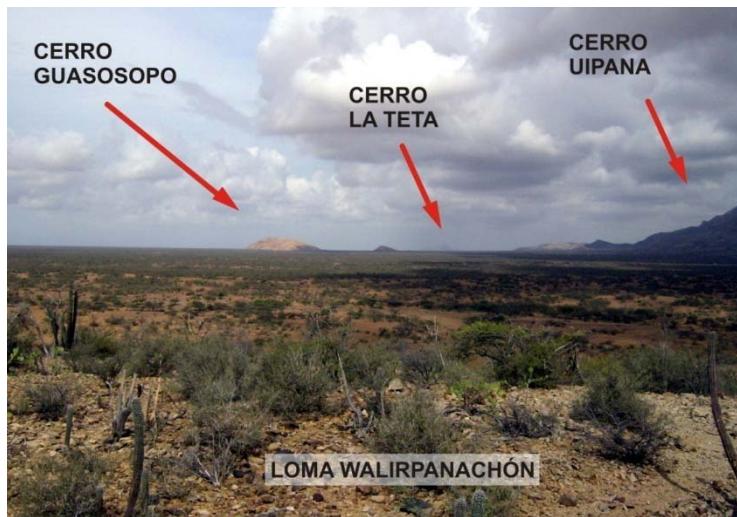


Fig. 4. Planicie amplia de la Goajira. Foto tomada desde la cima de la loma Walirpanachón, viendo hacia el oeste.

Estas planicies presentan una inclinación menor a 5° en dirección sureste, hacia las costas del Golfo de Venezuela, lugar donde están cortadas por una serie de dunas costeras; asimismo, estas planicies están intersectadas por cauces de caños con curso temporal.

Las lomas presentes en esta zona, básicamente son cuatro:

- Loma de Atúschón: Se encuentra al NE y presentando un desnivel topográfico no mayor a 5 m, de forma circular, y convexa, con laderas simétricas, con un área aproximada de 0,21 km<sup>2</sup>.

- Lomas Walípanachon (zona de zorros) y Uyátpanachon (zona de lluvia): Dos lomas adyacentes, que abarcan un área aproximada de 0,31 y 0,27 km<sup>2</sup> respectivamente, con un desnivel topográfico de aproximadamente 30 m, de forma circular, pero, en sección transversal, presentan una morfología zigzagueante.
- Loma Macuirapa: Loma ubicada en el sector Macuirapa, la cual ocupa un área de 0,083 km<sup>2</sup>, con un desnivel de no más de 10 m de desnivel, línea de cresta en forma de herradura, y laderas asimétricas, presentando su mayor inclinación hacia el sur.

Los cerros que se encuentran en la zona corresponden a las estribaciones orientales de la serranía de Cosinas y cerro Uipana, en la Goajira colombiana, y el cerro Guasosopo, en la Goajira venezolana. La serranía de Cosinas y el cerro Uipana son morfológicamente muy similares, las dos presentan desniveles no mayores a 650 m s.n.m., y son de forma alargada con dirección ENE, cuyas líneas de cresta son irregulares, con declive asimétrico en ambas direcciones, cuyo mayor ángulo es hacia el NE, y laderas asimétricas, presentando su inclinación más pronunciada hacia el sur.

El cerro Guasosopo, el cual forma parte del presente estudio, es de forma ovalada y convexa, con un desnivel aproximado de 100 m, y línea de cresta con dirección ENE, de forma irregular, presentando un mayor ángulo de declive en la ladera SW, que en la NE, en la cual se aprecian dos quiebres notorios de altura que corresponden al cauce de drenajes; en sección transversal, tal como lo muestra la figura 5, se puede notar que tiene una morfología puntiaguda, asemejando pirámides.



Fig. 5. Morfología del Cerro Guasosopo y Serranía de Cosinas.

### 2.1.2. Isla de Toas

La Isla de Toas corresponde una protuberancia resaltante sobre la superficie del Lago de Maracaibo, de forma alargada en dirección E-W, y con dimensiones aproximadas son 1,5 km de ancho por 6 km de largo.

El relieve de esta isla es muy sencillo; está compuesto por cerros alargados en dirección E-W, con desniveles de hasta 110 m, que, gracias a la actividad minera llevada a cabo en la isla desde principios del siglo XX, este desnivel se ha reducido considerablemente hasta casi desaparecer. Estos cerros, como se puede apreciar en la figura 6, están restringidos a los flancos norte, sur y a la zona oeste de la isla, dejando en el centro un valle de fondo amplio y alargado, que en su centro es bastante homogéneo (Fig. 6), pero en su zona este es algo irregular, conteniendo así, algunas lomas circulares con desniveles de hasta 40 m.



Fig. 6. Morfología del relieve de Isla de Toas.

### 2.1.3. Archipiélago de Los Monjes

Este archipiélago pertenece al conjunto de islas que se encuentran al noroeste de Venezuela en dirección E-W, siendo estas, las que se localizan más al oeste, marcando el inicio del mar territorial venezolano.

El archipiélago está constituido por nueve islas, distribuidas de la siguiente manera: seis en el extremo norte, correspondiendo a las islas Monjes del Norte; dos en el extremo sur, siendo las islas Monjes del Sur; y una en el flanco este llamada Monjes del Este.

El relieve que constituyen estas islas es bastante abrupto, e irregular, con alturas no mayores a 60 m s.n.m., cuyas costas están constituidas por escarpes; en líneas generales, las islas tienen forma de medio elipsoide cuyo eje mayor tiene una orientación casi E-W.

Cabe acotar, que en la zona de estudio, correspondiente a los Monjes del Sur, está constituida por dos islas, las cuales fueron unidas artificialmente mediante un relleno, el cual conforma un istmo de relieve plano.

## **2.2. DRENAJE**

### **Península de la Goajira**

El drenaje correspondiente a esta zona presenta un patrón dendrítico, con una densidad baja, constituido básicamente por cauces de caños sin corrientes de agua permanentes, salvo el cauce del río Cojoro, el cual tiene un cauce meandriforme, con corrientes hacia el SE, desembocando, al igual que los cauces de los caños antes mencionados, al Golfo de Venezuela.

### **Isla de Toas**

El drenaje de esta isla está constituido por cauces en zonas de erosión diferencial de las rocas que conforman la isla, los cuales desembocan en el Lago de Maracaibo.

En la parte central de la isla existe una zona baja, que, durante subidas del nivel del lago, esta se inunda, generando pequeñas lagunas dispersas.

### **Archipiélago de Los Monjes**

Las islas de este archipiélago, básicamente no presentan drenaje, salvo algunas zonas de erosión diferencial de las rocas, las cuales desembocan en las aguas del Golfo de Venezuela.

## 2.3. VEGETACIÓN

La vegetación predominante en la Península de la Goajira, en la Isla de Toas y en los Monjes del Sur, es del tipo xerófila de cardonales y espinales, con muy baja densidad, ya que se encuentra a bajas alturas ( 200 m).

## 2.4. GEOMORFOLOGÍA

### 2.4.1. Península de la Goajira

La Península de la Goajira, según IDEAM (1996), está compuesta por unidades geomorfológicas de montaña baja, y litorales, en cada uno de los cuales actual los mismos agentes exogénicos, sobre variables litológicas diferentes, generando así diferentes geoformas.

*La unidad de montaña baja* está compuesta por macizos antiguos de rocas Jurásicas y más antiguas, que constituyeron topografías positivas durante el Mesozoico y Terciario, las cuales sufrieron procesos erosivos, generando un modelado de colinas y lomas, disectadas por pequeños valles suavizados de poca profundidad (IDEAM, 1996). Por otra parte, RODRIGUEZ & LONDOÑO (2002), categorizan esta unidad como colinas, puntualizando, que están compuestas por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, en donde resaltan, para fines de este trabajo, la Serranía de Cosinas y el Cerro Uipana.

Las condiciones biológicas y climáticas de la región, permiten la disagregación superficial de las rocas aflorantes en elementos tamaños bloques, gravas y arenas, sobre los cuales actúan los procesos ligados al agua de escorrentía generando cárcavas, así como los procesos ligados al viento como la deflacción (IDEAM 1996).

*La unidad de litoral*, según IDEAM (1996), está compuesta por terrazas fluviomarinas heredadas, que se originaron durante el Terciario gracias a la sedimentación de sedimentos fluviomarinos. Sin embargo, RODRIGUEZ & LONDOÑO (2002), a estas terrazas las

caracterizan como una unidad geomorfológica diferente, dándole el nombre de plataformas de abrasión elevadas

Seguidamente, luego del levantamiento, estos sedimentos fueron expuestos a los agentes erosivos del oleaje, y de dissectación por la red de drenaje, originando así terrazas, las cuales, gracias a las actuales condiciones climáticas, sufren la acción de procesos de disgregación con erosión de materiales por aguas de escorrentía y viento (deflacción).

En esta zona litoral, también se encuentran otras geoformas, denominadas espigas por RODRIGUEZ & LONDOÑO (2002), que no son más que cuerpos arenosos elongados en dirección a las corrientes, originados por la depositación de sedimentos arrastrados por las mismas.

Adicionalmente, las condiciones climáticas predominantes durante el Cuaternario, han favorecido a los procesos eólicos dominados por la acción de los vientos alisios, generando formaciones de dunas a lo largo de toda la zona litoral (IDEAM 1996). A esta geoforma, RODRIGUEZ G. & LONDOÑO A. (2002), le asignan el nombre de campos de dunas.

#### **2.4.2. Isla de Toas**

Sobre esta isla no hay trabajos específicos de geomorfología, pero se puede decir, a groso modo, que está constituida por dos unidades geomorfológicas esenciales, unidad de montaña baja, y unidad de valle, las cuales fueron topografía negativa hasta finales del Mioceno.

*La unidad de montaña baja* está compuesta por rocas sedimentarias de edad Mesozoica a Terciaria, que ha sufrido procesos de cizalla que favorecen la disgregación de las rocas, y procesos erosivos por aguas de escorrentía, los cuales formaron un modelado cerros y lomas de poca altitud.

*La unidad de valle* está conformada por rocas ígneas, las cuales han estado expuestas a procesos de cizalla que favorecen la disagregación mecánica y la meteorización química de la roca, que, mediante los agentes erosivos de aguas de escorrentía, por lo cual se originó un modelado de valle de fondo amplio.

El modelado de estas unidades geomorfológicas es anómalo en la región del Lago de Maracaibo, constituyendo en conjunto, una geoforma de lomo de obturación, formado a raíz de una estructura en flor, cuyo límite norte es la falla de Oca, donde la zona central del lomo era la más emergida y fracturada, lo que ayudó a su rápida erosión, hasta su altura actual (ALBARRACÍN 1989).

#### **2.4.3. Los Monjes del Sur**

Se trata de una isla en forma de morro originada por la compresión del cinturón de deformación caribeño, conformada por rocas metamórficas, las cuales están sufriendo procesos de cizalla, lo que favorece a la disagregación mecánica, y procesos de meteorización química, originada por el excremento de las aves que allí habitan, que, al descomponerse, y diluirse en las aguas meteóricas, generan fluidos fosfáticos ácidos que producen una notable alteración sobre los minerales que componen las rocas de la isla.

Además, existen muy pocos agentes erosivos en la zona, a excepción del oleaje que actúa en las costas de las islas, razón por la cual, la isla no presenta un cambio significativo en su morfología.

### 3. GEOLOGÍA REGIONAL

#### 3.1. ASPECTOS HISTÓRICOS Y LITOLÓGICOS

##### 3.1.1. Península de la Goajira

BLACK (1957) fue el primero que agrupó de manera sistemática las rocas aflorantes en la Península de la Goajira en unidades litológicas. Este determinó, tal como lo muestra en su mapa geológico exhibido en la figura 7, que la región cercana a la frontera Colombo-Venezolana está conformada por rocas sedimentarias con edad comprendida entre el Jurásico-Triásico y el Mioceno, con algunas intrusiones ígneas, cubiertas por aluvión, y suprayacentes a rocas ígneas de origen plutónico y volcánico Pre-Mesozoicas.

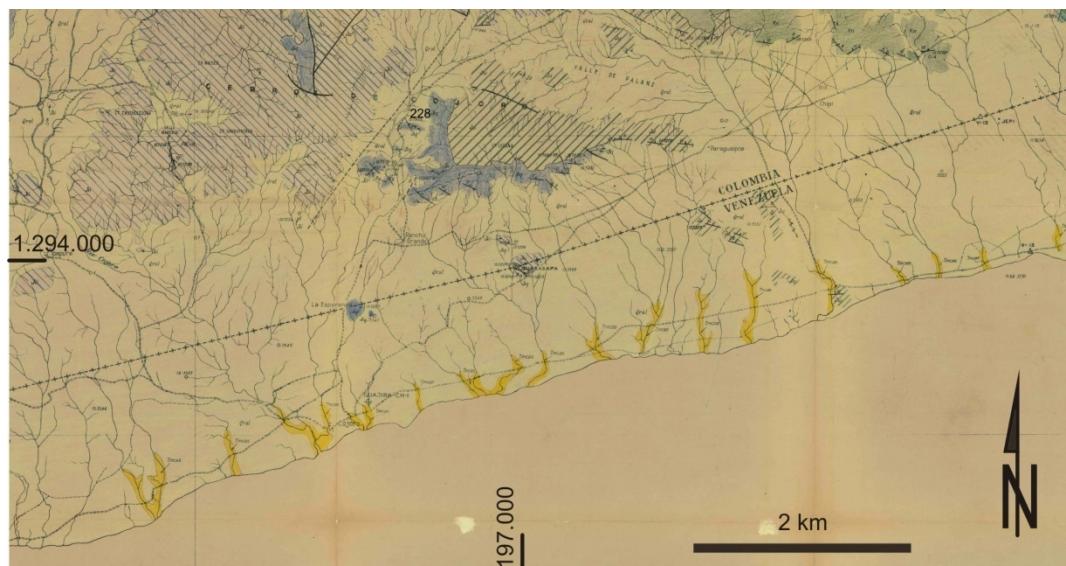


Fig. 7. Fragmento del mapa Geológico de la Península de la Goajira (BLACK 1957).

Entre las unidades sedimentarias descritas por este autor en las cercanías de la frontera, se encuentran la que denomina Formación La Quinta, de edad Triásico-Jurásico, constituida por areniscas gruesamente estratificadas, color rojo a verdoso, con conglomerado de guijarros, interestratificado con limolita rojo púrpura, pasando verticalmente a arcilita interestratificada con areniscas de grano fino a grueso; esta unidad reposa infrayacente al Jurásico conformado por la Formación Uipana, compuesta por areniscas y conglomerados cuarzosos color blanco con concreciones ferruginosas; asimismo, esta se encuentra estratigráficamente inferior al

Cretácico, representado por la Formación Río Negro; y a la Formación Castilletes del Mioceno (BLACK 1957).

Las rocas ígneas presentes, según BLACK (1957), están conformadas por rocas tanto plutónicas como volcánicas, entre las cuales se encuentran los grupos Maruaiai e Ipapure (MORALES 1949, en BLACK 1957). El Grupo Maruaiai, expuesto al norte de Ipapure, en el valle de Maruaiai, consta de un cuerpo de granito pegmatítico alcalino color rosado, con abundante turmalina, y un cuerpo de diorita cuarzosa color gris, con minerales ferromagnesianos. En cambio, el Grupo Ipapure, aflorante en la zona de Ipapure, está compuesto por rocas efusivas y no efusivas, en donde, las últimas forman diques y sills que intrusionan a la Formación La Quinta y al Grupo Maruaiai. Las rocas de este grupo están clasificadas como riolita y traquita porfidítica de color gris y marrón claro.

Además, este mismo autor, propone agregar a este último grupo, a la Cuarcita de La Teta descrita por MORALES (1949 en BLACK 1957), por tratarse de una riolita porfidítica y no una cuarcita, modificando así la caracterización original de esta unidad litológica.

Por otra parte, RENZ (1960) también realizó un trabajo de cartografía geológica (Fig. 8), en el cual determina que la Península de la Goajira está dividida en cuatro provincias geológicas, el geosinclinal del Caribe, el macizo central, el surco de la Goajira y la plataforma de la Goajira. RENZ (1960) propone el nombre de Grupo Cojoro a los afloramientos de arenisca denominados por GARNER (1926 en RENZ 1960) como Arenisca de Cojoro. Estas rocas forman colinas al norte de la población del mismo nombre, bautizándola como Grupo Cojoro, constituyendo estas areniscas los sedimentos más antiguos encontrados. Las rocas más jóvenes rocas ígneas intrusivas y extrusivas, donde la intrusivas están conformadas por la granodiorita y el granito turmalínico expuestos al norte de Ipapure, que están circundados por porfiritas cuarcíferas, tobas, aglomerados, flujos y capas de riolita y dacita.

Según este autor (RENZ 1960), el Grupo Cojoro, de edad Triásica, se compone de tres formaciones; La Formación Guasasapa es la más antigua del grupo, y sus rocas más antiguas son lavas dacíticas suprayacentes al basamento granítico representado en la Loma Atúschón;

estas lavas se encuentra interestratificadas con areniscas arcósicas color castaño oscuro. La Formación Rancho Grande ocupa la mitad de la sección, limitando de forma concordante en su base con la Formación Guasasapa, y está compuesta por areniscas, calizas y limolitas. La Formación Uipana, es la más joven, se encuentra limitando inferiormente de manera concordante con la Formación Rancho Grande, y está constituida por areniscas gruesas color gris claro y capas de conglomerado; en esta unidad se localizan restos de árbol silicificado de hasta dos metros de longitud.

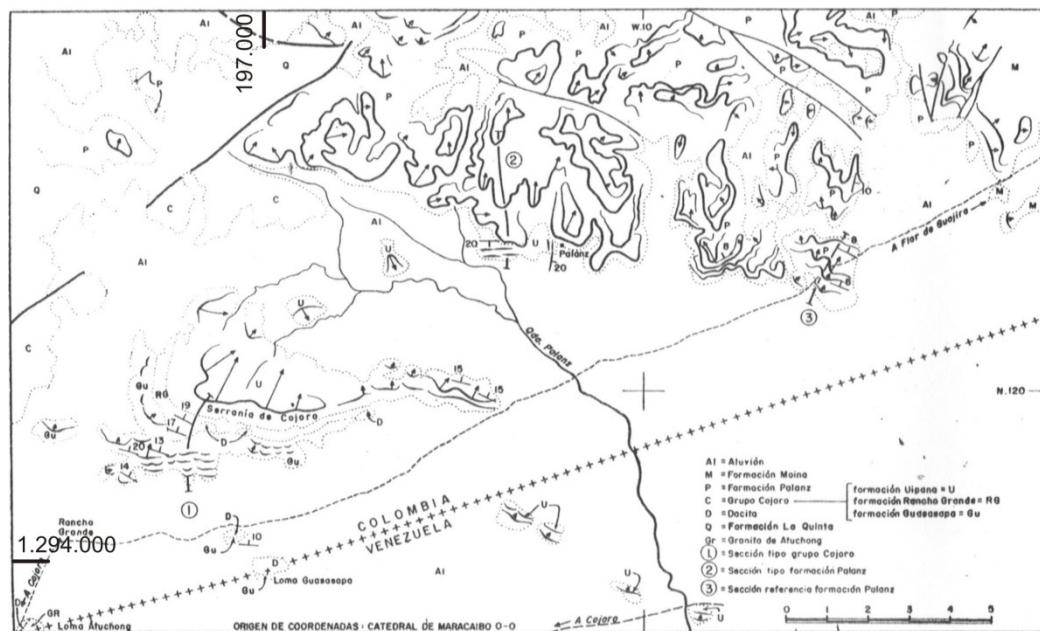


Fig. 8. Mapa Geológico de parte de la Península de la de Goajira – Cosinas, de la Península (RENZ 1960).

Estratigráficamente por encima del Grupo Cojoro, se encuentra el Grupo Cosinas de edad Jurásica, todo el Cretácico y Terciario, representado por el Paleoceno, Eoceno y el Mioceno (RENZ, 1960).

Mientras tanto, ROLLINS (1960) propone que el basamento sobre el cual yacen las formaciones sedimentarias de la región, lo constituye una masa granítica de grano grueso, con ortosa rosada y muchas variaciones locales, que además, se encuentra intrusionada por diques, sills y flujos de riolitas y dacitas porfídicas.

Las formaciones sedimentarias descritas por ROLLINS (1960) que reposan sobre este basamento granítico corresponden a las formaciones La Quinta y Cojoro. La Formación La Quinta, tiene su contacto superior en discordancia con la Formación Cojoro, y está compuesta por conglomerados arcósicos, areniscas de grano grueso de cuarzo y feldespato, color rojizo oscuro, interestratificadas con lutitas macizas en el tope; al igual que el basamento granítico, esta formación es intrusionada por riolitas y dacitas porfídicas en forma de diques y sills, y, los flujos de lava son contemporáneos con la deposición de la misma. La Formación Cojoro, fue el nombre designado por este autor a las areniscas limpias de grano fino a grueso, blancas a grises y areniscas conglomeráticas que afloran en la parte superior del cerro Cojoro; esta unidad reposa discordantemente sobre la Formación La Quinta, y presenta discordancia angular con la Formación Río Negro.

Más tarde, ROLLINS (1965, en RODRÍGUEZ & LONDOÑO 2002), propone que la división estratigráfica señalada por RENZ (1960) no coincide con la relaciones de campo, así que plantea que la Formación Rancho Grande agrupa a las formaciones Guasasapa y Rancho Grande descritas por RENZ (1960), invalidando así las divisiones hechas por el mismo en su trabajo de 1960.

Adicionalmente, RADELLI (1960, en RODRÍGUEZ & LONDOÑO 2002), le asigna el nombre de Granodiorita de Ipapure a las rocas intrusivas que afloran en la zona de Ipapure, específicamente en el valle de Maruaiai, las cuales intrusionan a rocas volcánicas, denominadas por el mismo como Riodacitas de Ipapure – Cerro La Teta (Fig. 9).

Las rocas intrusivas descritas por RADELLI (1960) corresponden a un cuerpo de granodiorita de color gris claro algo verdoso, compuesta por cuarzo, plagioclasa, ortosa, biotita y anfíbol, que pasa progresivamente a microdioritas porfídicas, con fenocristales de plagioclasa y anfíbol, y presenta diques aplíticos de granito rosado ricos en turmalina constituidos por cuarzo ortosa y plagioclasa.

Riodacitas de Ipapure – Cerro la Teta es el nombre que le asigna RADELLI (1960) a las rocas extrusivas que afloran al norte de la zona de Ipapure y en el Cerro la Teta, las cuales son

intrusionadas por la Granodiorita de Ipapure (RADELLI 1960), y están compuestas por lavas riódacíticas de color blanco a rosado claro, de grano fino, compuesta por cuarzo, anfíbol y clorita

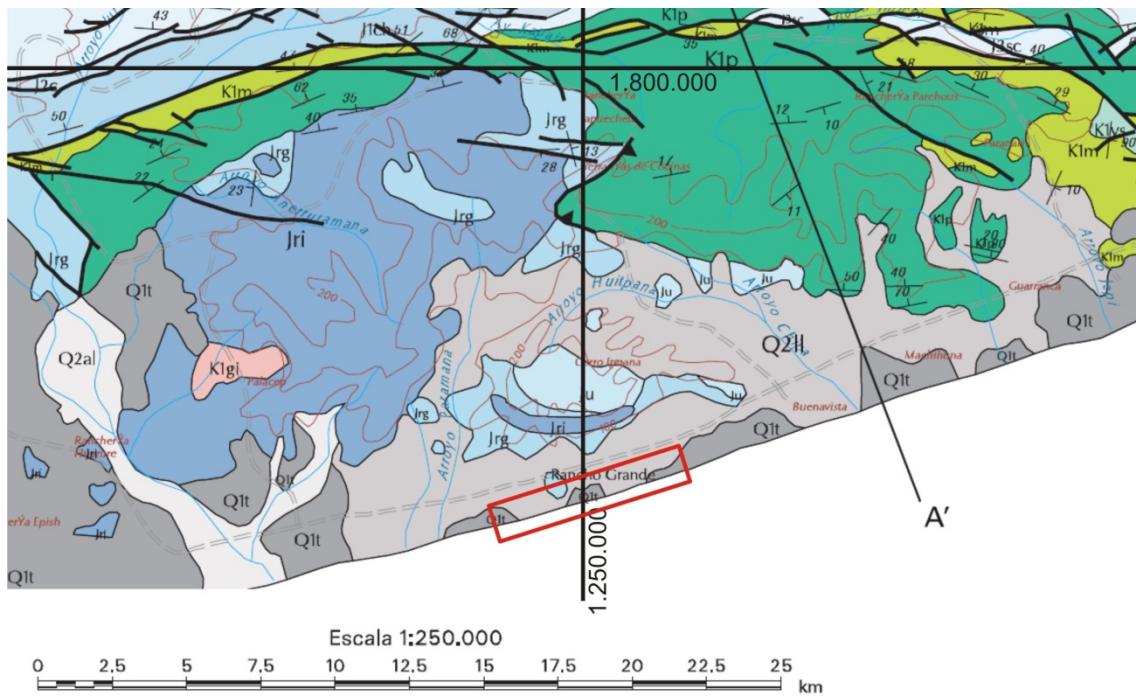


Fig. 9. Fragmento del mapa geológico realizado por RODRÍQUEZ & LONDOÑO (2002). El recuadro rojo muestra la zona de estudio.

### 3.1.2. Isla de Toas

PIMENTEL (1973) muestra (Fig. 10) la estratigrafía de la Isla de Toas, la cual comienza por el Triásico – Jurásico, representado por la Formación La Quinta, constituida por un conglomerado polimixto vinotinto a verdoso con cantos redondeados, estratificado con material tobáceo, lutitas color rojo oscuro y arenisca arcósica de poco espesor, con intercalaciones de rocas volcánicas en forma de coladas, diques y tobas. Esta formación se encuentra en contacto discordante con el granito del basamento y contacto normal, y, a veces de falla, con las formaciones Apón y Río Negro suprayacentes.

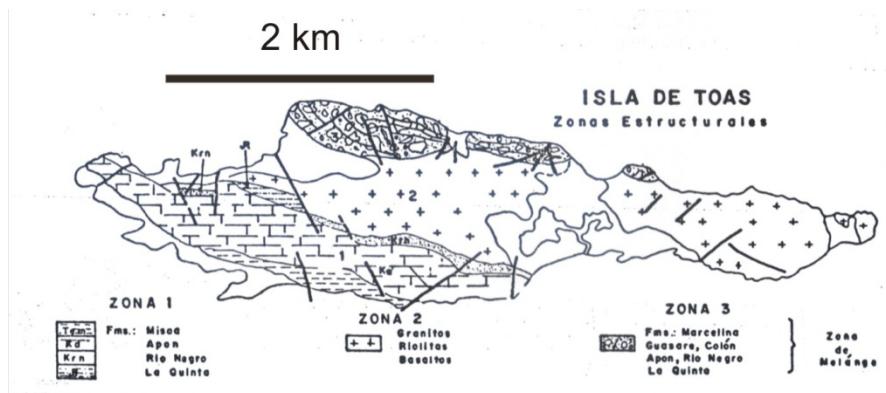


Fig. 10. Mapa geológico simplificado de la Isla de Toas de PIMENTEL (1973).

La Formación Río Negro, de edad cretácica, está compuesta, según PIMENTEL (1973), por arenisca blanca de grano grueso a conglomerática, con estratificación cruzada. Está en contacto concordante con la Formación Apón y de falla con la Formación La Quinta. Por otra parte, la Formación Apón, igualmente de edad cretácica, está constituida por caliza maciza gris, cristalina y coquinoide, y se halla en contacto concordante, así como de falla con la Formación Río Negro y otras formaciones suprayacentes. La última unidad cretácica descrita por la autora es la Formación Colón, la cual aflora en contacto con rocas del Paleoceno de la Formación Guasare, y consiste en lutitas gris verdosas macizas, fosilíferas y capas de limolita color gris marrón.

Las rocas del Terciario abarcan desde el Paleoceno al Eoceno, y están representadas por la Formación Guasare, compuesta por caliza conchífera, coquinoide intercaladas con arenisca carbonática color crema, y está en contacto infrayacente con la Formación Colón; por la Formación Marcelina, constituida por lutita oscura y carbonácea, interestratificada con arenisca de grano fino y capas delgadas de carbón, y su contacto es de falla con la Formación Apón y la Formación La Quinta; y por último, la Formación Misoa, compuesta por lutitas concrecionarías, de color marrón a amarillento, intercaladas con capas de limolita y arenisca de grano fino, con abundantes vetas de yeso (PIMENTEL, 1973).

Las rocas ígneas que afloran en la isla, se encuentran ubicadas en su zona oriental y central, y están constituidas por granito, cuerpos de riolitas y de basaltos (PIMENTEL 1973).

El granito, según PIMENTEL (1973), es la litología más antigua de la isla, y está dividido en dos tipos diferenciados por su textura, el primero de grano muy fino, color rosado, compuesto por ortosa, pertita, cuarzo y fenocristales de hematita y magnetita; y el otro de grano grueso, color claro a rosado, con textura macroporfídica, pegmatítica localmente, constituido por ortosa, pertita, oligoclásica, cuarzo y titanita. En general, este granito se encuentra muy cizallado y meteorizado.

Los cuerpos de riolitas, afloran en la zona oriental de la isla, se encuentran muy frescas y cizalladas, de manera intrusiva dentro del granito. Estas son rocas color rosado pálido a verde, con textura porfídica, con fenocristales de cuarzo, plagioclásica, hematita y magnetita, en matriz microgranular cuarzo – feldespática (PIMENTEL 1973).

Los cuerpos máficos estudiados por PIMENTEL (1973), fueron clasificados, por la misma, en basalto y basalto vesiculares, donde los primeros son muy densos, color gris oscuro a negro, con textura fluidal bajo el microscopio, con fenocristales de plagioclásica y microlitos de plagioclásica, hematita y magnetita; y los segundos, son color gris verdoso, afanítico, con vesículas ovoidales llenas de epidoto, calcita y sericitas, con fenocristales de plagioclásica, y microlitos de plagioclásica, óxidos de hierro y palagonita.

### **3.1.3. Monjes del Sur**

BELLIZZIA *et al.* (1969) fueron los primeros en reconocer la geología y generar un mapa geológico (Fig. 11) del Archipiélago de los Monjes, determinando que estas islas están compuestas por ortoanfibolitas de color oscuro y de grano fino a grueso, con una mineralogía aproximada de un 70 a 90% de anfíbol verde azul, del tipo tremolita – actinolita, plagioclásica alterada casi en su totalidad a epidoto, y cuarzo de grano fino y textura de mosaico; estas rocas presentan una foliación muy pobre, la cual se hace más evidente en zonas de cizalla.

Posteriormente, el trabajo fue continuado por BELLIZZIA *et al.* (1973), en el cual se refieren a las mismas ortoanfibolitas, pero afirman que la mineralogía modal de estas rocas consiste en hornblenda color verde azulado pálido, cloritizadas como mineral principal, seguido por

plagioclasa del tipo andesina – labradorita, alterada a epidoto y sericita parcial o totalmente, con maclado polisintético.

Estas ortoanfibolitas, por su presentación textural fueron divididos en dos:

1. De grano grueso, tipo gabroide: pudiéndose llamar metagabro, o gabro anfibolizado, constituidos por fenoblástos de anfíbol, en matriz de plagioclasa zonada (andesina – labradorita) y alterada a epidoto, zoicita y sericita; esta se presenta entre un 2 a 3% del volumen de la roca, pudiendo llegar hasta un 20%. Adicionalmente, estas rocas exhiben una segunda generación de anfíbol fibroso con una orientación pseudoperpendicular a la foliación, la cual es muy pobre y a veces ausente. Por otra parte, estos metagabro ostentan núcleos de augita diopsídica con bordes de reacción de hornblenda, así como un alto porcentaje de cuarzo de textura mosaico y como inclusiones en anfíbol (BELLIZZIA *et al.* 1973).

2. De origen volcánico, denominadas metabasitas, las cuales son de grano fino, con composición muy similar a las gabroides, donde, a veces, han preservado texturas volcánicas como porfidítica, glomeruloporfídica y vesicular. Los procesos de cizallamiento han foliado las rocas (BELLIZZIA *et al.* 1973).

Adicionalmente, BELLIZZIA *et al.* (1973), realizaron un análisis químico de estas rocas a través de los óxidos principales, con lo cual quedó descubierto su origen basáltico con alto contenido de aluminio, llegando a la conclusión que estas rocas corresponden a una secuencia de piso oceánico conformada por duníta – peridotita – gabro – rocas efusivas, que han sufrido un metamorfismo regional entre las facies de los esquistos verdes y anfibolitas epidóticas, sufriendo posterior cataclasis, seguida por otro metamorfismo originado por flujo de calor proveniente de la cristalización de un magma basáltico, con lo que dio comienzo a la uralitización de los clinopiroxenos por reacción con este magma. La segunda generación de anfíbol fue producto de los procesos orogénicos que llevaron el segmento oceánico a la superficie.

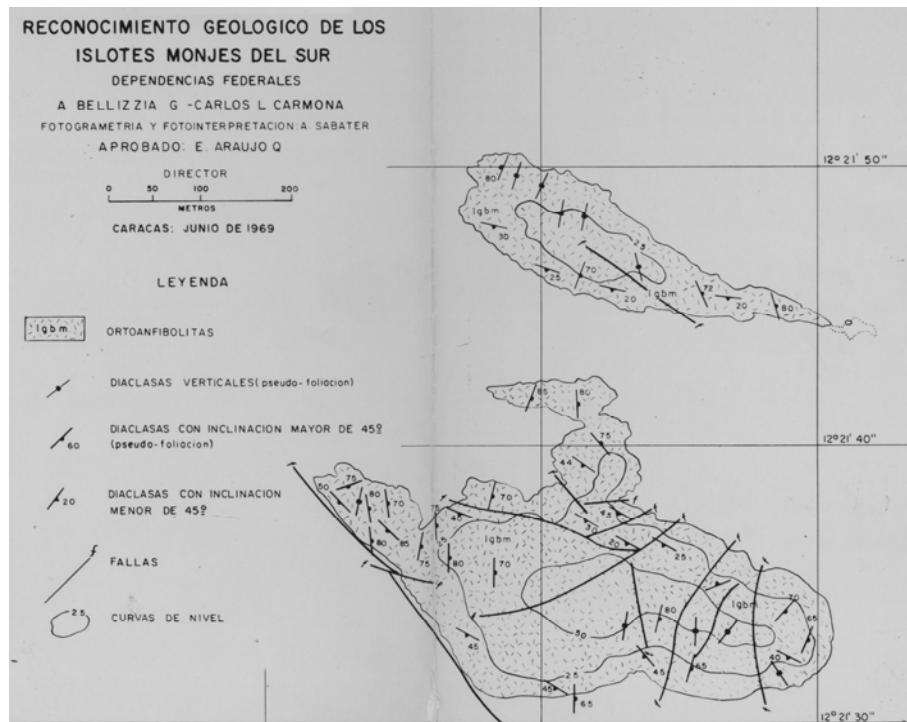


Fig. 11. Mapa geológico de Los Monjes del Sur según BELLIZZIA *et al.* (1969)

### 3.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

#### 3.2.1. PENÍNSULA DE LA GOAJIRA

Las cuatro provincias geológicas nombradas por RENZ (1960), plataforma de la Goajira, surco de la Goajira, macizo central, y geosinclinal del Caribe, corresponden a cuatro unidades tectónicas diferentes, de las cuales, las más cercanas a la zona de estudio se encuentran limitadas por fallas, estando la zona de estudio en la plataforma de la Goajira.

La plataforma de la Goajira, es en donde se encuentra la zona de estudio, se caracteriza por ser una franja de 20 km de ancho, por 70 km de largo, en dirección E –W, ubicada al Sur de la Península de la Goajira, y limitada al norte por una falla dextral denominada falla de Cosinas (RENZ, 1960).

Este sistema de fallas fue planteado por primera vez por RENZ (1956, en RODRÍGUEZ & LONDOÑO, 2002) como un sistema de movimiento dextral de rumbo N85°E, a lo que ROLLINS (1960, en RODRÍGUEZ & LONDOÑO, 2002) define como un tren de cabalgamiento longitudinal.

Sin embargo, RODRÍGUEZ & LONDOÑO (2002), proponen que este sistema de fallas, originalmente fue de rumbo NNE a NE, siendo esta de cabalgamiento, la cual, gracias a una rotación estructural originada por la compresión ejercida por las fallas de Cuiza y Puralapo, presenta el rumbo actual. Este sistema tiene una extensión aproximada de 60 km, compuesto por numerosas fallas paralelas de ángulo alto, que, por medio de evidencias de campo, esta presenta un movimiento de buzamiento principalmente, con leve movimiento dextral (Fig. 12).

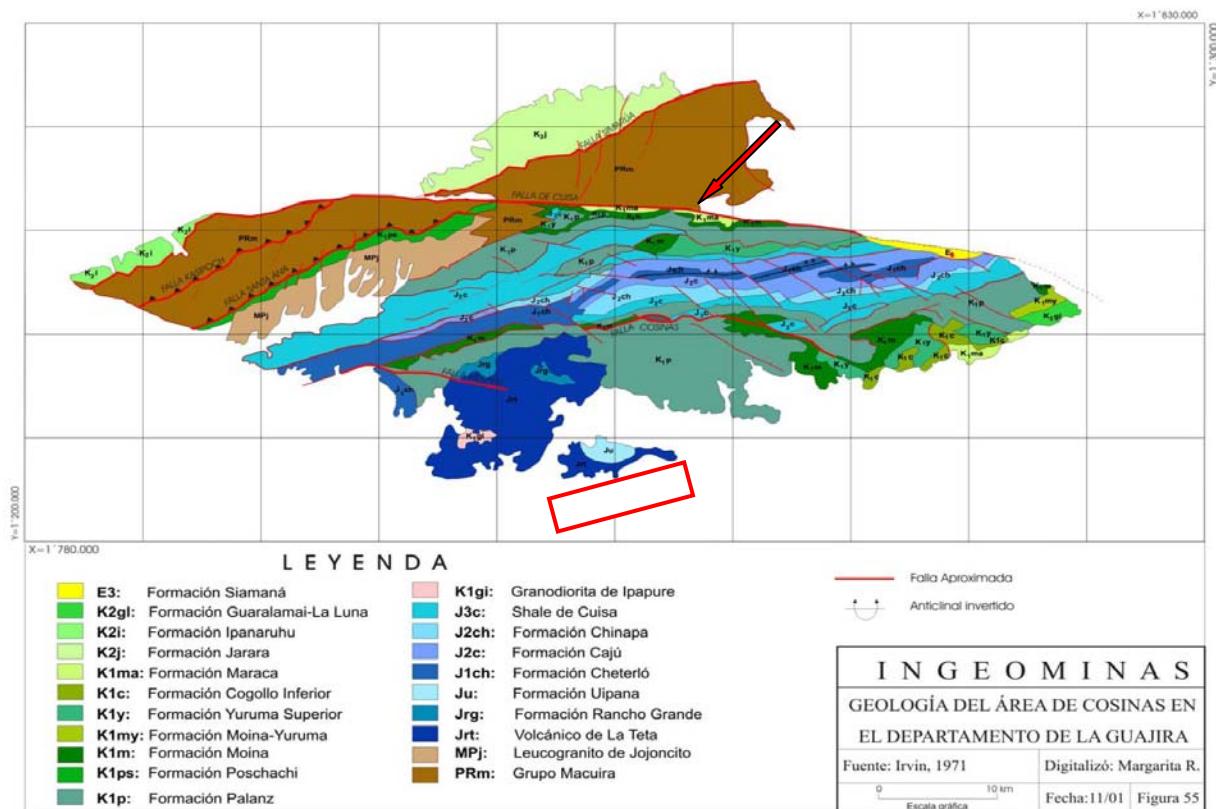


Figura. 12. Mapa geológico del área de Cocinas de RODRÍGUEZ & LONDOÑO (2002), la flecha muestra la falla de Cuiza. El recuadro rojo marca la zona de estudio.

La falla de Cuiza, señalada en la figura ocho por la flecha roja, marca el límite norte de la Serranía de Cosinas, con dirección E – W, y una extensión de 80 km aproximadamente, pero se prolonga hacia oriente, atravesando el Golfo de Venezuela, llegando hasta las cercanías del Río Mitare, en el Estado Falcón (ROLLINS 1965 en RODRÍGUEZ & LONDOÑO, 2002).

ROLLINS (1960, en RODRÍGUEZ & LONDOÑO, 2002), propone, que de acuerdo a las evidencias de campo, el movimiento principal de esta falla es de acuerdo al buzamiento, con movimiento menor en sentido dextral, como consecuencia del segundo periodo de deformación; mientras que ALVAREZ (1967, en RODRÍGUEZ & LONDOÑO, 2002) sugiere un movimiento dextral con desplazamiento de 28 km, y uno a lo largo del buzamiento, con el bloque sur levantado y el norte deprimido.

### **3.2.2. ISLA DE TOAS**

ZULOAGA (1937, en PIMENTEL, 1973) afirma que la Isla de Toas es un pliegue en forma de omega, cuyo núcleo es el granito central, sin embargo, LIDDLE (1946, en ROD, 1956) explica que el granito es una intrusión dentro de las formaciones sedimentarias pre-existentes en la isla, mientras que SUTTON (1946, en ROD 1956) interpreta que el granito que forma el valle central de la Isla de Toas es producto de una intrusión, que llegó a su posición actual a través de la elevación de la misma arrastrando consigo a las rocas sedimentarias más jóvenes, durante el periodo Cretácico o inmediatamente tras la culminación del mismo.

Por otra parte, ROD (1956) considera que la Isla de Toas guarda una estrecha relación con la falla de Oca, tanto que sostiene que el estudio de la isla es crucial para la comprensión de dicha falla.

Para ROD (1956), la Isla de Toas es una cuña dentro de la falla de Oca, que proviene del basamento profundo, el cual fue transpresionado y apretado en la zona de falla, originando así que la isla presente la configuración de un gran pliegue anticlinal altamente erosionado, fracturado y parcialmente volcado en ambos flancos (Fig. 13). Este mismo autor realizó un análisis de los patrones de falla, del cual llegó a la conclusión que el bloque norte presenta un movimiento relativo hacia el este, estableciendo así que la falla de Oca es de movimiento dextral, con un desplazamiento de decenas de kilómetros.

