TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

GEOLOGÍA DE LA ISLA LA ORCHILA, DEPENDENCIAS FEDERALES, VENEZUELA

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Cáceres A. Jefferson A.
Para optar al Título de
Ingeniero Geólogo.

Caracas, julio de 2016

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

GEOLOGÍA DE LA ISLA LA ORCHILA, DEPENDENCIAS FEDERALES, VENEZUELA

TUTOR ACADÉMICO: Ing. David Mendi
CO- TUTOR ACADÉMICO: Dr. Franco Urbani
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Feliciano De Santis

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Cáceres A. Jefferson A.
Para optar al Título de
Ingeniero Geólogo.

Caracas, julio de 2016

GEOLOGÍA DE LA ISLA LA ORCHILA, DEPENDENCIAS FEDERALES, VENEZUELA

Tutor Académico: Ing. David Mendi. Co-Tutor Académico: Dr. Franco Urbani. Tutor Industrial: Ing. Feliciano De Santis. Tesis, Caracas UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2016, 259 pp.

Palabras clave: Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila, Cartografía, Petrología

Resumen: La isla La Orchila se encuentra ubicada a unos 160 km al norte de la ciudad de Caracas y a unos 50 km al este del Archipiélago Los Roques, está incluida dentro de las Dependencias Federales de la República Bolivariana de Venezuela. Conformada por una isla grande de forma triangular de aproximadamente 40 km^2 de área y un conjunto de cayos de origen arrecifal. El presente trabajo se realizó en conjunto entre la Universidad Central de Venezuela e Ingenieros De Santis C.A. con el objetivo de actualizar la cartografía geológica de la isla, conocer la distribución y composición de las unidades de rocas aflorantes, definir las unidades formales según la clasificación litodémica, proponer un modelo evolutivo con los datos obtenidos y las hipótesis existentes y determinar la utilidad y la calidad del material presente en las rocas de dicha localidad, para su manejo en construcción de obras civiles.

En la isla aflora el Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila, el cual está formado por 8 unidades geológicas. Las rocas más antiguas se encuentran en el sector oriental de la isla, en el cuál afloran la unidad de Esquisto cuarzo granatífero cianítico del cerro El Chivo (la más antigua), seguido por las unidades de Esquisto anfibólico plagioclásico del cerro El Chivo y Gneis tonalítico del cerro El Chivo.

El cerro Cabecera está formado por rocas de edades similares y en él afloran dos unidades, el Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera y el Esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera, ambas en contacto de falla, pre-metamorfismo.

En el sector occidental de la isla se encuentra el cerro Walker, el cuál es el de mayor elevación en la isla (165 m s.n.m.), en el afloran dos unidades, la Metadiabasa del cerro Walker y la Metatonalita del cerro Walker. La unidad félsica es intrusiva en

la unidad máfica y presenta una subunidad hacia el extremo occidental de la isla, denominada Metatonalita con textura milonítica del cerro Walker, con textura asociada a zonas de cizalla. La metadiabasa está a su vez intrusionada por varias generaciones de diques metandesíticos y metalamprófidos previos al metamorfismo.

En los cerros centrales aflora la Peridotita serpentinizada de los cerros Centrales, un fragmento de litósfera oceánica emplazado posiblemente durante la sutura que generó la unión de todo el Complejo.

A través del análisis geoquímico de elementos mayoritarios se logró determinar una afinidad magmática de tipo sub-alcalina para las rocas máficas y clasificar las rocas de protolito granitoide como granitoides orogénicos y peralumínicos. A partir de acá se logran diferenciar 3 terrenos que componen el complejo: Unidades de los cerros del este (orogénesis Pérmica), Ultramáficas de los cerros centrales (fragmento de corteza proto-Caribe) y las Unidades del cerro Walker (Arco de Aves).

Se caracterizaron geomecánicamente 5 unidades, resultando la más versátil la peridotita serpentinizada, aunque su porcentaje de absorción es muy elevado, por lo que su uso sería restringido a menos que se lograra explotar la roca lo más fresca posible, ya que en superficie presenta un alto índice de meteorización. Las otras unidades caracterizadas fueron el Gneis tonalítico del cerro El Chivo, el Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera, la Metatonalita y la Metadiabasa del cerro Walker.

El aporte realizado por este trabajo ayuda al crecimiento geocientífico de la Nación y además sirve como base para futuros proyectos tanto en el área científica como en el área de ingeniería.

A la Virgen del Valle,
A mi madre Deisy,
a mamá Leticia,
a mi hermano Yenssy.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy gracias a Dios y a la Virgen del Valle por iluminar el camino durante la realización del trabajo.

A la Universidad Central de Venezuela, por permitirme nacer, crecer y continuar desarrollándome en ella, no cabe duda que es la casa que vence la sombra.

A mi Tutor Académico, el Ing. David Mendi, por brindarme la oportunidad y la confianza de realizar este trabajo, además, por todos los conocimientos transmitidos, no solo durante la realización del mismo, sino también durante todo el tiempo que trabajé como preparador bajo su tutela. A mi Co-tutor Académico Dr. Franco Urbani, por apoyarnos durante el trabajo de campo, por la magnífica orientación y por sus siempre acertadas correcciones. A mi Tutor Industrial el Ing. Feliciano De Santis, por dar la gran oportunidad de realizar esta investigación y todo el apoyo prestado a lo largo de la realización de la misma. A la Armada Bolivariana por el apoyo prestado durante la estadía en la isla La Orchila.

A mi madre, Deisy Andarcia, por su apoyo incondicional, comprensión y paciencia durante todo este tiempo, sabes que este logro también es tuyo. A mamá Leticia, por guiarme desde niño en el camino correcto, por impulsarme desde el kínder hasta la universidad. A mi hermano Yenssy, por inspirarme con sus logros. A papá Juan, por estar siempre ahí y por los regaños que de alguna manera siempre funcionan. A mis tías Yuli, Nancy y Belkis, por ser mis segundas madres, por estar siempre dispuestas a enseñarme, ayudarme y aconsejarme. A mi padre, Johnny por todo su apoyo. A mi hermana Yannerith por estar pendiente siempre y apoyarme. A Yenssy por su ayuda y consejos. A mis primos Isaac, Moisés, Oriana, Natasha, Kismar y Samuel, verlos crecer ha sido una gran inspiración.

A los profesores Ricardo Alezones, Lenin González, Andre Singer, Sebastián Grande, Rafael Falcón, Ruthman Hurtado, Alfredo Mederos, Orlando Méndez, Carolina Machillanda, Enzo Caraballo y Ander De Abrisqueta, por todos los conocimientos transmitidos durante toda la carrera. A Arturo, por la realización de las secciones finas.

A Yeisy Berríos, por impulsarme, apoyarme, darme su tiempo y tenerme paciencia todos estos años. A toda esa gente que formó parte también de mi carrera, “Dross” Taylover, Victor y Enyer, por todo el apoyo de siempre hermanos, Arquimedes, Nicolas, Luis, Emmanuel y Pedro.