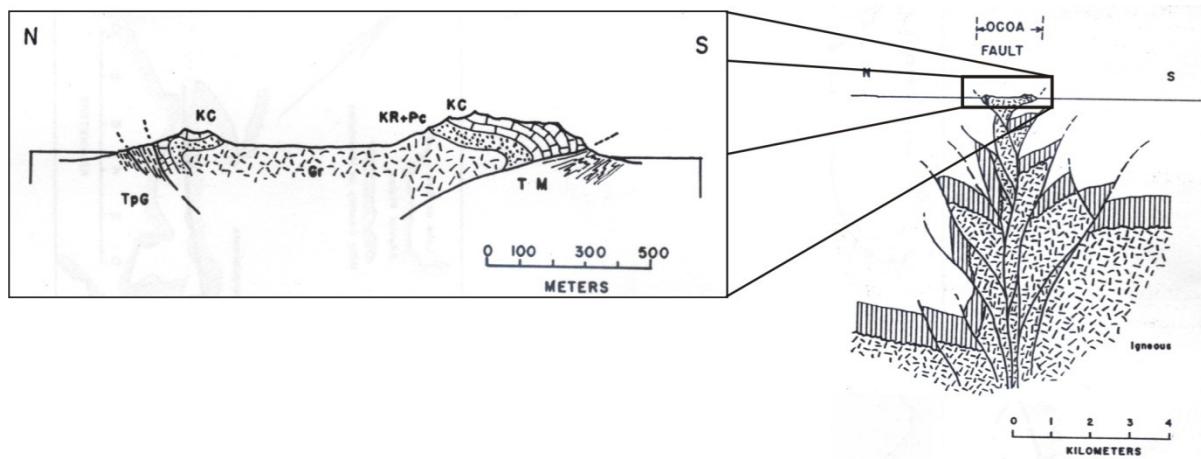


Fig. 13. Sección de la Isla de Toas según ROD (1956).

PIMENTEL (1973), considera a la isla como un pliegue volcado hacia el norte, como consecuencia de arrastre a lo largo de zonas de falla, lo que origina una zona de melange en el flanco norte de la isla, lugar donde bloques de diferentes unidades geológicas se encuentran en contacto caótico (Fig. 14).

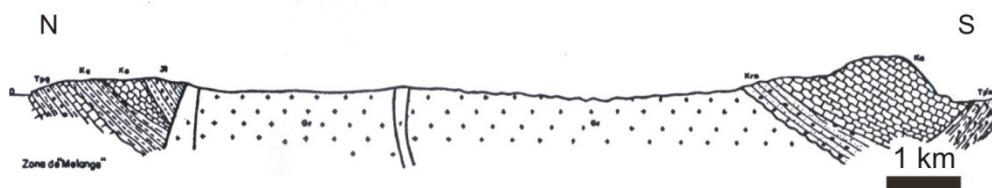


Fig. 14. Sección de la Isla de Toas por PIMENTEL (1973)

Sin embargo, CASSIGNEAU & SUBIETA (1979, en ALBARRACÍN, 1989) afirman que los afloramientos del norte y sur de la isla corresponden a una formación de olistolitos de edad terciaria embebidos en una matriz clástica más reciente.

No obstante, ALBARRACÍN (1989), considera a la falla de Oca como una transcurrente dextral, la cual genera una estructura en flor en zonas de compresión, y estructuras de pull apart en zonas de tensión; estructuras que, según este autor, formaron la Isla de Toas (Fig. 10).

ALBARRACÍN (1989), mediante levantamiento sísmico del norte de la cuenca de Maracaibo, determinó que la Isla de Toas es un afloramiento de una estructura en flor, debido a la

compresión generada por la falla de Oca. Esta estructura en flor, presenta como límite norte la falla de Oca (Fig. 15), y está compuesta por 5 bloques de rumbo E – W, que tal como se muestran en la figura 15, son denominados por el autor 1, 2N, 3N, 2S y 3S.

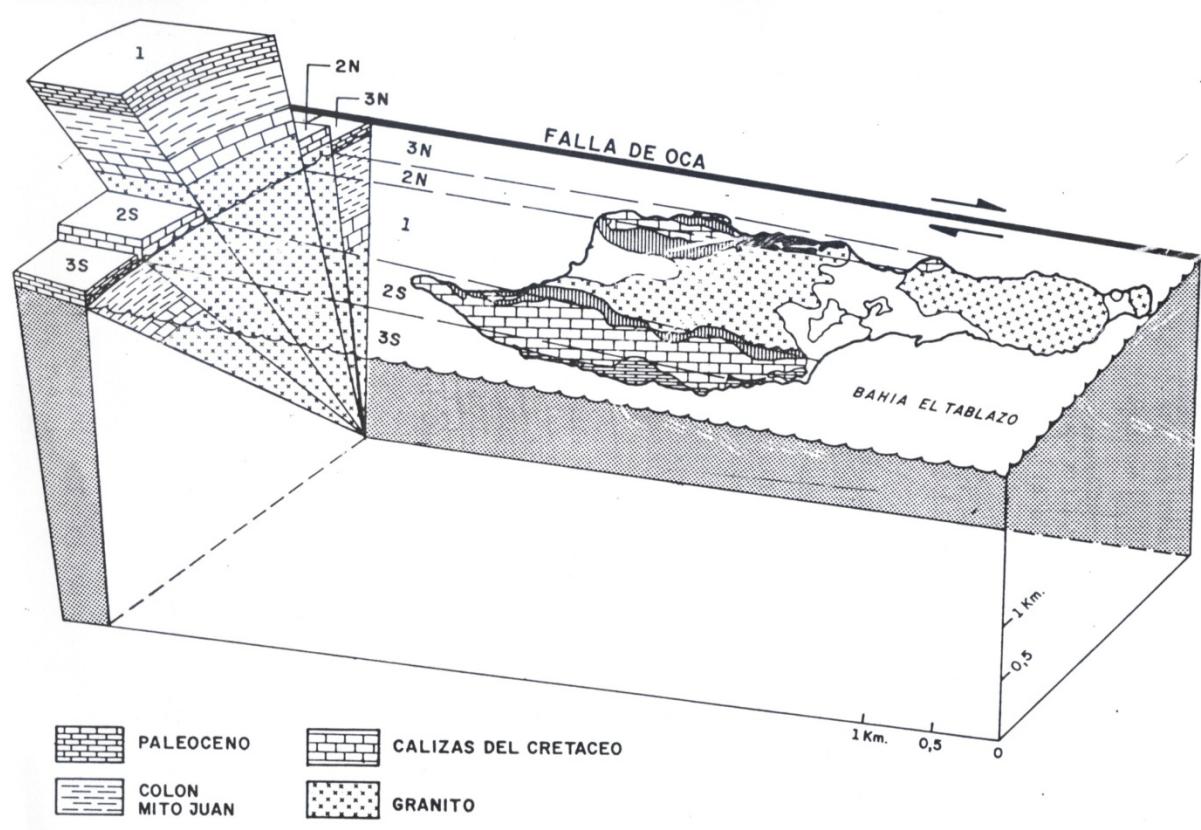


Fig. 15. Estructura en flor propuesta por ALBARRACÍN (1989)

De los bloques antes mencionados, como se aprecia en la figura 15, el bloque 1 fue el que se elevó más alto, permitiendo la erosión de toda la cubierta sedimentaria hasta el basamento granítico. Además, las calizas cretácicas elevadas por el bloque 1, fueron la fuente de los bloques encontrados en los afloramientos de sedimentos terciarios en la isla, como se muestra en la figura 16.

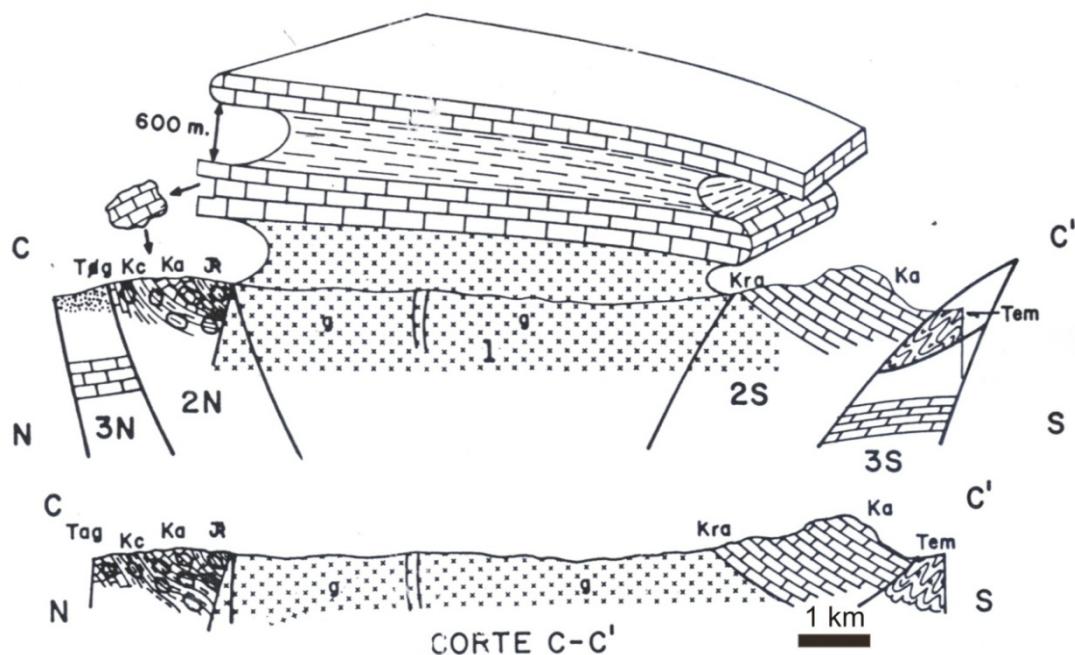


Fig. 16. Proceso de erosión diferencial de la Isla de Toas propuesta por ALBARRACÍN (1989)

### 3.2.3. MONJES DEL SUR

Del Archipiélago de Los Monjes no se conoce mucho acerca de su geología estructural, sin embargo, BELLIZZIA *et al.* (1969), afirman que estas islas fueron originadas por la elevación del basamento caribeño a consecuencia de fallamiento. No obstante, MACDONALD (en BELLIZZIA *et al.* 1969), afirma que probablemente, estas islas representen el bloque levantado de una falla de rumbo NW al oeste de las mismas.

**Tabla 1.** Unidades litológicas utilizadas por cada autor para la Península de la Goajira

Autor Litología \	BLACK (1957).	RENZ (1960).	RADELLI (1960).	ROLLINS (1960).	ROLLINS (1965).	Usadas en este trabajo.
Arenisca de grano grueso, cuarzosa, color gris claro.	Formación Uipana	Formación Uipana	-	Formación río Negro.	Formación Uipana.	Formación Uipana.
Arenisca feldespática, color castaño oscuro a rojo.	Formación Guasasapa, base del Grupo Cojoro.	Formación La Quinta	-	Formación La Quinta	Formación Rancho Grande.	Formación Rancho Grande.
Rocas volcánicas, de textura afanítica.	Formación Guasasapa, base del Grupo Cojoro.	Grupo Ipapure	Riodacitas de Ipapure – Cerro La Teta	Intrusiones dentro de la Formación La Quinta.	Intrusiones dentro de la Formación Rancho Grande.	Volcánicas de Ipapure.
Roca ígnea plutónica, de composición diorítica a granodiorítica, fanerítica, de grano grueso.	-	Grupo Maruaiai	Granodiorita de Ipapure.	Basamento ígneo, sin denominación.	Basamento ígneo, sin denominación.	Plutón de Maruaiai.
Roca ígnea plutónica, de composición granítica.	Basamento granítico, informalmente denominado Granito de Atuschón.	-	-	Basamento Granítico, sin denominación.	Basamento Granítico, sin denominación.	Granito de Atuschón.

## 4. GEOLOGÍA LOCAL

### 4.1. PENÍNSULA DE LA GOAJIRA

Las rocas pre-Terciarias aflorantes en la parte SE de la Península de la Goajira, son básicamente de tres tipos: ígneas plutónicas, ígneas volcánicas, y sedimentarias clásticas.

Las ígneas plutónicas se encuentran aflorando en la loma de Atuschón, en la frontera Colombo – Venezolana, constituyendo así la unidad de Metagranito de Atuschón; mientras que las ígneas volcánicas afloran en el Cerro Guasosopo y conforman la unidad Volcánicas de Ipapure.

Las rocas sedimentarias presentes, en orden estratigráfico, constituyen las formaciones Rancho Grande y Uipana.

En resumen, las unidades litológicas a ser descritas en este capítulo son, en orden cronológico:

- Formación Uipana.
- Volcánicas de Ipapure.
- Formación Rancho Grande.
- Metagranito de Atúschon.

#### 4.1.1. Metagranito de Atuschón

##### 4.1.1.1. Extensión

La unidad aflora únicamente en la loma de Atuschón, abarcando un área aproximada de 0,211 km<sup>2</sup>, como se puede apreciar en mapa geológico de Cojoro, hoja 5851-III-SE, a escala 1:25.000, adjunto en este trabajo.

#### 4.1.1.2. Descripción de campo

Metagranito color rosado, con bandeoamiento gneísico claro-oscuro bastante grueso, medianamente diaclasado, exhibiendo dos familias de diaclasas perpendiculares entre sí (Fig. 17).

Los afloramientos en esta loma están conformados por bloques de diferentes tamaños, generados por las diaclasas; el único afloramiento del granito *in situ* se encuentra en su ladera norte (Fig. 17).

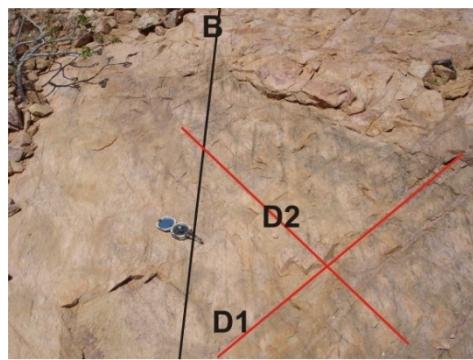


Fig. 17. Metagranito de Atuschón exhibiendo su bandeoamiento y sus dos familias de diaclasas.



Fig. 18. Loma de Atúschon compuesto de bloques de varios tamaños.

#### 4.1.1.3. Contactos

El único contacto observable es con el aluvión reciente que lo rodea.

#### 4.1.1.4. Estructuras

En campo no se encontraron estructuras tectónicas asociadas a esta unidad, salvo las dos familias de diaclasas perpendiculares entre sí, las cuales generan la cantidad de bloques que conforman la loma, y un bandeoamiento bastante grueso, conformado, en parte por minerales micáceos (biotita), los cuales generan planos de debilidad.

#### 4.1.1.5. Petrografía

Petrográficamente, este es un granito holocrystalino, con fábrica equigranular alotriomórfica a hipidiomórfica, con textura fanerítica, el cual está clasificado como granito feldespático alcalino, constituido mineralógicamente tal como se presenta en la tabla 1.

Esta unidad, pese a no encontrarse minerales indicativos de metamorfismo, como se puede apreciar en la tabla 1, se le ha denominado Metagranito de Atuschón, por su apariencia gnéisica, tanto macroscópicamente, como microscópicamente, y múltiples minerales de alteración producto del evento metamórfico tardío.

Muestras	Composición mineralógica (%)										Texturas	Clasificación según Streicksen (1976)			
	Cuarzo	Plagioclasa	Feldespato K	Anfíbol	Clorita	Biotita	Calcita	Circón	Apatito	Opacos		Recálculo			
												A	P	Q	
157.227	45	3	35	7	3	1	0	1	<1	5	Pertítica	42	4	54	Granito feldespato alcalínico
Zu - 01	50	1	40	2	0	4	0	<1	2	1	Mesopertita	44	1	55	Granito feldespato alcalínico
Zu - 03	30	1	40	10	0	12	0	1	5	1	Pertítica	56	1	42	Granito feldespato alcalínico
Zu - 04	35	1	35	2	0	13	0	1	3	10	Pertítica	49	2	49	Granito feldespato alcalínico
Zu - 05	45	4	35	7	1	2	0	1	0	3	Pertítica	42	5	54	Granito feldespato alcalínico
Zu - 06	40	2	35	20	1	0	<1	<1	<1	2	Mesopertita, poiquilitica	45	4	51	Sienogranito
Zu - 06 - A	40	4	35	10	1	0	0	2	5	3	Poiquilitica, pertítica	44	6	50	Sienogranito

Tabla 2. Tabla composicional de las muestras analizadas del Metagranito de Atuschón.

La muestra 157.227 pertenece al trabajo realizado por BLACK (1957).

Cuarzo: es de gran tamaño, pudiendo llegar a medir hasta 0,57 mm, con hábito alotriomórfico, y extinción ondulatoria marcada, pero sin presentar bordes suturados.

Feldespato potásico: todos presentan estructuras pertíticas del tipo cuentas, bastones, flamas e hilos, que, en muchos casos se encuentra confinada a la parte central del cristal, tal como se muestra en la figura 19. En algunos casos, esta pertita se presenta de los tipos al mismo tiempo, observándose las cuentas de gran tamaño sobre los hilos muy finos, casi imperceptibles (Fig. 20).

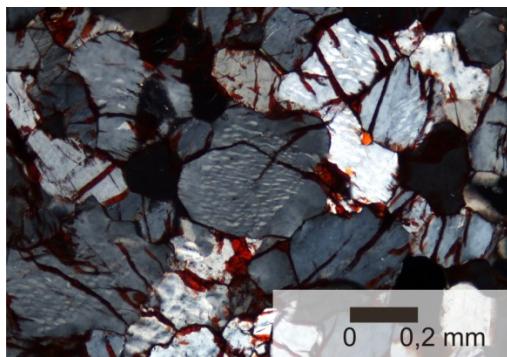


Fig.19. Pertita en el centro del cristal.

Muestra 157.227. Foto en NX

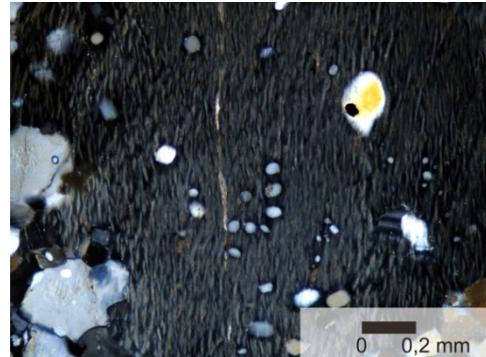


Fig. 20. Dos tipos de pertitas, cuentas sobre hilos.

Muestra Zu-03. Foto en NX

Hornblenda: pleocroica, variando de color verde amarillento a castaño, con hábito alotriomórfico, alterando a clorita, con colores de interferencia violáceos, y colores de pleocroísmo de verde a verde muy pálido a incoloro; además se percibe, en algunos casos en lo que no se encuentra totalmente alterada, vestigios de su clivaje a  $120^{\circ}$  (Figs. 21 y 22).

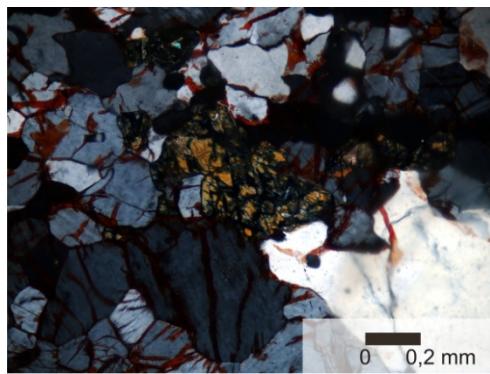


Fig. 21. Hornblenda alterando a clorita en fracturas.

Muestra 157.227. Foto en NX

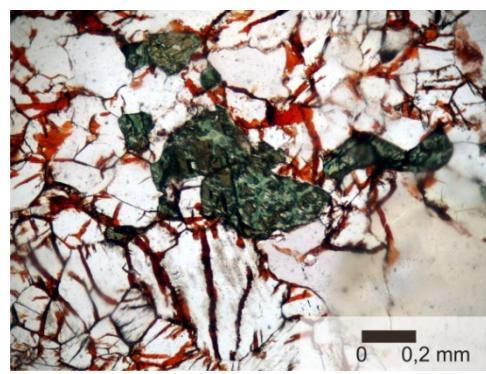


Fig. 22. Mismo motivo anterior. Nótese el cambio de relieve.

Muestra 157.227. Foto en N=

Biotita: exhibe hábito alotriomórfico, bastante fresca, con colores de pleocroismo que varían de castaño a verde oliva, los cuales, en muchos casos, enmascaran los colores de interferencia de la misma. En las muestras que presentan mayor bandeamiento, como la Zu-02, Zu-03 y Zu-04, el contenido de biotita es mayor, definiendo el bandeamiento de la roca, aumentando así el índice de color de la misma.

Piroxeno: sólo fue encontrado un cristal pseudomorfo, alterado completamente a calcita, el cual se presume que proviene de un piroxeno, ya que presenta una especie de relicto de clivaje a 90°, tal como lo muestra la figura 23.

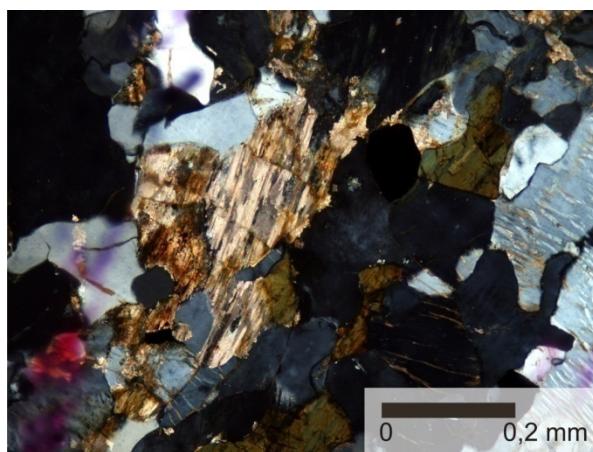


Fig. 23. Pseudomorfo de pirxoba alterado completamente a calcita.

Muestra Zu-06. Foto tomada en NX.

Circón: presenta hábito alotriomórfico, redondeados y de gran tamaño, dispuestos aleatoriamente a lo largo de toda la sección.

Apatito: en cristales hipidiomórficos y de gran tamaño, encontrándose casi siempre cercanos a los cristales de cuarzo.

Opacos: corresponden a la especie magnetita, la cual se presenta de diferentes tamaños, alineada con el bandeamiento general de la muestra, y es de hábito anhedral.

#### **4.1.1.6. Edad**

Según edades reportadas por MACDONALD (en RODRIGUEZ & LONDOÑO, 2002) de circones del Leucogranito de Jojoncito, compuesto macroscópicamente por un gneis de cuarzo y feldespato, con textura granoblástica, y compuesto microscópicamente por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico mesoperítico, biotita y circones, lo cual se asemeja a la composición del Metagranito de Atúschon, razón por la cual, se podría atribuirle a esta unidad, la misma edad Precambrico del Leucogranito de Jojoncito.

#### **4.1.2. Formación Rancho Grande**

##### **4.1.2.1. Extensión**

Esta unidad aflora a unos 200 m al este de la loma Atuschón, a nivel se suelo, y en el flanco suroeste del cerro Guasosopo, abarcando un área aproximada de 0,04 km<sup>2</sup> en la Goajira venezolana, pero abarcando una superficie total de 8 km<sup>2</sup> aproximadamente, incluyendo los afloramientos en territorio colombiano, como se puede constatar en el mapa realizado por BLACK (1957), y el mapa geológico de Cojoro, hoja 5851-III-SE, a escala 1:25.000.

##### **4.1.2.2. Descripción de campo**

Esta formación está compuesta por arenisca y waca feldespáticas, de grano medio, moderadamente escogidas, color castaño a rojizo, bastante masivas, frescas y medianamente diaclasadas.

##### **4.1.2.3. Contactos**

Esta unidad, está rodeada por aluvión. Adicionalmente, al este de la lomas Atúschon, está cruzada por un dique de dacita de las Volcánicas de Ipapure, y en cuyo contacto no se presenta zona de enfriamiento (Fig. 24).

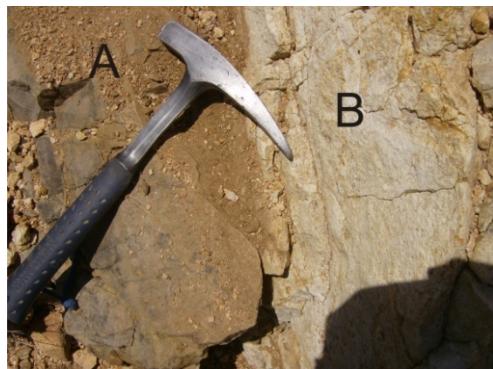


Fig.24. Dique de dacita de Volcánicas de Ipapure (B) cortando a la Formación Rancho Grande (A).



Fig. 25. Imagen satelital abarcando el Metagranito de Atúschon, y la Formación Rancho Grande, con sus diques de dacita en color blanco. Tomada de GoogleEarth.

Por otra parte, en el cerro Guasosopo, donde la unidad representa la base del cerro en su flanco sur, el contacto con las rocas volcánica es del tipo disconforme, donde las areniscas de Rancho Grande fueron cubiertas por un flujo de lava, generando una geometría ondulada, que en algunas zonas presenta erosión diferencial, dando lugar a la formación de cavidades en el afloramiento, tal como se muestra en la figura 26.



Fig. 26. Contacto erosivo entre Formación Rancho Grande (base) y Volcánicas de Ipapure (topo).

#### 4.1.2.4. Estructuras

No se apreciaron estructuras tectónicas asociadas a esta unidad en específico, sólo se pudieron apreciar dos fallas normales que cortan, tanto a esta unidad, como a la unidad de Volcánicas de Ipapure; la primera corresponde a una falla de ángulo alto, de rumbo N40°W y desplazamiento aparente sinextral, coincidiendo la traza de esta estructura con el cauce de una quebrada que corta el cerro Guasosopo en su extremo oeste. Y la segunda falla, es una falla de rumbo NE, ubicada al NW del cerro Guasosopo, y cuyo bloque levantado es el bloque norte, siendo el deprimido el bloque sur representado por el mencionado cerro (Fig. 27).

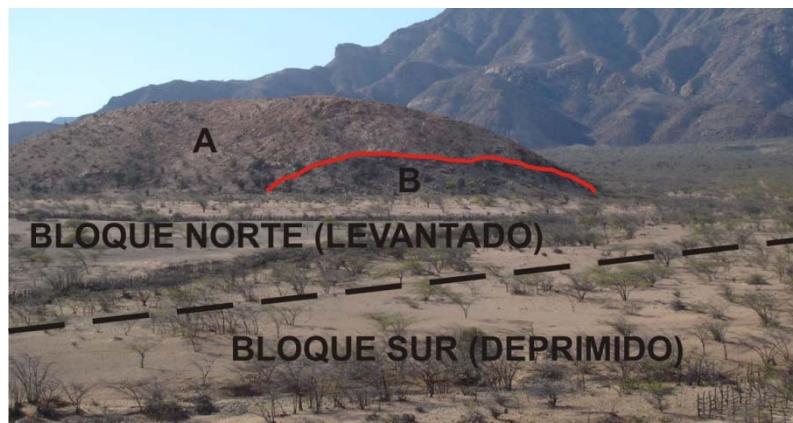


Fig. 27. Colina al NW del cerro Guasosopo, con las Volcánicas de Ipapure (A) sobre la Formación Rancho Grande (B), y falla inferida cubierta por aluvión. Todo el área de la fotografía corresponde a territorio colombiano.

#### 4.1.2.5. Petrografía

Esta unidad, está compuesta básicamente por rocas sedimentarias clásticas, clasificadas, tal como se exhibe en la tabla 2 como arenisca y waca feldespáticas, de grano medio a fino, medianamente escogidas, con granos subangulares de excentricidad media, y con contacto longitudinal predominante entre granos.

Cuarzo: distribuido aproximadamente entre las muestras en un 28% de cuarzo monocristalino de origen plutónico, y muy poca cantidad de cuarzo de origen metamórfico (aproximadamente 4%).

Feldespato: distribuido en promedio en un 13% de plagioclasa, y 23% de feldespato K sin diferenciar. El feldespato potásico, frecuentemente, presenta texturas pertíticas, del tipo cuentas e hilos, y en líneas generales, se encuentra mucho mas alterado a sericitita que las plagioclasa existente. Las plagioclasa es del tipo andesina y oligoclásica, con un tamaño que no sobrepasa 0,06 mm, presentándose muy poco alterada, algunas a sericitita, y otras a calcita.

Accesorios: como minerales accesorios se tienen en cantidades traza cristales de biotita de hábito hipidiomórfico, turmalina hidromórfica, muscovita en cristales con orientación isotrópica, circón bastante redondeado, óxidos de hierro asociados a la matriz y epidoto en cristales alotriomórficos dispersos.

Cemento: constituye aproximadamente un 15% de las muestras en promedio, compuesto por minerales de arcilla, principalmente del tipo pirofilita (Fig. 28), con algunas zonas de caolinita, así como también, en menor proporción cemento silíceo, carbonático, y de óxidos de hierro; todos ellos en forma de aros o envoltorios de granos, y sobrecrecimiento de granos, en el caso del cemento silíceo. En la muestra 157.228, se presenta un caso especial, ya que exhibe un cemento compuesto por clorita, en forma de aros o envoltorios de granos, y rellenando poros, así como lo muestra la figura 21.

Muestras	Clasificación (Pettijohn, 1972)																				Nombre			
	Cuarzo (%)			Feldespatos (%)			Minerales accesorios (%)				Matriz (%)		Cemento (%)				Recálculo (100%)							
	Monocristalino Plutónico	Monocristalino Metamórfico	Policristalino Metamórfico	Total	Plagioclasa	Feldespato K sin diferenciar	Total	Biotita	Muscovita	Círcón	Turmalina	Óxidos de Fe	Otros	Arcillas	Óxidos de Fe	Pyrofilita	Óxidos de Fe	Cuarzo	Material carbonático	Caolinita	Cuarzo	Feldespato	Frag. de roca	
157.045	30	0	0	30	15	25	40	0	1	<1	<1	5	0	5	2	5	0	2	0	15	43	57	0	Arenisca feldespática
157.223	25	0	5	30	15	20	35	0	1	0	0	0	<1	4	0	5	0	13	2	0	46	54	0	Arenisca feldespática
157.225	30	10	0	40	10	5	15	0	<1	<1	0	5	0	20	10	5	5	0	0	0	73	27	0	Waca feldespática
157.226	20	4	1	25	15	25	40	0	0	0	0	5	0	10	5	7	0	0	3	0	38	62	0	Waca feldespática
157.228	30	0	0	30	10	25	35	5	0	0	0	<1	<1	5	2	19	0	0	1	0	46	54	0	Arenisca feldespática
Zu-08A	28	2	0	30	15	25	40	0	<1	<1	<1	5	0	8	2	0	0	0	0	15	43	57	0	Arenisca feldespática
Zu-13B	30	0	5	35	10	20	30	0	1	1	0	3	0	8	2	0	0	0	0	20	54	46	0	Arenisca feldespática

Tabla 3. Tabla composicional de las muestras analizadas de la Formación rancho Grande.

Muestras de la serie 157.000 pertenecen al trabajo realizado por BLACK (1957).

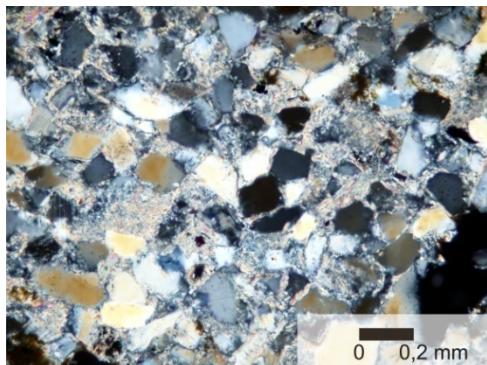


Fig.28. Cemento de pirofilita y de arcilla con óxidos de hierro envolviendo granos.

Muestra 157.045. Foto en NX



Fig. 29. Cemento de clorita (coloración verdosa) llenando poros y envolviendo granos.

Muestra 157.228. Foto en N=

Matriz: La matriz presente en estas rocas representa un 7% del volumen de las mismas, y se encuentra compuesta por minerales de arcilla y óxidos de hierro, llenando poros. En las muestras 157.225 y 157.226, esta matriz llega a formar hasta un 22% del volumen de la roca, razón por la cual fueron clasificadas como wacas.

#### 4.1.2.6. Edad

Según RENZ (1960), esta formación, según los fósiles que contiene en su parte superior, se le asigna una edad Triásico inferior, sin embargo, ROLLINS (1965), considera esta formación de edad Triásica por correlacionarla con la Formación La Quinta, ya que no encontró fósiles bien preservados.

#### 4.1.3. Volcánicas de Ipapure

##### 4.1.3.1. Extensión

Estas rocas se encuentran muy bien expuestas en contacto con la Formación Rancho Grande en el cerro Guasosopo, y a 200 m al este de la loma Atúschon, abarcando un área aproximada de 0, 35 km<sup>2</sup>, territorio venezolano, y una superficie de 57 km<sup>2</sup>, incluyendo

afloramientos en territorio colombiano, como se puede apreciar en el mapa de Cojoro adjunto, hoja 5851-II-SE.

#### 4.1.3.2. Descripción de campo

Esta unidad se encuentra conformada por rocas volcánicas félasicas, que en muestra de mano se presentan afaníticas, con cierta textura porfirítica, y de color rosado a blanquecino.

Esta textura porfirítica está formada por fenocristales de posible anfíbol de color verde negruzco de hasta 2 mm, así como también fenocristales de feldespato y de cuarzo de hasta 1 mm aproximadamente. La matriz es bastante afanítica, presentando hacia los bordes de los bloques diaclasados una coloración más oscura debido a la meteorización.

#### 4.1.3.3. Contactos

En la zona adyacente a la loma de Atúschon, estas rocas cortan como dique, de aproximadamente 6 a 9 m de ancho, a la Formación Rancho Grande; este contacto tiene una orientación de N15°-25°W78°N, no presenta zona de enfriamiento, y se encuentran bastante diaclasadas, (Fig. 30).

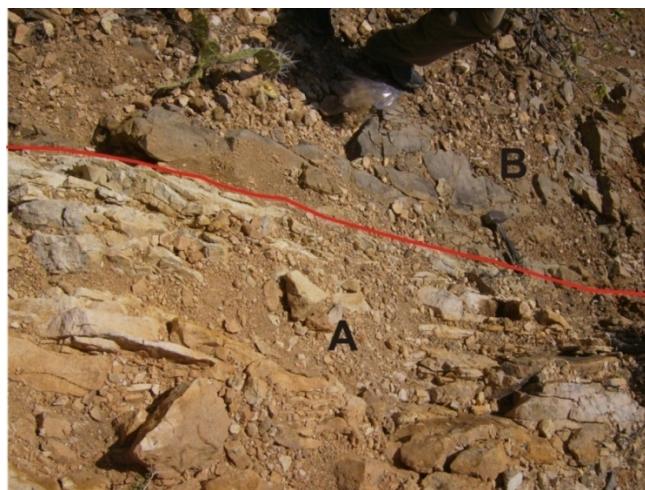


Fig. 30. Volcánicas de Ipapure (A) cortando como dique a la Formación Rancho Grande (B) al este de la loma Atúschon.

En el cerro Guasosopo, esta unidad reposa sobre la Formación Rancho Grande, mediante un contacto erosional, de forma ondulada, donde, sobre esa superficie, fue depositado discordantemente, un flujo piroclástico y de lava (Fig. 31), en el cual se generan varias zonas de erosión diferencial, como se puede apreciar en la figura 19, expuesta anteriormente.

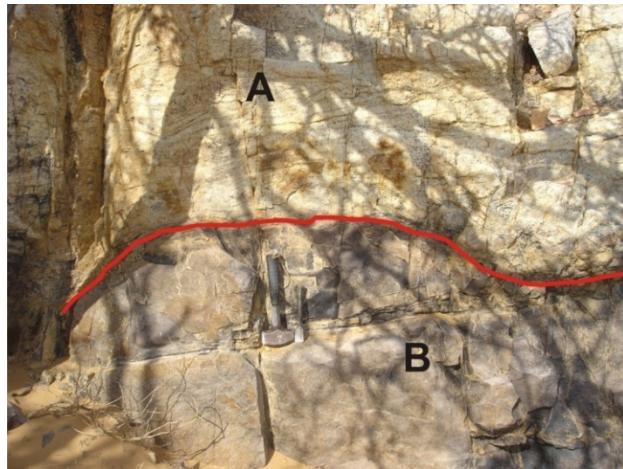


Fig. 31. Contacto erosional entre Volcánicas de Ipapure (A) y Formación Rancho Grande (B).

#### 4.1.3.4. Estructuras

Para esta unidad las estructuras tectónicas asociadas son básicamente de dos tipos, las primeras son las mismas estructuras asociadas a la Formación Rancho Grande, expuestas anteriormente, y las segundas, son las diaclasas originadas en las rocas volcánicas, asociadas al fallamiento que corta al cerro Guasosopo, tal como se muestra en la figura 32.



Fig. 32. Diaclasamiento que afecta a las Volcánicas de Ipapure en el cerro Guasosopo, sobre el contacto con la Formación Rancho Grande.

#### 4.1.3.5. Petrografía

Esta unidad está compuesta por rocas volcánicas félsicas, de composición dacítica a riolítica, cuyos constituyentes están plasmados en la tabla 3.

De esta tabla se pueden evidenciar dos tipos de rocas volcánicas, las lavas, que corresponden a la mayoría de las muestras estudiadas, y las tobas, representadas por las muestras 157.234, 157.238, y 157.239-B; razón por la cual se describirán de forma separada, comenzando por las lavas.

Las muestras correspondientes a las lavas, están caracterizadas por ser pobres en fenocristales, teniendo en promedio 8% de fenocristales, y un 92% de matriz vítreo desvitrificada, razón por la cual a las clasificaciones se les ha añadido el prefijo Feno.

Muestras	Composición mineralógica (%)												Texturas	Clasificación según				
	Cuarzo	Plagioclasa	Feldespato K	Anfíbol	Clorita	Muscovita	Biotita	Epídoto	Círcón	Frag. de rocas	Opacos	Fenocristales	Matriz	Recálculo			Nombre petrográfico	
														A	P	Q		
157.234	7	5	0	0	5	0	0	18	0	10	<1	45	55	-	0	42	68	Toba gruesa cristalina dacítica
157.238	5	27	<1	0	3	0	0	0	0	10	5	50	50	Afieltrada	0	27	5	Toba gruesa cristalina andesítica
157.239-B	25	15	10	1	3	0	5	0	<1	<1	3	62	38	Afieltrada, bahia	20	30	50	Toba gruesa cristalina riolítica
Zu - 08	2	3	0	0	0	<1	0	0	0	0	0	5	95	Esferulítica, bahia, glomeruloporfírica	0	60	40	Feno dacita porfirítica
Zu - 08 - B	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	95	Esferulítica, bahia, glomeruloporfírica	0	80	20	Feno dacita porfirítica
Zu - 10 - B	3	4	2	0	0	<1	0	0	0	0	0	9	91	Bahia	22	44	33	Feno dacita porfirítica
Zu - 11	1	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	7	93	Esferulítica	0	67	33	Feno dacita porfirítica
Zu - 11 - A	2	1	3	0	0	2	0	0	0	0	0	8	92	Esferulítica, glomeroporfírica.	50	17	33	Feno riolita porfirítica
Zu - 13	2	3	1	0	0	0	0	0	<1	0	0	6	94	Esferulítica, bahia	17	50	33	Feno dacita porfirítica
Zu - 13 - A	1	<1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	5	95	Esferulítica, bahia	0	<1	99	Feno riolita cuarcífera
Zu - 14	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	93	Esferulítica, bahia	0	57	43	Feno dacita porfirítica
Zu - 15	2	5	0	0	0	1	0	0	<1	0	0	8	92	Esferulítica, bahia	0	67	33	Feno dacita porfirítica

Tabla 4. Tabla composicional de las muestras analizadas petrográficamente de las Volcánicas de Ipapure.

La serie 157.000 pertenece a la muestras de BLACK (1957).

Cuarzo: constituye el 2% del volumen de la roca, generalmente presentándose como fenocristales, con hábito alotriomórfico a hipidiomórfico, con textura bahía, y un borde de reacción, donde los cristales de cuarzo crecen en forma perpendicular al cristal de cuarzo (Fig. 33).



Fig. 33. Cuarzo con textura de bahía, y borde de reacción.  
Muestra Zu-06. Foto tomada en NX.

Plagioclasa: siendo el 3% del volumen total, siendo esta del tipo andesina, con un hábito hipidiomórfico, y maclado tipo albita (Fig. 34); este mineral se presenta, muy comúnmente, de un tamaño considerablemente más pequeño que el exhibido por el feldespato potásico, tal como lo muestran las figura 34 y 35. Estas plagioclásas con las que conforman la textura glomeruloporfirítica mencionada en la tabla 3.

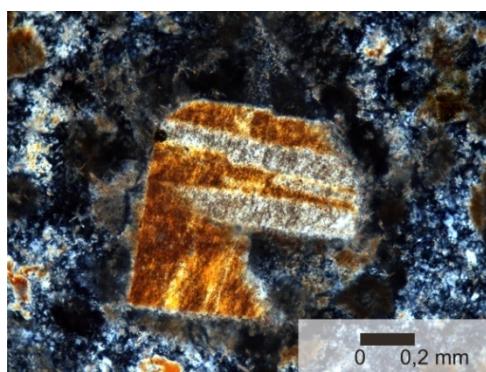


Fig. 34. Plagioclasa subhedral con macla albita.  
Muestra Zu-08A. Foto tomada en NX.

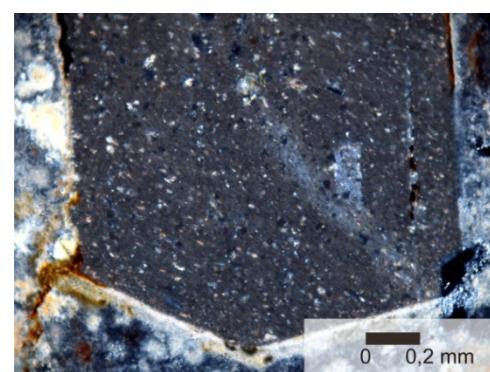


Fig. 35. Cristal de gran tamaño de sanidina euhedral.  
Muestra Zu-14. Foto en NX

Feldespato potásico: representado, muy posiblemente, por sanidina, se presenta, generalmente, con hábito hipidiomórfico a hidimórfico, medianamente alterado a sericita, y de gran tamaño, pudiendo llegar a medir 2 mm (Fig. 35), concordando así con lo fenocristales de color rosado claro a transparente observados en las muestras de mano. En las figuras 34 y 35 se pueden comparar los dos minerales constituyentes, pudiéndose observar la gran diferencia de tamaño entre ellos.

Muscovita (sericita): se presenta como cristales alargados, hipidiomórficos, con manchas de hematita y leucoxeno. Generalmente, manchas de opacos (leucoxeno y magnetita) en su superficie provienen de alteración. En la figura 36, se puede apreciar lo antes expuesto, donde la mancha marrón corresponde al leucoxeno.

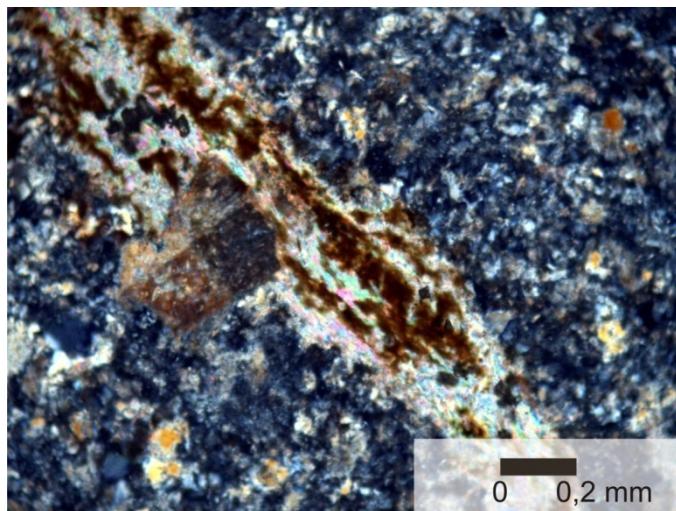


Fig. 36. Muscovita alterada a sericita con manchas de leucoxeno.

Muestra Zu-15. Foto en NX.

Estos cristales de muscovita se encuentran, en algunos casos, junto a masas epidóticas, en los bordes de orificios en la sección fina, que, originalmente en muestra de mano, eran una zona de la roca un poco más alterada que el resto de la misma, como se puede apreciar en las figuras 37 y 38, donde se establece una comparación entre la muestra de mano y la sección fina; nótese las zonas más alteradas de la roca, las cuales pueden concordar con lo visto en la figura 30.



Fig. 37. Muestra de mano mostrando orificios y zonas meteorizadas en su superficie.  
Muestra Zu-13A.

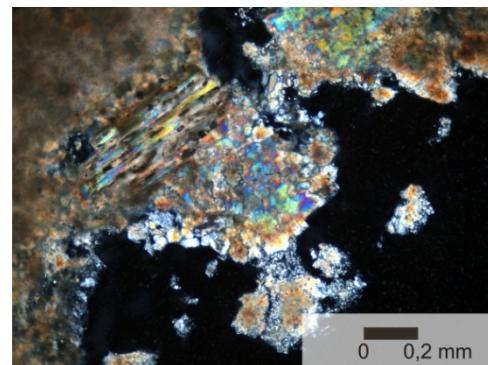


Fig. 38. Cristal de muscovita alterada con epidoto granular y orificio en la muestra a su izquierda.  
Muestra Zu-13A. Foto en NX

Biotita: fue encontrado únicamente en la muestra Zu-11, donde se presenta con un hábito hipidiomórfico, alterando a muscovita y minerales opacos con pequeños relictos de la biotita. Tal como se puede ver en la figura 39, en cristales aislados, y colores tan oscuros que enmascaran sus colores de interferencia.

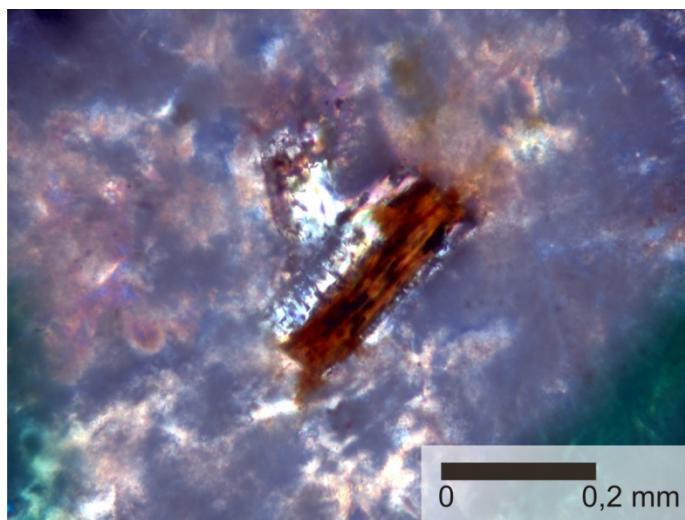


Fig. 39. Biotita alterando a muscovita, nótese las manchas de opacos que comienzan a aparecer.  
Muestra Zu-11. Foto en NX.

Epidoto: ostenta un hábito bastante granular, y se encuentra junto a la muscovita en los bordes de los orificios de la sección fina únicamente (Fig. 38).

Circón: se encuentra en cantidades traza, con hábito alotriomórfico, bordes redondeados, y generalmente asociado a los cristales de muscovita.

Adicionalmente, se analizaron petrográficamente, algunas secciones finas de muestras recolectadas por BLACK (1957), y que corresponden a la unidad en cuestión aflorante en territorio colombiano, las cuales están compuestas por rocas tobáceas de diferente composición, como se puede verificar en la tabla 3.

Cuarzo: representa aproximadamente el 12% del volumen de estas muestras, y se presenta con un hábito alotriomórfico a hipidiomórfico, con formas bastante angular, con bordes de reacción, donde el cuarzo crece perpendicularmente a los bordes del cristal (Fig. 40), y en solo una muestra se puede apreciar textura de bahía en el mismo Fig. 41).

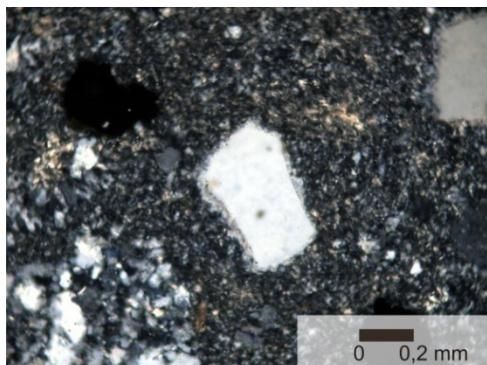


Fig. 40. Cuarzo con borde de reacción con el magma.

Muestra 157.234. Foto tomada en NX.

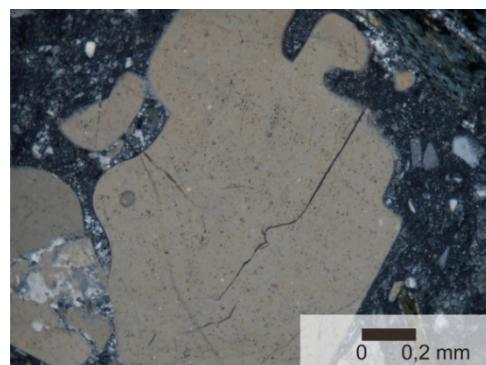


Fig. 41. Cuazro con textura bahía por asimilación del magma.

Muestra 157.239B. Foto en NX

Plagioclasa: constituye cerca del 16% del volumen total, siendo del tipo andesina, presentando zonación, con hábito hipidiomórfico, pero con cristales bastante partidos, teniendo formas muy angulares (Fig. 42).

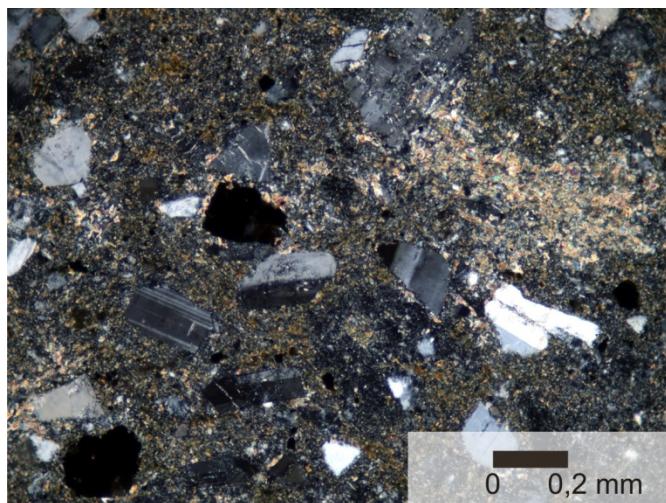


Fig. 42. Fragmentos angulares de plagioclasa y cuarzo.

Muestra 157.238. Foto en NX.

Feldespato potásico: encontrándose en cantidades traza, a excepción en la muestra 157.239B, en la cual alcanza un 10%; es del tipo ortosa, poco alterada a sericita, y, al igual que la plagioclasa y el cuarzo, esta se encuentra fracturada con forma angular.

Anfíbol: se encuentra únicamente en la muestra 157.239B, y consiste en unos pocos cristales aislados de anfíbol (posible hornblenda), muy alterados y de poco tamaño, de hábito alotriomórfico.

Clorita: constituyendo aproximadamente un 3% del volumen de las rocas, presentándose como alteración de minerales máficos, tanto cristales subhédrales (Fig. 43), como constituyentes de la matriz fina de la roca; exhibe tanto colores de interferencia violáceos azulados, como colores verdosos y con hábito radial. Principalmente, la clorita asociada a la alteración de fenocristales máficos se encuentra en la muestra 157.239B, como alteración de la biotita y el anfíbol.



Fig.43. Clorita radial proveniente de alteración de compuestos máficos de la matriz.

Muestra 157.238. Foto en NX.

Biotita: se encuentra únicamente en la muestra 157.239B, en la cual se presenta alterándose fuertemente a clorita, con sus colores de interferencia azulados antes mencionados, y generando manchas de opacos en su superficie (Fig. 44). Los cristales son hipidiomórficos, con un tamaño que no sobrepasa los 0,5 mm.

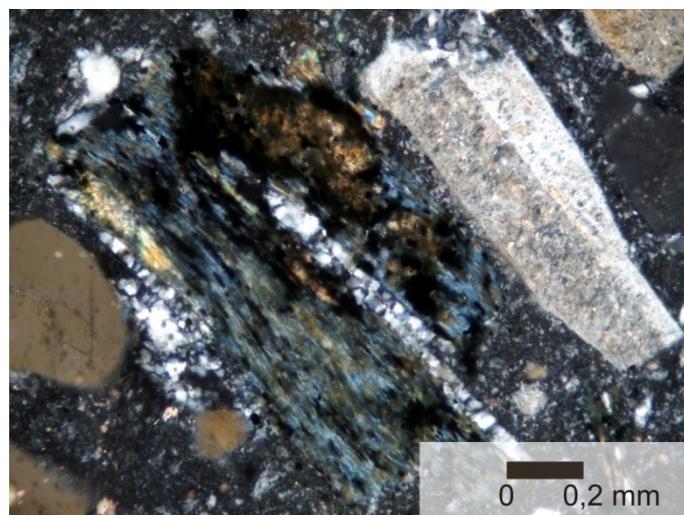


Fig. 44. Biotita alterándose a clorita, nótese los colores de interferencia violáceos de la clorita.

Muestra 157.239B. Foto en NX.

Epidoto: se presenta con relativa abundancia en la única muestra que aparece (18%), ostenta un hábito hipidiomórfico, con colores de interferencia amarillentos, de poco tamaño

(cristales menores a 0,5 mm). Estos cristales, en ocasiones, se encuentran dentro de orificios de la sección, con lo que da la idea que estos últimos estaban llenos por epidoto (Fig. 45).

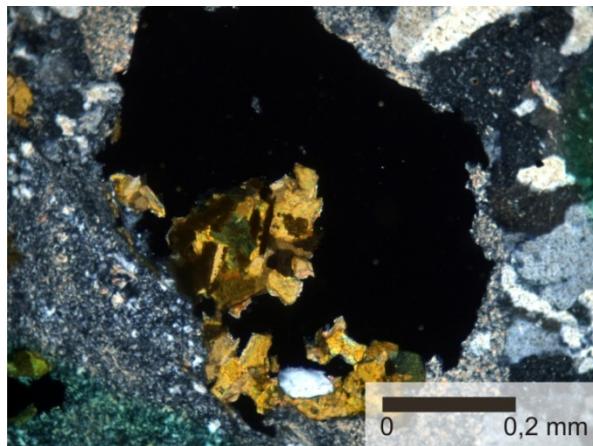


Fig. 45. Cristal de epidoto llenando orificio.

Muestra 157.234. Foto en NX

Circón: se encuentra en cantidades traza, con hábito alotriomórfico, y bordes redondeados.

Fragmentos de roca: estos consisten en las muestras 157.234 y 157.239B, en fragmentos subangulares de pórvidos de dacita, medianamente alterados a sericita, y con un tamaño que no sobrepasa 0,6 mm. Por otra parte, la muestra 157.234, presenta fragmentos de roca del tipo metasedimentaria (cuarcita), de un tamaño considerable, con un tamaño mayor coincidente a los 2 mm de longitud (Fig. 46).

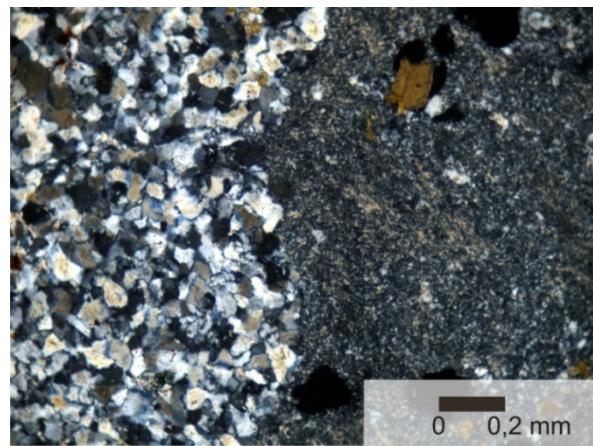


Fig. 46. Fragmento de roca tipo cuarcita a la izquierda de la foto, en contacto con matriz fina de la roca.

Muestra 157.234. Fotos en NX.

Opacos: provienen principalmente de la alteración de minerales máficos, tanto en matriz, como en cristales, apareciendo en forma de inclusiones a lo largo de la sección fina.

#### 4.1.3.6. Edad

Por relaciones estratigráficas, a esta unidad se le asigna una edad Jurásico (BLACK 1957)

#### 4.1.2. Formación Uipana

De esta unidad no se tomaron muestras para análisis petrográfico, por no estar incluidas en los objetivos de este trabajo, sin embargo, se visitaron los afloramientos de la misma en el territorio venezolano ubicados en las lomas Walirpanachón y Uyatpanachón, al NW de Macuirapa, y en la loma Macuirapa, en la población del mismo nombre, determinando así que está compuesta por arenisca cuarzosa, conglomerática, con niveles de guijarros de cuarzo, estructura espina de pescado y estructuras de deformación diagenética.

### 4.2. ISLA DE TOAS

Esta isla está conformada por rocas ígneas plutónicas, con metamorfismo de muy bajo grado y sedimentarias clásticas y no clásticas, donde las rocas ígneas constituyen toda la zona central de la isla, mientras que las sedimentarias los flancos norte y sur. De las unidades de rocas sedimentarias no se tomaron muestras para análisis petrográfico, ya que los objetivos de este trabajo no lo contemplan, pero las localidades con afloramientos fueron visitadas para obtener un bosquejo general de la geología de la isla.

#### 4.2.1. Metgranodiorita de Toas

##### 4.2.1.1. Extensión

Esta unidad corresponde al cuerpo de roca más extenso de la isla, ocupa aproximadamente el 60% de la isla (ver mapa geológico de la Isla de Toas anexo), es decir, 1,59 km<sup>2</sup>.

#### 4.2.1.2. Descripción de campo

Esta unidad aparece en el valle central de la isla, y se caracteriza en muestra de mano por presentar un tamaño de grano grueso, a veces pegmatítico, con colores rosado a rosado oscuro, bastante meteorizado en superficie, encontrándose un mayor cizallamiento hacia el lado este de la isla, específicamente en Punta Cabeceras, donde se generan cárcavas profundas, y donde las zonas de cizalla se hace más visible, así como se puede observar en las figuras 47 y 48.



Fig. 47. Cárcava generada en zona de cizalla, nótese el diaclasamiento intenso de la roca descompuesta. Punto Zu-19.



Fig. 48. Zona de cizalla intensa en el cuerpo rocoso; nótese las pequeñas fallas generadas por dicha cizalla. Punto Zu-20.

Adicionalmente, hacia la zona oeste del cuerpo, se puede apreciar un afloramiento del mismo que está caracterizado por la presencia de numerosas vetas de barita, que cortan al cuerpo de granodiorita, el cual, a su vez se encuentra bastante meteorizado en la zona (Fig 49).

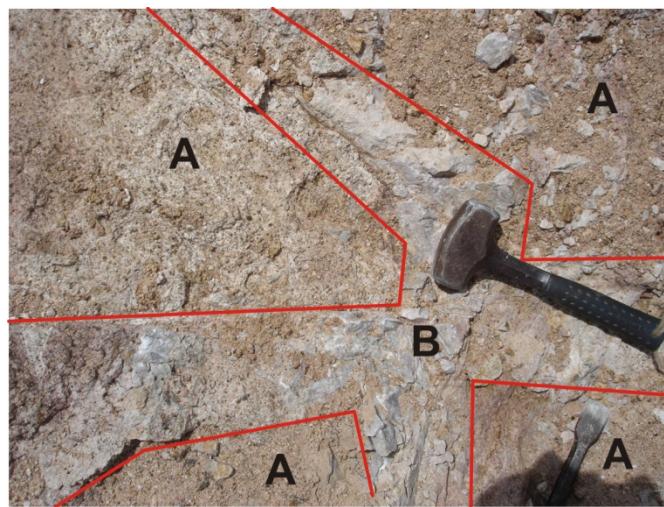


Fig. 49. Vetas de barita (B) cortando la Granodiorita de Toas (A) bastante descompuesta.

Punto Zu-30.

Además, hacia el punto Zu-22, aflora un cuerpo pequeño de roca hipoabidal, de composición félscica, y color meteorizado violeta oscuro.

#### 4.2.1.3. Contactos

La Metagranodiorita de Toas se encuentra en contacto con las unidades sedimentarias suprayacentes mediante contacto discordante y a veces de falla; así como también se encuentra en contacto abrupto con la unidad de rocas volcánicas, las cuales cortan a esta unidad a manera de diques de diversos tamaños. En el punto Zu-21 se encuentra el único dique en el cual, el contacto entre estas dos unidades, no se da de manera abrupta, ya que presenta una zona de enfriamiento.

Adicionalmente, un cuerpo hipoabidal la intrusiona, pero el contacto no es claro por estar en una zona de falla.

#### 4.2.1.4. Estructuras

En esta unidad no se encontraron estructuras tectónicas de gran relevancia aparte de las diaclasas y la zona de cizalla antes mencionada en el punto Zu-20.

#### 4.2.1.5. Petrografía

Petrográficamente se caracterizan dos tipos diferentes, uno sin efectos cataclásticos, y el otro ígneo con claros efectos de cataclasis, ambos compuestos de manera mineralógicamente muy similar (Tabla 4).

Muestras	Composición mineralógica (%) Fenocristales												Texturas	Clasificación según STRECKEISEN (1976)				
	Cuarzo	Plagioclasa	Feldespato K	Biotita	Clorita	Calcita	Prentita	Círcón	Apatito	Opacos	Fenocristales	Matriz		Recálculo	Nombre petrográfico			
	A	P	Q															
<b>Rocas plutónicas</b>																		
Zu - 19	35	20	4	7	2	5	0	<1	<1	7	-	-	20	-	7	34	59	Metagranodiorita protocataclástica
Zu - 23	30	30	12	5	10	4	7	<1	<1	2	-	-	0	Sagenítica	15	38	47	Granodiorita Pegmatítica
Zu - 30	20	10	5	3	2	10	0	0	0	1	-	-	49	-	13	30	57	Metagranodiorita cataclástica
<b>Rocas hipoabiales</b>																		
Zu - 22 - A	20	25	10	<1	4	0	1	<1	0	3	60	40	-	Traquítica	18	45	36	Metaporfido de granodiorita protocataclástico

Tabla 5. Tabla composicional de las muestras analizadas de la Granodiorita de Toas.

Cuarzo: constituye aproximadamente el 30% del volumen de la roca, donde se presenta con un hábito alotriomórfico, con una leve extinción ondulatoria.

Plagioclasa: conforma cerca del 20% de la roca, siendo del tipo albita, medianamente alterada a sericitina y calcita (Fig. 50), exhibiendo sus dos tipos de macla, albita y Carlsbad. En las muestras Zu19 y Zu-30, gracias a los efectos de cizalla, se encuentra bastante fracturada.

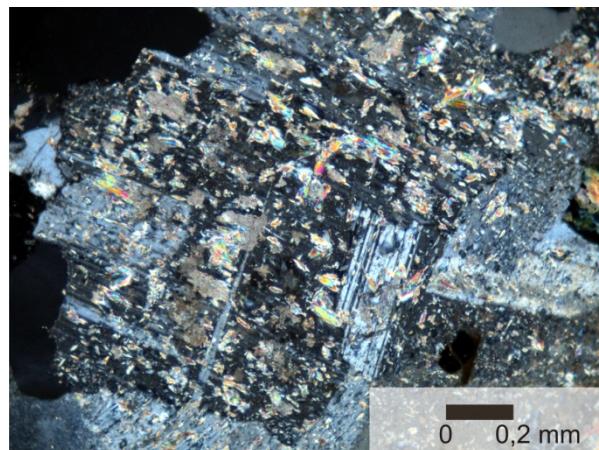


Fig. 50. Plagioclasa tipo albita alterada a sericitina, calcita, y prehnita. Nótese sus dos tipos de maclas.

Muestra Zu-23. Foto en NX.

Feldespato potásico: de tipo ortosa, ostentando, en alguno casos, estructuras pertíticas del tipo hilos (Fig. 51), presentando mayor alteración en los hilos de plagioclasa.

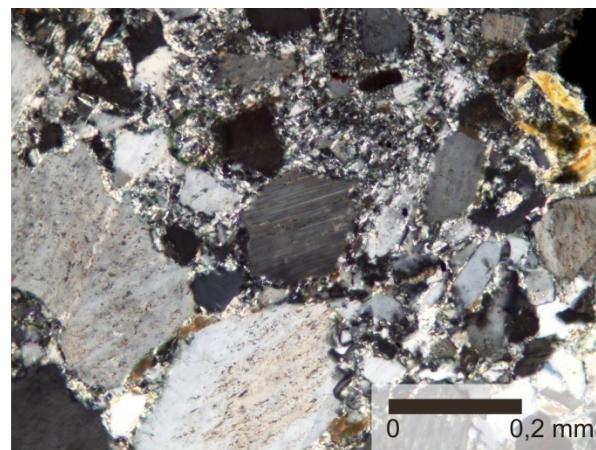


Fig. 51. Feldespato potásico con pertitas tipo hilos.

Muestra Zu-19. Foto en NX.

Biotita: conforma aproximadamente el 7% de la roca, presentándose con hábito hipidiomórfico, bastante pleocroica, y alterada a clorita en su mayoría. En las muestras Zu-19 y Zu-30, esta se encuentra plegada, exhibiendo una especie de extinción ondulatoria (Figs. 52 y 53)

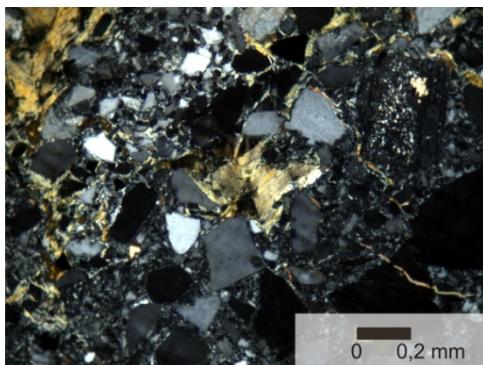


Fig. 52. Biotita plegada y algo cloritizada,  
nótese la extinción no uniforme.  
Muestra Zu-19. Foto en NX.

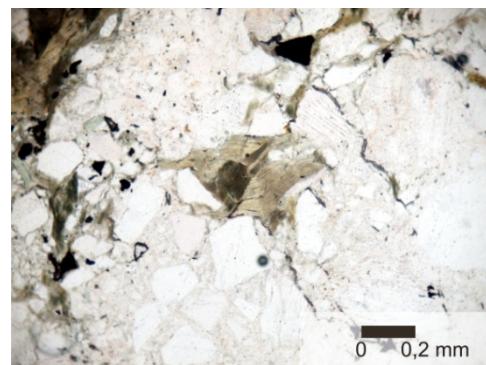


Fig. 53. Mismo motivo anterior, nótese el  
pleocroismo no uniforme.  
Muestra Zu-19. Foto en N=.

Clorita: exhibiendo colores de interferencia violáceos a azulados, básicamente la clorita que se encuentra en esta roca, proviene en su totalidad de la alteración de la biotita, comprobado por la textura sagenítica exhibida en la muestra Zu-23 (Fig. 54).

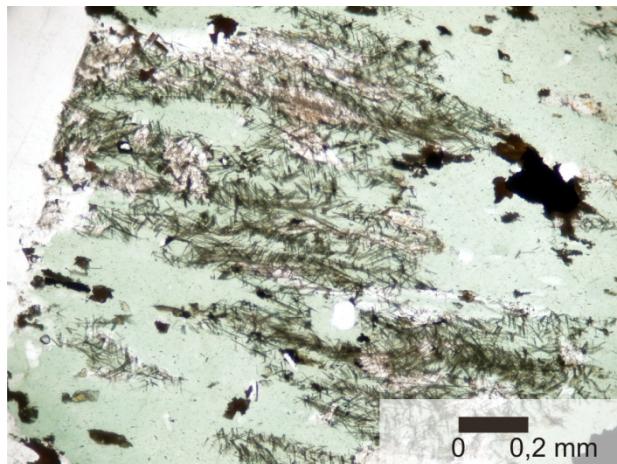


Fig. 54. Textura sagenítica, compuesta por agujas de rutilo dentro de biotita casi totalmente cloritizada.  
Muestra Zu-23. Foto en N=.

Calcita: constituye aproximadamente el 7% de la roca, y buena parte de esta proviene de la alteración de la plagioclasa, llegando a sustituirla casi completamente, y la otra parte se presenta en forma de vetas que atraviesan la roca.

Prehnita: se encuentra como producto de alteración de la plagioclasa, en forma de abanicos, es muy fácil confundirlo con la sericitia ya que su tamaño es muy pequeño, pero su hábito la delata (Fig 50).

Circón: presente en estas rocas en cantidades traza, exhibe un hábito alotriomórfico, con borde redondeados y de tamaño muy pequeño.

Apatito: al igual que el circón, está presente en cantidades traza, es de muy corto tamaño, y con un hábito hipidiomórfico.

Opacos: son básicamente compuestos por magnetita y leucoxeno, que provienen de la alteración de la biotita, razón por la cual su aspecto en sección fina es similar a manchas sobre la mica.

Los efectos de cataclasis afecta en gran medida, su fábrica, siendo esta convertida de una equigranular a una inequigranular seriada. En líneas generales, estos granos fracturados exhiben una forma bastante angulosa (Fig 55), y en algunos casos microfalla dentro de ellos (Fig. 56).

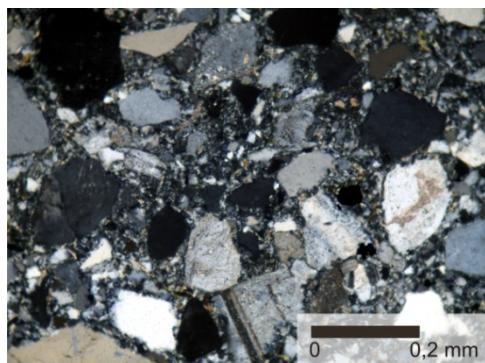


Fig. 55. Estado de trituración general de los granos, nótese la pseudomatriz generada. Muestra Zu-19. Foto en NX.

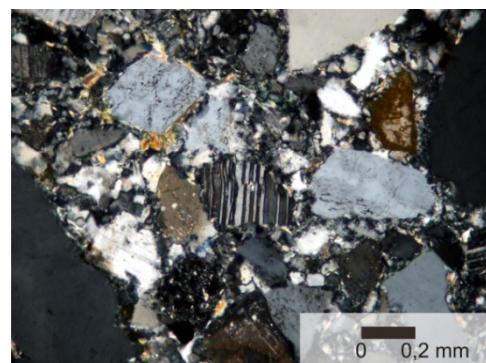


Fig. 56. Cristal de albita exhibiendo microfalla que desplaza las líneas de macla. Muestra Zu-19. Foto en NX.

La roca hipoabidal, representada únicamente por la muestra Zu-22A, presentando esta una textura traquítica, aunque sus fenocristales se encuentren bastante fracturados, y de forma angular.

Cuarzo: se presenta con hábito euhedral, textura bahía y borde de reacción, donde la sílice crece de manera perpendicular a los bordes del cristal. (Fig. 57).

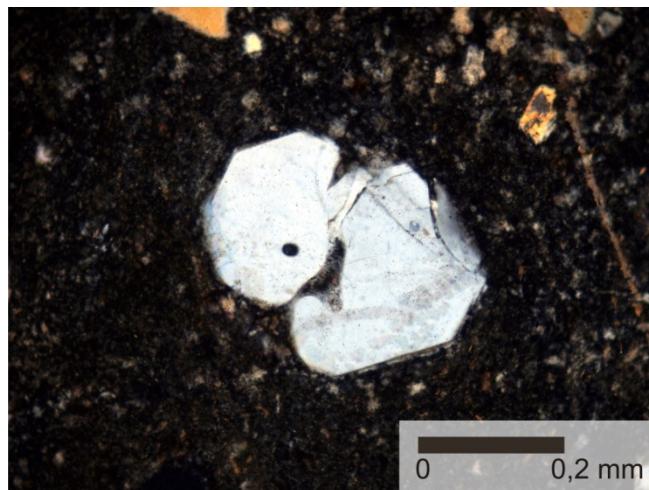


Fig. 57. Cuarzo euhedral con textura bahía por asimilación del mismo por el magma.

Muestra Zu-22A. Foto en NX.

Plagioclasa: es del tipo albita, con hábito hipidiomórfico, algo fracturada por cizallamiento, y alterada moderadamente a calcita (Fig. 58), adicionalmente, esta también forma parte de la matriz, en forma de listones pequeños alineados, y sin fracturamiento aparente.

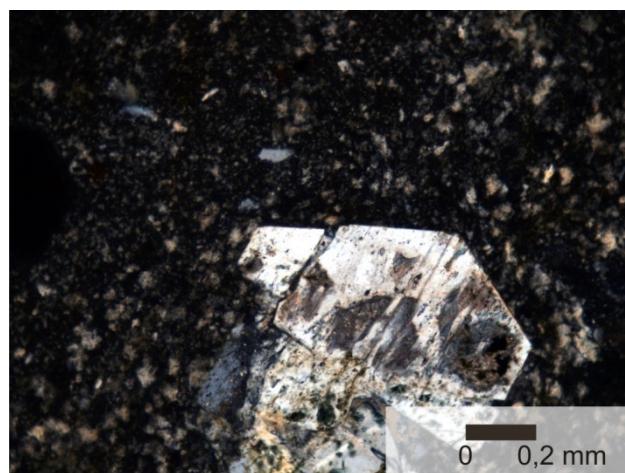


Fig. 58. Plagioclasa euhedral fracturada por cizalla.

Muestra Zu-22A. Foto en NX.

Feldespato potásico: se encuentra medianamente alterado a sericitas, y bastante fracturado por efecto de la cizalla, sin embargo todavía se pueden apreciar sus estructuras pertíticas de tipo hilos que contiene, sus cristales no son tan grande como los de la plagioclasa.

Clorita: la clorita se encuentra en cantidades traza en la muestra, pero representa el producto de alteración de la biotita constituyente de la misma.

Biotita: representa el 4% del volumen de la roca, encontrándose medianamente alterada a clorita, con manchas de opacos en su superficie debido a la alteración, y presentándose plegada debido al cizallamiento sufrido, tal como se muestra en las figuras 59 y 60.

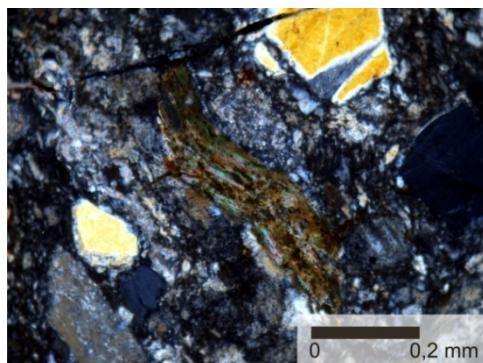


Fig. 59. Biotita plegada por cizalla, nótese la alteración a clorita de la misma.  
Muestra Zu-22A. Foto en NX.



Fig. 60. Mismo motivo anterior, nótese las manchas de magnetita en la superficie.  
Muestra Zu-22A. Foto en N=.

Calcita: esta no constituye un mineral primario de la muestra, sino más bien, proviene de la alteración de la plagioclasa.

Circón: este mineral se encuentra en cantidades traza, en minerales aislados de forma hipidiomórfica.

Opacos: están representados por la magnetita producto de la alteración de la biotita, y se encuentran como manchas de diferentes formas a en la superficie de la mica.

#### 4.2.1.6. Edad

Según DASH (1982), mediante mediciones de edades en U-Pb circones, la edad de este cuerpo ígneo es de  $252 \pm 50$  Ma, correspondiendo al Triásico.

#### 4.2.2. Unidad de Rocas Volcánicas

##### 4.2.2.1. Extensión

Esta unidad corresponde cuerpos de muy poco espesor intrusionan como apófisis a la Metagranodiorita de Toas, y presentan un área superficial aproximadamente de  $0,1 \text{ km}^2$ , en afloramientos dispersos en la isla, pero concentrados la mayoría de ellos en la zona este de la misma.

##### 4.2.2.2. Descripción de campo

Esta unidad corresponde a cuerpos de rocas volcánicas, la mayoría félsicos, que corta el cuerpo de granodiorita.

Las rocas volcánicas félsicas presentan una textura porfirítica con una matriz bastante afanítica en muestra de mano, muy diaclasadas, y meteorizadas, con colores rosado claro a blanquecino, meteorizando a colores un poco más oscuros, y fueron clasificadas en campo como riolitas.

Las rocas volcánicas máficas, clasificadas en campo como basaltos, con aspecto masivo, pudiendo presentar amígdalas llenas de clorita alineadas; el estado general de los afloramientos es bastante fresco, y fracturado, con precipitación de una película superficial de calcita en las paredes de las diaclasas.

#### 4.2.2.3. Contactos

Esta unidad se presenta como diques y apófisis en contacto abrupto con la Granodiorita de Toas, la cual está siendo cortada por esta unidad a manera de diques de diversos tamaños.

#### 4.2.2.4. Estructuras

En esta unidad no se encontraron estructuras tectónicas aparte de las diaclasas generales.

#### 4.2.2.5. Petrografía

Esta unidad está compuesta por rocas volcánicas félsicas y volcánicas máficas, como se puede apreciar en la tabla 5, razón por la cual se va a proceder a realizar la descripción de cada tipo de rocas de manera separada.

Muestras	Composición mineralógica (%)												Texturas	Clasificación según Streicksen (1976)				
	Quarzo	Plagioclasa	Feldespato K	Clorita	Biotita	Epidoto	Calcita	Círcón	Apatito	Opacos	Fenocristales	Mattiz		Recálculo	Nombre petrográfico			
														A	P	Q		

#### Rocas volcánicas félsicas

Zu - 21 - A	4	4	<1	0	<1	0	17	0	<1	0	8	92	Afieltrada, esferulítica	0	84	16	Feno andesita porfirítica
Zu - 22 - B	5	4	0	0	1	0	3	0	0	<1	10	90	Esferulítica	0	44	56	Feno dacita porfirítica
Zu - 24 - A	1	2	0	0	1	0	6	0	0	2	6	94	Esferulítica	0	89	11	Feno andesita porfirítica
Zu - 29	5	2	0	0	3	0	0	<1	0	3	13	87	Esferulítica, vitrofídica	0	29	71	Feno dacita porfirítica

#### Rocas volcánicas máficas

Zu - 26	10	40	0	33	0	<1	7	0	0	10	5	95	Afieltrada, traquítica	0	80	20	Basalto amigdaloidé
Zu - 27	5	40	0	20	0	0	10	0	0	25	5	95	Afieltrada	0	89	11	Basalto

abla 5. Tabla composicional de las muestras analizadas de la unidad de Rocas Volcánicas.

En lo que respecta a las rocas volcánicas félsicas encontradas en la isla, se puede decir, que su característica más resaltante, como lo muestra la tabla 5, es su textura esferulítica, y su ausencia de feldespato potásico.

Cuarzo: todos sus cristales presentan borde de reacción, donde los cristales de sílice crecen perpendicular a las paredes del cristal, pero, no todos los especímenes presentan textura bahía, además de poseer poco tamaño.

Plagioclasa: constituye la mayoría de los fenocristales vistos en la muestra, es del tipo oligoclásica, se encuentra en cristales subhédrales, y muy alterada a calcita (Fig. 61), llegando, en muchos casos, a sustituirla completamente.



Fig. 61. Plagioclasa alterada casi completamente a calcita.

Muestra Zu-21A. Foto en NX.

Feldespato potásico: Se encuentra en cantidades traza, alterado a sericitita, y en cristales hipidiomórficos muy pequeños ( 0,4 mm).

Biotita: constituye aproximadamente el 2% del volumen total de las rocas volcánicas, encontrándose en cristales alargados aislados, bastante alterados, tal como se puede apreciar en las figuras 62 y 63.

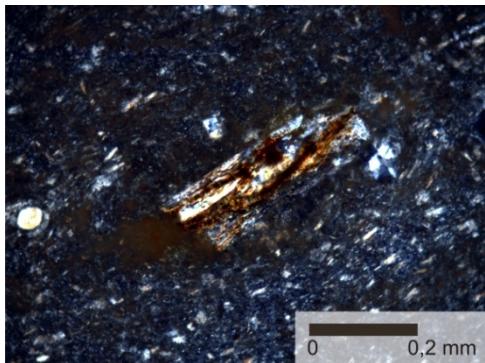


Fig. 62. Biotita alterada, rodeada de matriz

fina afieltrada.

Muestra Zu-21A. Foto en NX.



Fig. 63. Mismo motivo anterior, nótese las manchas

de magnetita en la superficie.

Muestra Zu-21A. Foto en N=.

Calcita: no constituye un mineral primario de la roca, sino más bien, es producto de la alteración de las plagioclasas, sustituyéndolas en muchos de los casos. Se presenta con hábito alotriomórfico, que en algunos casos, las maclas coinciden con las maclas de la plagioclasa.

Circón: se presenta en cantidades traza, únicamente en la muestra Zu-29, con cristales muy pequeños ( 0,3 mm), con bordes redondeados.

Apatito: observado únicamente en la muestra Zu-21A, en cantidades trazas y en cristales hipidiomórficos de poco tamaño.

Opacos: básicamente corresponden a magnetita, la cual proviene, en su mayoría, de la alteración de la biotita, pudiéndose encontrar también, embebida en la matriz de la roca.

En lo que se refiere a las rocas volcánicas máficas, están caracterizadas por presentar una matriz más gruesa que las anteriores, y presencia de amígdalas con un diámetro medio entre 0,3 mm y 3,2 mm.

Cuarzo: se encuentra en cristales pequeños dentro de la matriz, así como rellenando parte de las amígdalas junto con clorita y calcita, donde presenta extinción ondulatoria, como se puede apreciar en la figura 64.

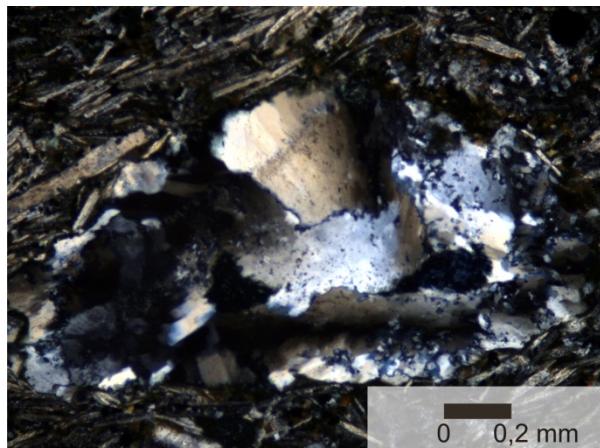


Fig. 64. Cuarzo con extinción ondulatoria llenando amigdala en basalto, nótese las manchas verde oscuro dentro de él, que representan la clorita.

Muestra Zu-26. Foto en NX.

Plagioclasa: la mayor parte se presenta formando parte de la matriz, donde, en la muestra Zu-26, se encuentra alineada, originando la textura traquítica, como se puede observar en la figura 55, la otra parte se encuentra como fenocristales sin macla, medianamente alterados a calcita (Fig. 65).

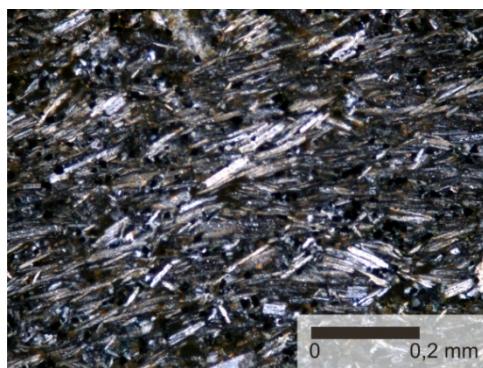


Fig. 65. Textura traquítica formada por microlitos de plagioclasa.  
Muestra Zu-26. Foto en NX.