A Fernando Nevado, gracias por los consejos y por la orientación. A los irresponsables José Martínez, Gustavo Valencia y Ender Nieto, por todas esas celebraciones estos últimos años. A todas esas buenas amistades de la escuela, Sinahir, Annalissa, Andrea, Génesis, Darnavid, Mariela, Francimar, Gabriela, Fadhia, Brauli, Sebastian, Grillet, Stepher, Diego, Marco, Vicente, Reinaldo ah! y Yisus por supuesto, si se me olvida alguno disculpen.

A esos panas de la vida en el básico, Mas Fino, Christian, Juanpi, Osama, Alexander, Fariña, Hector, Rosangel, El Chino, Fred, Figue, gracias por tan buenos recuerdos.

A todos los que tuvieron algo que ver en la realización de este proyecto. Muchas gracias.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN..... 1
1.1 OBJETIVOS..... 1
1.1.1 OBJETIVO GENERAL..... **1**
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... **1**
1.2 UBICACIÓN Y GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO.... 2
1.3 METODOLOGÍA.....3
1.3.1 LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE SUPERFICIE..... **3**
1.3.1.1 ETAPA I: Recopilación de la información cartográfica y bibliográfica..... **3**
1.3.1.2 ETAPA II: Compilación de la información cartográfica..... **3**
1.3.1.3 ETAPA III: Trabajo de campo..... **4**
1.3.2 ANÁLISIS PETROGRÁFICO..... **5**
1.3.2.1 ETAPA I: Descripción de muestras de mano y elaboración de secciones finas..... **5**
1.3.2.2 ETAPA II: Descripción petrográfica..... **6**
1.3.3 ANÁLISIS QUÍMICO.....**8**
1.3.3.1 ETAPA I: Preparación de las muestras..... **8**
1.3.3.2 ETAPA II: Análisis de las muestras por Fluorescencia de rayos X..... **8**
1.3.3.3 ETAPA III: Análisis de las muestras por Absorción Atómica..... **9**
1.3.4 REDEFINIR LAS UNIDADES GEOLÓGICAS..... **10**
1.3.4.1 ETAPA I: Comparación de resultados y redefinición de unidades..... **10**
1.3.5 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA..... **11**
1.3.5.1 ETAPA I: Selección de muestras..... **11**
1.3.5.2 ETAPA II: Ensayos de Laboratorio..... **11**
1.3.6 ELABORACIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO..... **15**
1.3.6.1 ETAPA I: Vectorización e impresión del mapa..... **15**
2. GEOLOGÍA REGIONAL..... 16

2.1 ANTECEDENTES…… 16
2.2 MARCO TECTÓNICO…… 17
2.3 MARCO LITOLÓGICO…….. 20
3. GEOLOGÍA LOCAL……28
3.1 GENERALIDADES……...28
3.2 UNIDADES LITOLÓGICAS……... 30
3.2.1 ESQUISTO HORNBLÉNDICO PLAGIOCLÁSICO DEL CERRO CABECERA…… **30**
3.2.2 ESQUISTO CUARZO PLAGIOCLÁSICO DEL CERRO CABECERA…… **36**
3.2.3 ESQUISTO CUARZO GRANATÍFERO CIANÍTICO DEL CERRO EL CHIVO…… **43**
3.2.4 ESQUISTO ANFIBÓLICO PLAGIOCLÁSICO DEL CERRO EL CHIVO…… **45**
3.2.5 GNEIS TONALÍTICO DEL CERRO EL CHIVO……..... **51**
3.2.6 PERIDOTITA SERPENTINIZADA DE LOS CERROS CENTRALES……... **58**
3.2.7 METADIABASA DEL CERRO WALKER……..... **62**
3.2.8 METATONALITA DEL CERRO WALKER……..... **73**
3.2.8.1 METATONALITA CON TEXTURA MILONÍTICA DEL CERRO WALKER…… **80**
3.2.9 UNIDADES CUATERNARIAS……..…. **81**
3.2.9.1 FORMACIÓN LA ORCHILA (Pleistoceno)…… **81**
3.2.9.2 SEDIMENTOS (Holoceno)……... **83**
3.3 ANÁLISIS QUÍMICO……... 85
3.3.1 CLASIFICACIÓN QUÍMICA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE DIAGRAMAS TAS (ALCALIS TOTALES VS SÍLICE)……... **88**
3.3.2 DISCRIMINACIÓN TECTÓNICA PARA UNIDADES DE PROTOLITO MÁFICO……... **94**

3.3.3 DISCRIMINACIÓN TECTÓNICA PARA UNIDADES DE PROTOLITO GRANITOIDE……..... **95**
3.3.4 DIAGRAMAS HARKER……... **98**
3.4 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA…… 100
4. INTERPRETACIONES Y DISCUSIONES……... 104
4.1 LEVANTAMIENTO DE CAMPO, ANÁLISIS PETROGRÁFICO, Y DEFINICIÓN DE UNIDADES……... 104
4.2 ANÁLISIS QUÍMICO…… 113
4.3 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA…… 116
4.4 INTERPRETACIONES CARTOGRÁFICAS…….. 116
4.5 MODELO EVOLUTIVO…… 119
4.5.1 UNIDADES DE LOS CERROS DEL ESTE……... **119**
4.5.2 ULTRAMÁFICAS DE LOS CERROS CENTRALES……..... **121**
4.5.3 UNIDADES DEL CERRO WALKER……. **123**
4.5.4 LA UNIÓN DE LOS TERRENOS…….. **125**
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……. 126
5.1 CONCLUSIONES…… 126
5.2 RECOMENDACIONES…….. 128
6. BIBLIOGRAFÍA……... 129
7. APÉNDICES…….. 133
7.1 APÉNDICE A: SÍNTESIS DE OBSERVACIONES DE CAMPO, DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DE MANO Y DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA…… 134
7.2 APÉNDICE B: TABLAS DE PORCENTAJES DETERMINADOS EN EL ANÁLISIS PETROGRÁFICO Y COMPOSICIÓN EN MUESTRAS DE MANO…… 227
7.3 APÉNDICE C: RESULTADOS DE ENSAYOS GEOTÉCNICOS…. 235
8. ANEXO I: MAPA GEOLÓGICO DE LA ISLA LA ORCHILA…… 259