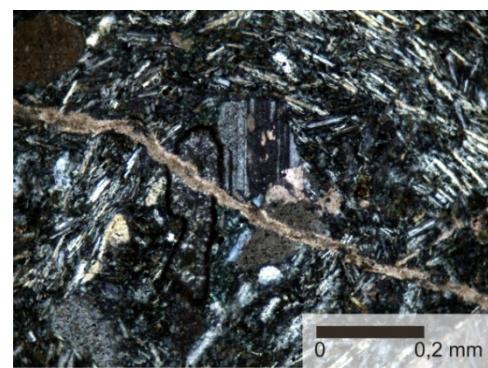


Fig. 66. Fenocristale de plagioclasa alterados, parcial y completamente a calcita.  
Muestra Zu-27. Foto en NX.

Clorita: se encuentra tanto en la matriz, muy posiblemente como pseudomorfo de cristales de piroxenos, así como rellenando amígdalas, con hábito radial, y colores de interferencia verde azulados (Fig 68); en algunos casos, esta clorita se encuentra rellenando las amigdalas junto a cuarzo y calcita.

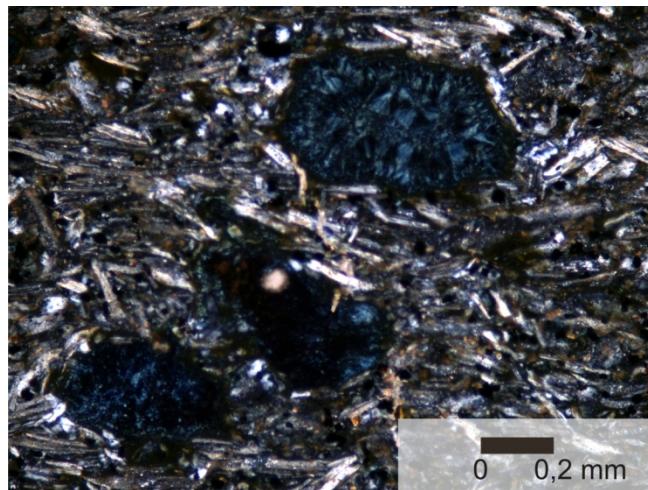


Fig. 68. Amigdalas llenas de clorita con colores de interferencia verde azulados.

Muestra Zu-26. Foto en NX.

Epidoto: se encuentra, únicamente, en la muestra Zu-26, en cantidades traza, junto al cuarzo y la clorita, llenando amigdalas, como cristales discretos en ellas.

Calcita: constituye, en promedio, el 8% del volumen de estas rocas, y se presenta principalmente de la alteración de la plagioclasa, así como relleno de fracturas en las rocas, constituyendo un mineral secundario de la misma.

Opacos: constituidos principalmente por magnetita y en menor proporción, por hematita, las cuales se encuentran en la matriz, entre los microlitos de plagioclasa, seguramente provenientes de la alteración de las piríbolas que se encuentren en la matriz.

#### **4.2.2.6. Edad**

Para esta unidad no se presentan edades formales en la literatura, sin embargo, en los mapas geológicos existentes, sin embargo, por relaciones de campo, se le asigna una edad más joven que la presentada por la Metagranodiorita de Toas.

### **4.3. MONJES DEL SUR**

Esta isla está conformada sólo por rocas metamórficas, las cuales generan acantilados en las costas de la misma.

#### **4.3.1. Anfibolita de Los Monjes**

##### **4.3.1.1. Extensión**

Esta unidad abarca toda la superficie de la isla, la cual es aproximadamente 49 km<sup>2</sup>, así como en las demás islas del archipiélago, las cuales son de menor superficie.

##### **4.3.1.2. Descripción de campo**

Los afloramientos de esta unidad están constituidos por rocas anfibólicas, de grano medio a fino, pudiendo llegar a tener grano grueso en algunas ocasiones. Estas rocas se encuentran bastante diaclasadas, foliadas en zonas de cizalla, y alteradas por un proceso de fosfatización en diaclasas, originado por la descomposición del excremento de las aves autóctonas. Esta fosfatización, genera en la superficie de las rocas ciertas estructuras vermiculares, de tamaño mediano (Fig. 69), y color blanco; este proceso se ve potenciado en las paredes de las diaclasas, donde existe una mayor superficie de contacto.



Fig. 69. Fosfatización vermicular de anfibolitas, nótese el color meteorizado blanquecino de la roca.

#### 4.3.1.3. Contactos

En afloramiento no se han determinado contactos con otras unidades lotológicas aflorantes, ya que el archipiélago está compuesto por una sola unidad.

#### 4.3.1.4. Estructuras

Estructuras a nivel regional no fueron vistas en la isla, solo se pudieron apreciar zonas de cizalla, donde, en líneas generales, presentan una orientación NE y E-W en su mayoría, originando, en dichas zonas de cizalla, una foliación que tiende a presentar una orientación WNW, tal como se puede apreciar en las figuras 70 y 71.

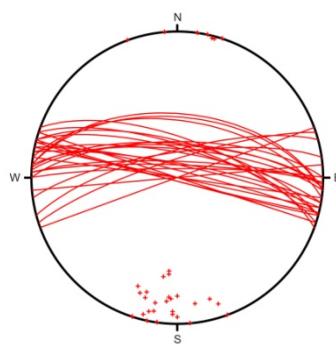


Fig. 70. Estereografía mostrando los planos de foliación.

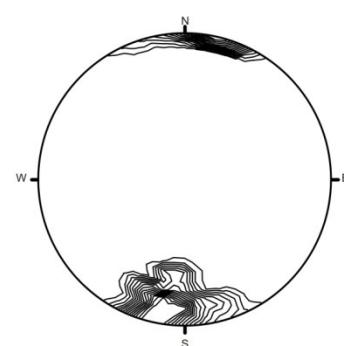


Fig. 71. Diagrama de polos, mostrando el rumbo preferencia de la posible dirección de esfuerzos

### 4.3.1.5. Petrografía

En líneas generales, las rocas aflorantes son anfibólicas, y entre ellas no poseen diferencias resaltantes, salvo simples proporciones mineralógicas, tal como se exhibe en la tabla 6.

Muestras	Foliada		No Foliada		Foliación		Composición mineralógica (%)										Texturas	Clasificación Petrográfica				
	Pizarra	Filita	Esquisto	Cneis	Granofel	Homfél	Fuerte	Mediaña	Pobne	Muy Pobne	Cuarzo	Plagioclasa	Proxeno	Anfíbol	Epidoto	Esfena	Penitita	Fosfatos	Estilpnomelana	Opacos		
E - 63		X				X					2	0	5	86	2	0	0	0	0	5	-	Esquisto anfibólico
M - 02					X						15	5	0	78	2	1	0	0	0	1	-	Meta-anfibolita cuarcífera
M - 04					X						10	8	0	74	1	0	1	1	0	7	-	Anfibolita cuarcífera
M - 05		X						X			7	5	0	83	3	0	0	0	0	3	-	Esquisto anfibólico
M - 07		X							X		10	5	1	61	6	0	0	1	0	7	-	Esquisto anfibólico cuarzoso
M - 09		X							X		25	5	0	60	0	0	0	0	0	10	-	Esquisto anfibólico cuarzoso
M - 10				X							3	10	0	80	0	0	0	0	0	7	-	Meta-anfibolita cuarcífera
M - 11				X							20	10	0	50	1	15	0	0	0	10	-	Anfibolita cuarcífera
M - 12		X							X		3	20	0	60	0	10	0	0	0	7	-	Anfibolita
M - 13		X							X		2	15	0	70	2	0	0	4	0	7	-	Esquisto anfibólico
M - 14				X							20	15	0	55	0	5	0	0	0	5	-	Metagabro
M - 14A				X							8	20	0	63	3	5	0	0	0	1	-	Metagabro
M - 14B		X							X		4	20	1	65	3	0	0	0	0	7	Augen	Esquisto anfibólico
M - 15				X							7	3	0	77	0	0	0	1	9	4	-	Meta-anfibolita
M - 16				X							3	5	0	85	0	3	0	0	0	4	-	Meta-anfibolita
M - 17				X							2	4	0	85	1	0	0	0	0	9	-	Meta-anfibolita
M - 18		X			X						7	3	0	90	1	0	0	2	0	1	Augen	Esquisto anfibólico

Tabla 6. Tabla composicional de las muestras analizadas de la Anfibolita de Los Monjes.

Cuarzo: encontrándose en parte formando parte de vetillas que atraviesan la sección fina, pero, en su mayoría se encuentra entre los cristales de anfíbol verde – azul, acompañado de plagioclasa alterada. Los contactos entre los cristales de cuarzo, en muy pocos casos, son suturados, siendo la mayor parte de ellos, contacto tipo mosaico (Fig 72), generándose los cristales más grandes como relleno de vetillas. En algunos casos, este se puede presentar como

inclusiones dentro de los cristales de anfíbol, como se puede apreciar en la figura 73; además, en pocos casos, se puede observar el cuarzo formando una textura augen muy fina dentro de las muestras foliadas.

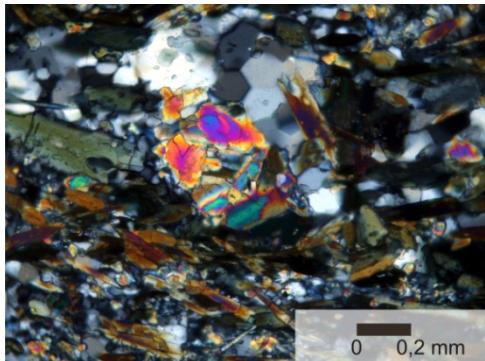


Fig. 72. Contacto mosaico entre cristales de cuarzo, rodeando cristal de piroxeno.  
Muestra M-14B. Foto en NX

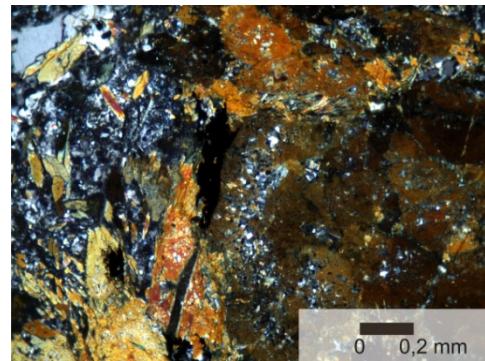


Fig. 73. Inclusiones de cuarzo en cristal de anfibol verde – azul (posible barroisita).  
Muestra M-04. Foto en NX.

Plagioclasa: en líneas generales, aparece como agregados granulares, muy alteradas a epidoto (Fig. 74), sin embargo, también puede aparecer en cristales hipidiomórficos, con maclado tipo albita, de donde se constata que son del tipo labradorita. Muchos de estos cristales maclados se encuentran manchados con arcillas, dándoles una tonalidad marrón y amarillenta (Fig. 75).

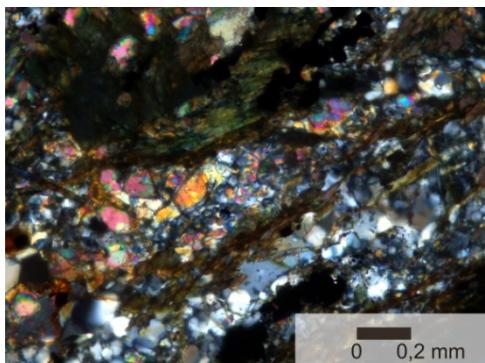


Fig. 74. Plagioclasa alterando a epidoto.  
Muestra M-07. Foto en NX

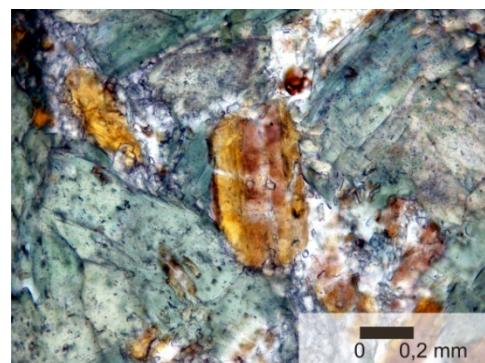


Fig. 75. Labradorita manchadas con arcillas  
Muestra M-10. Foto en N=.

Piroxeno: corresponde a la especie augita, y se encuentra en cristales aislados, alotriomórficos, fracturados, sin alteración aparente, y dispuestos de manera angular a la foliación, como se observa en la figura 76.

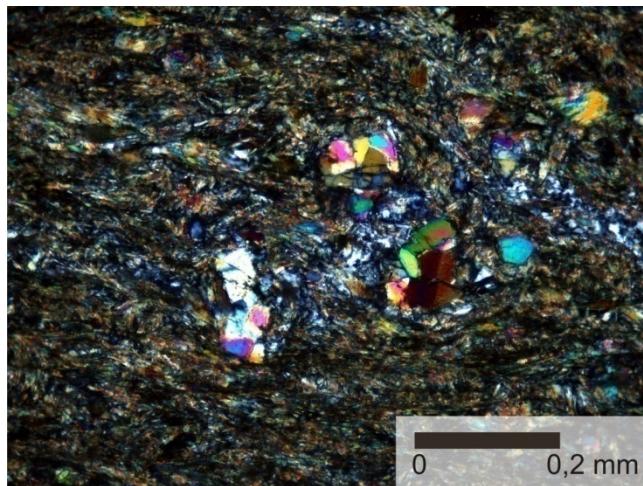


Fig. 76. Cristales de augita dispuestos angularmente a la foliación.

Muestra E-63. Foto en NX.

Anfibol: es de coloración verde – azul, pleocróico, pasando de verde palido a verde azulado, correspondiendo a la variedad barroisita. Se encuentra en cristales con hábito astilloso, mostrando su clivaje a  $120^{\circ}$ ; muchas veces, se puede observar en cristales pequeños, pero euhedrales. En algunos casos, presenta inclusiones de cuarzo (Fig. 73), y manchas de magnetita en su superficie; así como también, en las muestras foliadas, ciertos cristales dispuestos de manera angular, a ortogonal a dicha foliación (Fig. 77). En otras ocasiones, su hábito astilloso revela la estructura de deformación originada por procesos de cizalla, la cual corta angularmente a la foliación original, como se evidencia en la figura 78.

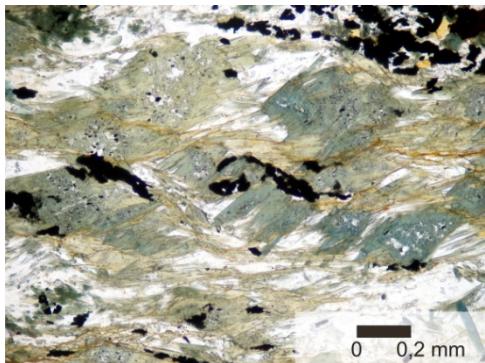


Fig. 77. Primera generación de foliación (dirección E-W) intersectadas por una segunda generación de manera oblicua.  
Muestra M-09. Foto en N=

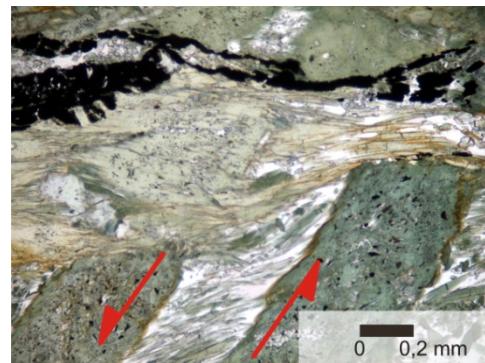


Fig. 78. Estructura de deformación que origina la segunda generación de foliación, cortando la primera generación en forma oblicua.  
Muestra M-14B. Foto en N=.

Epidoto: se presenta en masas granulares como alteración de las plagioclasas, constituyendo así, un mineral secundario en la roca (Fig. 74).

Esfena: se encuentra como masas granulares asociadas, generalmente, a la magnetita, pudiendo llegar a tener forma subhedral (Fig. 79), la cual se infiere como un pseudomorfo de algún piroxeno con composición titanífera.

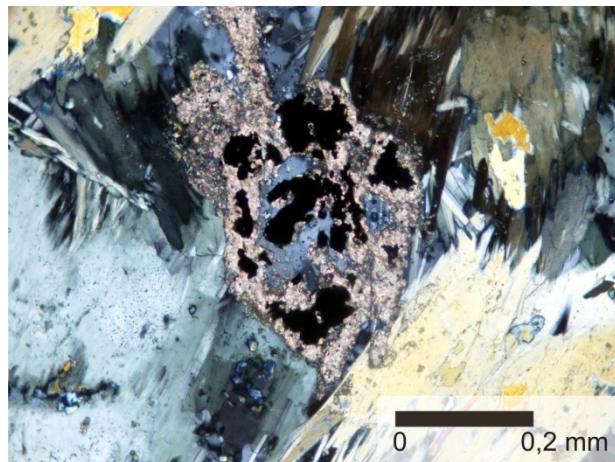


Fig. 79. Esfena con magnetita como pseudomorfo de piroxeno, nótese el hábito subhedral.  
Muestra M-11. Foto en NX.

Prehnita: se encuentra como relleno de vetas, en la parte central de las mismas, rodeada de fosfatos, formando una drusa en su interior (Fig. 80).

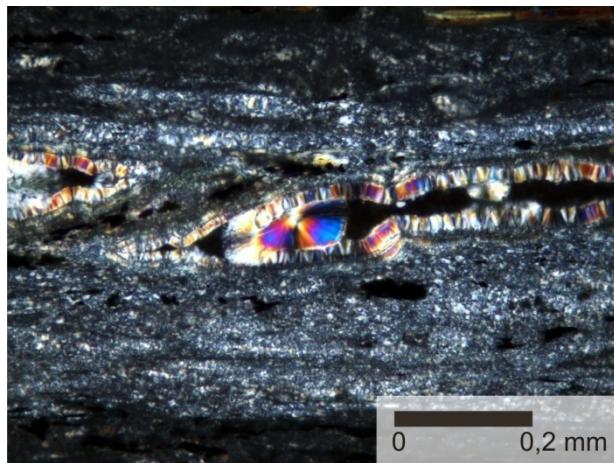


Fig. 80. Veta de prehnita y fosfatos originando drusa.

Muestra M-11. Foto en NX.

Fosfatos: se observan únicamente rellenando vetas, y en algunas ocasiones, rodeando a la prehnita en las vetas (Fig. 80).

Estilpnومelaña: se encuentra como un precipitado entre los cristales de plagioclasa y anfíbol; posiblemente, como producto de alteración de algún otro mineral constituyente de la roca (Fig. 81).

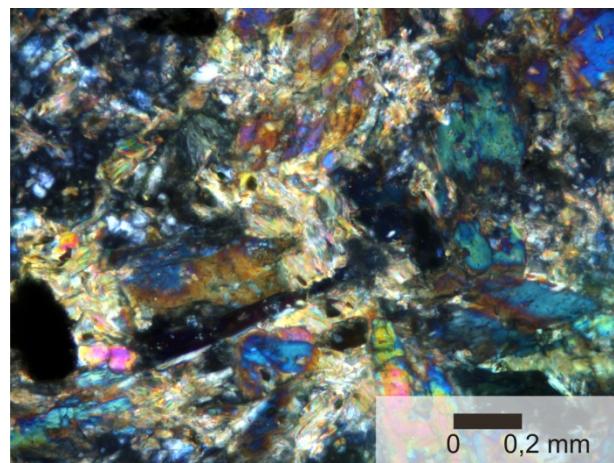


Fig. 81. Estilpnومelaña entre cristales de plagioclasa y anfíbol.

Muestra M-15. Foto en NX.

Opacos: representados por la presencia de magnetita, leucoxeno, y en menor proporción, hematita, los cuales se presentan, en su mayoría, alineados según la foliación general de las muestras foliadas, y, en el caso de la magnetita, se encuentra, muy frecuentemente, asociada a la esfena (Fig. 79).

#### 4.3.1.6. Edad

SANTAMARÍA & SCHUBERT (1973 en BELLIZZIA *et al* 1973) determinaron edades absolutas K/Ar de  $116 \pm 13$  Ma. en un cristal de anfíbol, y  $114 \pm 12$  Ma. en una muestra de la roca total, correspondiendo al Cretácico Temprano (Aptiense).

## 5. INTERPRETACIONES GENERALES

En este capítulo se realiza el análisis de los resultados obtenidos del estudio petrográfico de las muestras recolectadas, así como de los datos adquiridos en campo mostrados en los mapas geológicos, para así interpretar una posible evolución petrológica y estructural de la zona.

Estas interpretaciones se realizaron basadas únicamente en las observaciones de campo y petrográficas, ya que no se cuentan con edades absolutas confiables para la mayoría de las unidades litológicas.

### 5.1. PENÍNSULA DE LA GOAJIRA

De los cuerpos aflorantes en la franja venezolana de la Península de la Goajira, se procedió a interpretar lo resultados obtenidos del estudio de las rocas ígneas, comenzando así por el Metagranito de Atuschón.

#### 5.1.1. Metagranito de Atúschon

Este cuerpo, petrográficamente presenta muchas similitudes con un cuerpo metamórfico cartografiado en el territorio colombiano, específicamente en la Sierra Nevada de Santa Marta, denominado Granulita de Los Mangos, la cual, según RODRÍGUEZ & LONDOÑO (2002), está compuesta por una alternancia de granulita máfica, intermedia, granítica, carbonática y granatífera, de las cuales, la que más se asemeja es la granítica, conformada por cuarzo, pertita o microclino pertítico, plagioclasa del tipo oligoclásica, en bajas proporciones, y a veces ausente, biotita o anfíbol como minerales máfico. Si esta correlación con base petrográfica, se llegase a corroborar geocronológicamente, el Metagranito de Atushón, podría corresponder a una roca con un origen tectónico muy similar al de la Granulita de Los Mangos; siendo originadas como consecuencia del choque del paleocontinente Laurentia con el paleocontinente Amazonia, en el Mesoproterozoico, generando el cinturón orogénico de Grenville.

Por otra parte, este metagranito, también podría estar relacionado, por la cercanía de los cuerpos, con la Granodiorita de Ipapure, la cual, es un Plutón que aflora al norte de Ipapure, y está compuesto por granodiorita color gris claro a verdoso pálido, compuesta por plagioclasa zonada, feldespato potásico en pocas cantidades, hornblenda y biotita como minerales máficos, pudiendo constituir así, una fase plagioclásica de un magma parental granítico. Ahora bien, si esta relación se comprueba química y geocronológicamente, estos dos cuerpos podrían llegar a tener el mismo origen magmático; constituyendo así, un posible plutón granítico que intrusiona a la secuencia sedimentaria y volcánica del jurásico, ya que la Granodiorita de Ipapure está datada como Cretácico.

### 5.1.2. Formación Rancho Grande

En lo que respecta a la Formación Rancho Grande, pese a que no se encontraron relaciones de campo entre esta y el Metagranito de Atuschón, RENZ (1960) y ROLLINS (1965) afirman que esta unidad reposa discordantemente sobre rocas ígneas, las cuales posiblemente pertenezcan al Metagranito de Atuschón.

Esta formación, como se explicó en capítulos anteriores, está cortada por diques de rocas volcánicas pertenecientes a las Volcánicas de Ipapure, así como también, se encuentra en contacto erosivo por debajo de dichas volcánicas en el cerro Guasosopo, además, ROLLINS (1965), asevera, que en el cerro Uipana, las relaciones estratigráficas de la Formación Rancho Grande con la Formación Uipana son de disconformidad; adicionalmente, en el mapa geológico realizado por RODRIGUEZ & LONDOÑO (2002), la Formación Rancho Grande está en contacto con la Formación Uipana, en las cercanías de Punta Espada (este de la Serranía de Macuira).

Por otra parte, las Volcánicas de Ipapure se encuentran confinadas al área de Ipapure, Uipana y Guasosopo, con lo que se puede inferir, que las rocas volcánicas que cortan a manera de dique, y reposan discordantemente sobre la Formación Rancho Grande, son más jóvenes que Rancho Grande, pero, posiblemente, contemporáneas la Formación Uipana.

Es bien sabido, que durante el límite Triásico-Jurásico, comenzó la separación de Pangea, en particular el norte de Suramérica, la cual generó una serie grabens con dirección NNE a N-S, en los cuales ocurrió la deposición de la Formación Rancho Grande, al norte, y la Formación La Quinta, al sur, y cuyos sedimentos, provienen de la erosión de un basamento levantado, ya que la composición general de las muestras analizadas, es de un 50%-50% de cuarzo y feldespato, y con una madurez textural de media a baja.

### 5.1.3. Volcánicas de Ipapure

La presencia de volcánicas en discordancia erosional sobre las areniscas de Rancho Grande, señala una actividad magmática importante, que cubrió la Formación Rancho Grande, topográficamente positiva al momento del vulcanismo.

Ahora bien, a estas rocas volcánicas, se le determinó, mediante petrografía, su composición dacítica (Fig. 82), a pesar que la clasificación petrográfica de estas rocas presenta la dificultad de estar basada en un número reducido de fenocristales constituyentes de la roca ( 50%, específicamente, 8%), sin embargo, al observar la matriz desvitrificada de estas rocas, se puede apreciar que contienen una cantidad considerable de esférulitas (aproximadamente un 15% a 20% en general), de lo cual se puede intuir que la matriz contiene una composición mucho más cuarzo – feldespática de lo que se refleja en la clasificación petrográfica, razón por la cual, es necesario realizar futuros análisis geoquímicos de estas rocas.

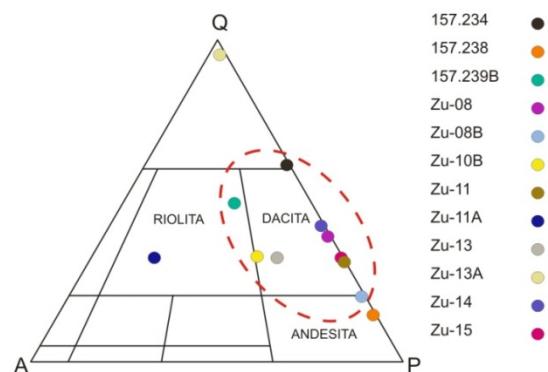


Fig. 82. Triángulo APQ para la unidad de Volcánicas de Ipapure. Nótese la concentración de puntos en la composición dacítica.

Si se toma en cuenta el trabajo realizado por URBANI *et al* (2006), en las Volcánicas de El Totumo, en el flanco oriental de la Sierra de Perijá, conformadas por latita cuarcífera, traquita, riolita y dacita, en líneas generales, se puede notar que las clasificaciones petrográficas de las muestras dieron como resultado latita y andesita, muestras que, por análisis geoquímicos de elementos mayoritarios y trazas, resultaron estar clasificadas como traquita y riolita (Tabla 7)

Muestra	Clasificación Petrográfica	Clasificación por análisis Químico
G-1	Feno-andesita	Traquita
G-2	Feno-andesita	Traquita
G-3	Feno-andesita	Riolita
G-4	Feno-andesita	Traquita
G-5	Feno-dacita	Riolita
G-6	Feno-latita cuarcífera	Riolita
G-7	Feno-latita cuarcífera	Traquita
G-8	Feno-latita	Riolita
G-9	Feno-latita	Traquita
G-10	Feno-latita cuarcífera	Riolita
G-11	Feno-latita cuarcífera	Riolita

Tabla 7. Comparación entre clasificaciones petrográficas y por análisis químico de las Volcánicas de El Totumo. Tomado y modificado de URBANI *et al* (2006).

De lo antes expuesto, se puede esperar, que, si se realizase un análisis químico a las muestras de las Volcánicas de Ipapure, estas pueden arrojar una composición riolítica a traquíctica, evidenciando un posible origen similar al de las Volcánicas de El Totumo, que poseen una edad similar a las Volcánicas de Ipapure.

Hipótesis 1: Si la composición química de las Volcánicas de Ipapure resulta corresponder a series calco-alcalinas, al igual que las de El Totumo, entonces, esta asociación traquita-riolita, corresponde a una asociación volcánica orogénica (tipo Andes Perú-Chile), donde el contenido de sílice abarca de un 45% a un 74%, y, si la orogénesis ocurre en un margen continental activo, no se observan cuerpos basálticos, sino de andesita, junto dacita y riolita; la andesita, generalmente, presenta fenocristales de hipersteno alterado a hornblenda y biotita. Esta hipótesis se ve sustentada al encontrarse en muestra de

mano, algunos fenocristales de algún mineral oscuro, totalmente alterado (Fig. 83), que, en sección fina no se pudo apreciar.

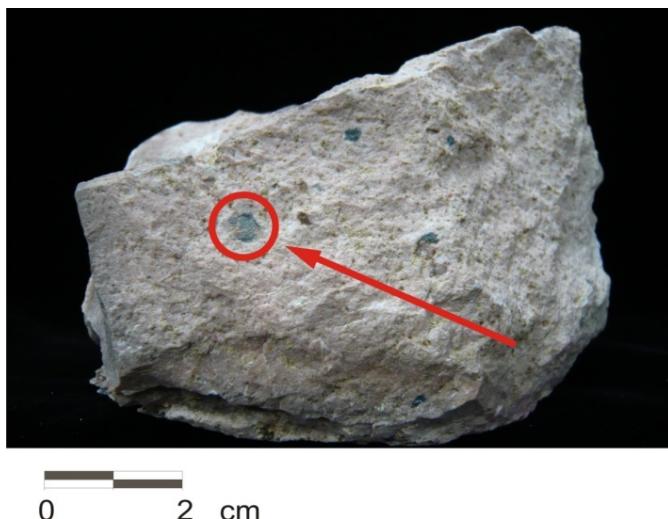


Fig. 83. Feno-dacita con fenocristales de posible mineral máfico muy alterado. Nótese el hábito subhedral del mismo. Muestra Zu-10B.

Sin embargo, no hay evidencia de alguna alineación posible estructuras volcánicas correspondientes, además, en la región, no se encuentran relieves tan abruptos como los encontrados en los márgenes activos.

Hipótesis 2: si del análisis químico de las rocas volcánicas, estas resultasen estar asociadas a series alcalinas, con contaminación de corteza continental, entonces pudiesen estar relacionadas a un magmatismo generado en zonas intraplaca, donde ocurre un proceso de rift continental, que se caracteriza, en parte, por la generación de magmas riolíticos, con asociaciones traquita-riolita, por la anatexis de la corteza continental que atraviesa el magma mantelar.

Esta hipótesis se ve sustentada por la depositación de la secuencia de capas rojas característica de estos ambientes de rifting, sin embargo, no explica la topografía positiva que tenía la Formación Rancho Grande al momento de depositarse las rocas volcánicas, además de no encontrarse reportado cuerpos de basaltos de edad jurásica.

No obstante, si tomamos en cuenta que el proceso de formación de rifting en Venezuela, fue relativamente rápido, se puede decir que la tasa de sedimentación de la Formación Rancho Grande fue bastante rápida, lo suficiente para consolidar esos sedimentos, convertirlos en roca en muy corto tiempo y ser sometidos a levantamiento y erosión.

## 5.2. ISLA DE TOAS

La Isla de Toas, como se explicó en el capítulo III, está compuesta por rocas sedimentarias e ígneas, tanto plutónicas como volcánicas, cuyos contactos no están claros, mayormente, por la falta de afloramientos, a pesar que esta isla está bien estudiada por las empresas petroleras existentes en el país a lo largo de la historia.

Las rocas sedimentarias están agrupadas, de más antiguas a mas jóvenes, en las formaciones La Quinta, Río Negro, Apón, Guasare, Marcelina, y Misoa.

La roca plutónica no se encuentra asignada formalmente a ninguna unidad litológica, a pesar de presentar similitudes litológicas con la roca ígnea que compone el basamento, y reservorio de hidrocarburo del Campo Mara (GUARIGUATA 1959), al oeste de Maracaibo; razón por la cual, es posible asignarle el nombre de Metagranodiorita de Toas.

Los minerales constituyentes de la Metagranodiorita de Toas, se presentan bastante fracturados, otorgándole así una textura cataclástica a la roca, específicamente en las muestras Zu-19 y Zu-30, mientras que la Zu-23 no se aprecia dicha deformación de los granos, observándose bastante intacta, con lo cual se infiere, que esta unidad que ha sido sometida a deformación frágil en ciertos puntos de la isla.

En el punto de recolección de la muestra Zu-19, que se encuentra ubicado en el extremo oriental de la isla, en una zona intensamente cizallada (Figs. 84 y 85), se halla una roca muy diferente, extremadamente diaclasada y meteorizada, que incluso se observa una estructura que da la impresión de ser un xenolito de alguna roca posiblemente sedimentaria metamorfizada.

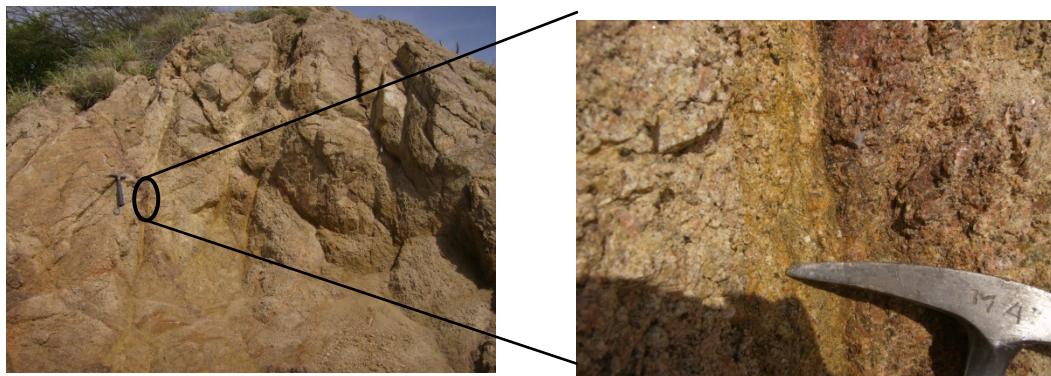


Fig. 84. Zona de cizalla en extremo este de la isla. Punto Zu-19

Fig. 85. Zona de cizalla en extremo este de la isla, cárcava generada en zona intensamente diaclasada. Punto Zu-19.

El punto Zu-30, se encuentra muy cerca del contacto con la Formación Río Negro, y, pese a que en los trabajos previos se indica este contacto como discordante, y en los afloramientos no se observaron otras evidencias de falla, ni de cizalla, que las vetas llenas de barita, la textura cataclástica de esta muestra revela que se encuentra en una zona de cizalla, o muy cerca a ella, además, la diferencia topográfica, y la geometría del contacto, observado a través del mapa geológico, sugieren que debe haber alguna estructura tectónica que ponga en contacto, la unidad sedimentaria Cretácica, con la unidad ígnea Triásica. De lo expuesto anteriormente, se puede inferir, que dicha estructura tectónica sea un corrimiento con buzamiento hacia el sur, que, de igual manera, coloca en contacto a la Formación La Quinta con la Formación Apón.

En lo que respecta a las rocas volcánicas, estas cortan la metagranodiorita en forma de diques y apófisis; en campo, la mayoría presentan forma irregular, y de todos los cuerpos vistos, sólo en el punto Zu-21, se pudo apreciar zona de enfriamiento; mientras que en los demás, el contacto se presenta bastante abrupto, y con apariencia deformada, no obstante, esta deformación no se observó en las secciones petrográficas.

La composición de estas rocas, por análisis petrográfico, es basáltica, para las máficas; y andesítica y dacítica para las félasicas, lo que ubica, la mayoría de las rocas en el vértice del basalto del triángulo APQ para volcánicas (Fig 86.), sin embargo, a estas rocas es

recomendable realizarles un análisis químico de elementos mayoritarios, y trazas, que complemente los resultados de la petrografía, ya que existe una dificultad intrínseca con este análisis, porque esta clasificación se realizó en base a 50% de cristales constituyentes de la roca (aproximadamente 8% en promedio).

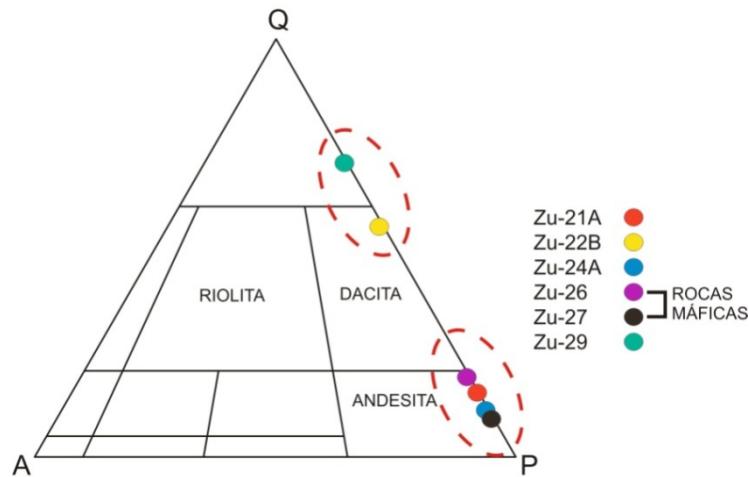


Fig. 86. Triángulo APQ de volcánicas, nótese la concentración en el vértice de plagioclasa de las muestras estudiadas.

PINDELL *et al* (2007), propone para el borde norte de Suramérica, un proceso de doble subducción con polaridad invertida, donde, la primera, corresponde a una subducción amagmática, hacia el sur de la corteza protocaribeña, conformada por un brazo occidental de la dorsal Atlántica. Esta corteza protocaribeña, casi al mismo tiempo, fue sobre corrida en sentido W-E por la placa Caribe, originando así las dos subducciones de polaridad invertida (Fig. 87).

Por otra parte BAYONA (2008 en URBANI 2008, comunicación personal), propone que en la zona de Santa Marta, dicha subducción si produjo magmatismo durante en Eoceno.

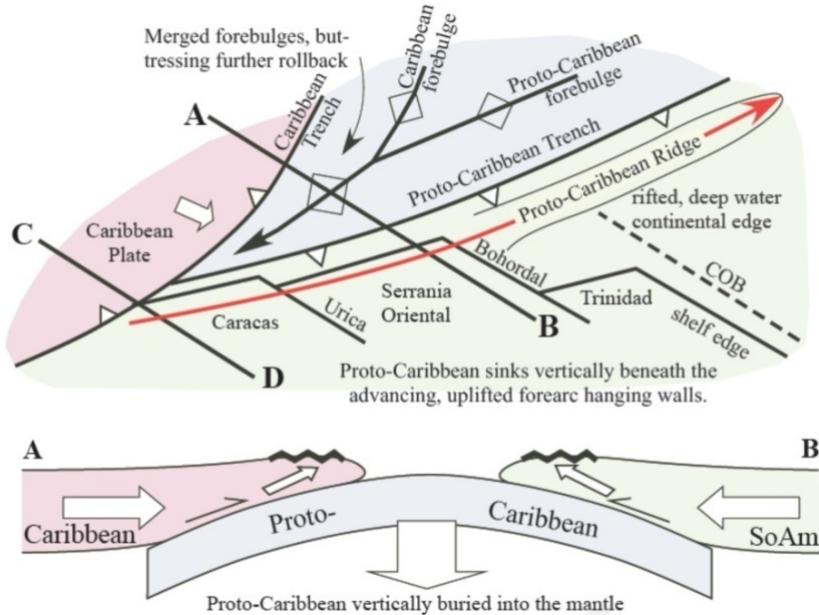


Fig. 87. Modelo de choque de dos subducciones con polaridad invertida. Tomado y modificado de PINDELL *et al* (2007).

Según el modelo de PINDELL *et al* (2007), el arco caribeño comenzó a desplazarse por el norte de Suramérica alrededor de 65 Ma, llegando a pasar por el norte del actual lago de Maracaibo hace aproximadamente 49 Ma (Fig. 88), coincidiendo con la deposición de la Formación Misoa. En la figura 88 se puede apreciar gráficamente lo antes expuesto, donde, las líneas verdes corresponden a la ubicación aproximada del límite del arco insular caribeño, con sus respectivas edades en Ma en el recuadro, la línea azul representa la configuración de Suramérica con respecto a Norteamérica en el Maastrichtiense, y la línea negra marca el límite surero de las obducciones alcanzadas por el paso del arco insular caribeño.

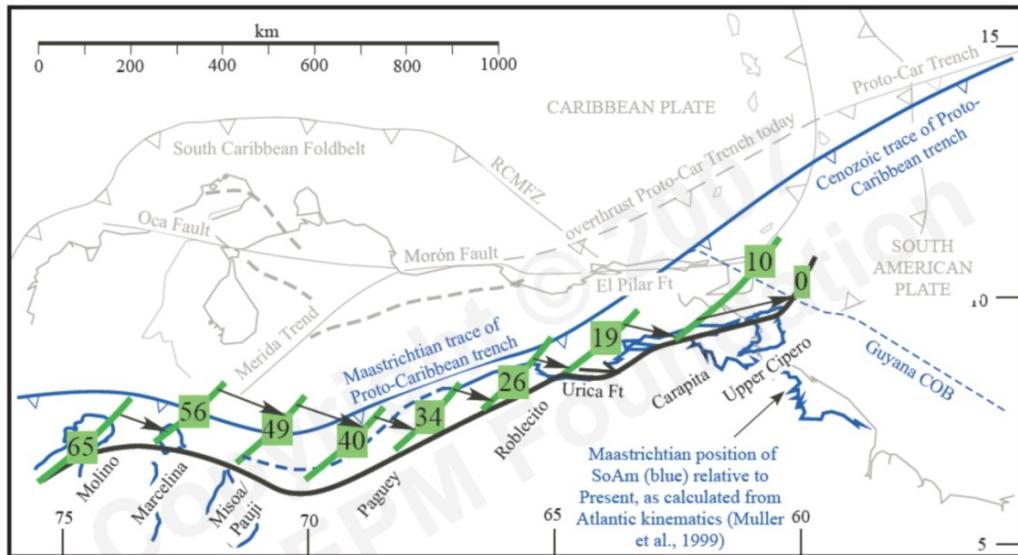


Fig. 88. Módelo de colisión y migración de la placa Caribe respecto a Suramérica. Tomado de PINDELL *et al* (2007).

Si se realiza un análisis químico de estas rocas volcánicas, sobre todo a las rocas basálticas, y este da como resultado una afinidad tholeítica, estas rocas pudiesen tener dos posibles orígenes:

Hipótesis 1: un magmatismo originado por un adelgazamiento cortical de la corteza continental, generado por la ocurrencia de una zona de expansión incipiente, lo que ocasiona, que se produzca un aumento drástico del gradiente en la zona más deprimida, generando una fusión parcial de esta corteza, formando magmas félsicos, muy posiblemente alcalinos, acompañados por magmas máficos tholeíticos. Estos dos fluidos, por su naturaleza tan radical, son inmiscibles, lo que explicaría esa asociación en la isla, teniendo así, un origen similar a los diques basálticos de Falcón Central (GRANDE 2005).

Esta hipótesis se ve refutada, por el hecho, que en la zona no se ha conseguido estructuras volcánicas como las conseguidas en Falcón central, y enumeradas en GRANDE (2005), además de que las características petrográficas descritas por el autor mencionado, no se asemejan con las descritas en este trabajo.

Hipótesis 2: basada en la propuesta de BAYONA (2008, en URBANI 2008, comunicación personal), donde, el Protocaribe, en su proceso de subducción por debajo de Suramérica, logra generar magmatismo, seguramente basáltico tholeítico, el cual, en su ascenso a la superficie, funde parte de la corteza continental, generando magmas félidos, con afinidad calco-alcalina, los cuales se emplazarán en superficie, al igual que los magmas basálticos, llenando las fracturas generadas en el basamento granodiorítico.

Esta última hipótesis propuesta se ve apoyada por dos factores muy importantes que no se pueden dejar a un lado, 1) el hallazgo de capas de cenizas interestratificadas en el miembro superior de la Formación Misoa, de edad Eoceno, en el flanco oriental de la Sierra de Perijá, por BAYONA *et al* (2007), 2) los circones detritales encontrados en las diferentes secuencias de flysh y wildflysh del norte de Suramérica, que presentan un prominente pico de edades Eocenas, indicando un evento magmático en esa edad (NOGUERA *et al.* 2008).

Este evento magmático pudiera haber sido el causante de la presencia de prehnita dentro de cristales de plagioclasa, y las vetas de barita encontrada en la Metagranodiorita de Toas. Este magmatismo, pudo elevar el gradiente de la zona considerablemente, con lo que se potenciaría la circulación hidrotermal a través de las fracturas, ocasionando la alteración de la plagioclasa, haciendo que el basamento sufra un metamorfismo de muy bajo grado, en la facies de prehnita-pumpellyta; así como precipitar barita en las fracturas de la granodiorita.

Ahora bien, durante el proceso del choque de la placa Caribe contra Suramérica, como se mencionó anteriormente, fue sobrepresionado el basamento ígneo que aflora en la isla, fracturándolo, de manera tal, que siguiendo el modelo de Wilcox para deformaciones asociadas a una falla principal, se tiene que las fallas originadas en la Granodiorita de Toas, corresponden a fallas del tipo Riedel Sintético y Antitético, así como sus fallas especulares asociadas, y fallas normales paralelas al esfuerzo principal, como se puede demostrar en la figura 89, donde la falla principal es la falla de Oca, su Riedel Sintético y Antitético, son las líneas roja y morada respectivamente, con sus fallas especulares en líneas segmentadas, y la dirección del esfuerzo principal, representada por la línea perpuntada negra.

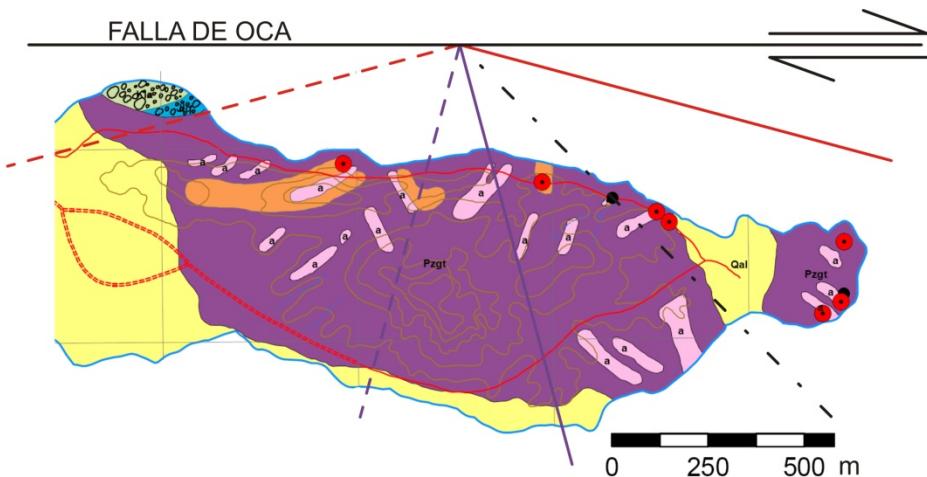


Fig. 89. Modelo de Wilcox para la Isla de Toas. Nótese el pseudoparalelismo entre los diques de volcánicas, en colores rosado y naranja, a las diferentes fallas asociadas.

Con lo expuesto anteriormente, se puede explicar el emplazamiento de estas rocas volcánicas con esa orientación preferencial, y la falta de deformación que presentan; lo que constituye una evidencia que sustenta la última hipótesis propuesta.

Adicionalmente, este estado de esfuerzos originado por la falla de Oca, dio pie a que las rocas sedimentarias del Cretácico, se sobrecorrieran sobre el basamento granodiorítico, y sobre las formaciones Marcelina y Misoa, más recientemente.

### 5.3. MONJES DEL SUR

Estas islas comprenden una litología muy uniforme a lo largo de ellas, la cual, como se expuso en el capítulo IV, está compuesta por rocas anfibólicas, con un contenido mayor al 70% de anfíbol verde – azul, posiblemente barroisita, con porcentajes no mayores al 20% de plagioclasa, y cuarzo, indicando un protolito ígneo, de composición máfica a ultramáfica.

Los minerales constituyentes de estas rocas son, en orden de abundancia, anfíbol verde-azul, cuarzo, plagioclasa, y algunos cristales de posible piroxeno completamente transformados a esfena y magnetita, separándose en dos grandes grupos, rocas de grano

medio a fino, y rocas de grano medio a grueso, lo que conduce a pensar que estas rocas tuvieron unos protolitos máficos de diferente textura, desde gabro, posiblemente diabasa y basalto, así como posibles rocas ultramáficas.

Al examinar con detenimiento la mineralogía y textura de estas rocas, se puede interpretar que, podrían provenir de una secuencia de piso oceánico (Fig. 90), y si tomamos en cuenta el trabajo realizado por PINDELL (2007), explicado anteriormente en la sección 5.2, esta secuencia probablemente pertenezca a la placa Caribe, o bien sea, un trozo del protocaribe adosado sobre la placa caribeña.

Ahora bien, si se realizase un análisis químico de estas rocas, estas podrían presentar afinidades químicas opuestas, teniendo así dos orígenes diferentes.

*Hipótesis 1:* si estas rocas resultasen poseer una afinidad tholeítica, entonces, el origen de estas rocas correspondería al protocaribe subducido por debajo de la placa suramericana y caribeña, obducido sobre esta última.

*Hipótesis 2:* si la geoquímica de estas rocas, resulta ser compatible a una serie calco-alcalina, muy posiblemente, se trate en un trozo de la corteza de la placa Caribe levantado, ya que esta presenta un magmatismo calco-alcalino.

La presencia de anfíbol verde-azul, que no es más que barroisita y estilpnomelana en una de las muestras (alrededor del 10% en la M-15), sugiere un metamórfimo en la facies de la anfibolita epidótica, lo que implica una relación P/T de intermedia a alta. Lo antes mencionado se traduce, en un posible ambiente metamórfico, de subducción, específicamente, en un prisma de acreción, que luego fue emergido por la última configuración de esfuerzos adquirida por el Caribe hace 10 Ma (PINDELL 2007).

Las rocas emplazadas, mediante el mecanismo antes expuesto, y a juzgar por el poco contenido de plagioclasa de la mayoría de las muestras, pudieron provenir de una mezcla de

diferentes zonas de la secuencia de piso oceánico (Fig. 90), pudiendo ser estos protolitos agrupados en dos grupos, siguiendo el patrón mostrado en la figura 90:

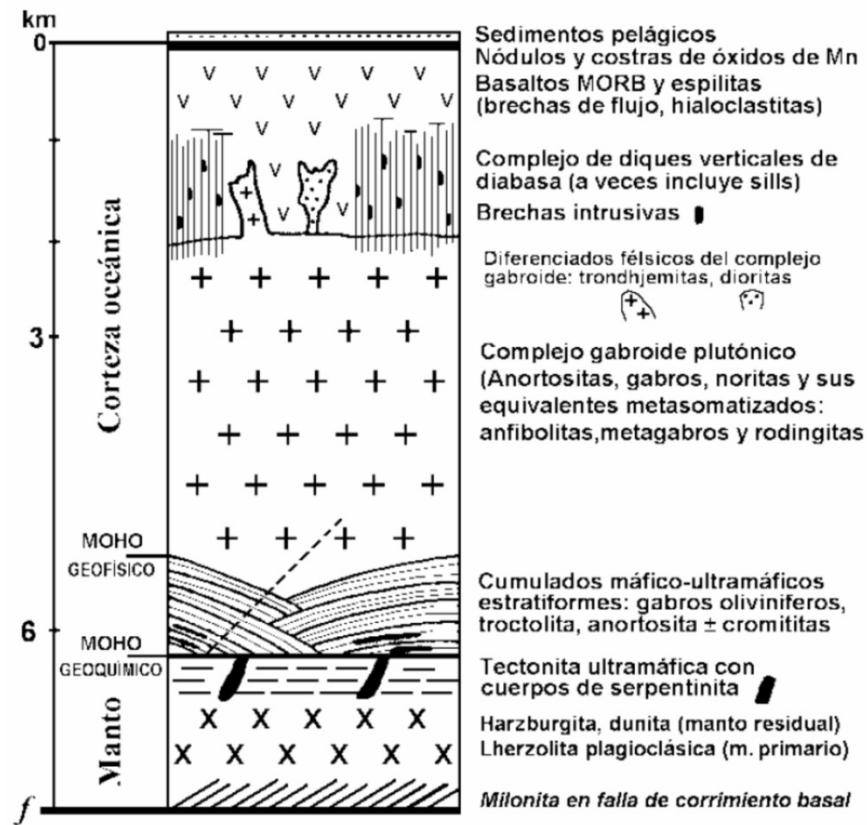


Fig. 90. Secuencia generalizada de piso oceánico. Tomado de GRANDE (2005).

Para las muestras de grano grueso: gabros, noritas de la parte media de la secuencia; y cumulados máficos de la parte baja de la secuencia.

Para las muestras de grano fino: basaltos MORB, diques de diabasa, komatitas y picritas en general.

De las muestras estudiadas, existe un grupo sin foliación, y otro con foliación nematoblástica (Tabla 6). En el grupo con foliación, se puede distinguir que existen una serie de cristales de anfíbol orientados de manera oblicua a perpendicular a la foliación, los cuales, probablemente, sean relictos de alguna foliación anterior, o bien, sean producto de la generación de una nueva foliación, en la figura 91 se puede apreciar el proceso de generación de una segunda generación (dirección N-S), a partir de una perpendicular

(dirección E-W); ahora bien, si se toma en consideración la primera hipótesis, las rocas en cuestión, podrían estar en la fase 4 del diagrama, en cambio, si se considera, la segunda hipótesis, estas rocas pudiesen estar en la fase 2.

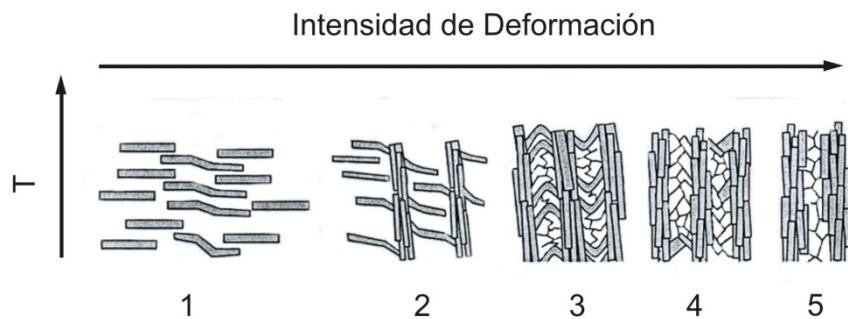


Fig. 91. Diagrama de episodios de generación de una segunda generación de foliación (S2), a partir de una primera generación (S1). Tomado y modificado de CEES (2005).

La primera hipótesis planteada, se ve argumentada al comparar el diagrama anterior, con las observaciones petrográficas, ya que son muy pocos los cristales que se encuentran orientados oblicuamente a la foliación general, (Fig. 92).

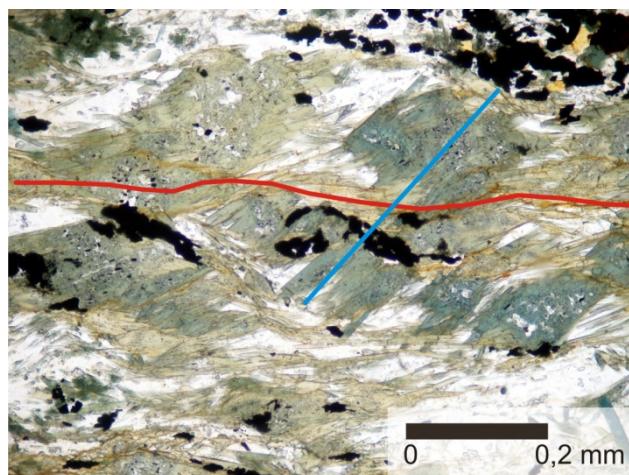


Fig. 92. Relicto de una primera foliación S2 (línea azul), cortados por una segunda foliación (S2) mucho más prominente (línea roja).

Muestra M-09, Foto en N=.

Estas dos generaciones de foliación, se deben a dos fases de deformación diacrónicas, las cuales pueden ser explicadas, con base en el trabajo de PINDELL (2007), donde, muy posiblemente, al chocar la placa Caribe con el protocaribe, se generó una deformación en

esas cortezas, que pudo haber dado pie a la primera generación de foliación (S1), pero, cuando cesa ese choque, comienza el choque entre la placa Caribe y la Suramericana, dando comienzo a la subducción caribeña en sentido E-W, y al cinturón de deformación del Caribe, dio pie a la formación de la segunda generación de foliación (S2) en sentido casi E-W, coincidiendo con el esfuerzo originado por el choque entre placas (Fig. 93)

Como se puede percibir, en las figuras 93 y 94, el esfuerzo generador de S2 (flecha roja), tiene una dirección NNE aproximadamente, y si se toma en cuenta, que S1 forma un ángulo casi perpendicular con S2, se puede decir que el esfuerzo generados de S1, tiene una dirección casi E-W (flecha azul), corroborando lo expuesto anteriormente.

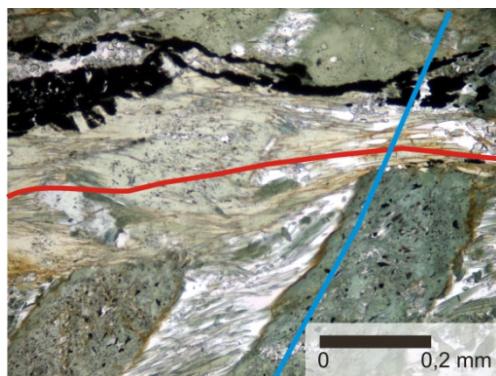


Fig.93. Dos direcciones de foliación, S1 en línea azul, y S2 en línea roja.  
Muestra M-14B. Foto en N=.

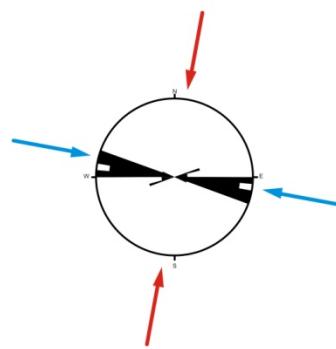


Fig. 94. Diagrama de rosetas de dirección, con direcciones de esfuerzos formadores de foliación, siendo la flecha roja para S2 y la azul para S1.  
Comoparar con figura 86.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. PENÍNSULA DE LA GOAJIRA

En base a las informaciones de trabajos previos, y las observaciones de campo realizadas, se propone asignarle el nombre de Metagranito de Atúschen, al tipo litológico de granito feldespato alcalínico, que presenta semjanzas con algunas de las litologías de la Granulita de Los Mangos, aflorante en la loma del mismo nombre, ubicada al NE de la población de Cojoro, Península de la Goajira. De esta manera, se recomienda realizar un trabajo de datación geocronológica que corrobore las hipótesis propuestas en este trabajo.

Se interpreta que las Volcánicas de Ipapure se depositaron sincrónicamente a la Formación Uipana de ambiente continental, durante el Jurásico, de manera discordante sobre la Formación Rancho Grande, de ambiente continental, depositada durante la transición Triásico – Jurásico, en una zona de rift continental.

Presumiblemente, el ambiente tectónico que dio origen a las Volcánicas de Ipapure, es correspondiente a un magmatismo intraplaca, conformado por un magmatismo de rift debajo de corteza continental, que genera series magmáticas alcalinas, cuyo magma pudo estar contaminado por la fusión parcial de la corteza continental que atravesó. Probablemente, estas volcánicas estén asociadas a las Volcánicas de El Totumo, ya que presentan un rango de edad probablemente muy parecida, por lo que se puede concluir, que posiblemente, esta actividad magmática, está ligada al proceso de rift continental que sucedía para el momento.

Se recomienda realizarle geoquímica a estas rocas volcánicas, para así determinarles los elementos mayoritarios y trazas, con la finalidad de establecer a qué serie magmática están asociadas. Además, se debe ejecutar un examen geocronológico en los circones presentes en estas rocas, con el objetivo de poder corroborar, junto con la data geoquímica, las hipótesis planteadas.

## 6.2. ISLA DE TOAS

La Isla de Toas está compuesta por rocas sedimentarias e ígneas, donde, las sedimentarias se encuentran confinadas a los flancos norte y sur de la isla, y, que por la actividad de la falla de Oca, las sedimentarias del flanco sur, se encuentran sobrecorriendo al cuerpo de metagranodiorita central.

Se le asigna el nombre de Metagranodiorita de Toas, al cuerpo ígneo, metamorfizado que aflora en la isla, ocupando su valle central y zona este.

El metamorfismo sufrido por esta granodiorita es de dos tipos, el primero, es del tipo cataclástico, originado por la actividad de la falla de Oca, el segundo, es metsomatismo en la facies prenhita – pumpellita, la cual está generada por la circulación de fluidos hidrotermales asociados a la actividad magmática que formó las intrusiones volcánicas en dicha granodiorita, la cual, a su vez es responsable de la precipitación de barita en las fracturas de la granodiorita.

Las intrusiones volcánicas, al no presentar estructuras de deformación, son de edad más joven, presumiblemente, que la falla de Oca (Oligoceno a Mioceno posiblemente), que, al fracturar la granodiorita, generó un patrón de fracturas que siguen el modelo de Wilcox, y las cuales, muy posiblemente, fueron rellenadas por el magma en su ascenso a la superficie.

El mecanismo propuesto para la generación de esos diques de rocas volcánicas, principalmente andesita y basalto, es, presumiblemente, por medio de un magmatismo originado por la subducción del Protocaribe, por debajo de Suramérica, tal como lo propone BAYONA (2008 en URBANI 2008, comunicación personal), en donde, ese magma basáltico, tholeítico funde parte de la corteza continental granodiorítica, formando otro magma, de composición intermedia, que, gracias a su inmiscibilidad, fue emplazado en esas fracturas junto con el magma tholeítico.

Por último, se recomienda, realizar dataciones U-Pb los en circones constituyentes de las rocas volcánicas, con el fin de corroborar la hipótesis de emplazamiento propuesta para estas rocas volcánicas.

Igualmente, se recomienda realizar geoquímica en estas rocas, ya que no se cuenta con datos químicos de elementos mayoritarios y traza, que indiquen afinidad tectónica de las mismas.

Por otra parte, se recomienda realizar estudios de microtectónica en las rocas aflorantes, con la finalidad de obtener una mejor comprensión de la actividad de la falla de Oca, así como su relación con el emplazamiento de las rocas volcánicas.

### **6.3. MONJES DEL SUR**

El proceso de formación del Archipiélago de los Monjes luce bastante sencillo. El anfíbol de composición barroositica podría señalar a un metamorfismo regional de la facies de la anfibolita epidótica, generada, muy posiblemente en un ambiente de subducción, en la zona de prisma de acreción.

La mineralogía constituyente de estas rocas es típica de protolitos máficos a ultramáficos, los cuales, por su distribución textural, provienen de un trozo de corteza oceánica emplazado en superficie.

Mediante el estudio de las dos generaciones de foliaciones (S1 y S2) que presentan estas rocas, su pudo determinar, que la S1 posiblemente fue generada en un estado de esfuerzo pseudoperpendicular al estado de esfuerzos actual, es decir, un estado de esfuerzos de dirección casi E-W, con lo que se puede concluir, que probablemente, el primer estado de esfuerzos fue ocasionado durante el paso del arco de islas caribeño, por el occidente de Venezuela, y, el segundo y último estado de esfuerzos, se dio, al formarse el cinturón de deformación caribeño, el cual, es la expresión morfológica, de la subducción hacia el sur de la placa del Caribe.

Se recomienda realizar análisis químicos de diversas índoles, para poder comprobar el origen de estas rocas, así, generar un modelo petrológico más adecuado para la generación de la meseta caribeña.

## BIBLIOGRAFÍA

ALBARRACIN J. 1.989. Isla de Toas, su origen.*VII Congreso geológico Venezolano*; Sociedad Venezolana de Geologos, Barquisimeto, 1989, *Bol. Geol., Public. Esp.*, 1: 12-18.

BAYONA G. 2007. Procesos orogénicos del Paleoceno para la Cuenca de Ranchería (Guajira, Colombia) y áreas adyacentes definidos por análisis de procedencia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Geología colombiana N° 32, inédito. pp 21-46.

BELLIZZIA A, C. M. BELLIZZIA, H. PERÉZ & M. GRATEROL. 1973. Tercera exploración Científica al Archipiélago de los Monjes. *Separata del Bol. de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*. 21(130-131)

BELLIZZIA A, CARMONA C. & M. GRATEROL. 1969. Reconocimiento geológico de las islas Monjes del Sur (Archipiélago de los Monjes), Venezuela. *Dirección de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos*. 10: 20(130-131)

BLACK J. R. 1957. *Geology of the Goajira Peninsula, Colombia and Venezuela*. The Carter Oil Company. EP-23872. Informe inédito.

CEES W P. & RUDOLPH A. J. 2.005. *Microtectonics*. Río de Janeiro. Springer Ed. Segunda edición. 366p.

DASH L. 1.982. U-Pb Geochronology of the Sierra de Perijá, Venezuela. Case Western University. PhD (Publicado en *Geos*, UCV, Caracas. 39: 193 + 185p. en CD, 2007).

GILLESESPY M. & STYLES M. 1999. *Classification of igneous rocks*. Bristish Geological Survey Research Report Volumen I., 2<sup>nd</sup> Edition. RR 99-06 1:52 p.

GRANDE S. 2005. *Guía del curso de Petrología*. UCV. Fac. Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Caracas. Inédito.

GRANDE Sebastian. 2005. Rocas Volcánicas de Falcón Central: caracterización geoquímica y tectónica, modelos propuestos. *Geos* (UCV, Caracas) 38: 12 + 25p. en CD.

GUARIGUATA R.C. 1958 Prucción Petrolifera del Basamento en el Oeste del Lago de Maracaibo. *III Cong. Geo. Venezolano*. 1960. Caracas. 3: 985-1013.

HALLSWORTH C. R, and Knox, R. W. O'B. 1.999. *Classification of sedimentary rocks*. Bristish Geological Survey Research Report Volumen I., 2<sup>nd</sup> Edition. RR 99-03 1:44 p.

IDEAM – INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. 2002. *Unidades geomorfológicas del territorio colombiano*. <http://www.ideam.gov.co/publica/unidegeom/unidegeom.pdf>. Consulta junio 2008.

JACQUES Mercier y PIERRE Vergely. 2.004. *Tectónica*. México. Limusa-Noriega Editores. 1era Edicion. 250 p.

LOPEZ E. 2005. *Evolución Tectónica de la Región Caribe de Colombia*. Instituto Colombiano de Geología y Minería. Bogotá, Colombia. Informe inédito.

NOGUERA Mariela. 2008. *Detrital Zircon Geochronology of Paleocene/Eocene turbidites from Venezuela and of fshore islands: Implications for Late cretaceous subduction initiation along the leewards ard islands and ave Ridge*. II Jornada Venezolana de Geología de rocas igneas, Metamorficas, UCV, Caracas. GEOS N° 40, En Prensa.

PIMENTEL N. 1973. Falla de Oca: Isla de Toas y San Carlos. *Mem. Men. II Cong. Latinoamericano de Geol.* 1975. Caracas, 1: 326-338.

PINDELL James & Lorcan KENNAN. 2007. *Cenozoic Kinematics and dynamics of oblique collision between two convergent margins: the Caribbean South America collision in Eastern Venezuela and Trinidad*. In: L KENNAN, J PINDELL & N. ROSEN, Eds. *The Paleogene of the Gulf of Mexico and Caribbean Basins; Processes, Events, and Petroleum Systems*. Proceedings. 27<sup>th</sup> Bob F. Perkins Resear Conference, Gulf Coast Section of the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Houston, Texas, pp. 458-553.

RENZ O. 1959. Geología de la parte sureste de la Península de la Goajira. *III Cong. Geo. Venezolano* Caracas, 1960, *Bol. Geol., Public. Esp.* 1: 317-346.

ROBERTSON S. 1.999. *Classification of metamorphic rocks*. Bristish Geological Survey Research Report Volumen I., 2<sup>nd</sup> Edition. RR 99-06 1:52 p.

ROD Emile. 1956. Strike-Slip faults of Northern Venezuela. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*. 40(3): 457-475.

RODRÍGUEZ G. & LONDOÑO A. C. 2002. *Mapa Geológico de la Península de la Goajira, Geología, recursos minerales, y amenazas potenciales*. Instituto de investigación e información geocientífica, minero-ambiental y nuclear. Medellín, Colombia. Informe inédito.

ROLLINS John F. 1960. *Stratigraphy and estructure of the Goajira Peninsula, northwestern Venezuela, and northeaster Colombia*. University of Nebraska. Ph.D.(Publicado en *Geos* 39: 199+319p, en CD, 2007).

URBANI F. 2006. Notas petrológicas sobre las “rocas Volcánicas de El Totumo”, Sierra de Perija, estado Zulia. *Geos* (UCV, Caracas) 39: 15+1 p, en CD.

## APÉNDICE A: DESCRIPCIONES DE CAMPO

### B.1. PENÍNSULA DE LA GOAJIRA

- B.1.1. Metagranito de Atúschon.
- B.1.2. Formación Rancho Grande.
- B.1.3. Volcánicas de Ipapure.
- B.1.4. Formación Uipana.

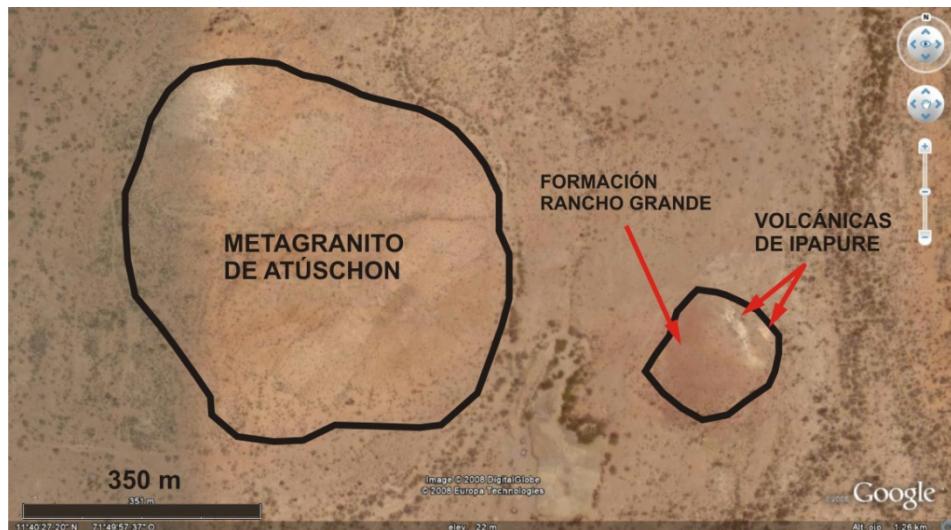
Para la realización del trabajo de campo en la Península de la Goajira, por razones de seguridad, se debió proceder a realizar labores de coordinación logística con el Ejercito Nacional, institución que facilitó gentilmente escolta, la cual consistió en cuatro efectivos del componente, así, como durante el primer día de labores, un vehículo blindado (B.1) que nos acompañase durante el recorrido a través de la frontera.



B.1. Vehículo blindado del Ejercito Nacional que prestó funciones de escolta en el área fronteriza.

#### B.1.1. METAGRANITO DE ATÚSCHÓN

**Observaciones de campo:** El Metagranito de Atúschón formando una loma de no más de 5 m de alto. La roca exhibe un bandeamiento claro oscuro muy grueso, bastante fracturado y presentando el mayor grado de meteorización en zonas de diaclasas; el estado general de la roca es bastante fresco. Los afloramientos están compuestos por bloques de diferentes tamaños. A lo largo de todo el tope de la loma se pueden encontrar cantos rodados, de rocas volcánicas de diferentes tipos de hasta 10 cm aproximadamente.



A.1. Loma Atúschon, y del lado este, los afloramientos de la Formación Rancho Grande. Tomado y modificado de Google Earth.

**Localidad:** Loma de Atúschón.

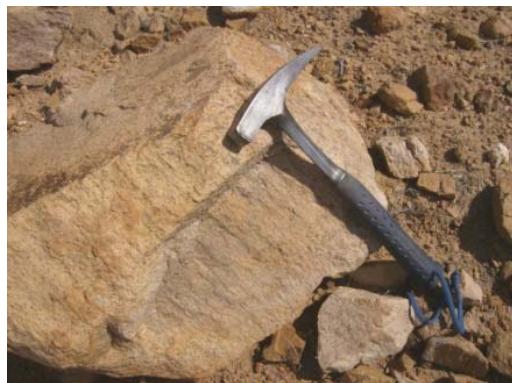
**Punto de observación:** Zu-01.

**Coordinadas:** E 191.246; N 1.292.421 (GPS, PSA56).

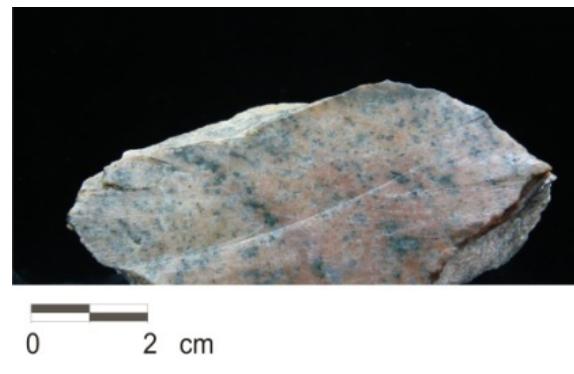
**Muestras:**

**Zu-01:** con bandeoamiento claro oscuro, y una mineralogía constituida por un 25% a 30% de cuarzo, un 60% de feldespato K y 15% de minerales formadores de índice de color, pudiendo ser hornblenda y/o biotita; la muestra de encuentra poco meteorizada, presentando un bandeoamiento claro oscuro bastante grueso como se muestra en las figuras A.2 y A.3. Color meteorizado marrón rosáceo, color fresco, rosado oscuro.

**Sección fina:** Zu-01.



A.2. Granito de Atúschón, con su aspecto bandeadado.



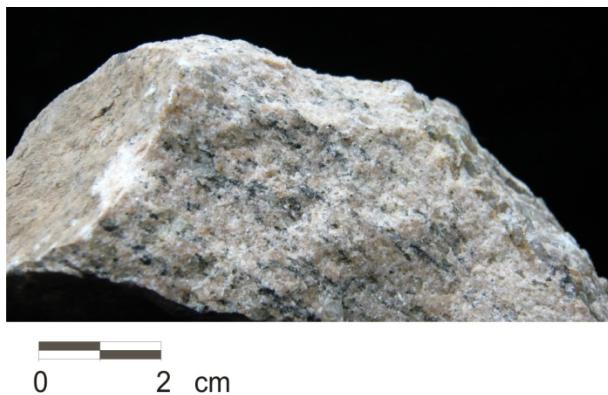
A.3. Muestra de mano.

**Punto de observación:** Zu-02.

**Coordenadas:** E 191189; N 1292493

**Muestras:**

**Zu-02:** Muestra, con aspecto bandeadado, compuesta por aproximadamente un 60% de feldespato K, 30% de cuarzo y 10% de hornblenda, biotita y otros minerales índice de color. Existe presencia de cristales de cuarzo de hasta 1 cm llenando una diaclasa paralela al bandeadamiento que presenta la roca (Fig. A.4). Color meteorizado marrón ocre, color fresco rosado.



A.4. Muestra de mano de.

**Punto de observación:** Zu-03.

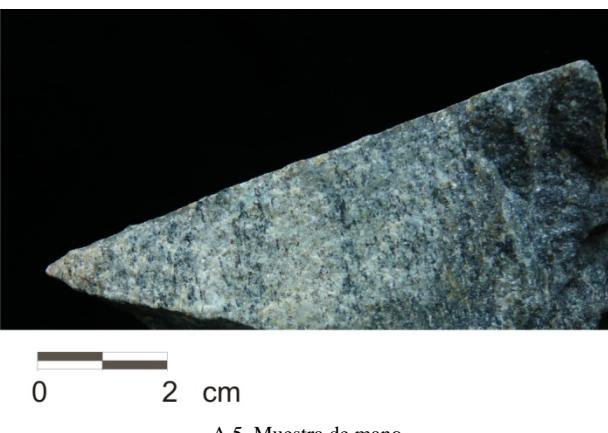
**Coordenadas:** E 191261; N 1292481

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en la ladera norte de la loma.

**Muestras:**

**Zu-03:** muestra presentando bandeadamiento, con gran cantidad de cuarzo (aproximadamente un 40% a 45%), feldespato K, posiblemente microclino (aprox. 25%), siendo el resto minerales indicadores de índice de color, probablemente biotita y hornblenda (aproximadamente un 30%), como se puede apreciar en la figura B.6. Color meteorizado gris marrón y el color fresco es gris oscuro (Fig. A.5); estas características fueron encontradas únicamente en este punto.

**Sección fina:** Zu-03.



A.5. Muestra de mano.

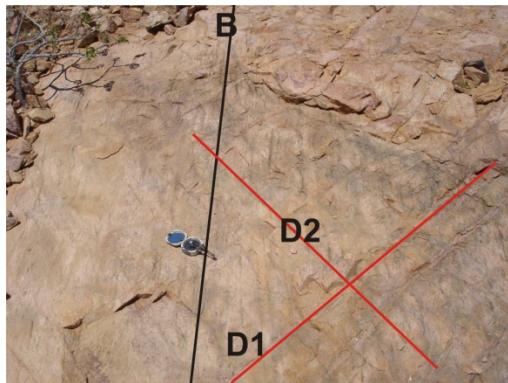
**Punto de observación:** Zu-04.

**Coordenadas:** E 191261; N 1292481.

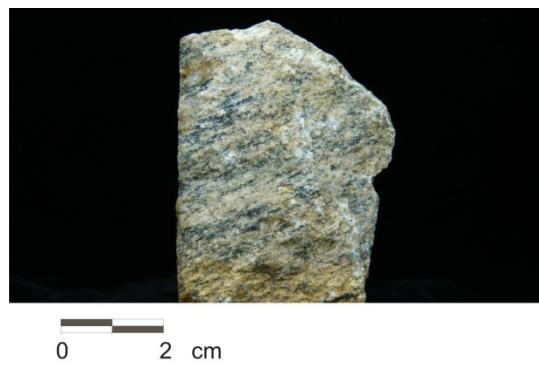
**Observaciones de campo:** Este punto está ubicado en la ladera norte de la loma y se pueden observar dos familias de diaclasas, que cortan a la dirección de bandeoamiento B, presentando la mayor meteorización en la familia de diaclasas D1, en comparación con la segunda familia D2 (Fig. A.6).

**Muestras:**

**Zu-04:** presenta bandeoamiento claro oscuro un poco más fino que los descritos anteriormente como se puede apreciar en la figura A.7, conformado por 25% de cuarzo, 45% a 50% de feldespato K y un 25% a 30% de minerales de índice de color, pudiendo ser, biotita y/o hornblenda. Color meteorizado marrón pardo, color fresco ocre con tonalidades negruzcas.



A.6. Afloramiento del granito bandeados.



A.7. Muestra de mano.

**Punto de observación:** Zu-05.

**Coordenadas:** E 191235; N 1292399

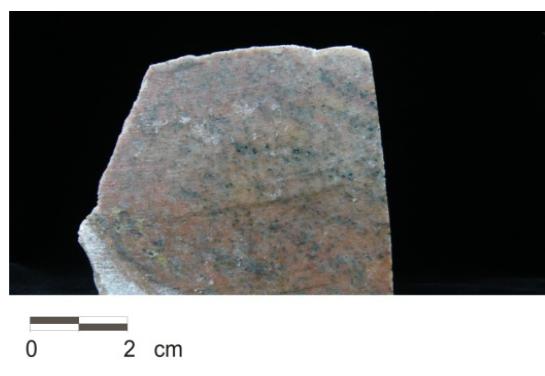
**Muestras:**

**Zu-05:** Muestra que se diferencia de las demás por su aspecto muy similar al de un granito alcalino (Fig. A.8), pero, al igual de la demás, presenta bandeoamiento bastante grueso, como se observa en la figura A.9. Está compuesta por cuarzo con aproximadamente 35%, feldespato potásico con 50%, y un 15% aproximado de biotita y minerales constituyentes del índice de color. Color meteorizado rosado rojizo, color fresco rosado oscuro.

**Sección fina:** Zu-05.



A.8. Afloramiento de bloque.



A.9. Muestra de mano.

**Punto de observación:** Zu-06.

**Coordinadas:** E 191263; N 1292398

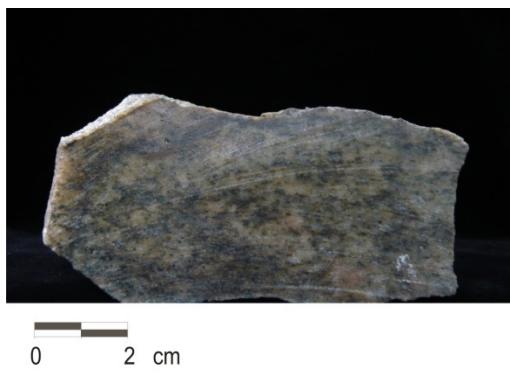
**Observaciones de campo:** Este punto está ubicado en la cresta de la loma, lugar en el cual la roca se encuentra más fresca, pero fracturada en bloques de varios tamaños (Fig. A.10).

**Muestras:**

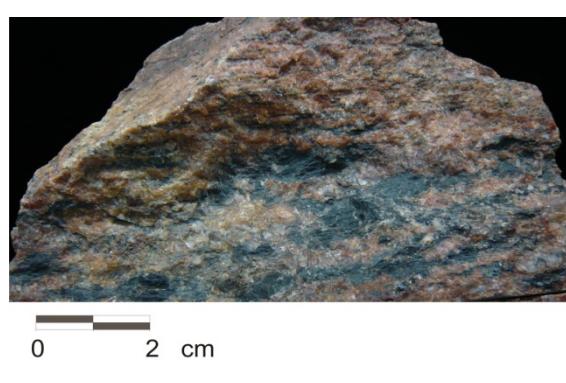
**Zu-06:** Metagranito de Atúschón, con presencia de bandeoamiento incipiente claro oscuro, compuesto por un 40% de feldespato K, 35% de cuarzo, y 25% de minerales de índice de color, muy posiblemente hornblenda. Color meteorizado marrón oscuro, color fresco marrón bronce.

**Zu-06A:** Muestra de la misma unidad, compuesta por un 20% de cuarzo, 50% a 55% de feldespato potásico, y un 25% a 30% de hornblenda, en cristales mayores a 2 cm (Fig. A.11), la cual está orientada, formando un bandeoamiento grueso. Color meteorizado rosado ocre y color fresco rosado.

**Secciones finas:** Zu-06 y Zu-06A.



A.10. Muestra de mano.



A.11. Muestra de mano.

### B.1.2. FORMACIÓN RANCHO GRANDE

**Localidad:** Loma de Atúschón (zona este) (Ver Fig. A.2).

**Punto de observación:** Zu-07.

**Coordenadas:** E 191629; N 1292350.

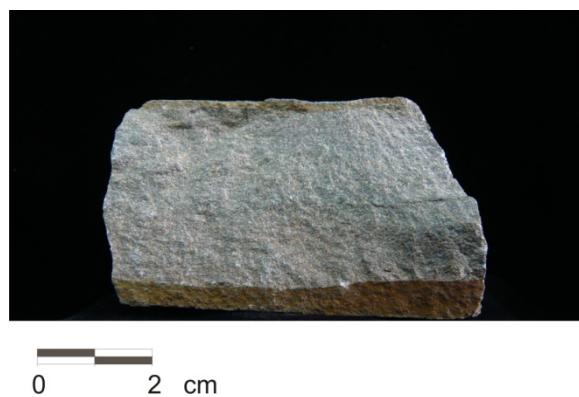
**Unidad:** Formación Rancho Grande.

**Observaciones de campo:** Afloramiento encontrado aproximadamente a unos 400 m al este de la loma Atúschón, cercano al cauce de un caño, a nivel del suelo, constituido por una arenisca color castaño oscuro.

**Mediciones:** Estratificación. N70°E18°N.

**Muestras:**

**Zu-07:** Arenisca de grano medio a fino, moderadamente bien escogida, con granos subredondeados. Se puede observar que la meteorización afecta hasta 5 mm dentro de la muestra (Fig. A.12). Color meteorizado castaño oscuro, color fresco marrón grisáceo.



A.12. Muestra de mano de arenisca correspondiente a la Formación Rancho Grande.

**Punto de observación:** Zu-08.

**Coordenadas:** E 191755; N 1292377.

**Unidad:** Formación Rancho Grande.

**Observaciones de campo:** Contacto intrusivo, como se puede apreciar en las figuras A.1 y A.13, entre arenisca color castaño oscuro, y dique de roca ígnea félscica de aproximadamente 8 m de ancho, y 100 m de largo visible. Afloramiento encontrado a nivel del suelo, aproximadamente a 70 m al este del punto anterior.

**Mediciones:** Contacto. N15° – 25°W78°N.

**Muestras:**

**Zu-08:** Roca volcánica félscica color blanco, con fenocristales de feldespato, bastante fracturada, con diaclasas paralelas al contacto con la arenisca, medianamente meteorizada (Fig. A.14).