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. Ubicación de la Isla La Orchila (Google Earth 2015) 2
Fig. 3. Esquema de un espectrofotómetro de absorción atómica. Modificado de (UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, 2016). 9
Fig. 4 Mapa Tectónico actual de la región del Caribe, círculo rojo ubicación de la la isla La Orchila. Tomado de Pindell & Kennan (2009). 19
Fig. 5a. Mapa Geológico de la isla de Aruba (A); detalle de la FAL (B). Tomado de WRIGHT & WYLD (2011). 21
Fig. 5b. Columna estratigráfica generalizada de la isla de Aruba. Tomado de WRIGHT & WYLD (2011). 21
Fig. 6a. Mapa Geológico de la isla de Curazao (A); detalle del oeste de la isla (B). WRIGHT & WYLD (2011). 22
Fig. 6b. Columna estratigráfica generalizada de la isla de Curazao. WRIGHT & WYLD (2011). 23
Fig. 7a. Mapa geológico generalizado de Bonaire (A). Mapa detallado del noroeste de la isla (B). WRIGHT & WYLD (2011). 24
Fig. 7b. Columna estratigráfica generalizada de Bonaire. WRIGHT & WYLD (2011). 24
Fig. 8. Mapa geológico de las islas Los Monjes del sur. AZANCOT (2010). 25
Fig.9 Mapa Geológico de la Isla el Gran Roque. SCHUBERT & MOTIKCSKA (1972) 26
Fig. 10. Mapa Geológico de la Isla La Blanquilla. Modificado de SCHUBERT & MOTIKCSKA (1972) 27
Fig. 11. Mapa geológico simplificado de la isla La Orchila. 30
Fig. 11. Mapa geológico simplificado del esquisto hornbléndico del cerro Cabecera. 31
Fig. 12. Punto de observación 35. Morfología de ensilladura en el contacto entre unidades, en la parte más elevada se observa el esquisto horbléndico, y en la parte más baja se observa el esquisto cuarzo plagioclásico. 32
Fig. 13. Punto de observación 34. Vista general del afloramiento de la unidad de Esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera. 33
Fig. 14. Punto de observación 40. Vista del dique de metagabro. 34
Fig. 15. a) y b) Gneis hornbléndico plagioclásico epidótico, OCH19A, vista de cristales de hornblenda y algunos de epidoto en la zona de textura gnéisica, NP y NX; c) y d) Esquisto hornbléndico plagioclásico cuarzo epidótico, OCH20B, vista de la textura nematoblástica de la roca en la zona esquistosa, NP y NX; e) y f) Esquisto hornbléndico plagioclásico biotítico granatífero, OCH23, vista de la zona biotítica y granatífera de la unidad, NP y NX. 35
Fig. 16. Triángulo para la clasificación de rocas plutónicas gabroides en la unidad. STRECKEISEN (1976). 36
Fig. 17. Mapa geológico simplificado del Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera. 37
Fig. 18. Punto de observación 33. Vista de un afloramiento del esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera. 38
Fig. 19. a) Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico epidótico, OCH14A, se aprecian cristales de cuarzo, plagioclasa, biotita y epidoto, NX; b) Esquisto cuarzo

plagioclásico granatífero, OCH20A, vista de cristales de barroisita y opacos, NP; c) Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico, OCH26, vista general con cristales de microclino, NX; d) Esquisto cuarzo plagioclásico granatífero, OCH20A, vista de cristal de granate poiquiloblástico, NX; e) Gneis cuarzo plagioclásico biotítico granatífero, OCH44, vista de cristales de zoisita, biotita y granate, NX; f) Gneis cuarzo plagioclásico micáceo epidótico, OCH46, vista de cristales maclados de calcita, NX. *40*
Fig. 20a. Punto de observación 31. Vista general de los diques de aplita (meta microtonalita) y de pegmatita que cortan el esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera. *41*
Fig. 20b. Punto de observación 31. Vista de un dique de aplita (meta microtonalita). *41*
Fig. 21. Punto de observación 79. Vista del plano de falla en el cerro Angola. *42*
Fig. 22. Triángulo QAP para la clasificación de rocas plutónicas. STRECKEISEN (1976). *42*
Fig. 23. Mapa geológico simplificado del cerro El Chivo. *43*
Fig. 24. Vista de un bloque del Esquisto cuarzo granatífero cianítico del cerro El Chivo. *44*
Fig. 25. Esquisto cuarzo granatífero cianítico, OCH05; a) Vista de la zona de matriz de la roca, NX; b) vista de la zona de matriz con cristales de cuarzo policristalino y muscovita, además de un cristal de granate, NX; c) vista de pequeños cristales de cianita remanentes por sericitización, NP; d) vista de pequeños cristales de cianita remanentes por sericitización, NX. *45*
Fig. 26. Punto de observación 18. Vista de la unidad de esquisto anfibólico plagioclásico del cerro El Chivo. *46*
Fig. 27. Punto de observación 14. Vista de un afloramiento de la unidad en una de las pequeñas elevaciones ubicadas al norte del cerro El Chivo. *48*
Fig. 28. Punto de observación 14. Dique de metatonalita al norte del cero El Chivo. *49*
Fig. 29. a) y b) Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico, OCH36A, nematoblásto y cristales de anfíbol verde azul, NP y NX; c) Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico, OCH33, vista de micro pliegue en la orientación de los cristales, NX; Gneis anfibólico plagioclásico granatífero, OCH04A, d) vista de poiquiloblásto de plagioclasa, NX; e) cristales de zoisita, NX; f) vista de cristales de granate, NX. *50*
Fig. 30. Triángulo para la clasificación de rocas plutónicas gabroides en la unidad. STRECKEISEN (1976). *51*
Fig. 31. Punto de observación 65. Vista del sector sureste del cerro El Chivo, se observa la unidad de gneis tonalítico en la parte central. *52*
Fig. 32. Punto de observación 20. Vista general del gneis tonalítico del cerro El Chivo. *53*
Fig. 33. Punto de observación 64. Enclave de esquisto anfibólico plagioclásico en el gnéis tonalítico del cerro El Chivo. *54*
Fig. 34. Punto de observación 20. Vista de un dique de aplita (meta microtonalita) cortando la unidad de gneis tonalítico del cerro Walker. *55*

Fig. 35. Punto de observación 23b. Vista del dique de metatrondhjemita en el cerro El Chivo.....56
Fig. 36. a) Gneis cuarzo plagioclásico granatífero epidótico, OCH07A, cristal de granate con textura esqueletal, NX; b) Gneis cuarzo plagioclásico epidótico micáceo, OCH09B, vista de cristales de granate, NX; c) Gneis cuarzo plagioclásico anfibólico, OCH11, vista de cristales de anfíbol, NX; Gneis cuarzo plagioclásico epidótico granatífero, OCH37; d) poiquiloblasto de plagioclasa con inclusiones de cristales de cuarzo, epidoto y apatito, NX; e) y f) vista de cristales de anfíbol verde azul, NP y NX.....57
Fig. 37. Triángulo QAP para la clasificación de rocas plutónicas. STRECKEISEN (1976). 58
Fig. 38. Mapa geológico simplificado de los cerros centrales de la isla La Orchila. 59
Fig. 39. Punto de observación 56. Vista del frente de explotación de la peridotita serpentinizada en el cerro Los Pájaros. 60
Fig. 40. Punto de observación 54. Afloramiento de peridotita serpentinizada en el cerro Spoter.....60
Fig. 41. Triángulo para la clasificación de rocas ultramáficas. STRECKEISEN (1976). 61
Fig. 42. Peridotita serpentinizada, OCH29, a) y b) vista de cristal de ortopiroxeno con textura bastita y matriz de antigorita en general, NP y NX; Lherzolita serpentinizada, OCH28, c) cristal de olivino dentro de cristal de ortopiroxeno, NX; d) vista de cristales de clinopiroxeno, NX; e) y f) vista de cristales de espinela, NP y NX.....62
Fig. 43. Mapa geológico simplificado de la unidad de meta diabasa del cerro Walker. 63
Fig. 44. Punto de observación 98. Vista del contacto abrupto intrusivo entre la metadiabasa y la metatonalita del cerro Walker. 64
Fig. 45. Punto de observación 90. Vista de textura de lavas almohadilladas muy fracturadas en la cumbre del cerro Walker. 65
Fig. 46. Punto de observación 85. Vista de la textura de lavas almohadilladas en un bloque suelto en la ladera noreste del cerro Walker. 66
Fig. 47. a) Metadiabasa epidótica, OCH03C, vista general de cristales de plagioclasa y epidoto, NX; b) Metadiabasa epidótica, OCH03D, vista general de la unidad en sección delgada, NX; Metadiabasa, OCH51A, c) y d) se observan cristales de clorita, epidoto y anfíbol, en la parte interna del cristal de anfíbol se observa otro verde azulado, NP y NX; Metadiabasa, OCH52A; e) cristales de actinolita, epidoto y plagioclasa, NX; f)cristales de actinolita, anfíbol y plagioclasa, NX.....67
Fig. 48. Punto de observación 87. Vista general del dique de meta-andesita porfídica en el cerro Walker.....68
Fig. 49. Punto de observación 129. Vista del dique de meta-andesita (OCH68).....69
Fig. 50. Punto de observación 125. Dique de metandesita cortado a su vez por una veta de cuarzo. 70
Fig. 51. Punto de observación 125. Dique de metalamprófido (OCH66B) cortando otro dique metandesítico (OCH66A). 70
Fig. 52. Muestra de mano OCH03. Se aprecian los fenocristales de biotita. 71