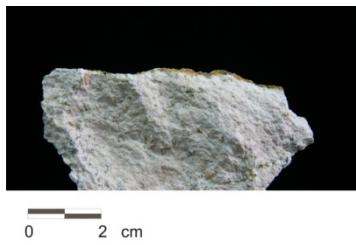
**Zu-08A:** Arenisca de grano medio a fino, color castaño oscuro, bastante fracturada, y medianamente meteorizada.

**Zu-08B:** Roca volcánica félscica color blanco, con fenocristales de feldespato, bastante fracturada, con presencia de bandeamiento, como se puede observar en la figura A.15, medianamente meteorizada.

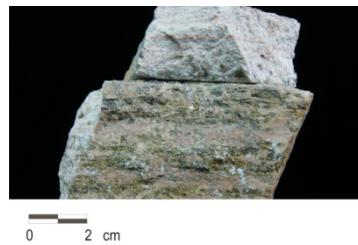
**Secciones finas:** Zu-08, Zu-08A, Zu-08B.



A.13. Detalle del contacto entre arenisca y roca volcánica félscica.



A.14. Muestra de mano de roca volcánica.



A.15. Misma roca ígnea, con bandeadimiento.

### B.1.3. VOLCÁNICAS DE IPAPURE

**Punto de observación:** Zu-09.

**Localidad:** Cerro Guasosopo (Zona Este, ladera sur).

**Coordinadas:** E 197384; N 1293953 (GPS, PSA56).

**Unidad:** Volcánicas de Ipapure.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en la cima este del cerro, y está constituido por roca volcánica félscica, bastante fresca y fracturada en bloques de diferentes tamaños (Fig. A.16).

**Muestras:**

**Zu-09:** Roca volcánica félscica, con textura porfidítica, con fenocristales de posibles anfíboles de hasta de 2 mm, con notable alteración, de color negro azulado, y matriz afanítica (Figs. A.17), dando la apariencia de cuarcita. Color meteorizado rosado oscuro, y color fresco rosado claro a blancuzco.



A.16. Afloramiento de roca volcánica .



A.17. Roca volcánica félscica .

**Punto de observación:** Zu-10.

**Localidad:** Cerro Guasosopo (Zona Este, ladera sur).

**Coordinadas:** E 197377; N 1294010.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en la ladera sur, extremo este del cerro, compuesto por roca volcánica félscica, bastante fresca y fracturada, con hebras de pirolusita, y con diferentes tonalidades de color debido a la meteorización (Fig. A.18); en general, la litología en este punto es bastante homogénea.

**Muestras:**

**Zu-10A:** Roca volcánica félscica, con fenocristales de cuarzo y feldespato medianamente alterado, así como cristales de posible anfíbol alterado color verde. La roca se encuentra medianamente meteorizada. Color meteorizado rosado oscuro, color fresco rosado claro.

**Zu-10B:** Misma roca volcánica félscica, con fenocristales de feldespato de hasta 3 mm, y de posible anfíbol alterado de hasta 5 mm. El estado de la roca es medianamente meteorizado con color meteorizado rosado oscuro, y color fresco rosado claro.

**Zu-10C:** Roca volcánica félscica con fenocristales de posibles cuarzo de hasta de 3 mm, y hebras de pirolusita originadas por la meteorización. Color meteorizado rosado marrón, color fresco, rosado oscuro.

**Secciones finas:** Zu-10B.



A.18. Afloramiento de roca volcánica félscica..

**Punto de observación:** Zu-11.

**Localidad:** Cerro Guasosopo (zona central, ladera sur).

**Coordenadas:** E 197066; N 1293710.

**Observaciones de campo:** Afloramiento constituido por roca volcánica félscica, bastante fresca, de color verdoso, que se encuentra entre la roca volcánica félscica color rosado a blanco (suprayacente) y arenisca de grano medio a fino color castaño oscuro. Embebido en esta roca, como se puede observar en la figura A.19, hay una especie de nódulos de color un poco más oscuros, de forma ovoide, y de aproximadamente 5 a 7 cm de longitud. El afloramiento se puede notar bastante fracturado.

**Muestras:**

**Zu-11:** Especie de nódulos (posiblemente aglomerado volcánico), de forma elipsoidal, color verde oscuro, de aproximadamente de 5 a 7 cm en su eje mayor, y 2 a 3 cm en su eje menor, con fenocristales de ortosa de hasta 2 mm, y un núcleo posiblemente de cuarzo (Fig. A.20).

**Zu-11A:** Roca volcánica (posible flujo de cenizas), color verde claro, en contacto con estructuras elipsoidales de color verde oscuro (posibles aglomerados volcánicos) descritos anteriormente.

**Secciones finas:** Zu-11, Zu-11A.



A.19. Afloramiento de aglomerado volcánico.



A.20. Muestra de mano de aglomerado volcánico.

**Punto de observación:** Zu-12.

**Localidad:** Cerro Guasosopo (zona central, ladera sur).

**Coordenadas:** E 196987; N 1293724.

**Unidad:** Volcánicas de Ipapure y Formación Rancho Grande.

**Observaciones de campo:** Contacto erosional entre rocas volcánicas félsicas de color blancuzco, pertenecientes a las volcánicas de Ipapure depositadas sobre una arenisca de grano medio a fino, de la Formación Rancho Grande (A.21). Afloramiento ubicado en la margen este de un drenaje entallado, que se encuentra sobre una falla de ángulo alto, con movimiento aparente sinestral con componente vertical (afloramiento en el bloque deprimido). En la superficie de contacto se puede apreciar más meteorizada que el resto del cuerpo sedimentario, tomando una tonalidad un poco más rojiza.

**Mediciones:** Estratificación: E-W 15°N. Rumbo de falla: N42°W

**Muestras:**

**Zu-12:** Roca volcánica félsica con fenocristales de feldespato notablemente alterados, y de hasta 5 mm. Color meteorizado rosado blancuzco, color fresco rosado claro, bastante fracturada y meteorizada.

**Zu-12A:** Arenisca de grano medio a fino, medianamente escogida, con granos subredondeados, bastante oxidada. Color castaño oscuro.



A.21. Contacto entre arenisca y flujo roca volcánica félscica depositada por encima.

**Punto de observación:** Zu-13.

**Localidad:** Cerro Guasosopo (zona central, ladera sur).

**Coordinadas:** E 196981; N 1293636 (GPS, PSA56).

**Unidad:** Volcánicas de Ipapure y Formación Rancho Grande.

**Observaciones de campo:** Contacto entre Volcánica de Ipapure, representadas por rocas volcánicas félscicas color rosado blancuzco (Fig. A.22A), y flujos de cenizas color verdoso (Fig. A.22B), sobre la Formación Rancho Grande, representada por arenisca de color castaño oscuro (Fig. A.22C). Este contacto se presenta con ondulaciones (A.23).

**Mediciones:** Estratificación: N80°W15°N

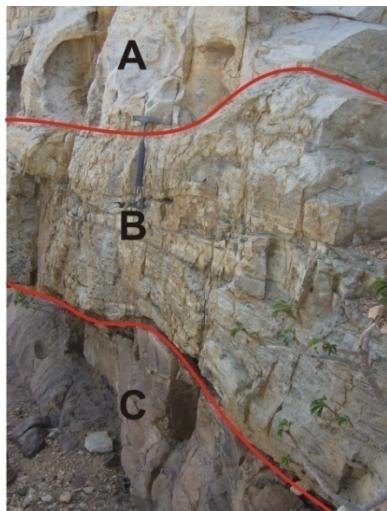
**Muestras:**

**Zu-13:** Roca volcánica félscica con fenocristales de feldespato de hasta 3 mm, medianamente meteorizada, color meteorizado crema oscuro, color fresco blancuzco.

**Zu-13A:** Roca volcánica (posible flujo de ceniza) con fenocristales de feldespato bastante alterado, el estado de la roca es medianamente meteorizada. Color meteorizado verde claro, color fresco verde grisáceo.

**Zu-13B:** Arenisca de grano medio a fino, medianamente escogida, con granos subredondeados y bastante oxidada. Color castaño oscuro.

**Secciones finas:** Zu-13, Zu-13A, Zu-13B.



A.22. Contacto entre Volcánicas de Ipapure y Formación Rancho Grande.



A.23. Contacto erosivo.

**Punto de observación:** Zu-14.

**Localidad:** Cerro Guasoposo (zona oeste, ladera sur).

**Coordinadas:** E 196899; N 1293620 (GPS, PSA56).

**Observaciones de campo:** Afloramiento constituido por roca volcánica tobácea color verdoso, con presencia de bandeoamiento claro-oscuro (Fig A.24), y estructuras de flujo color rosado claro a crema siguiendo la dirección del bandeoamiento (A.25). Esta roca se encuentra entre la volcánica blancuzca y la arenisca color castaño oscuro.

**Muestras:**

**Zu-14:** Roca volcánica tobácea, color verde claro con presencia de bandeoamiento, color verdoso y crema, con cristales de posible ortosa muy alterados y marcas de oxidación debido a la meteorización.

**Secciones finas:** Zu-14.



A.24. Estructura de flujo en toba.



A.25.bandeamiento en toba.

**Punto de observación: Zu-15.**

**Localidad:** Cerro Guasosopo (zona central, ladera oeste, detrás del cementerio de los indígenas Wayú).

**Coordinadas:** E 196623; N 1293937.

**Unidad:** Volcanicas de Ipapure.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en la ladera suroeste del cerro, constituido por rocas volcánicas félscica, bastante fracturado color blanco un poco más meteorizada (Fig. A. 26).

**Muestras:**

**Zu-15:** Roca volcánica félscica (posible riolita), con presencia de fenocristales de feldespato K y posible anfíbol alterados, medianamente meteorizada. Color meteorizado rosado claro, color fresco rosado blanquesino (Fig. A.27).

**Secciones finas:** Zu-15.

A.26. Roca volcánica félscica.



A.27. Muestra de mano roca volcánica félscica.

### B.1.4. FORMACIÓN UIPANA

**Punto de observación:** Zu-17.

**Localidad:** Macuirapa.

**Coordenadas:** E 207418; N 1292806.

**Unidad:** Formación Uipana.

**Observaciones de campo:** Loma suave, constituida por arenisca muy fracturada en bloques de distintos tamaños. Esta loma constituye una cresta formada por la estratificación (A.28).

**Muestras:**

**Zu-17:** Arenisca cuarzosa de grano grueso, conglomerática, medianamente escogida, con granos redondeados y esfericidad media. En la figura A.29 se pueden apreciar granos de cuarzo ahumado y lechoso que conforman la arenisca. Color meteorizado gris amarillento, color fresco gris.

**Mediciones:** Estratificación: N70°W15°N.



A.28. Afloramiento de la Formación Uipana.



A.29. Arenisca de la Formación Uipana

**Punto de observación:** Zu-18.

**Localidad:** Loma Uyátpanachón.

**Coordenadas:** E 202929; N 1295043 (GPS, PSA56).

**Unidad:** Formación Uipana (Grupo Cojoro).

**Observaciones de campo:** Loma con una serie de crestas de poca altitud originadas por la estratificación; las lomas no presentan un desnivel mayor a 5 m. Las rocas que conforman estas lomas son areniscas cuarzosas de grano grueso a medio, con niveles de guijarros, y estructura espina de pescado, contenido trozos de xilópalos de diferentes tamaños, llegando a medir hasta 40 cm de longitud.

**Mediciones:** Estratificación 1: N70°W15°N, y Estratificación 2: N75°W16°N.

**Muestras:**

**Zu-18:** Trozo de madera silicificada (xilópalo), compuesta básicamente por ópalo, en la cual se conserva la estructura interna de la planta (Fig. A.30).



A.30. Trozo de madera silicificada (xilópalo), conservando la estructura interna del árbol.

## B.2. ISLA DE TOAS

B.2.1. Metagranodiorita de toas.

B.2.2. Formación La Quinta y Apón.

### B.2.1. METAGRANODIORITA DE TOAS

**Punto de observación:** Zu-19.

**Localidad:** Punta Cabeceras.

**Coordinadas:** E 213258; N 1212732.

**Observaciones de campo:** Zona un poco elevada constituida litológicamente por el Metagranodiorita de toas, bastante meteorizado y tectonizado, con zonas de erosión prominentes (Fig. A.31).

**Muestras:**

**Zu-19:** Granito de grano grueso, compuesto por 15% de cuarzo, 10% de biotita euhedral e índice de color y un 70 a 75% de feldespato K, no se observaron granos apreciables de plagioclasa. Color meteorizado rosado.

**Zu-19A:** Roca aparentemente metasedimentaria (xenolito) de grano muy fino, color gris oscuro, bastante fracturada y meteorizada como se puede apreciar en la figura A.32; el cuerpo es de aproximadamente 1 m.

**Sección fina:** Zu-19.



A.31. Afloramiento de el Metagranodiorita de toas.



A.32. Xenolito en el Metagranodiorita de toas.

**Punto de observación:** Zu-20.

**Localidad:** Punta Cabeceras.

**Coordinadas:** E 213256; N 1212598.

**Observaciones de campo:** Afloramiento constituido por el Metagranodiorita de toas, ubicado en la ladera este de la elevación descrita en el punto anterior, a nivel de la costa, y como se puede apreciar en la figura A.33, existe una zona de cizalla que afecta al granito mencionado, en la cual se nota la máxima meteorización de la roca originada alrededor de las fallas locales existentes de rumbo aproximado E-W.

**Muestras:**

**Zu-20:** Granito de grano grueso (pegmatítico) compuesto por 15% de cuarzo, 10% de biotita con cristales euhedrales de biotita de hasta 0,5 cm (Fig. A.34), y 75% de feldespato K con cristales de hasta 2 cm. Color meteorizado marrón rojizo, color fresco rosado.



A.33. Zona de cizalla en el Granito de Atúschón.



A.34. Cristal de biotita euhedral en granito.

**Punto de observación: Zu-21.**

**Localidad:** Punta Cabeceras.

**Coordinadas:** E 213248; N 1212577.

**Observaciones de campo:** Metagranodiorita de toas, en contacto con un dique de roca volcánica félscica. En el afloramiento se puede apreciar la zona de enfriamiento de dicho dique de unos 10 cm aproximadamente (Fig. A.35), e incluso, la estructura de flujo en la terminación del mismo en forma de “U” invertida (Fig. A.36). El estado general de la roca es bastante meteorizado.

**Muestras:**

**Zu-21:** Contacto entre el granito de grano grueso, con mineralogía feldespática básicamente, bastante meteorizado, y el dique de roca volcánica félscica.

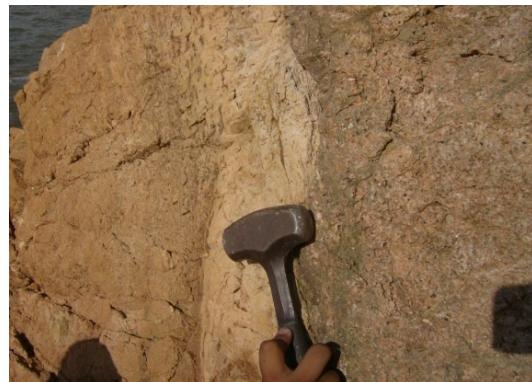
**Zu-21A:** Dique de posible riolita en su zona de enfriamiento, con textura afanítica, y color crema rosado, bastante meteorizado.

**Zu-21B:** Dique de roca volcánica félscica (posible riolita) en su zona central, con textura afanítica, color rosado oscuro; esta se encuentra bastante meteorizada.

**Sección fina:** Zu-21A.



A.35. Dique de riolita.



A.36. Zona de enfriamiento en dique.

**Punto de observación:** Zu-22.

**Localidad:** Punta Cabeceras.

**Coordinadas:** E 213200; N 1212547.

**Observaciones de campo:** Contacto entre en Metagranodiorita de toas de grano medio, con una roca plutónica más oscura, y otra roca volcánica felsica (posible ríolita), como se puede apreciar en la figura A.37.

**Muestras:**

**Zu-22:** Roca granítica, de textura fanerítica, con cristales de feldespato K de hasta 1 cm y algunos cristales de posible biotita muchas de ellas cloritizadas, color rojo oscuro.

**Zu-22A:** Idem anterior, con cristales de hasta 3 mm de cuarzo, y un tamaño de grano un poco más grueso. Color rojo grisáceo oscuro.

**Zu-22B:** Roca volcánica felsica (posible ríolita), con fenocristales de cuarzo de hasta 1 mm, de color crema, algo fracturada.

**Secciones finas:** Zu-22A, Zu-22B.



A.37. Contacto entre Metagranodiorita de toas y roca granítica.

**Punto de observación:** Zu-23.

**Localidad:** Cardón.

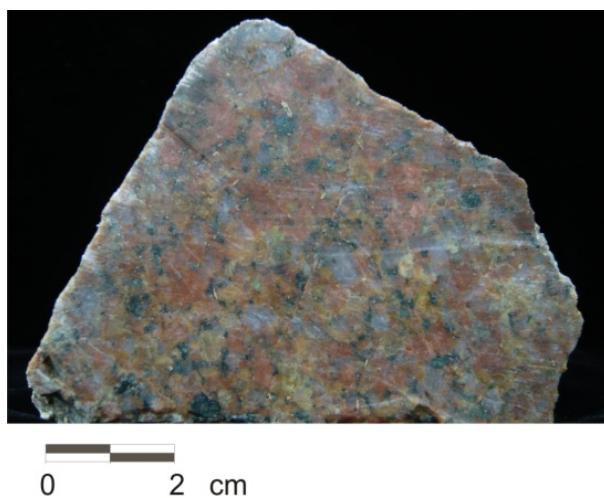
**Coordinadas:** E 212814; N 1212791.

**Observaciones de campo:** Afloramiento del Metagranodiorita de toas, en estado medianamente meteorizado, de grano grueso. El afloramiento se encuentra en la margen izquierda de la carretera, en un talud subvertical.

**Muestras:**

**Zu-23:** Granito de grano grueso, con una mineralogía formada por un 25% de cuarzo, 65% de feldespato potásico con cristales de hasta 1 cm y 10% de biotita e índice de color en cristales de hasta 6 mm (Fig. A.38). Color meteorizado rosado negruzco, color fresco rosado oscuro.

**Sección fina:** Zu-23.



A.38. Muestra de mano del Metagranodiorita de toas.

**Punto de observación:** Zu-24.

**Localidad:** Cardón.

**Coordinadas:** E 212790; N 1212829.

**Unidad:** Rocas riolíticas.

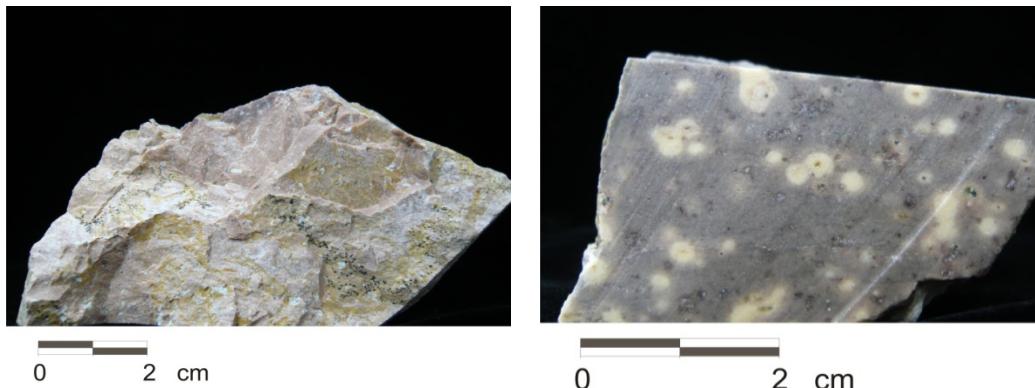
**Observaciones de campo:** Afloramiento de roca volcánica félítica, sobre el cual se encuentra una falla, en donde el bloque sur se encuentra levantado, mientras que el bloque norte deprimido. La traza de esta falla está bastante erosionada, pero se pudo observar el material brechoide en la cárcava generada por el mismo

**Muestras:**

**Zu-24:** Roca volcánica félítica (posible riolita), con fenocristales de feldespato K de hasta 2 mm; la roca se encuentra medianamente meteorizada. Color meteorizado rosado crema, color fresco rosado (Fig. A.39).

**Zu-24A:** Roca volcánica félítica (posible riolita), con fenocristales de feldespato K muchos de ellos disueltos generando moldes de disolución de los mismos. Color meteorizado violeta oscuro, color fresco ocre amarillento (Fig. A.40).

**Sección fina:** Zu-24A.



A.39. Muestra de mano de riolita (muestra Zu-24).

A.40. Muestra de mano de riolita (muestra Zu-24A).

**Punto de observación:** Zu-25.

**Localidad:** Cardón

**Coordinadas:** E 212677; N 1212894.

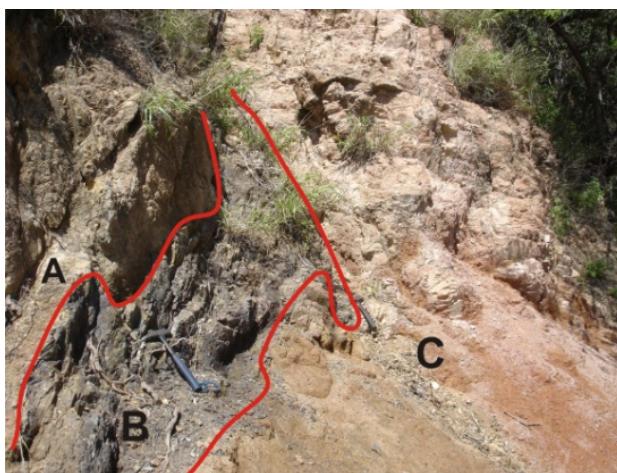
**Unidad:** Metagranodiorita de toas.

**Observaciones de campo:** Afloramiento del contacto de roca volcánica máfica (posiblemente basalto) con roca volcánica félida (possible riolita) y el Metagranodiorita de toas. En este contacto, la roca máfica forma un cuerpo alargado, de aproximadamente 45 cm de ancho máximo, y el contacto es abrupto, es decir, no exhibe zona de enfriamiento (Fig. A.41). El estado general de las rocas es medianamente meteorizado a excepción del granito el cual se encuentra un poco más meteorizado.

#### Muestras:

**Zu-25:** Roca volcánica máfica, posiblemente basalto, bastante masiva, con textura afanítica, y precipitación de calcita en diaclasas. Color meteorizado ocre, color fresco verde negruzco.

**Zu-25A:** Roca volcánica félida, posiblemente riolita, con textura afanítica, bastante fracturada, medianamente meteorizada. Color meteorizado crema, color fresco rosado claro.



A.41. Afloramiento del contacto entre en Metagranodiorita de toas (A) con basalto (B) y riolita (C).

**Punto de observación:** Zu-26.

**Localidad:** Cardón

**Coordenadas:** E 212488; N 1212946.

**Unidad:** Metagranodiorita de toas.

**Observaciones de campo:** Afloramiento de roca volcánica máfica (posible basalto), bastante fresco, macizo y poco fracturado, en contacto abrupto con el Metagranodiorita de toas como se puede observar en la figura A.42. Afloramiento ubicado en talud subvertical casi en la línea de costa, con evidencias de perforaciones para realizar detonaciones sobre el mismo.

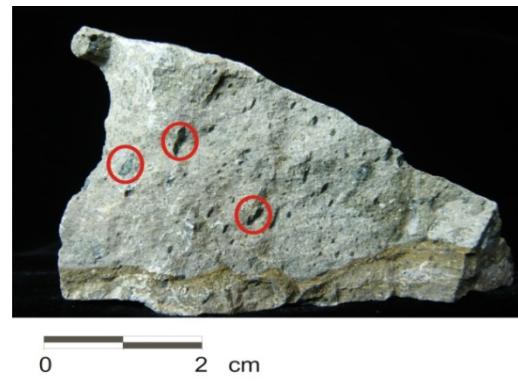
**Muestras:**

**Zu-26:** Roca volcánica máfica (posible basalto), bastante masiva, con vesículas en forma de gotas orientadas rellenas posiblemente de clorita, y presencia de calcita en vetas, en vesículas (Fig. A.43), y en costras de precipitación debido a la meteorización. Color meteorizado marrón rojizo, color fresco gris verdoso

**Sección fina:** Zu-26.



A.42. Contacto de Metagranodiorita de toas y roca volcánica máfica.



A.43. Posible basalto vesicular.

**Punto de observación:** Zu-27.

**Localidad:** Carretera que conecta las poblaciones de Cardón y El Toro, ladera sur del cerro Palmitas.

**Coordenadas:** E 211977; N 1212945.

**Unidad:** Metagranodiorita de toas.

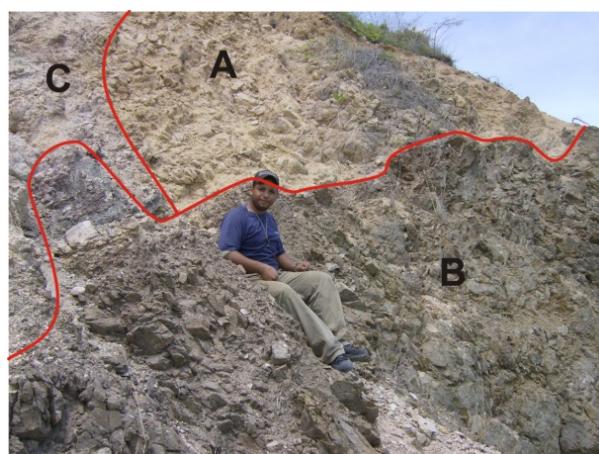
**Observaciones de campo:** Afloramiento en el talud sur del cerro Palmitas en donde se puede apreciar el contacto entre roca volcánica felsica (posible riolita), roca volcánica máfica (posible basalto) y el Metagranodiorita de toas como una cuña en la parte superior del talud entre la posible riolita y el posible basalto (Fig. A.44). Los cuerpos rocosos se encuentran bastante fracturados en bloques de diferentes tamaños.

**Muestras:**

**Zu-27:** Roca volcánica máfica (posible basalto), con textura afanítica, bastante masivo, y precipitación de calcita en diaclasas, así como producto de meteorización. Color gris oscuro, el estado de la muestra es bastante fresco.

**Zu-27A:** Roca volcánica félítica (posible riolita), de textura profidítica con fenocristales de ortosa. Color meteorizado marrón bronce, color fresco gris crema.

**Sección fina:** Zu-27.



A.44. Contacto del Metagranodiorita de toas (A) con roca volcánica máfica (B) y roca volcánica félítica (C).

**Punto de observación:** Zu-28.

**Localidad:** El Toro.

**Coordenadas:** E 209645; N 1212732.

**Unidad:** Rocas riolíticas.

**Observaciones de campo:** Afloramiento casi a nivel de suelo de un cuerpo de roca volcánica félítica, posiblemente riolita, se encuentra bastante fracturado y meteorizado (Fig. A.45).

**Muestras:**

**Zu-28:** Roca volcánica félítica (posible riolita) bastante meteorizada, con fenocristales de ortosa de hasta 2 mm. Color meteorizado rosado negruzco, color fresco rosado grisáceo.



A.45. Afloramiento de roca volcánica félítica muy meteorizada.

**Punto de observación:** Zu-29.

**Localidad:** El Toro, terreno de tierra anegadiza (sitio de bote de basura y escombros)

**Coordenadas:** E 210753; N 1212991.

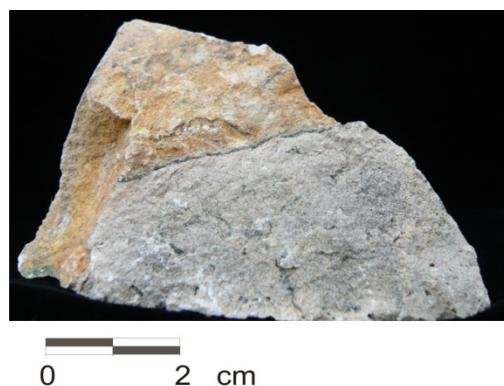
**Unidad:** Rocas riolíticas.

**Observaciones de campo:** Afloramiento casi a nivel de suelo, en forma de montículo ovalado de tres metros de ancho y 50 m de largo, con un rumbo aproximado de N62°W, una elevación no mayor a un metro, compuesto por roca volcánica félítica, bastante meteorizada.

**Muestras:**

**Zu-29:** Roca volcánica félítica (posible riolita), con textura afanítica. Color meteorizado rojizo con tonalidades negruzcas, color fresco rosado oscuro (Fig. A.46).

**Sección fina:** Zu-29.



A.47. Muestra de mano de roca volcánica félítica.

**Punto de observación:** Zu-30.

**Localidad:** Ladera norte del Cerro El Vigia

**Coordenadas:** E 209645; N 1212732.

**Unidad:** Metagranodiorita de toas.

**Observaciones de campo:** Ladera norte del cerro El Vigia en donde aflora el Metagranodiorita de toas con presencia de vetas de diferente espesor de barita (Fig. A.48), el cuerpo de roca se encuentra muy meteorizado.

**Muestras:**

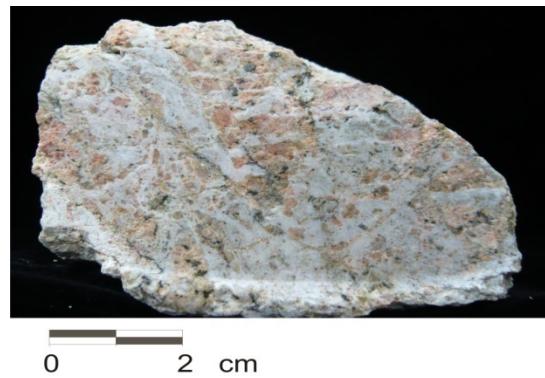
**Zu-30:** Granito de grano grueso, color rosado claro, bastante meteorizado (Fig. A.49).

**Zu-30A:** Muestra de Barita bastante fresca.

**Sección fina:** Zu-30.



A.48. Vetas de Barita (B) en Metagranodiorita de toas (A).



A.59. Detalle del Metagranodiorita de toas, muy meteorizado.

### B.2.2. Formaciones La Quinta y Apón.

**Punto de observación:** Zu-31.

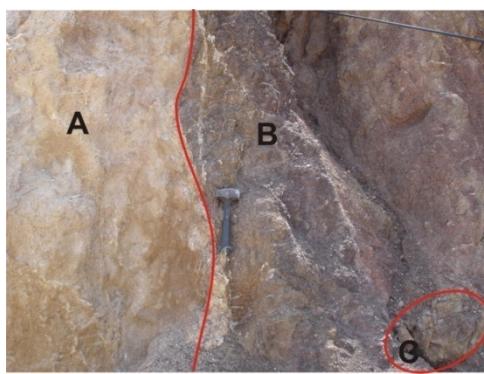
**Localidad:** El Morrito.

**Coordenadas:** E 210717; N 1212732.

**Observaciones de campo:** Contacto de falla entre la Formación La Quinta con formaciones terciarias; en este contacto se pueden apreciar abundantes vetas de yeso, y dentro de la Formación La Quinta, se encuentran bloques de la Formación Apón, llevados allí por tectonismo (Fig. A.50). Además se pueden conseguir la Formación Apón con impregnaciones de hidrocarburos generando formas peculiares (Fig. A.51).

**Muestras:**

**Zu-31:** Caliza de Apón con zonas impregnadas con hidrocarburo, color negro (Fig. A.51).



A.50. Contacto de falla entre formaciones sedimentarias



A.51. Caliza de Apón con impregnaciones de hidrocarburos.

## B.3. MONJES DEL SUR

### B.3.1. ORTOANFIBOLITA DE LOS MONJES

**Observaciones de campo:** Afloramientos de anfibolita cubiertos superficialmente por material fosfático blanco proveniente de la descomposición del guano de las aves, tal como se puede apreciar en las figuras A.53.

**Punto de observación:** E-02.

**Coordenadas:** E 391136; N 1326766.

**Observaciones de campo:** Zona constituida por un risco de alta pendiente, compuesto por anfibolita de grano fino a medio (Fig. A.52).

**Mediciones:** Foliación: N69°E Plano vertical.

**Muestras:**

**M-01:** Anfibolita, de grano medio, masiva, , con borde de fosfatización de aproximadamente 7 mm. Color meteorizado blanco, color fresco verde oscuro.



A.52. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-04.

**Coordenadas:** E 391134; N 1326765.

**Observaciones de campo:** Zona ubicada en la cima del islote sur. Afloramiento compuesto por anfibolita, de grano medio a grueso. El material fosfático genera estructuras superficiales en forma de gusanos, tal como se muestra en la figura A.53.



A.53. Afloramiento de anfibolita.



A.54. Material fosfático en anfibolita.

**Punto de observación:** E-10.

**Coordenadas:** E 391133; N 1326765.

**Observaciones de campo:** Afloramiento compuesto por anfibolita, de grano fino a medio, foliadas (Fig. A.55).

**Mediciones:** Foliación: N82°E Plano vertical.



A.55. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-17.

**Coordenadas:** E 391133; N 1326767.

**Observaciones de campo:** Afloramiento muy fracturado de anfibolita (Fig. A.56).



A.56. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-28.

**Coordinadas:** E 391129; N 1326765.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en zona de cizalla originada por una falla de dirección NE (Figs. A.57 y A.58).

**Mediciones:** Foliación: N83°W68°N.



A.57. Afloramiento de anfibolita.



A.58. Zona de cizalla en anfibolita.

**Punto de observación:** E-31.

**Coordinadas:** E 391127; N 1326766.

**Observaciones de campo:** En este punto los bloques originados por las diaclasas con de mayor tamaño (Fig. A.59)

**Mediciones:** Foliación: N79°W58°N.

**Muestras:**

**M-09:** Anfibolita foliada, de grano fino, con especie de textura augen, con manchas de óxido. Color meteorizado marrón rojizo, color fresco verde oscuro.

**Sección fina:** M-09



A.59. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-34.

**Coordenadas:** E 391126; N 1326767.

**Observaciones de campo:** Afloramiento en el cual el diaclasamiento es perpendicular a la foliación, dado pie a la formación de bloques de pequeñas magnitudes (Fig. A.60)

**Mediciones:** Foliación: N84°EW70°N.



A.60. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-35.

**Coordenadas:** E 391126; N 1326767.

**Observaciones de campo:** Afloramiento de anfibolita bastante masiva (Fig. A.61).

**Mediciones:** Foliación: N60°EW86°S.



A.61. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-36.

**Coordenadas:** E 391125; N 1326768.

**Observaciones de campo:** Zona ubicada en la punta SW del islote sur, caracterizada por su diaclasamiento perpendicular a la foliación. (Fig. A.62).

**Mediciones:** Foliación: N80°EW82°N.



A.62. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-37.

**Coordenadas:** E 391125; N 1326768.

**Observaciones de campo:** Este afloramiento, tal como se muestra en la figura a.63, está constituido por anfibolitas, las cuales están diaclasadas en menor proporción que las anteriores.

**Mediciones:** Foliación: N72°W Plano vertical.



A.63. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-39.

**Coordenadas:** E 391126; N 1326768.

**Observaciones de campo:** Tal como se muestra en la figura A.64, este punto está ubicado en una zona con una falla local, de rumbo casi N-S.

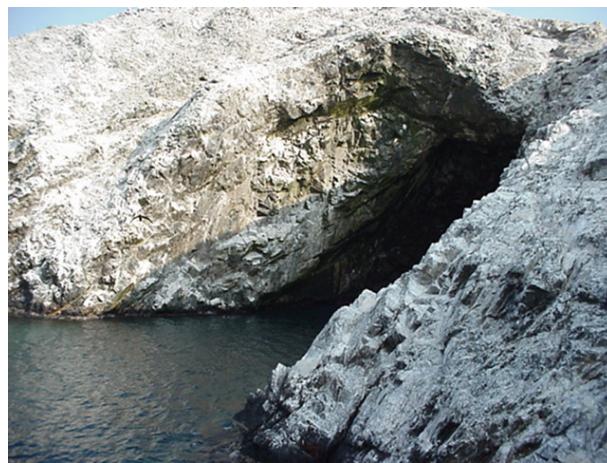


A.64. Afloramiento de anfibolita con falla local.

**Punto de observación:** E-41.

**Coordenadas:** E 391127; N 1326767.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en el flanco oeste de la Cueva El Encanto de Los Monjes (Fig. A.65).



A.65. Afloramiento de anfibolita en la boca de la cueva El Encanto de Los Monjes.

**Punto de observación:** E-42.

**Coordenadas:** E 391127; N 1326767.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en la línea de cresta del islote sur. Foto tomada hacia el este, abarcando los puntos E-42, E-43, y E-44 (Fig. A.66).



A.66. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-52.

**Coordenadas:** E 391129; N 1326767.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en la zona más alta del islote sur, tomando en cuenta el patrón de alteración por efecto de mineralizaciones de fosfatos concéntricas (Fig. A.67), y a través de diaclasas (Figs. A.68).

**Muestras:**

**M-06:** Anfibolita, bastante fresca, con borde de alteración por fosfatización de aproximadamente 1 cm a menos. Color meteorizado blanco, color fresco, verde oscuro.

**Secciones finas:** M-06.



A.67. Anfibolita alterada.



A.68. Anfibolita anterada.

**Punto de observación:** E-55.

**Coordinadas:** E 391130; N 1326768.

**Observaciones de campo:** Este afloramiento, tal como se muestra en la figura A.69, está ubicado en las cercanías de la acción de una falla, en donde se genera una zona de erosión diferencial.

**Mediciones:** Foliación: N75°E75°N.



A.69. Afloramiento de anfibolita en zona de falla.

**Punto de observación:** E-57.

**Coordinadas:** E 391131; N 1326769.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en el camino que conduce al helipuerto local, en el cual se puede apreciar las diferentes familias de diaclasas que afectan la roca (Fig. A.70).



A.70. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-58.

**Coordenadas:** E 391129; N 1326770.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en una zona baja, al este del muelle pesquero (Fig. A.71).

**Muestras:**

**M-05:** Anfibolita, bastante fresca, con borde de alteración por fosfatización de aproximadamente 3 mm. Color meteorizado blanco marrón, color fresco, verde oscuro.

**Secciones finas:** M-05.



A.71. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-63.

**Coordenadas:** E 391128; N 1326775.

**Observaciones de campo:** Afloramiento ubicado en la ladera norte del islote norte, donde se puede observar la anfibolita foliada (Fig. A.72).

**Mediciones:** Foliación: N72°W Plano subvertical.

**Muestras:**

**M-18:** Anfibolita, bastante fresca, con manchas de óxido, y precipitaciones de fosfatos en forma paralela a la foliación. Color meteorizado marrón blanquecino, color fresco, verde oscuro.

**Secciones finas:** M-18.



A.72. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación:** E-65

**Coordenadas:** E 391131; N 1326774.

**Observaciones de campo:** Afloramiento de anfibolitas foliadas en la zona norte de una zona de cizalla (Fig. A.73).

**Mediciones:** Foliación: N76°W88°S.



A.73. Afloramiento de anfibolita.

**Punto de observación: E-66**

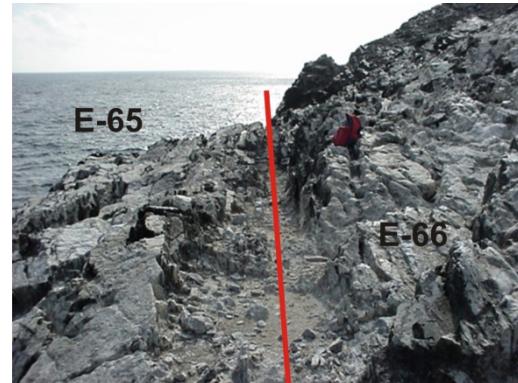
**Coordenadas:** E 391131; N 1326774.

**Observaciones de campo:** Afloramiento de anfibolitas foliadas (Fig. A.74) en la zona sur de la misma zona de cizalla del punto anterior (Fig. A.75).

**Mediciones:** Foliación: N82°W Plano vertical.



A.75.Anfibolita alterada.



A.75.Zona de cizalla entre dos puntos.

**Punto de observación: E-68**

**Coordenadas:** E 391132; N 1326773.

**Observaciones de campo:** Afloramiento de anfibolitas bastante fracturadas, ubicado en la cima del islote norte (Fig. A.76).



A.76. Afloramiento de anfibolitas.

**Punto de observación:** E-70.

**Coordenadas:** E 391134; N 1326772.

**Observaciones de campo:** Afloramiento de anfibolita de grano un poco más grueso, ubicado en la línea de cresta del islote norte (Fig. A.77).

**Muestras:**

**M-15:** Anfibolita, bastante fresca, con vetas de precipitaciones de fosfatos. Color meteorizado marrón blanquecino, color fresco, verde oscuro.

**Secciones finas:** M-15.



A.77. Afloramiento de anfibolita.

## APÉNDICE B: ATLAS PETROGRÁFICO

Con la finalidad de apoyar las interpretaciones petrológicas, realizadas con base en las observaciones petrográficas, a continuación se presenta un atlas donde se muestran los principales minerales y texturas encontradas en las muestras recolectadas en campo.

Este atlas, muestra las fotos tomadas a las secciones petrográficas, agrupadas por unidad litológica, las cuales son enumeradas en orden cronoestratigráfico. Durante el desarrollo de este trabajo se pueden encontrar las siguientes abreviaturas:

NX: Nícoles cruzados.

N=: Nícoles paralelos.

Idem: Igual a la anterior.

### B.1. PENÍNSULA DE LA GOAJIRA

B.1.1. Metagranito de Atúschón.

B.1.2. Formación Rancho Grande.

B.1.3. Volcánicas de Ipapure.

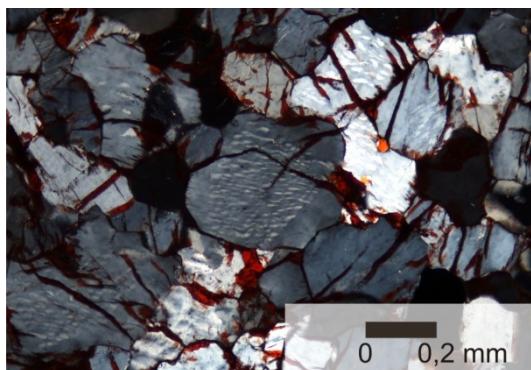
B.1.4. Formación Uipana.

#### B.1.1. METAGRANITO DE ATÚSCHON

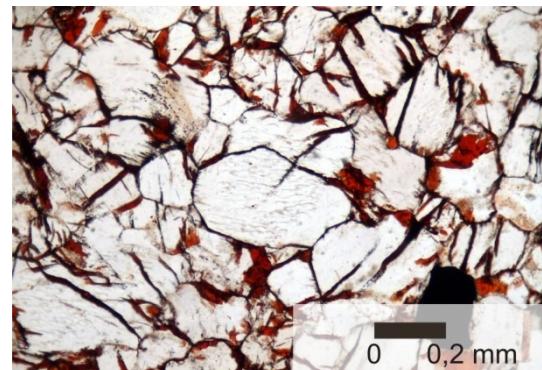
**Textura pertítica:** oscila entre los tipos hilos, cuentas, con algunos tipo flama, frecuentemente confinada al centro del cristal, así como también es posible encontrar dos tipos de pertitas en un mismo cristal (*p. ej.* cuentas de gran tamaño sobre hilos muy finos, a veces, casi imperceptibles). Es común que esta textura pueda llegar a ser mesopertítica, con 45% a 50% de plagioclasa.

**Muestra:** 157.227

**Objetivo:** 10X



B.1. Textura pertítica tipo cuentas, confinada al centro del cristal. Foto en NX.

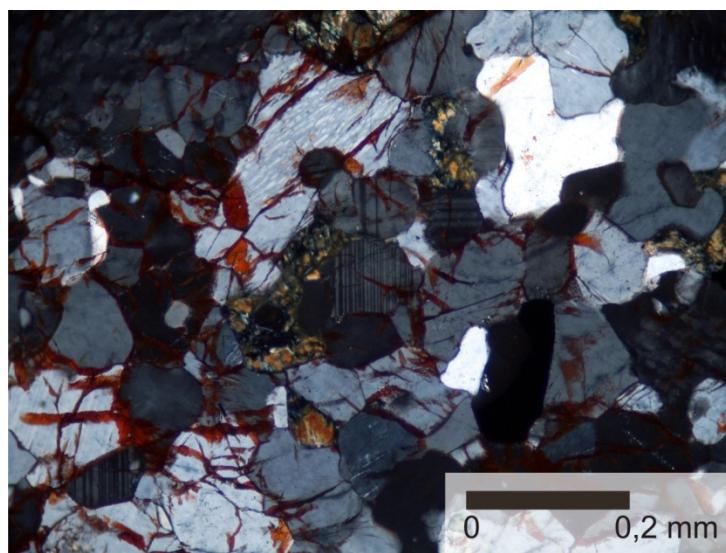


B.2. Idem. Foto en N=.

**Plagioclasa:** del tipo oligoclasa, y en proporciones traza, generalmente se encuentra por sectores en la muestra. El maclado que presenta es bastante fino.

**Muestra:** 157.227

**Objetivo:** 10X

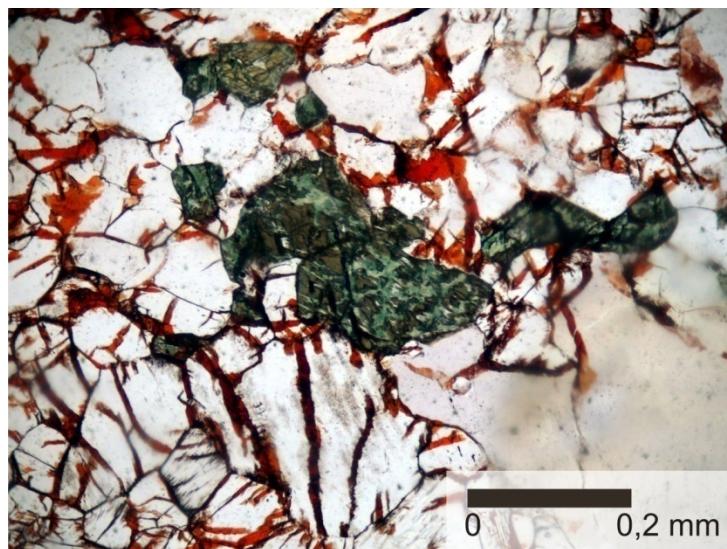


B.3. Oligoclasa con maclado muy fino, junto a hornblenda medianamente alterada a clorita. Nótese la presencia de varios cristales de plagioclasa en el mismo sector. Foto en NX.

**Anfibol:** correspondiente a hornblenda, con pleocroísmo fuerte, variando de verde amarillento a castaño. Este mineral se encuentra alterando a clorita, con pleocroísmo débil de verde muy pálido a levemente verdoso, en fracturas.

**Muestra:** 157.227.

**Objetivo:** 20X.

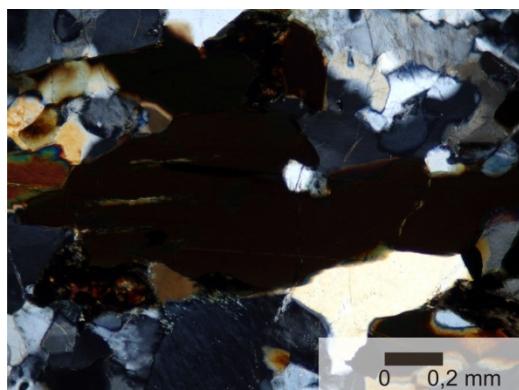


B.4. Cristal de hornblenda alterando a clorita. Nótese el cambio de relieve. Foto en N=, y las coloraciones rojas producto de la meteorización.

**Biotita:** presenta colores tan oscuros, que enmasacra sus colores de interferencia, su pleocroísmo es muy fuerte, variando de castaño pálido a verde oliva. Se encuentra alineada con el bandeadimiento de la roca.

**Muestra:** Zu-03

**Objetivo:** 10X



B.5. Biotita con colores de interferencia enmascarados por el color natural de la mica. Foto en NX.

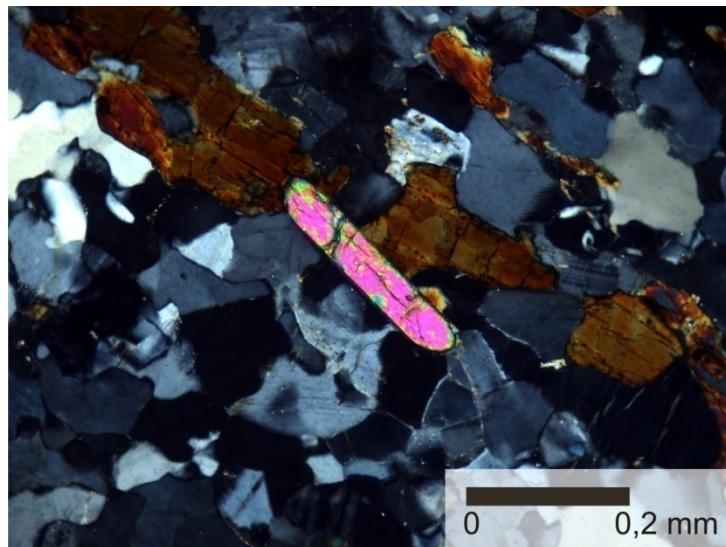


B.6.Idem. Foto en N=.

**Circón:** se presenta en cristales alargados, alotriomórficos a hipidiomórficos, de gran tamaño, sin orientación prefencial, con bordes redondeados, ideales para determinar geocronología.

**Muestra:** Zu-06

**Objetivo:** 10X

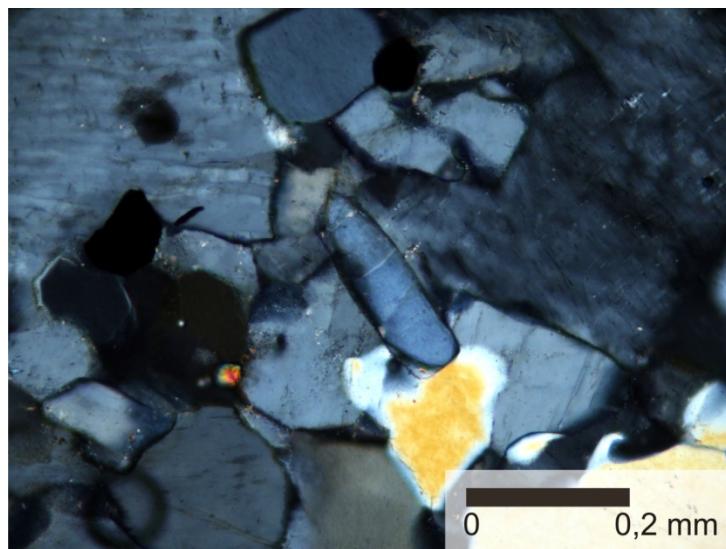


B.7. Circón de gran tamaño, acompañado por biotita, y cuarzo con textura poiquilitica. Foto en NX.

**Apatito:** con hábito hipidiomórfico y con bordes redondeados..

**Muestra:** Zu-03

**Objetivo:** 20X



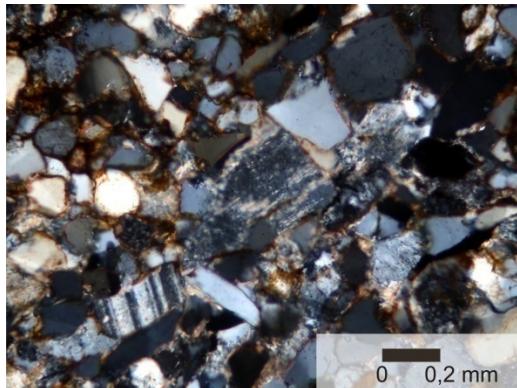
B.8. Apatito rodeado de cuarzo y feldespato pertítico. Foto en NX.

### B.1.2. FORMACIÓN RANCHO GRANDE

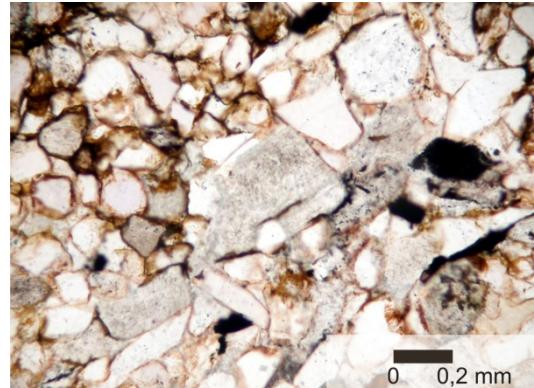
**Feldespato:** siendo aproximadamente 13% de plagioclasa y 23% de feldespato potásico. La primera, en promedio, varían entre andesina y oligoclasa, con un tamaño 0,06 mm, mientras que el feldespato potásico es común encontrarlo con textura pertítica del tipo cuentas e hilos, y muy alterado a sericitita, sobre todo en las inclusiones de plagioclasa, pudiéndose conseguir también, cristales aislados de microclino, menos alterados que el feldespato pertítico.

**Muestra:** 157.223, Zu-13B

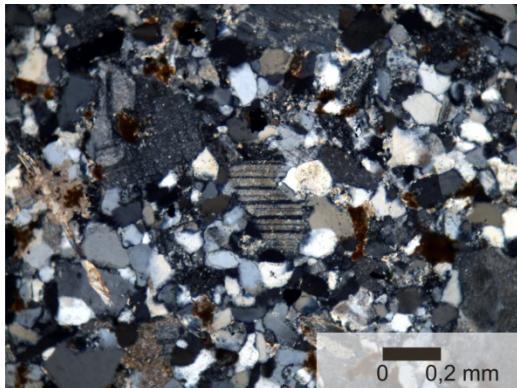
**Objetivo:** 10X



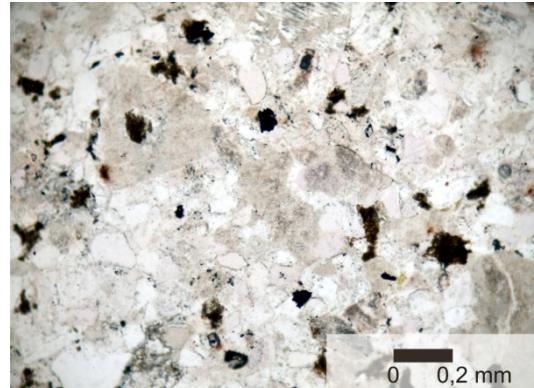
B.9. Feldespato potásico alterando a sericitina. Nótese la plagioclasa junto a el más sana. Foto en NX. Muestra Zu-13B.



B.10. Idem, Nótese la matriz de minerales de arcilla con óxidos de hierro entre los granos. Foto en N=. Muestra Zu-13B.



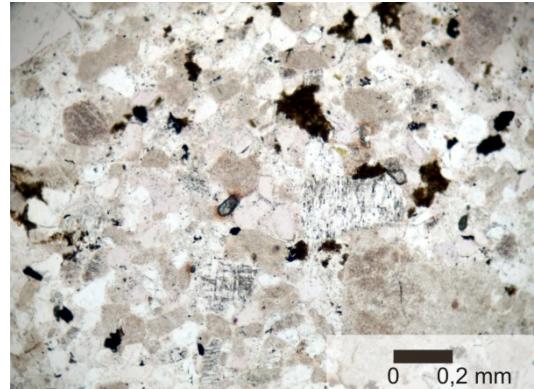
B.11. Andesina bastante sana, rodeada por cuarzo monocrystalino plutónico. Foto en NX. Muestra 157.223.



B.12. Idem. Nótese las manchas de alteración a arcillas, y los parches de óxidos de hierro. Foto en N=. Muestra 157.223.



B.13. Feldespato potásico pertítico tipo bandas, nótese el cristal de microclino, y de círcón presentes. Foto en NX. Muestra Zu-13B.



B.14. Idem, Nótese el cristal de círcón con alto relieve y la matriz de minerales de arcilla con óxidos de hierro como parches en la muestra. Foto en N=. Muestra Zu-13B.

**Accesorios:** siendo lo más común encontrar óxidos de hierro y circón, los óxidos son bastante masivos, confundiéndose con la matriz muchas veces, y el circón de subredondeado, en las figuras B.12 y B.13 se muestran fotomicrografías de un circón. Asimismo se puede encontrar cristales aislados de esfena, en proporciones traza (B.16).

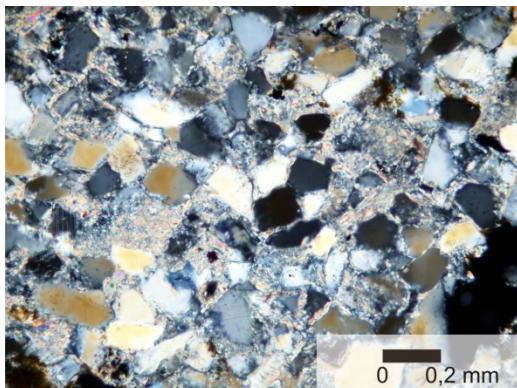
**Muestra:** Zu-13B

**Objetivo:** 10X

**Cemento:** constituido en su mayoría por pirofilita, encontrándose muchas veces hasta reemplazando al cuarzo. Este cemento en muchas ocasiones es confundido con cemento de sericita, revelándose por el reemplazamiento del cuarzo. También se puede encontrar cemento de clorita. El cemento se presenta como envoltorios de los granos, siendo gran parte proveniente de la clorita detritica.

**Muestra:** 157.045, y 157.228.

**Objetivo:** 10X.



B.15. Cemento de pirofilita como envoltorios de granos. Nótese la alteración prominente de los feldespatos a sericita, de aspecto muy parecido a la pirofilita. Foto en NX. Muestra 157.045.



B.16. Cemento de clorita como relleno de poros y envoltorios de los granos. Nótese el cristal de esfena como accesoario. Muestra 157.228. Foto en N=.

### B.1.3. VOLCÁNICAS DE IPAPURE

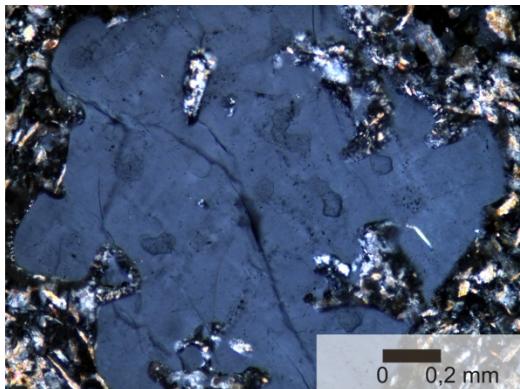
Para esta unidad se presentarán las descripciones en dos tandas, la primera correspondientes a las lavas encontradas, y la segunda, perteneciente a las tobas recolectadas por BLACK (1957).

#### B.1.3.1. Lavas

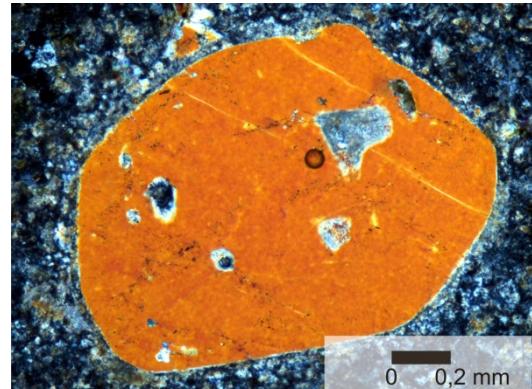
**Cuarzo:** fenocristales de cuarzo, hipidiomórfico, con textura bahía, generando diversas formas. Estos cristales presentan un borde de reacción, donde pequeños cristales de cuarzo crecen perpendicularmente al fenocristal.

**Muestra:** Zu-08, Zu-10B, Zu-11A.

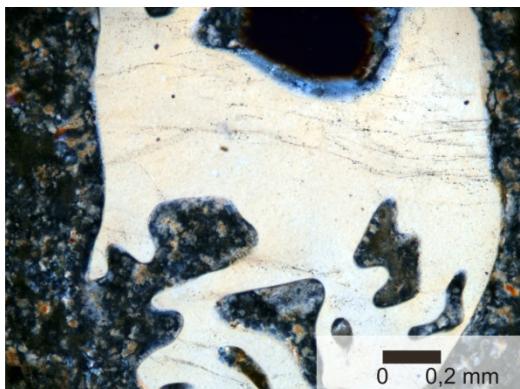
**Objetivo:** 10X



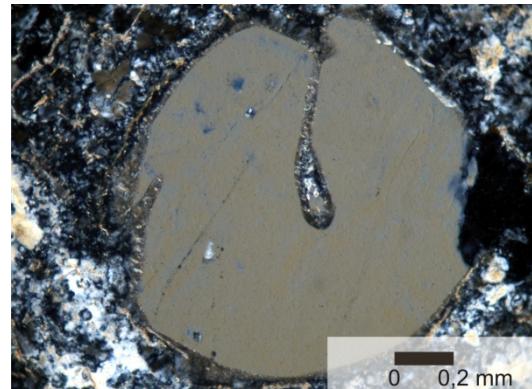
B.17. Cuarzo textura bahia. Foto en NX. Muestra Zu-08.



B.18. Cuarzo textura bahia. Foto en NX. Muestra Zu-10B.



B.19. Cuarzo textura Bahía. Foto en NX. Muestra Zu-11A.

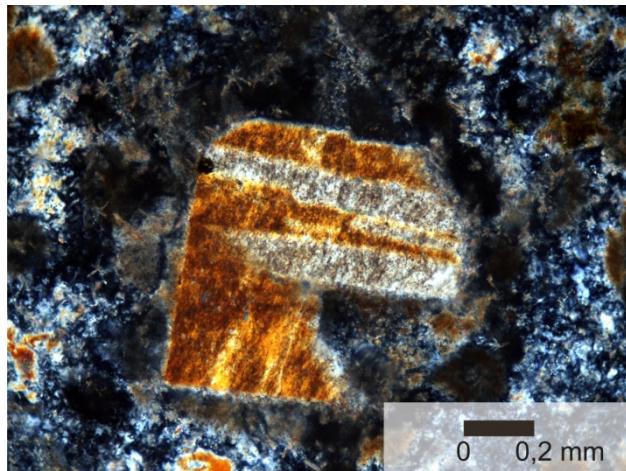


B.20. Cuarzo textura bahia y borde de reacción. Foto en NX. Muestra Zu-06

**Plagioclasa:** fenocristales hipidiomórficos, con maclas albita y Carlsbad, embebidos en matriz desvitrificada, y medianamente alterados.

**Muestra:** Zu-08A.

**Objetivo:** 10X

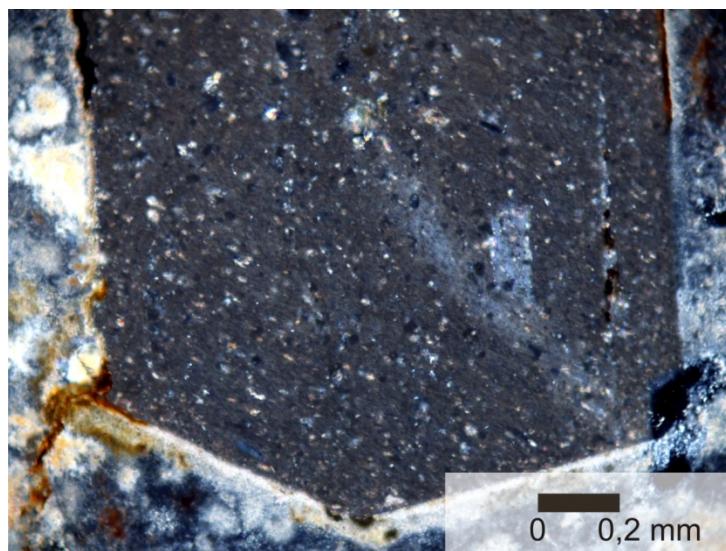


B.21. Plagioclasa subhedral, con macla albita. Foto en NX. El color rojizo es debido a la sección fina muy gruesa.

**Feldespato potásico:** fenocristales, comúnmente de sanidina, de hábito hipidiomórficos a hidiomórficos, poco alterados a sericita, y de gran tamaño. Estos cristales, muy posiblemente, sean los fenocristales que se aprecian en muestra de mano.

**Muestra:** Zu-14.

**Objetivo:** 10X



B.22. Sanidina euhedral. Foto en NX.

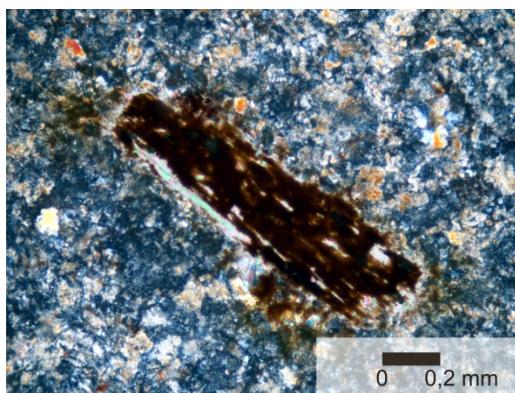
**Muscovita (sericita):** fenocristales hipidiomórficos completamente convertidos a sericita, con manchas de óxidos (leucoxeno) en su superficie, pudiendo llegar a cubrir completamente. La presencia de manchas de óxidos en su superficie, indica una posible proveniencia de biotita del cristal.

**Muestra:** Zu-10B, Zu-13A, Zu, 15.

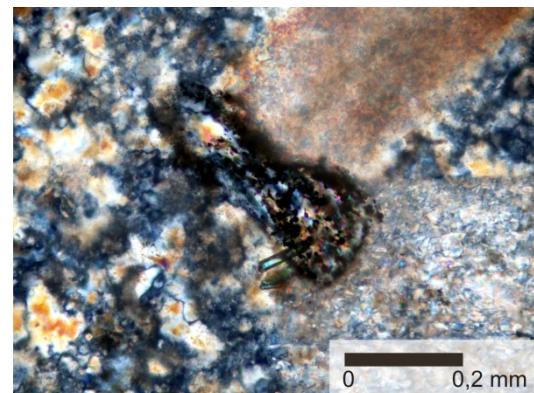
**Objetivo:** 10X

**Muestra:** Zu11A.

**Objetivo:** 20X

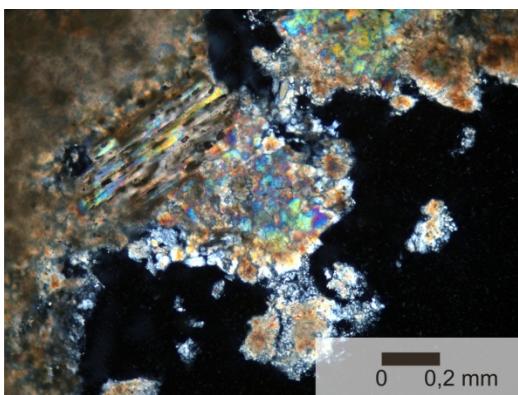


B.23. Muscovita alterada a sericita. Nótese en leucoxeno en su superficie, cubriendola casi totalmente. Foto en NX. Muestra

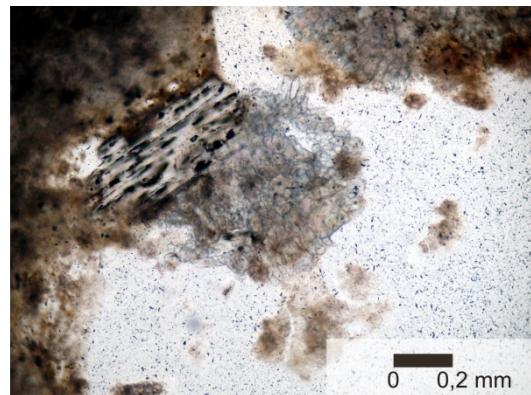


B.24. Muscovita alterando a sericita, junto a plagioclasa, Nótese las manchas de opacos en su superficie. Foto en NX. Muestra

Zu-10B.

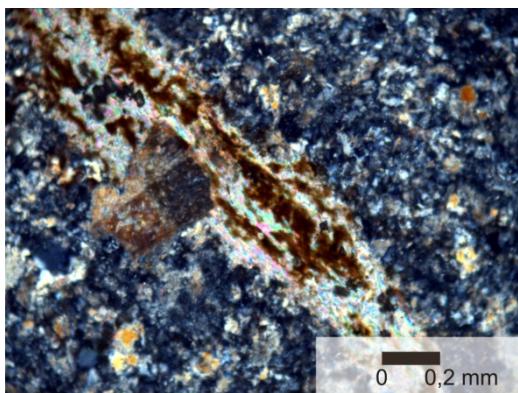


Zu-11A.



B.25. Muscovita sericitizada, con manchas de opacos en su superficie. Nótese la masa epidótica de un lado, al borde de un huco en la sección fina. Foto en NX. Muestra Zu-13A.

B.26. Idem. Nótese las manchas de opacos en la superficie. Foto en NX= Muestra Zu-13A.



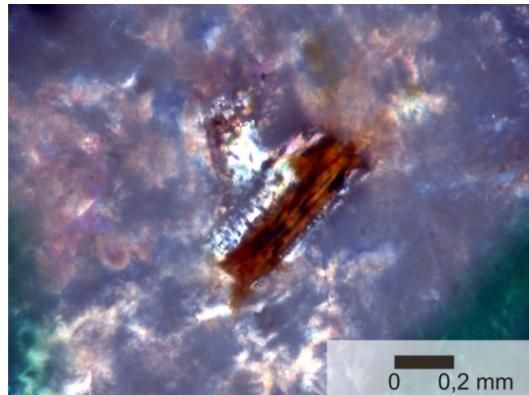
B.27. Muscovita sericitizada, con manchas de leucoxeno en su superficie, junto a plagioclasa con macia calrsbad. Foto en NX. Muestra Zu-15.

B.28. Idem. Foto en N=. Muestra Zu-15.

**Biotita:** fenocristales, alterados parcialmente a muscovita, con manchas de opacos en su superficie. Presenta un pleocroísmo fuerte de castaño a verde claro.

**Muestra:** Zu-11.

**Objetivo:** 20X

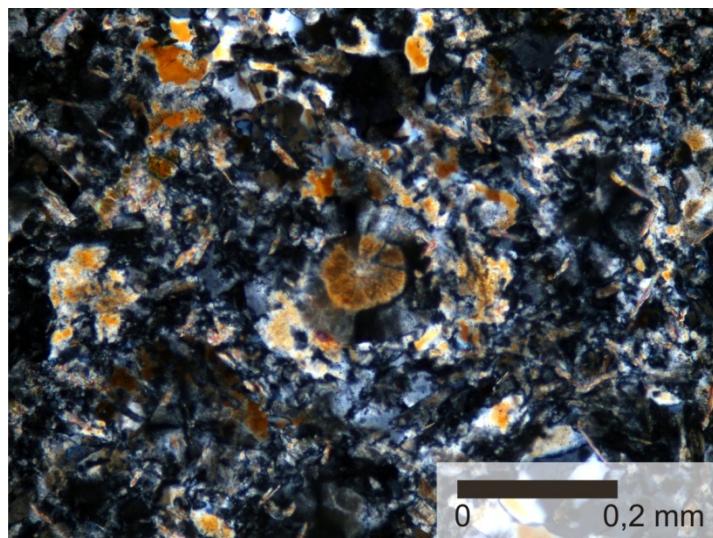


B.29. Biotita alterando a muscovita, embebida en matriz desvitrificada. Foto en NX.

**Textura esferulítica:** esparcida a lo largo de la sección fina en la matriz desvitrificada, lo que señala la composición curzo – feldespática de la matriz.

**Muestra:** Zu-08.

**Objetivo:** 20X



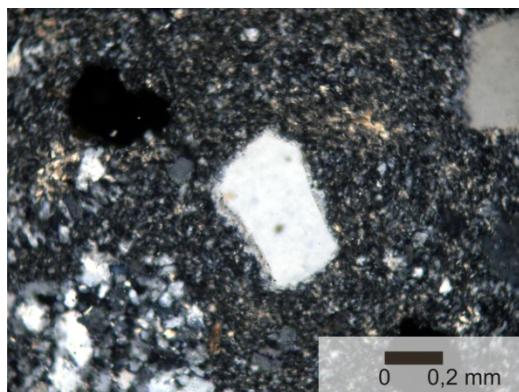
B. 30. Textura esferulítica rodeada de matriz desvitrificada. Foto en NX.

### B.1.3.2. Tobas

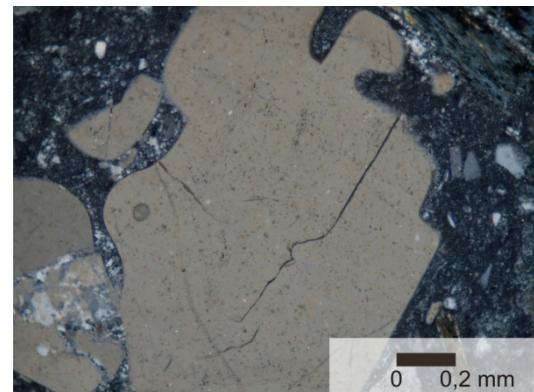
**Cuarzo:** fenocristales, igualmente con textura bahía, y la mayoría fracturados con formas angulares, y bordes de reacción, embebidos en una matriz fina.

**Muestra:** 157.234.y 157.239B.

**Objetivo:** 10X



B.31. Cuarzo angular con borde de reacción. Foto en NX.  
Muestra 157.234.



B.32.Cuarzo con textura bahía. Muestra 157.239B. Foto en NX.

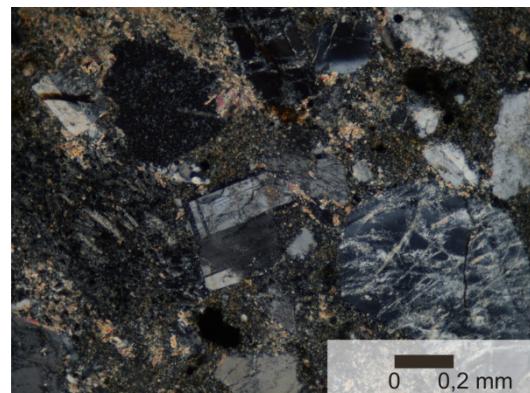
**Plagioclasa:** cristales angulares, fracturados, de plagioclasa zonada, del tipo andesina, distribuidos aleatoriamente a lo largo de la muestra.

**Muestra:** 157.238.

**Objetivo:** 10X



B.33. Plagioclasa zonada en matriz fina. Foto en NX.



B.34. Andesina junto a feldespato potásico, cuarzo y porfidos de dacita, todos bastante fracturados. Foto en NX.

**Feldespato potásico:** en cristales subangulares, bastante fracturados, medianamente alterados a sericitia (B.34).

**Muestra:** 157.238.

**Objetivo:** 10X

**Sericita:** se presenta como alteración de los feldespatos, y en la matriz fina, dispersa a lo largo de la sección petrográfica (B.34).

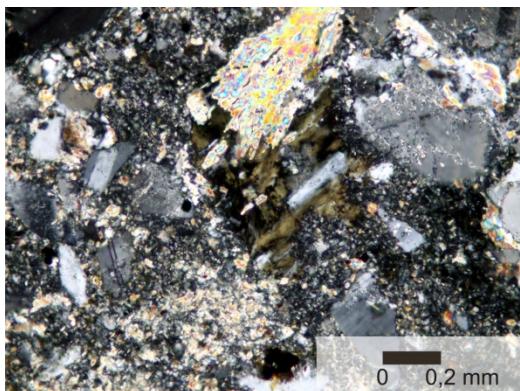
**Muestra:** 157.238

**Objetivo:** 20X

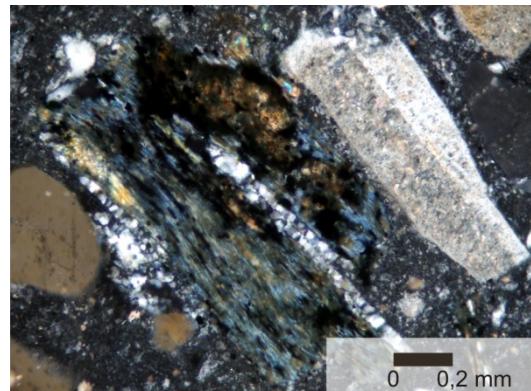
**Clorita:** se presenta de dos maneras, la primera, como constituyente de la matriz fina, con hábito radial, y colores de interferencia anómalos (verdosos), y pleocroísmo débil; y como alteración de cristales máficos (biotita principalmente), con colores de pleocroísmo verde pálido a verde oscuro, y colores de interferencia azulados.

**Muestra:** 157.238 y 157.239B.

**Objetivo:** 10X



B.34. Clorita con hábito radial en matriz fina. Nótese los colores de interferencia verdosos Foto en NX. Muestra 157.238

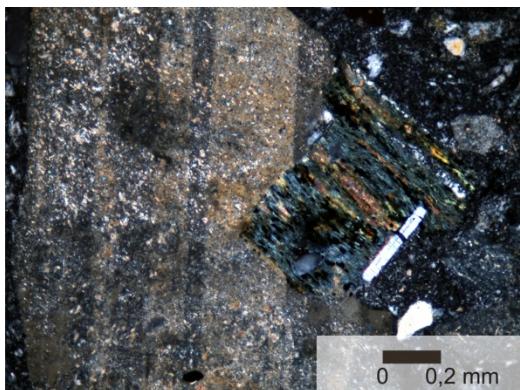


B.35. Clorita como producto de alteración de biotita. Notese los colores de interferencia azulados, y el cuarzo plocristalino que cristalizó en las fracturas. Foto en NX. Muestra 157.239B.

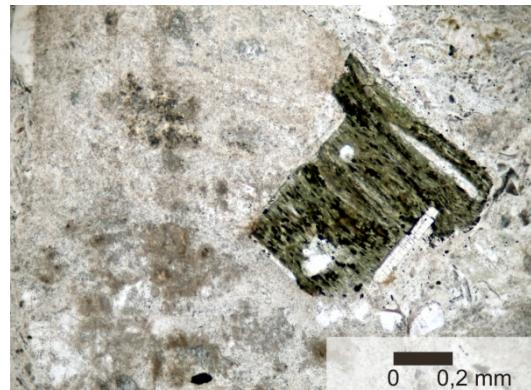
**Biotita:** se presenta en cristales hipidiomórficos, bastante alterados a clorita, y algo fracturados, en cuyas fracturas, cristalizó cuarzo policristalino (B:35).

**Muestra:** 157.239B.

**Objetivo:** 10X



B.36. Biotita alterándose a clorita, junto a andesina subhedral, medianamente alterada a sericita. Foto en NX,

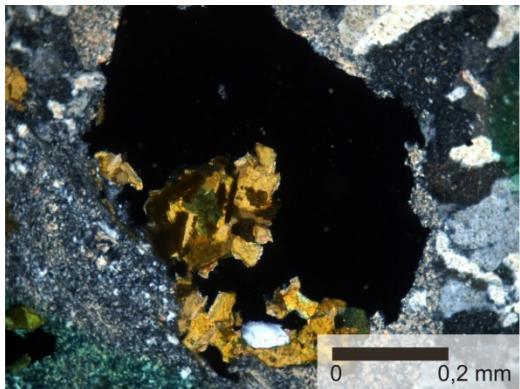


B.37. Idem. Foto en N=.

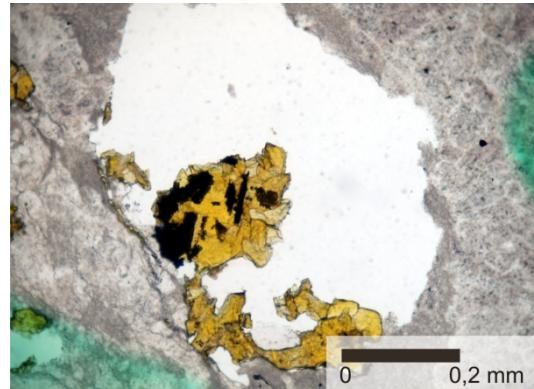
**Epidoto:** se encuentra como cristales hipidiomórficos, llenando orificios en la sección petrográfica, así como disperso en la matriz fina. Corresponde a la variedad piamontita, por su color amarillo, algo pleocroico.

**Muestra:** 157.234.

**Objetivo:** 20X



B.38. Epidoto remanente, variedad piamontita, en orificio debido a la mala elaboración de la sección fina. Foto en NX.



B.39. Idem. Foto en N=.

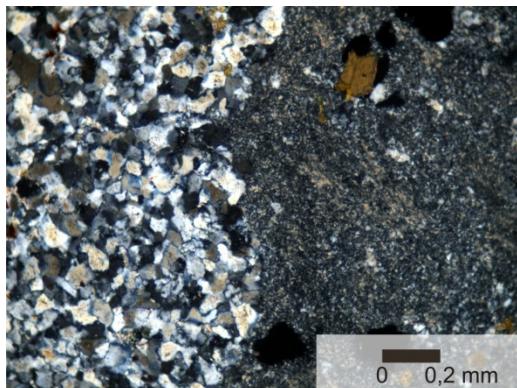
**Fragmentos de roca:** compuestos de rocas de dos tipos, la primera, corresponde a fragmentos de cuarcita, con pequeños cristales de muscovita en su interior, estos son de gran tamaño (~ 1 mm); los otros, son fragmentos de roca volcánica (posibles pórfito de dacita).

**Muestra:** 157.234.

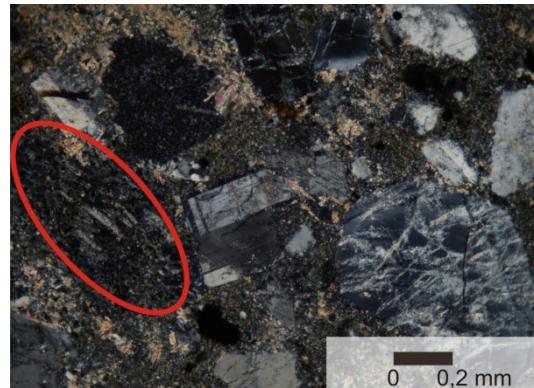
**Objetivo:** 20X

**Muestra:** 157.238.

**Objetivo:** 10X



B.40. Fragmento de cuarcita (izquierda) en contacto con matriz fina (derecha). Foto en NX. Muestra 157.234



B.41. Pórfito de dacita (encerrado en rojo), junto a andesina, cuarzo y feldespato potásico, todos fracturados, y embebidos en una matriz fina. Foto en NX. Muestra 157.238.

## B.2. ISLA DE TOAS

B.2.1. Metagranodiorita de Toas.

B.2.2. Unidad de Rocas Volcánicas.

### B.2.1. METAGRANODIORITA DE TOAS

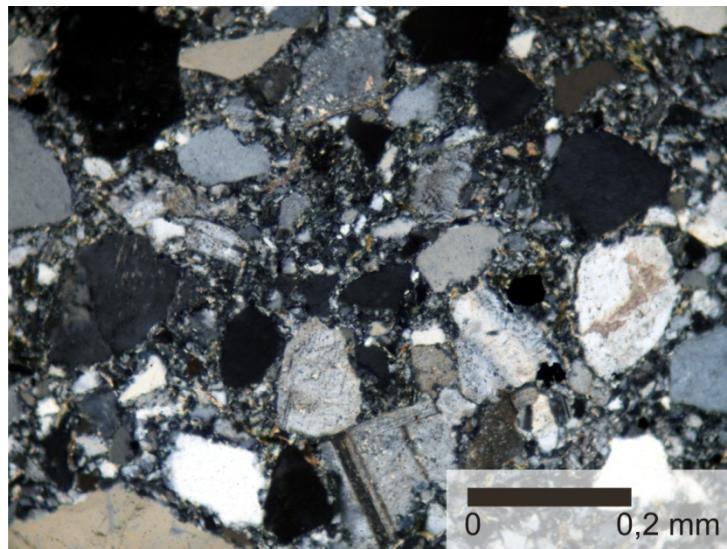
Esta unidad presenta una diferenciación, entre una roca claramente plutónica, de grano grueso, y una hipoabisaal, con fenocristales gruesos, rodeados de una matriz afanítica, por tal razón, se presentarán de manera separada.

#### B.2.1.1. Roca plutónica

**Textura cataclástica:** generada en la roca, formando fragmentos angulares de distintos tamaños, además de generar una pseudomatriz fina por trituramiento de los granos.

**Muestra:** Zu-19.

**Objetivo:** 20X



B. 42. Textura cataclástica de la Metagranodiorita de Toas. Nótese la pseudomatriz fina que envuelve los granos, asemejando una roca sedimentaria. Foto en NX.