Fig. 53. Metalamprófido (kersantita), OCH03A, a) vista de fenocristal de magnesiobiotita, NX; b) vista de fenocristal de anfíbol totalmente cloritizado, NX; Metalamprófido (spessartita), c) OCH66B, se aprecian fenocristales euhedrales de hornblenda, NX; d) OCH61, vista de un fenocristal de anfíbol esqueletal, NX; Meta-andesita porfídica, OCH68, e) y f) vista de fenocristales de anfíbol con corte basal y plagioclasa; NX. *72*
Fig. 54. Vista del plano de falla encontrado al norte del cerro Walker. *73*
Fig. 55. Mapa geológico simplificado de la metatonalita del cerro Walker. *74*
Fig. 56. Punto de observación 94. Vista del contacto entre unidades del cerro Walker. *75*
Fig. 57. Punto de observación 101. Vista del nivel pegmatítico dentro de la unidad. *76*
Fig. 58. Punto de observación 101. Vista de la variación en el tamaño de grano e índice de color en este sector de la unidad de Metatonalita del cerro Walker. *76*
Fig. 59. Punto de observación 103. Vista de la textura foliada en el sector oeste del cerro Walker. *77*
Fig. 60. a) Gneis tonalítico , OCH52B, vista general de la roca con textura cataclástica, NX; b) Metatonalita, OCH56A, cristal de cuarzo fracturado, NX; c) Metatonalita, OCH56B, vista de cristales de biotita, NX; d) Metatonalita pegmatítica, OCH56C, cristal de plagioclasa zonado y con sericitización, NX; e)Metatonalita, OCH56D, vista de cristales de muescovita y biotita, NX; f) Gneis tonalítico, OCH52B, cristal de titanita, NX. *78*
Fig. 61. Triángulo QAP para la clasificación de rocas plutónicas. STRECKEISEN (1976). *79*
Fig. 62. Punto de observación 104. Vista de la zona de textura milonítica de la Metatonalita del Cerro Walker, en este caso casi una ultramilonita por su textura esquistosa. *80*
Fig. 63. Punto de observación 45. Vista de la terraza coralina en la zona norte del cerro Cabecera. Terraza de fragmentos de coral y conchas de grano grueso. *82*
Fig. 64. Punto de observación 110. Vista de la terraza coralina en el sector occidental de la isla, al suroeste del cerro Walker. Terraza calcárea arenosa de grano fino, cubierta por arena y limo. *83*
Fig. 65. Punto de observación 54. Vista de las terrazas salinas, hacia el sur de la isla desde el cerro El Chivo. Planicie salina. *84*
Fig. 66. Punto de observación 117. Vista de una de las dunas compactadas. Duna inactiva. *84*
Fig. 67. Simbología asignada a cada unidad del Complejo Ígneo Metamórfico "La Orchila". *88*
Fig. 68. Diagrama TAS para rocas plutónicas de MIDDLEMOST (1994). *89*
Fig. 69. Diagrama TAS para rocas plutónicas de COX et al. (1979). *90*
Fig. 70. Diagrama TAS para rocas volcánicas de MIDDLEMOST (1994). *92*
Fig. 71. Diagrama TAS para rocas volcánicas de COX et al. (1979). *93*
Fig. 72. Diagrama de clasificación AFM de IRVINE & BARAGAR (1971). *94*
Fig. 73. Diagrama de clasificación de MIYASHIRO (1974). *95*
Fig. 74. Símbolos asignados para las unidades granitoides *96*
Fig. 75. Diagramas de discriminación tectónica de MANIAR & PICCOLI (1989). *96*