**Cuarzo:** se presenta como cristales fracturados, exhibiendo bordes corroídos por trituración.

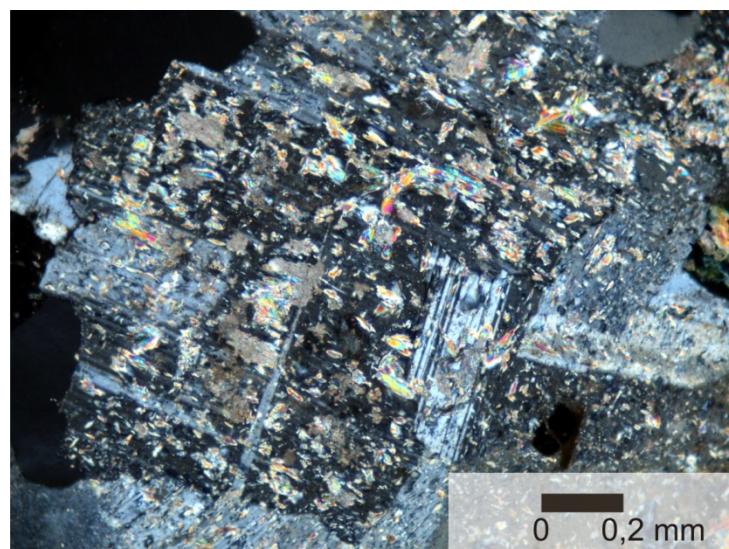
**Muestra:** Zu-19.

**Objetivo:** 20X

**Plagioclasa:** del tipo albita, medianamente alterada a sericita y calcita, con cristalización de prenita por efecto hidrotermal.

**Muestra:** Zu-23.

**Objetivo:** 10X

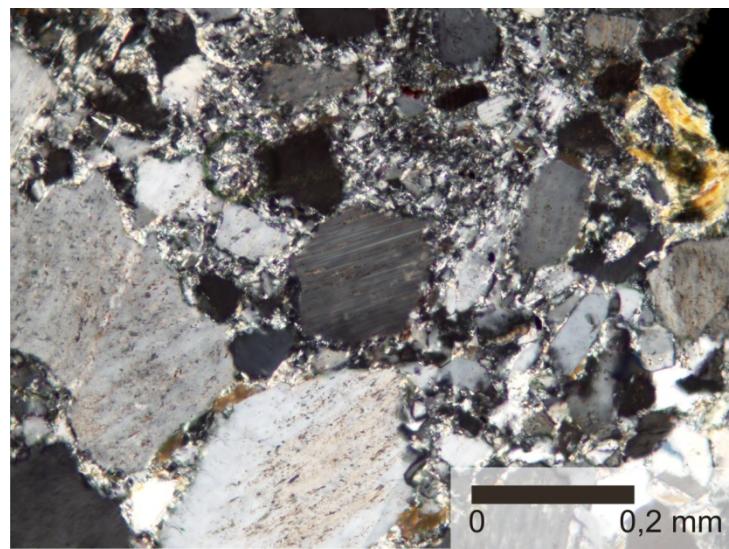


B. 43. Albita medianamente alterada. Nótese los cristales radiales de prenita de hábito radial, muy semejantes a la sericita. Foto en NX.

**Feldespato potásico:** se presenta dentro de esta matriz triturada, con textura pertítica, tipo hilos muy finos, se encuentra medianamente a poco alterado a sericita, mostrando mayor alteración en las inclusiones de plagioclasa de la pertita.

**Muestra:** Zu-19.

**Objetivo:** 20X



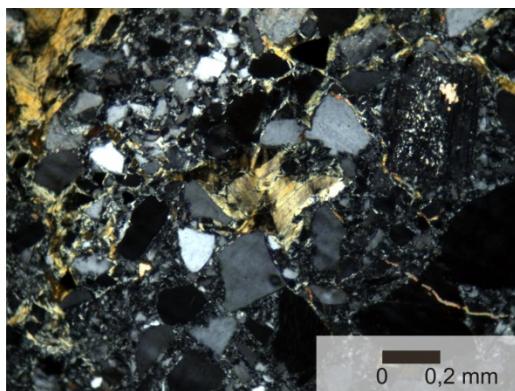
B. 44. Feldespato potásico pertítico, rodeado de una pseudomatríz cuarzo-feldespática generada por trituración.

Foto en NX.

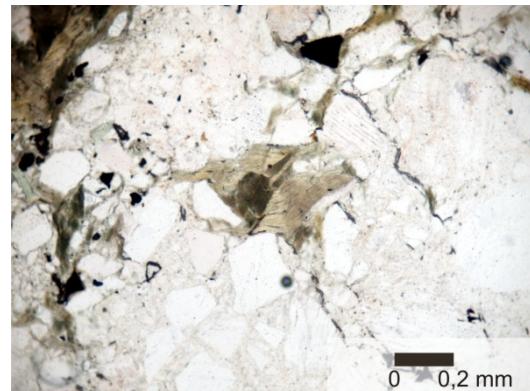
**Biotita:** cristales hipidiomórfico, muy deformados por tectonismo, formando micropliegues, y mostrando extinción ondulatoria, en la muestra Zu-23, se exhibe sin deformación, pero casi completamente alterada a clorita (B. 47 y B. 48).

**Muestra:** Zu-19.

**Objetivo:** 10X



B.45. Biotita deformada, rodeada de granos triturados. Foto en NX.

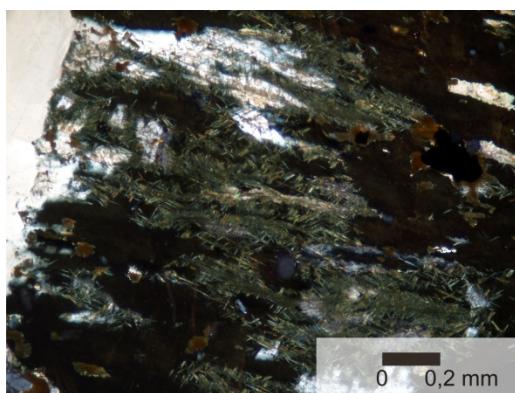


B.46.Idem. Foto en N=.

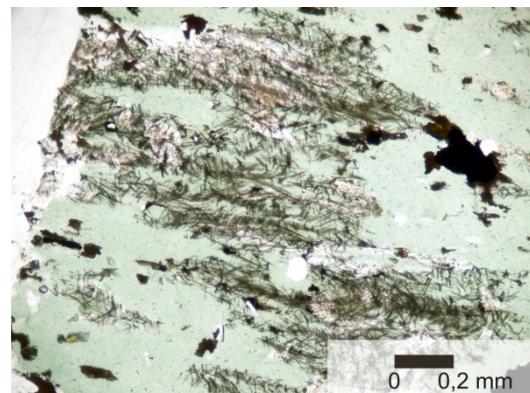
**Clorita:** presentándose como alteración de la biotita presente formando textura sagenítica, prueba irrebatible de su procedencia de biotita. Presenta color verde claro, con pleocroísmo muy débil, y colores de interferencia azulados.

**Muestra:** Zu-23.

**Objetivo:** 10X



B.47. Biotita alterada casi completamente a clorita, nótese el patrón de agujas de rutilo en tres direcciones, correspondiente a la textura sagenítica. Foto en NX.

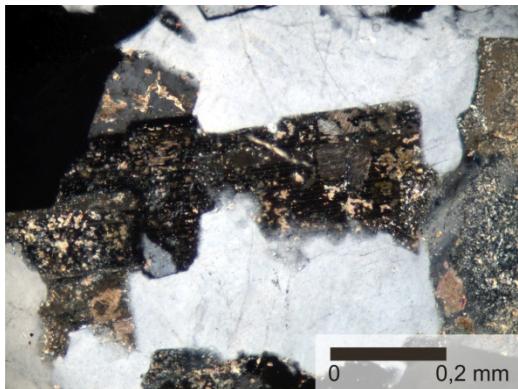


B.48.Idem. Foto en N=.

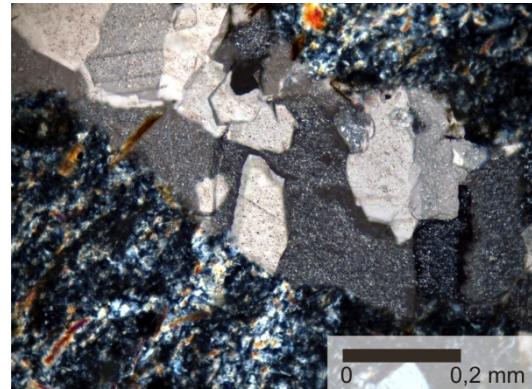
**Calcita:** presentándose como alteración de la plagioclasa, y como vetas rellenando fracturas.

**Muestra:** Zu-19 y Zu-30.

**Objetivo:** 20X



B.49. Albite alterándose a calcita, rodeada de cuarzo. Foto en NX. Muestra Zu-23.



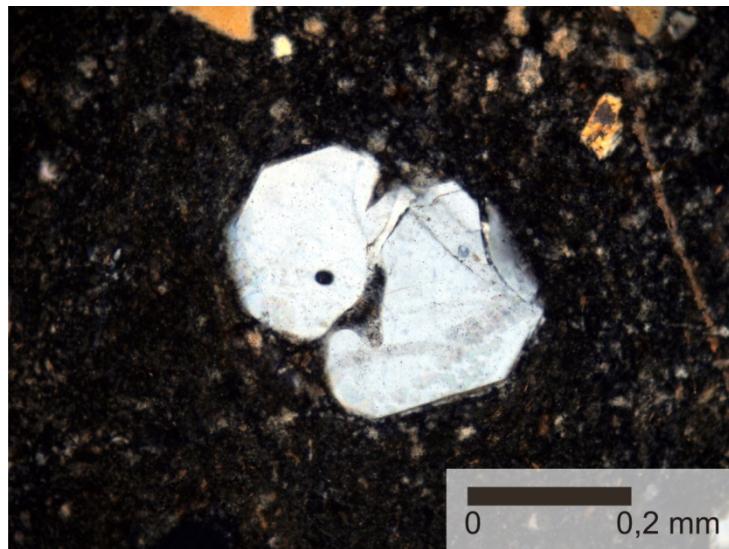
B.50. Veta de calcita atravesando cataclasita. Note la pseudomatriz generada por intensa trituración a los lados de la veta. Foto en NX. Muestra Zu 30.

### B.2.1.1. Roca hipoabísala

**Cuarzo:** se presenta como cristales dispersos en una matriz afieltrada, con hábito hidromórfico, y con textura bahía

**Muestra:** Zu-22A.

**Objetivo:** 20X

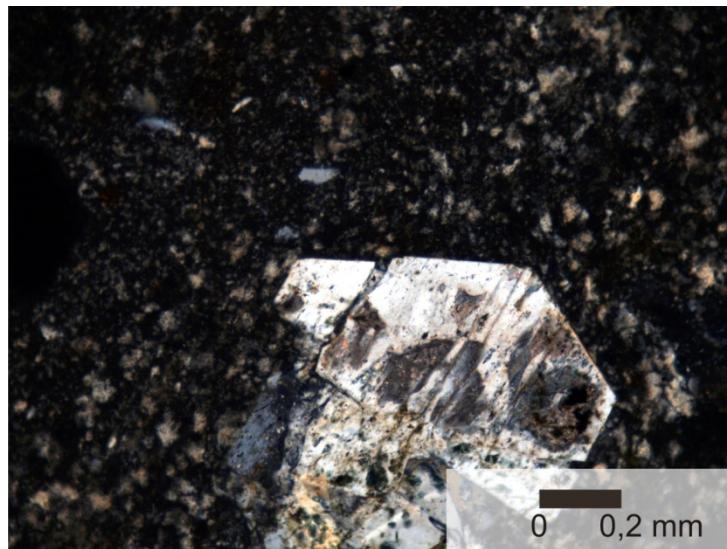


B. 51. Cuarzo euhedral, con textura bahía, rodeado de matriz afieltrada. Foto en NX.

**Plagioclasa:** se observa en cristales euhedrales, fracturados, y muy alterados a calcita, llegando, en algunos casos, a estar completamente sustituidos por esta.

**Muestra:** Zu-22A.

**Objetivo:** 10X

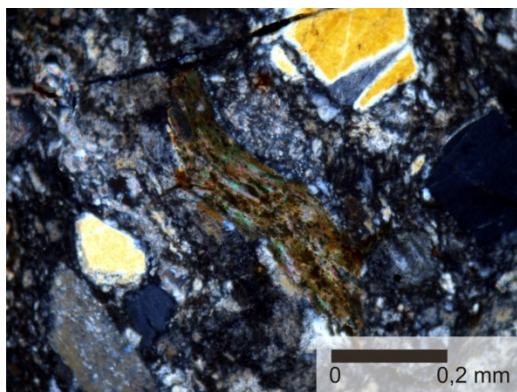


B. 52. Plagioclasa euhedral, rodeada de matriz afieltrada. Foto en NX.

**Biotita:** en cristales hipidiomórficos, plegados por tectonismo, alterada parcialmente a clorita, y con manchas de magnetita en su superficie.

**Muestra:** Zu-22A.

**Objetivo:** 20X



B.53. Biotita plegada y alterada a clorita rodeada de pseudoematriz por trituración, y matriz afanítica. Foto en NX.



B.54. Idem, nótese las manchas de óxidos en su superficie, originadas por la alteración. Foto en N=.

## B.2.2. UNIDAD DE ROCAS VOLCÁNICAS

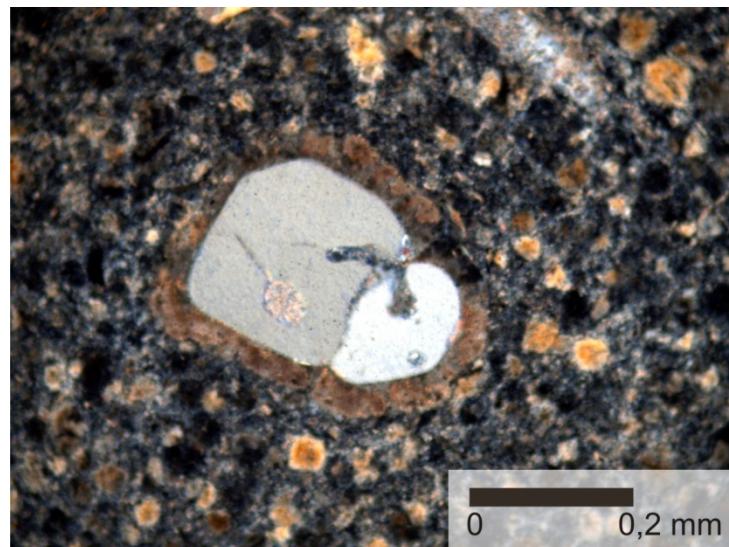
Esta unidad presenta una clara división, entre rocas de composición felsica, y rocas de composición máfica, por ello, se tratarán de manera separada.

### B.2.2.1. Rocas volcánicas félsicas

**Cuarzo:** Presenta textura bahía y borde de reacción, con cristales de cuarzo creciendo perpendicular al fenocristal.

**Muestra:** Zu-22B.

**Objetivo:** 20X



B.55. Cuarzo con textura bahía y borde de reacción. Nótese la pequeñas esferulitas que rodean al cristal. Foto en NX.

**Plagioclasa:** de hábito hipidiomórfico, muy alterada a calcita, muchas veces sustituida por esta. Generalmente se presenta orientada a la textura traquítica de la muestra.

**Muestra:** Zu-21A.

**Objetivo:** 20X

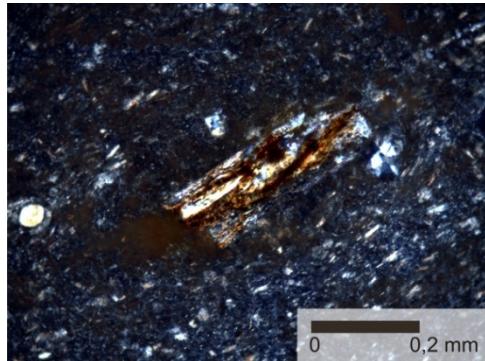


B.56. Plagioclasa parcialmente alterada a calcita, rodeada de matriz fina con textura traquítica. Foto en NX.

**Biotita:** cristales hipidiomórficos, muy pequeños, aislados en la matriz afieltrada, y muy alterados

**Muestra:** Zu-21A.

**Objetivo:** 20X



B.57. Biotita alterada, rodeada de matriz fina afieltrada. Nótese la esferulita a la izquierda de la foto Foto en NX.

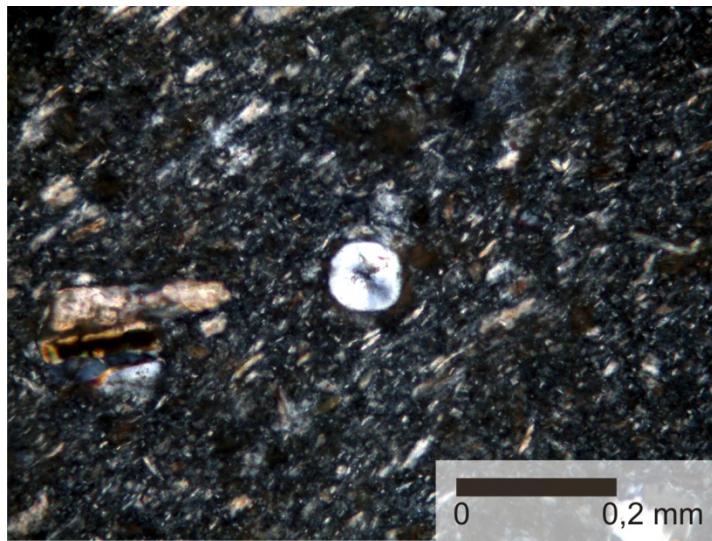


B. 58. Idem. Note las manchas de leucoxeno en su superficie  
Foto en N=.

**Textura esferulítica:** esparsa a lo largo de la sección fina, en la matriz vítrofídica, con textura traquítica.

**Muestra:** Zu-21A.

**Objetivo:** 20X

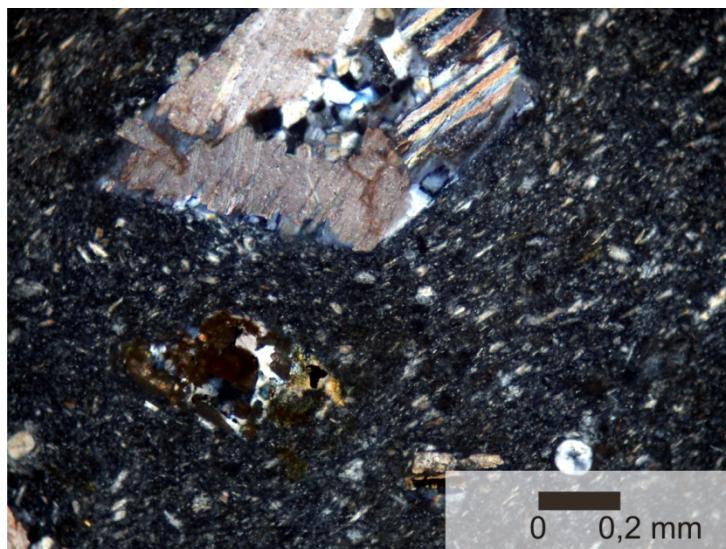


B. 59. Textura esferulítica rodeada de matriz muy fina. Notese la textura traquíticas, y la plagioclasa alterada a calcita pseudoparalela a dicha textura. Foto en NX.

**Textura traquítica:** compuesta por microlitos de plagioclasa, en una matriz vitrofídica, se puede apreciar en la fotomicrografía como estos bordean los fenocristales y las esferulitas que se encuentran en la matriz.

**Muestra:** Zu-21A.

**Objetivo:** 10X



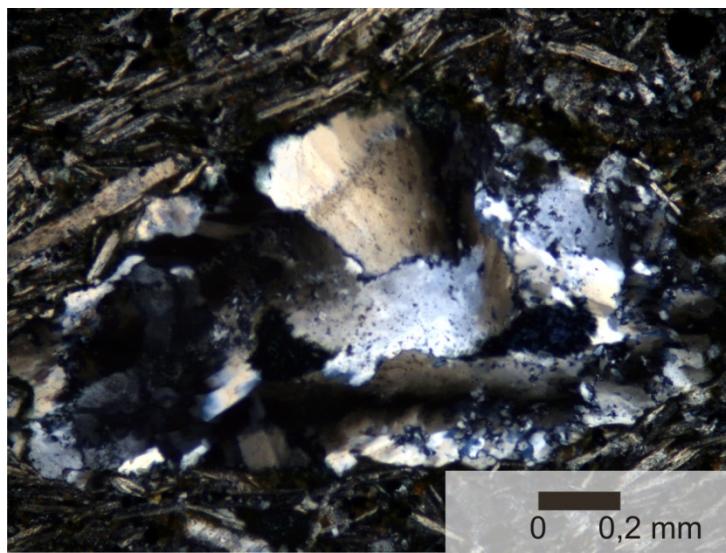
B: 60. Textura traquítica en matriz fina. Nótese como los microlitos de plagioclasa bordean los cristales de plagioclasa alterados a calcita, comenzando esta alteración a lo largo de las maclas. Foto en NX

### B.2.2.2. Rocas volcánicas maficas

**Cuarzo:** se encuentra en la matriz como pequeños cristales, y dentro de amígdalas como relleno, donde se presenta policristalino con extinción ondulatoria.

**Muestra:** Zu-26.

**Objetivo:** 10X

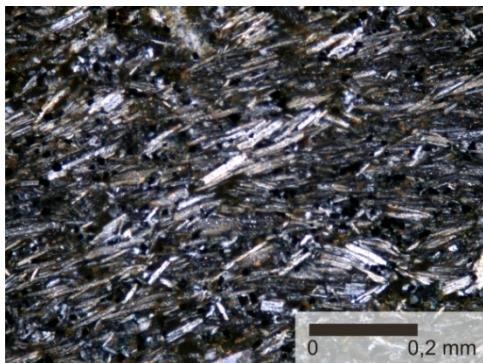


B. 61. Cuarzo rellenando amígdala en basalto. Nótese la matriz de microlitos de plagioclasa formando texturas traquítica. Foto en NX.

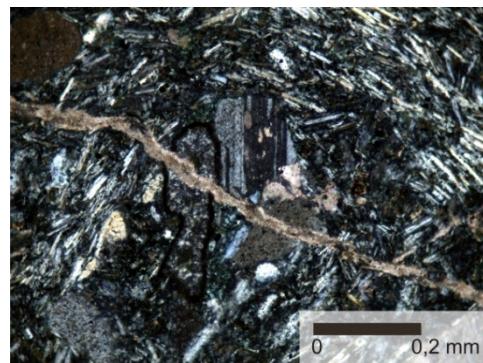
**Plagioclasa:** se presenta como microlitos en forma de listones dentro de la matriz, formando textura traquítica, o como fenocristales pequeños

**Muestra:** Zu-26 y Zu-27.

**Objetivo:** 20X



B.62. Textura traquítica formada por microlitos de plagioclasa. Foto en NX. Muestra Zu-26

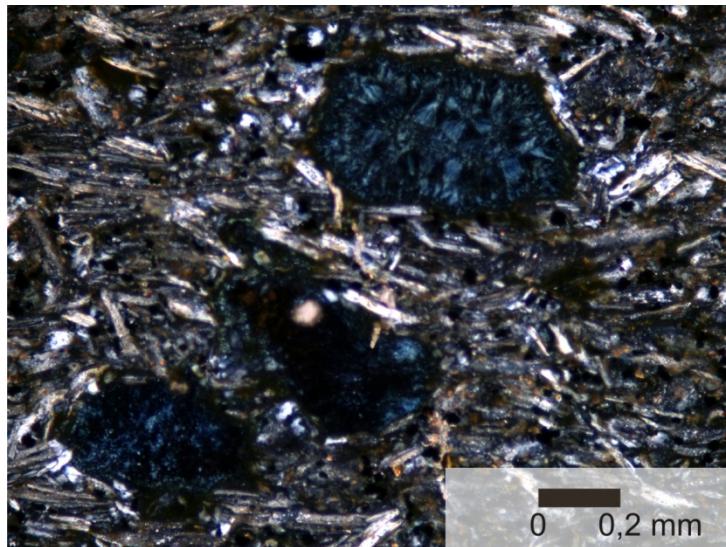


B.63. Fenocristales de plagioclasa alterados, parcialmente a calcita. Foto en NX. Muestra Zu-27.

**Clorita:** se exhibe como relleno de amígdalas, así como mineral de alteración de piríolas en la matriz. Presenta color verde con pleocroísmo muy débil, hábito radial, y colores de interferencia anómalos verde - azulados.

**Muestra:** Zu-26.

**Objetivo:** 10X

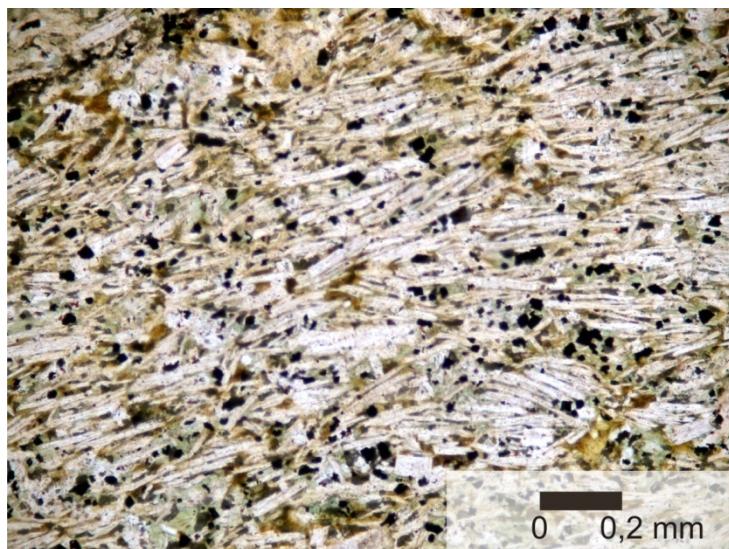


B.64. Amigdala rellena de clorita rodeadas de matriz con textura traquítica. Nótese los colores de interferencia, así como el hábito radial. Foto en NX.

**Opacos:** corresponde a la variedad magnetita, y hematita, que se encuentra como puntos dispersos a lo largo de toda la matriz.

**Muestra:** Zu-26

**Objetivo:** 10X



B.65. Opacos (magnetita y hematita) dispersos en la matriz. Notese las pequeñas coloraciones verdosas que representan la clorita. Foto en NX.

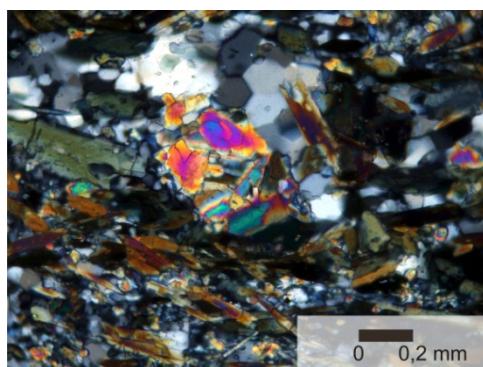
### B.3. MONJES DEL SUR

#### B.3.1. ANFIBOLITA DE LOS MONJES

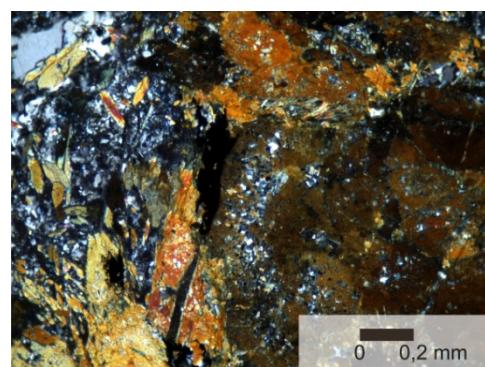
**Cuarzo:** se presenta en forma de vetillas, pero generalmente, está asociado con la plagioclasa, y dentro del anfibol formando inclusiones. Puede presentar textura mosaico.

**Muestra:** M-13 y M-04.

**Objetivo:** 10X



B.66. Textura mosaico en cuarzo rodeando cristal de piroxeno bastante fracturado. Nótese los contactos hexagonales entre los cristales de cuarzo Foto en NX. Muestra M-13

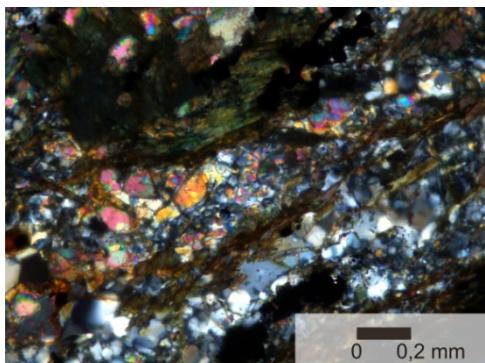


B.67. Inclusiones de cuarzo en anfibol. Foto en NX. Muestra M-04.

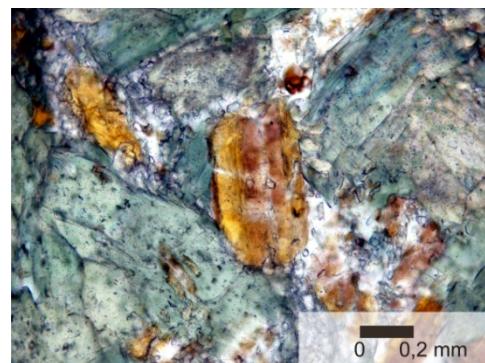
**Plagioclasa:** como agregados granulares, alterando a epidoto, pero se puede conseguir como cristales hipidiomórficos de labradorita, manchas de arcilla.

**Muestra:** M-13 y M-04.

**Objetivo:** 10X



B. 68. Plagioclasa alterando a epidoto, junto a cuarzo policristalino, con textura mosaico. Foto en NX. Muestra M-07.



B. 69. Labradorita manchadas con arcillas. Foto en N=. Muestra M-10.

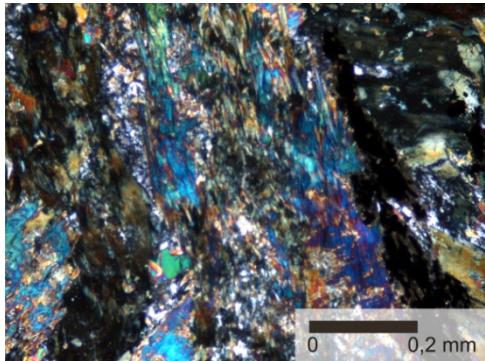
**Anfibol:** tipo barroisita, muy pleocroico, variando de verde a verde azulado, hábito astilloso, con manchas de opacos (magnetita) en su superficie, y comprende aproximadamente el 80% de las rocas. Normalmente, entre los cristales de anfibol, se presenta magnetita asociada a esfena. Además, forma foliación nematoblastica, bien sea de grano grueso o de grano fino.

**Muestra:** M-02, M-05.

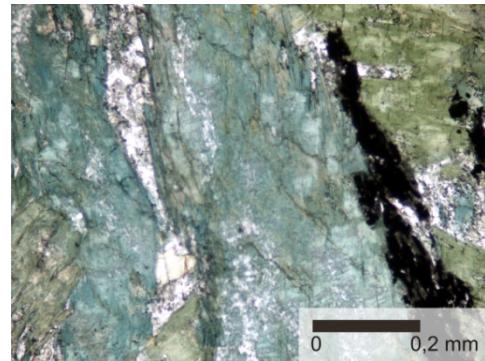
**Objetivo:** 10X

**Muestra:** M-14A.

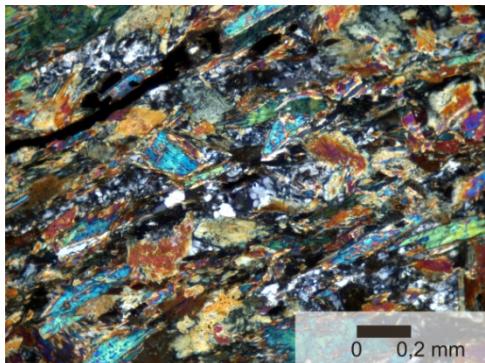
**Objetivo:** 20X



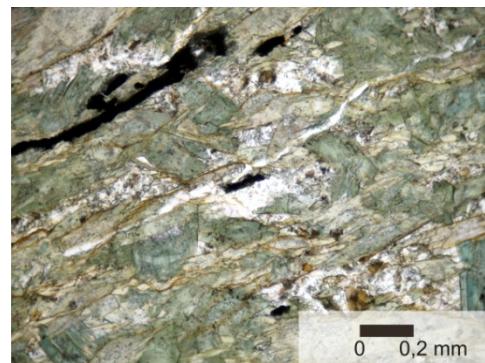
B. 70. Anfibol verde-azul (Barroisita). Foto en NX. Muestra M-02.



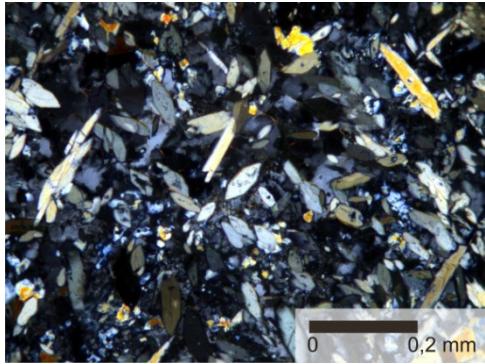
B. 71. Anfibol verde-azul (Barroisita). Nótese la presencia de magnetita y esfena entre cristales de anfibol. Foto en N=. Muestra M-02.



B. 72. Anfibol verde-azul (Barroisita). Foto en NX.  
Muestra M-05.



B. 73. Anfibol verde-azul (Barroisita). Nótese la presencia de magnetita, siguiendo la dirección de foliación nematoblástica.  
Foto en N=. Muestra M-05.



B. 74. Anfibol verde-azul (Barroisita), en cristales individuales. Foto en NX. Muestra M-14A.

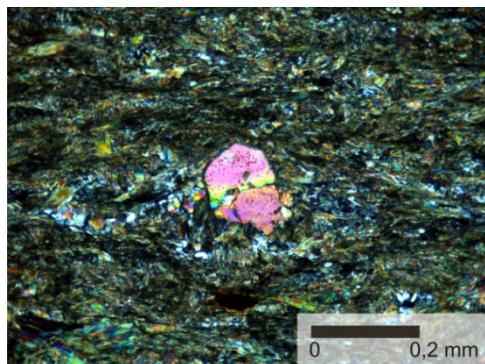


B. 75. Idem. Foto en N=. Muestra M-14A.

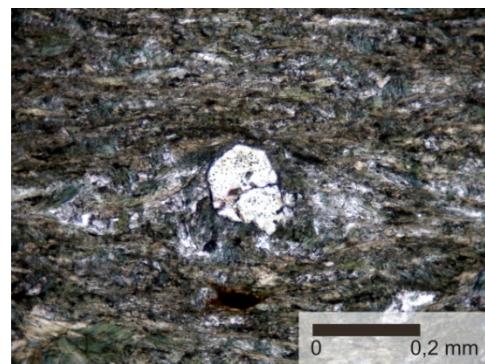
**Piroxeno:** cristales aislados de augita hipidiomórficos, muy fracturados, y sin alteración. Estos cristales son se muestran afectados en gran medida por los esfuerzos que generaron la foliación, observándose, que este última, bordea el mineral, como si fuese un flujo.

**Muestra:** E-63.

**Objetivo:** 20X



B. 76. Cristal subhedral de augita. Nótese la dirección de la foliación, como bordea al mineral. Foto en NX.

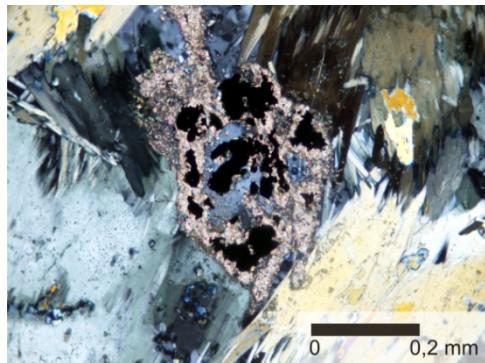


B. 77. Idem. Foto en N=.

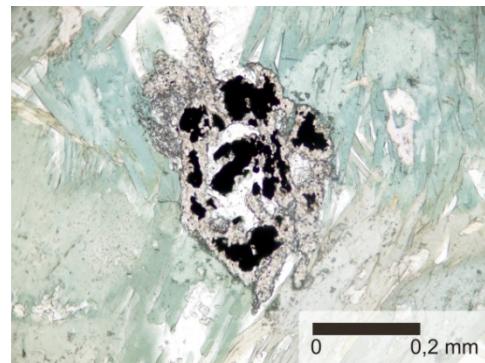
**Esfena:** aparece como agregados granulares, junto a la magnetita, proveniente de alteración de piríbolas, muy posiblemente, de algún piroxeno titanífero.

**Muestra:** M-11.

**Objetivo:** 20X



B. 78. Esfena y magnetita como pseudomorfo de piríbola. Nótese los colores de interferencia del anfibol. Foto en NX.

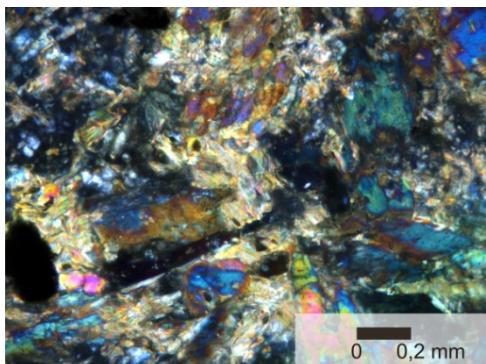


B. 79. Idem. Foto en N=.

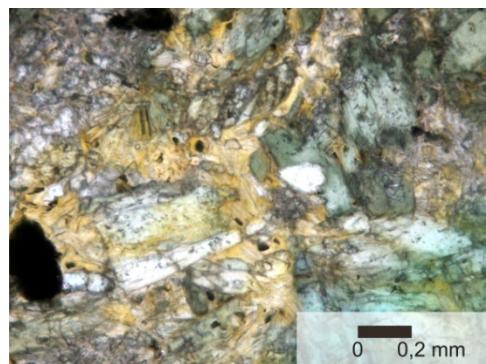
**Estilpnómela:** de hábito micáceo, se exhibe como precipitado dentro los cristales de plagioclasa y anfíbol, constituyendo así, un mineral primario de la roca.

**Muestra:** M-15.

**Objetivo:** 10X



B. 80. Estilpnomelana de entre cristales de anfíbol (colores amarillentos). Foto en NX.

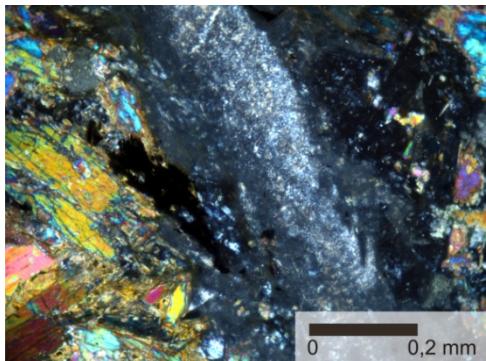


B. 81. Idem. Foto en N=.

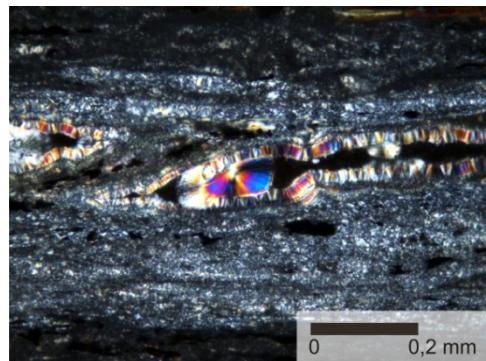
**Fosfatos:** se encuentran en las rocas en forma de vetas, posiblemente compuestos por dalhita (colores de interferencia de primer orden), y en algunas rocas, en el centro, la veta está rellena de prenhita (colores de interferencia del segundo orden).

**Muestra:** M-15 y M-18.

**Objetivo:** 20X



B. 82. Veta de fosfato (posible dalhita), cortando la roca. Nótese la alteración del anfibol en el borde de la veta. Foto en NX. Muestra M-15

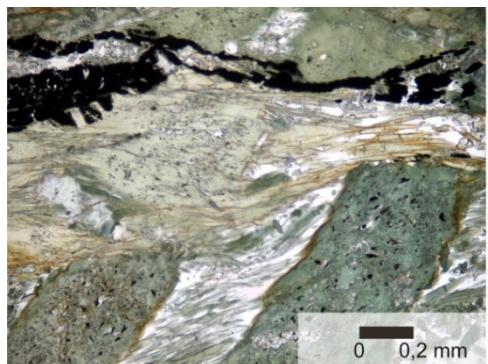


B. 83. Prenhita con hábito radial llenando el centro de la veta. Foto en N=. Muestra M-18.

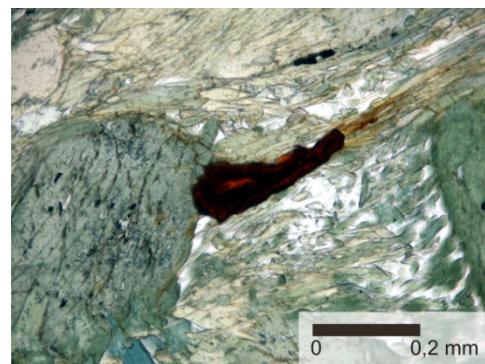
**Opacos:** se encuentran asociados a la esfena, o bien, como manchas en la superficie del anfibol, corresponden a la variedad magnetita, pudiendo encontrarse hematita. En las rocas foliadas, estos siguen la dirección de foliación S2 (B. 73.).

**Muestra:** M-14B.

**Objetivo:** 10X (B. 84) y 20X (B. 85)



B. 84. Magnetita entre cristales de anfibol, siguiendo la dirección de foliación S2. Foto en N=.



B. 85. Hematita precipitada, entre cristales de anfibol. Foto en N=.

**ANEXO I**  
**MAPA GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE COJORO**

**ANEXO II**  
**MAPA GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE CUSIA**

**ANEXO III**  
**MAPA GEOLÓGICO DE LA ISLA DE TOAS**

**ANEXO IV**  
**MAPA GEOLÓGICO DE LOS MONJES DEL SUR**

**ANEXO V**  
**DATOS ESTRUCTURALES DE LOS MONJES DEL SUR**

**ANEXO VI**  
**MAPA GEOLÓGICO DE LA PENÍNSULA DE LA GOAJIRA POR**  
**BLACK (1957)**