Fig. 76. Diagramas tipo Harker para las muestras analizadas del CIM "La Orchila" *99*
Fig. 77. Gráficos de límites establecidos por porcentaje de desgaste los ángeles para los diversos usos posibles de las unidades de roca. *102*
Fig. 78 Mapa batimétrico de la isla La Orchila. La línea negra segmentada representa la zona no hidrografiada, cercana a la isla..... *118*
Fig. 80. Configuración tectónica durante el Pérmico-Jurásico. Formación de las unidades de los cerros del Este en el orógeno Herciniano o Andino. Modificado de DORRITIE (2007) *120*
Fig. 81. Ubicación del terreno de las unidades de los cerros del este en el tiempo (circulo amarillo). Modificado de MARESCH et al. (2009)..... *121*
Fig. 82. Configuración tectónica a finales del Cretácico según PINDELL & KENNAN (2009). El ovalo en rojo representa la ubicación del proto-Caribe. *122*
Fig. 83. Configuración tectónica durante el Paleógeno. El punto rojo es la posible ubicación del terreno de las ultramáficas de los cerros centrales. LB es la ubicación del terreno de La Blanquilla y ACB los terrenos de Aruba, Curazao y Bonaire respectivamente. Modificado de WRIGHT & WYLD (2011)..... *123*
Fig. 84. Columna estratigráfica generalizada de Aruba. Tomado de WRIGHT & WYLD (2011)..... *123*
Fig. 85. Configuración tectónica durante el Turoniense (A) y Paleoceno temprano (B). El punto azul indica la posible posición del terreno de las unidades del cerro Walker. Modificado de WRIGHT & WYLD (2011). *125*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Tabla de granulometrías representativas de los agregados, para selección del método de ensayo a utilizar. Tomado de "Manual visualizado para desgaste los Ángeles" (2003). *12*
Tabla N° 2. Unidades litólogicas cartografiadas y su localidad. *28*
Tabla N° 3. "Estratigrafía propuesta" de las unidades definidas y cartografiadas en este trabajo, que estarían incluidas dentro de la unidad considerada como Informal del Complejo Ígneo-Metamorfico de La Orchila. *29*
Tabla N° 4. Composición mineralógica del esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera. *33*
Tabla. N° 5. Composición mineralógica del esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera. *39*
Tabla N° 6. Composición mineralógica del esquisto cianítico del cerro El Chivo. *44*
Tabla N° 7. Composición mineralógica del esquisto barroisítico plagioclásico del cerro El Chivo. *48*
Tabla. N° 8. Composición mineralógica del Gneis tonalítico del cerro El Chivo. *54*
Tabla N° 9. Composición mineralógica de la peridotita serpentinizada de los cerros centrales. *61*
Tabla. 10. Composición mineralógica de la metadiabasa del cerro Walker. *66*
Tabla N° 11. Composición mineralógica de los diques que cortan la metadiabasa del cerro Walker. *71*
Tabla N° 12. Composición mineralógica de la Metatonalita del cerro Walker. *79*
*Tabla N° 13. Resultados del análisis químico de elementos mayoritarios. *Diques que cortan a las unidades* *86*
*Tabla N° 14. Suma total de los óxidos por muestra, nombre petrográfico y unidad.. *Diques que cortan a las unidades* *87*
Tabla N° 15. Parámetros porcentuales para la utilidad del material: *101*
Tabla N° 16. Resultados generales de los ensayos: *101*
Tabla N° 17. "Estratigrafía propuesta" de las unidades definidas y cartografiadas en este trabajo, que estarían incluidas dentro de la unidad considerada como Informal del Complejo Ígneo-Metamorfico de La Orchila. *110*
Tabla N° 18. Síntesis de los protolitos y facies metamórficas de las unidades descritas. *111*
Tabla N° 19. Síntesis de las facies metamórficas de los diques descritos. *112*
*Tabla N° 20. Comparación entre clasificaciones petrográficas y por análisis químico. *Diques que intrusionan la unidad.* *113*
Tabla N° 21. Síntesis de la afinidad tectónica y ambiente tectónico asociado al C. I. M. La Orchila. *115*
Tabla N° 22. Se muestra una síntesis de los posibles usos de las unidades analizadas. *116*

1. INTRODUCCIÓN

La isla La Orchila, perteneciente a las Dependencias Federales de la República Bolivariana de Venezuela, no poseía una cartografía geológica actualizada ni una caracterización detallada de las unidades de roca aflorantes en la isla.

El presente Trabajo Especial de Grado, realizado en conjunto entre la Universidad Central de Venezuela e Ingenieros De Santis C.A., surgió con la finalidad de actualizar la cartografía geológica de la isla La Orchila, además de dar a conocer la distribución de las unidades de rocas aflorantes y determinar la utilidad y la calidad del material presente en las rocas de dicha localidad, para su manejo en construcción de obras civiles.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL:

Realizar la cartografía geológica de la isla La Orchila, Dependencias Federales, Venezuela.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Efectuar el levantamiento geológico de superficie de la zona de estudio
- Realizar análisis petrográfico de muestras de las unidades definidas
- Efectuar análisis químico de elementos mayoritarios
- Redefinir las unidades geológicas, adaptadas a la clasificación de unidades litodémicas
- Realizar la caracterización geomecánica de las principales unidades de roca aflorantes en el área.
- Elaborar el mapa geológico a escala 1:10.000 de la isla La Orchila.

1.2 UBICACIÓN Y GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO:

La Isla La Orchila pertenece a la República Bolivariana de Venezuela y está incluida dentro de las Dependencias Federales, ubicada a unos 160 km al Norte de la ciudad de Caracas y a unos 50 km al este del Archipiélago de Los Roques. Está formada por una isla grande de forma triangular de aproximadamente 40 km^2 de área y en su extremo nororiental se encuentran un conjunto de cayos de origen arrecifal (fig. 1).



Fig 1. Ubicación de la Isla La Orchila (Google Earth 2015)

La isla principal fue la zona de trabajo en la cual se realizó la investigación, la misma consiste de tres macizos montañosos cercanos al límite Norte de la isla. El macizo occidental es llamado Cerro Walker, al sur del mismo se encuentra ubicada la Base Aeronaval "Capitán de Navío Antonio Díaz". El macizo central está formado por dos elevaciones, conocidas como Cerro Los Pájaros y Cerro Spoter. Finalmente el macizo oriental está formado por tres cerros conocidos como Angola, El Chivo y Cabecera.

1.3 METODOLOGÍA:

1.3.1 LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE SUPERFICIE:

1.3.1.1 ETAPA I: Recopilación de la información cartográfica y bibliográfica:

Esta etapa comprendió la recopilación de mapas y bibliografía con información geológica publicada en trabajos anteriores correspondientes a la zona de estudio.

Se consultaron los siguientes mapas:

- Mapa topográfico de la isla La Orchila. Dirección de Cartografía Nacional 1958. Escala 1:25.000.
- Mapa geológico de la isla La Orchila. SCHUBERT & MOTICSKA (1972).
- Mapa geológico cuaternario de la Isla La Orchila. SCHUBERT (1976).

Se consultaron las siguientes referencias bibliográficas:

- SCHUBERT & MOTICSKA (1972), "*Reconocimiento Geológico de las Islas Venezolanas en el Mar Caribe, entre Los Roques y Los Testigos (Dependencias Federales)"*.
- SCHUBERT & VALASTRO, (1976). *"Geología cuaternaria de la Isla La Orchila, Dependencias Federales"*. *Bol. AVGMP,* 19: 17-42.
- MOTISCKA P. 1997. *"Complejo Igneo-Metamórfico de La Orchila"* http://www.pdvsa.com/lexico/l23w.htm

1.3.1.2 ETAPA II: Compilación de la información cartográfica:

Se unieron los mapas consultados con el objetivo de generar un *mapa geológico compilado* que se usó durante el levantamiento de campo. Para cumplir con esta etapa se realizaron los siguientes pasos:

- Escaneo y rasterización de los mapas, creando archivos de imagen digital .TIF, para esto se empleó un equipo LG Smart Scan.
- Georeferenciación de los archivos de imagen en Datum WGS84 (REGVEN), Zona 19P.

- Compilación de ambos mapas, buscando la coincidencia de drenajes, vialidad, curvas de nivel y línea de costa.
- Vectorización e impresión del mapa geológico compilado.

Todas las actividades se efectuaron bajo la suite ARCGIS® como Sistema de Información Geográfica (SIG), y siguiendo la metodología del Manual de edición ESRI (2012).

1.3.1.3 ETAPA III: Trabajo de campo:

El trabajo de campo se realizó con el objeto de corroborar la información obtenida en la Etapa II, para así reconocer la ubicación de los afloramientos dentro del área de estudio y realizar el correspondiente levantamiento geológico de superficie.

La descripción de las rocas halladas se desarrolló siguiendo ciertos parámetros indicados a continuación según su tipología:

- **Rocas ígneas y rocas metamórficas:**

Al momento de realizar descripciones de afloramientos de rocas ígneas se requiere de observaciones en las cuales se determinen las relaciones de corte entre los cuerpos, así mismo se debe realizar la identificación mineral lo más detallista posible, dado que esto va a permitir identificar dicha roca.

Para estudiar un conjunto de rocas metamórficas es necesario conocer una serie de parámetros que permitan realizar inferencias acerca del origen y los diferentes eventos de deformación que estas hayan sufrido.

Lo mínimo a describir en un afloramiento es lo indicado en (COMPTON 1970, FRY 1997, THROPE & BROWN 2001):

- Información general del afloramiento, croquis
- Variaciones en la roca (composición y textura)
- Tipos de contactos internos y externos (roca caja)
- Estructuras planares-lineales. Orientaciones (rumbo-buzamiento de fenómenos geológicos)
- Red de diques-vetas-fracturas

- Distribución de rocas
- Características texturales, composiciones, clasificación de rocas, facies metamórficas, protolito
- Toma de muestras representativas (*lo más frescas posibles*) según variedades composicionales-texturales
- Determinar asociaciones mineralógicas (minerales índice)
- Tamaño de los cristales.
- Tipo de foliación.

Lo expresado anteriormente por los autores se puede resumir en los siguientes formatos:

Rocas Metamórficas

Punto	Coordenadas UTM	Color Fresco	Color Meteorizado	Mineralogía	Facies Metamórfica	Contactos	Descripción Litológica	Observaciones

Rocas Ígneas

Punto	Coordenadas UTM	Color Fresco	Color Meteorizado	Mineralogía	Textura	Contactos	Descripción Litológica	Observaciones

- **Recolección de muestras:**

Para la recolección de muestras se tomó en cuenta la distribución en el área, el tipo de roca, la cercanía al contacto entre las unidades litológicas, el grado de meteorización de la roca aflorando, mineralogía presente y las posibilidades de poder realizarle una sección fina y el análisis químico. Para este caso se tomaron 91 muestras de mano de aproximadamente 1-2 kg cada una.

1.3.2 ANÁLISIS PETROGRÁFICO:

1.3.2.1 ETAPA I: Descripción de muestras de mano y elaboración de secciones finas:

Se describieron a detalle las muestras recolectadas en la Etapa III del Trabajo de Campo, con el fin de seleccionar en cuáles se llevaría a cabo la elaboración de secciones finas, siguiendo la metodología planteada por KERR (1965), siendo esto complementado con fotografías para crear así un catálogo de muestras.

1.3.2.2 ETAPA II: Descripción petrográfica:

De las 91 muestras de mano tomadas en campo se seleccionaron 44 muestras para la realización del análisis petrográfico, tomando en cuenta las unidades definidas durante el levantamiento geológico de superficie, la frescura de la muestra, el tamaño de grano, la cercanía al contacto y las características petrológicas resaltantes, con el fin de definir los distintos tipos de rocas. Así mismo se tomaron fotomicrografías de las características más importantes para cada sección fina. Esta parte del trabajo consistió en los siguientes pasos:

- Determinación de porcentaje modal de los minerales esenciales, minoritarios y accesorios de cada roca, realizando un barrido de toda la sección fina, obteniendo aproximadamente 300 puntos.
- Identificación y descripción de los rasgos texturales.
- La clasificación de las rocas utilizando el sistema de STRECKEISEN (1976) y ROBERTSON (1999).

La descripción de muestras se llevó a cabo siguiendo los criterios expuestos en el formato planteado por URBANI *et al.* (2010), de la figura 2.

Planilla para petrografía de rocas IGNEAS Y METAMORFICAS (Lab.330)

No. Muestra:	Fecha:	Petrografía por:

ROCA METAMÓRFICA: __ **ROCA ÍGNEA:** __

FÁBRICA	FOLIADA	CRISTALINIDAD	FÁBR. EQUIGRANULAR
( ) Idioblástica (euhedral)	( ) Pizarra	( ) Holocristalina	( ) Idiomórfica (euhe.)
( ) Hipidioblástica (subhedral)	( ) Filita	( ) Hipocristalina	( ) Hipidiomórfica (subh.)
( ) Xenoblástica (anhedral)	( ) Esquisto	( ) Holohialina	( ) Alotriomorfica (anh.)
	( ) Gneis	**GRANULARIDAD**	**FÁBR.INEQUIGRANULAR**
( ) Porfidoblástica	**NO FOLIADA**	( ) Fanerítica	( ) Seriada
( ) Porfidoclástica	( ) Granofel	( ) Afanítica	( ) Porfídítica
ROTAS MECANI-	( ) Homfel	( ) Criptocristalino	

CAMENTE Y RE-	**Texturas ígneas y metamórficas:**			Foliación: Lepidoblástica:___ Nematoblástica:___			
CONSTITUIDAS	Flujo:__	Intersertal__	Subofítica:__	Foliación: Fuerte__ Mediana __ Pobre__ Muy pobre__			
1- No Foliadas	Afieltrada:__	Eutaxítica:__	Ofítica:__	Halos pleo.:__	Reliquias:__	Helicítica:__	Red (web):__
CATACLASTICAS	Esferulítica:__	Vitrofídica:__	Gráfica:__	Sagenítica:__	Simplectit.:__	Poiquilítica:__	Reabsorc.__
% fragmentos	Traquítica:__	Bordes re.:__	Zonación:__	Mirmequít.:__	Decusada:__	Augen:__	Augenesquis.:__
>50 Protocatacl.:__	Pertítica:__ Meso.:__ Anti.:__ (Tipo:_____, %Plag:___)				Sombras P.:__	Glomeroporfirítica:__	
10-50 Catacla.:__	Transformaciones: Ol->Sp __ Px->Sp __ Px->Anf __ Anf->Cl __ Gr->Bi __ Gr->Cl __ Bi->Cl __						
<10 Ultracatacl.:__							

2- Foliadas	**TAMAÑOS**	Promedio (de mm - a mm)		**TRIÁNGULO A-P-Q**	
MILONÍTICAS	General	(-)		%	%
% Porfiroclastos	Porfidoblastos	(-)		Feldespato alcalino:	A:
>50 Protomil.:__	Porfidoclastos	(-)		Plagioclasa (>5An).:	P:
10-50 Milonita:__	Megacristales	(-)		Cuarzo:	Q:
<10 Ultramil.:__	Fenocristales	(-)		**I.C. =**	100%
Blastomilonita:__	Matriz	(-)		**Transparencia:** [desde clara (1) a oscura(5)]:___	

MINERALOGÍA (+- en orden de abundancia) [En volcanicas separar fenocristales de constituyentes de la matriz]

Nombre	%		Nombre	%	
1-			7-		
2-			8-		
3-			9-		
4-			10-		
5-			11-		
6-			12-		Tz: trazas

Plagioclasa:	Composicion: ___ %An (Nombre:_____). Alterada: Mucho:__ Mediano:__ Poco:__ Nada:__
(muy importante	En orden de abundancia (4->0) a: Sericita:__ Epidoto:__ Calcita:__ Albita:__ Otro:_____
Nota: Al reverso hacer lo mismo para otros minerales alterados (biotita, anfibol, piroxeno, olivino, etc.)	

CLASIFICACIÓN GENERAL

Plutónica: ____ Hipoabisal:____ Volcánica (lava):____ Volcánica (piroclástica:____ hibrida:____)

Metaplutónica: ____ Metahipoabisal:____ Metalava:____ Metatoba:____ (Metatoba hibrida: ___)

Metasedimentaria: (Metapelita: Meta-psamita: Meta-psefita: Meta-carbonática:)

NOMBRE DE CAMPO:

NOMBRES PETROGRÁFICOS:

NOMBRES PROTOLÍTICOS (si es posible):

Facies (subfacies) metamórfica:

DESCRIPCIONES DE LOS MINERALES: ***Hacerlas al reverso***, hacer gráficos, marcar sitios para fotomicrografías, etc.

No indicar propiedades obvias de los minerales, ejm.: Muscovita: extinción paralela... Pero siempre indicar los colores de pleocroismo...

En casos como clorita indicar siempre los colores de interferencia, dado que pueden ser distintos si proviene de biotita o anfíbol.

Indicar: Minerales pico de metamorfimo, minerales retrógrados, reacciones, interpretaciones de la historia de la roca.

Si bien arriba hay una casilla de texturas, aquí señalar cuales minerales estan involucrados en ellas y detalles adicionales.

Formas de minerales: acicular, columnar, fibroso, equidimensional, hojoso, tabular, alotriomorfo, hipidiomorfico, idiomorfico.

Visualizar texturas y minerales ígneos en: http://www.eos.ubc.ca/courses/eosc221/igneous/igtextur.html

Minerales metamorficos	http://www.union.edu/PUBLIC/GEODEPT/COURSES/petrology/met_minerals.htm
Minerales igneos	http://www.union.edu/PUBLIC/GEODEPT/COURSES/petrology/ig_minerals.htm
Petrologia en general	http://www.union.edu/PUBLIC/GEODEPT/COURSES/petrology

Usar las clasificaciones de rocas igneas y metamorficas de: http://www.bgs.ac.uk/bgsrcs/download.html

Fig. 2. Formato para análisis petrográfico. Urbani et al. (2010).

1.3.3. ANÁLISIS QUÍMICO:

1.3.3.1.ETAPA I: Preparación de las muestras:

Las 44 muestras seleccionadas para la realización del análisis petrográfico, fueron a su vez utilizadas para la ejecución del análisis químico, las mismas se prepararon utilizando una máquina Shatterbox con cápsula de carburo de Tungsteno, la cual realiza una pulverización mediante movimientos oscilatorios, hasta pulverizar la muestra (pasante 200; 0,074 mm aprox.).

Se obtuvieron aproximadamente 15 gr de cada muestra para ser analizadas por fluorescencia de rayos X. Las muestras en polvo, se montaron en los diferentes portamuestras plásticos. Se preparó un portamuestra por cada muestra a analizar según la metodología expuesta por BARITTO (2003).

1.3.3.2.ETAPA II: Análisis de las muestras por fluorescencia de rayos X:

Para el análisis de elementos mayoritarios se utilizó un espectrómetro de rayos X por dispersión de energía, marca Phillips, modelo Minipal PW 4025/00; el cual es un espectrómetro compacto diseñado para la detección y cuantificación de elementos químicos, teóricamente desde el Sodio (Na) hasta el Uranio (U). Este método se utilizó para medir los elementos SiO_2, Al_2O_3, CaO y TiO_2

Se establecieron las condiciones y calibración del equipo para proceder a efectuar el análisis de las muestras, siguiendo los siguientes pasos (GONZÁLEZ & SÁNCHEZ, 2001):

- Encender el equipo y correr la aplicación de calibración del mismo.
- Abrir la ventana de medición para la aplicación.
- Se introducen los portamuestras previamente preparados.
- Se identifican las muestras en la computadora, de acuerdo a la posición que ocupa dentro del contenedor.
- Se inicia la medición.
- Se obtienen los resultados, y se guardan en formato del programa Excel.

1.3.3.3.ETAPA III: Análisis de las muestras por absorción atómica:

Para completar la serie de Elementos mayoritarios, se utilizó la técnica de espectrometría de absorción atómica, la cual tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes. La cantidad de fotones absorbidos, está determinada por la ley de Beer, que relaciona ésta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbedores. Este método se utilizó para medir los elementos Fe_2O_3, MnO, K_2O, Na_2O, MgO.

La técnica de absorción atómica en una forma concisa consta de lo siguiente: la muestra en forma líquida es aspirada a través de un tubo capilar y conducida a un nebulizador donde ésta se desintegra y forma un rocío o pequeñas gotas de líquido (fig. 3).

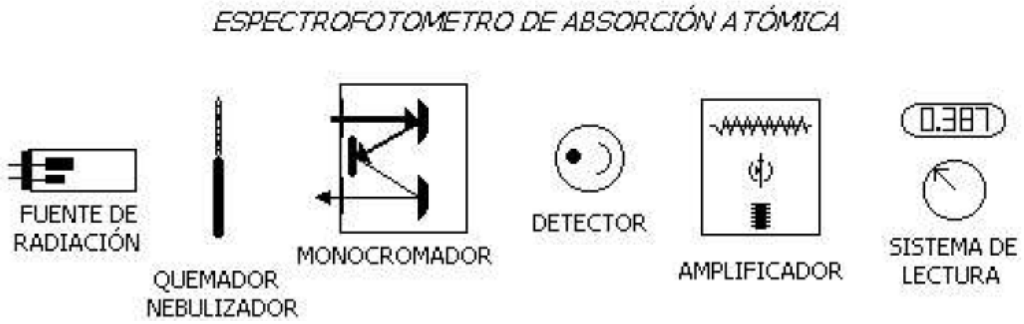


Fig. 3. Esquema de un espectrofotómetro de absorción atómica. Modificado de (UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, 2016).

Las gotas formadas son conducidas a una flama, donde se produce una serie de eventos que originan la formación de átomos. Estos átomos absorben cualitativamente la radiación emitida por la lámpara y la cantidad de radiación absorbida está en función de su concentración.

La señal de la lámpara una vez que pasa por la flama llega a un monocromador, que tiene como finalidad el discriminar todas las señales que acompañan la línea de interés. Esta señal de radiación electromagnética llega a un

detector o transductor y pasa a un amplificador y por último a un sistema de lectura (fig. 3). (UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, 2016).

1.3.4. REDEFINIR LAS UNIDADES GEOLÓGICAS:

1.3.4.1.ETAPA I: Comparación de resultados y redefinición de unidades:

Una vez obtenidos y analizados los resultados de los estudios petrográficos y químicos, los mismos fueron comparados con los resultados encontrados en trabajos previos, con el fin de redefinir las unidades de rocas consideradas.

Para cumplir con éste objetivo se siguieron el conjunto de normas establecidas por la COMISIÓN NORTEAMERICANA DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA (CNNE) para definir unidades litodémicas.

El CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO NORTEAMERICANO (traducido por BARRAGÁN et al. 2010) establece que para redefinir unidades geológicas formales se requiere:

- La intención de designar o modificar una unidad formal
- La asignación de la categoría y el rango de la unidad
- La selección y la derivación del nombre
- La especificación del estratotipo (donde proceda)
- La descripción de la unidad
- La definición de los límites
- Los antecedentes históricos
- Las dimensiones, la forma y los aspectos regionales
- La edad geológica
- Las correlaciones

1.3.5. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA E INDUSTRIAL

1.3.5.1.ETAPA I: Selección de muestras:

En base a las observaciones realizadas durante el levantamiento de campo, se seleccionaron distintos litotipos con el objetivo de realizar ensayos, para caracterizar los mismos de manera geomecánica e industrial. Para ello se tomaron en campo una cantidad no menor a 80 kg por muestra.

1.3.5.2.ETAPA II: Ensayos de Laboratorio:

Con el fin de realizar una caracterización correcta de la utilidad geomecánica e industrial de los materiales se procederán a realizar los siguientes ensayos:

Desgaste los Ángeles: Según el Manual Visualizado de la Norma A.S.T.M. C 131 -C 535 /N.L.T. 149 /I.N.V.E 218-219/FLNV-MVAG-07/08 (2003), se tiene lo siguiente: Objetivo del ensayo: Determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la máquina de los ángeles consecuencia de la acción combinada de la abrasión, machaqueo e impacto.

Equipos necesarios:

- Máquina de desgaste Los Ángeles
- Balanza con capacidad de 20 Kg. con apreciación de 1g.
- Tamices para agregado grueso
- Horno con control de temperatura uniforme de 110 °C ± 5ºC
- Carga abrasiva o esferas metálicas de fundición o de acero.
- Tamiz #12

Preparación de la muestra:

- La muestra para el ensayo se obtendrá mediante el tamizado separando las distintas fracciones del agregado según el método acorde a la granulometría del material a ensayar. Las fracciones se deben lavar separadamente

- Una vez lavado el material se procede a introducirlo en el horno a una temperatura de 105ºC y 110°C hasta que su peso sea constante
- Se deberá elegir en la siguiente tabla N° 1 la gradación más parecida al agregado que se va a usar, tomando en cuenta el tamaño del agregado para la ejecución del ensayo.

Tabla N° 1. Tabla de granulometrías representativas de los agregados, para selección del método de ensayo a utilizar. Tomado de "Manual visualizado para desgaste los Ángeles" (2003).

TAMAÑO DEL CEDAZO		ASTM C 131				ASTM C 535		
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	1	2	3
3"	2½"					2500±50		
2½"	2"					2500±50		
2"	1½"					5000±50	5000±50	
1½"	1"	1250±25					5000±25	5000±25
1"	¾"	1250±25						5000±25
¾"	½"	1250±10	2500±10					
½"	3/8"	1250±10	2500±10					
3/8"	¼"			2500±10				
¼"	N° 4			2500±10				
N° 4	N° 8				5000±10			
TOTAL PESO, g		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±75	10000±50
N° DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
REVOLUCIONES		500				1000		

Procedimiento:

- Una vez seleccionado el método a utilizar y determinado el peso de la muestra a usar, se colocan en la máquina de los ángeles la muestra y el número de esferas correspondiente para el ensayo
- La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrita, se descarga el material del cilindro y se procede a efectuar una separación en la muestra ensayada del material más grueso, este se lava y se seca en horno a una temperatura comprendida entre los 110 $\pm$ 5°C.

Finalmente se procederán a realizar los diferentes cálculos y correcciones que indica la Norma ASTM, a fin de obtener los resultados más precisos posibles, los cuáles posteriormente serán analizados e interpretados.

Resistencia a la Compresión: Según la norma COVENIN 1465 (1979), del "Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de la piedra natural para la construcción" se tiene:

Objetivo del ensayo: Determinar la resistencia a la compresión de la piedra natural para la construcción.

Equipos necesarios:

- Máquina de ensayo de cualquier tipo, capaz de permitir aplicar cargas a una velocidad no mayor de 7 kg/cm² o una velocidad de avance del cabezal no mayor de 1,25 mm/min y una apreciación de 50kg.

Preparación de la Muestra:

- La muestra debe ser cortada en forma de cubo que no tenga menos de 5 cm por lado, mientras que si el material es muy grueso, como rocas granitoides, no deberá ser menor de 6,35 cm por lado.

Procedimiento:

- Los cubos se centran en la máquina de ensayo y la carga inicial se aplica a una velocidad tal que permita ajustar manualmente la plancha de contacto.
- La velocidad de carga no será mayor de 7 kg/cm² por segundo, pero se puede considerar que este requisito se cumple si la velocidad del cabezal no es mayor de 1,25 mm/min.

Finalmente se procederán a realizar los diferentes cálculos y correcciones que indica la Norma COVENIN 1465-79, a fin de obtener los resultados más precisos posibles, los cuáles posteriormente serán analizados e interpretados.

Peso Unitario: Según la norma COVENIN 263 (1978), del "Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado" se tiene:

Objetivos del ensayo: determinar el peso unitario (densidad) del material para agregado fino, grueso o mezclado.

Equipos necesarios:

- Balanza que permita lecturas con exactitud del 0,3% del peso leído en cualquier punto de su rango de uso.
- Barra compactadora recta, de acero, de 16mm de diámetro, de aproximadamente 60cm de longitud y punta semiesférica.
- Recipiente cilíndrico de metal.

Preparación de la muestra:

- El material a ensayar debe secarse en un horno hasta que su peso sea constante.

Procedimiento:

- Primero se debe calibrar el recipiente llenándolo con agua para determinar primero el peso unitario del agua.
- Se rellena el recipiente con la muestra para luego calcular el factor de calibración del recipiente, dividiendo el peso unitario del agua entre el peso necesario para llenar el recipiente.
- Se calcula el peso neto del agregado en el recipiente, con exactitud de 0,1%
- Se calcula el peso unitario del agregado suelto multiplicando el peso neto por el valor de calibración obtenido anteriormente.

Finalmente se procederán a realizar los diferentes cálculos y correcciones que indica la Norma COVENIN 263-78, a fin de obtener los resultados más precisos posibles, los cuáles posteriormente serán analizados e interpretados.

1.3.6. ELABORACIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO:

1.3.6.1.ETAPA I: Vectorización e impresión del mapa:

La base topográfica tiene un gran margen de error con respecto a los datos obtenidos durante el levantamiento de campo, la línea de costa no coincide, las curvas de nivel están desfasadas y rotadas, entre otros detalles, por esta razón se procedió a corregir el error lo mejor posible utilizando la imagen satelital de la isla de Google Earth (2015), fotografías aéreas y los datos de campo, metodología con la cual también se lograron afinar las unidades cuaternarias.

Una vez redefinidas las unidades geológicas, se procedió a realizar la vectorización de todas las unidades definidas, puntos de observación y contactos establecidos, con el fin de elaborar el *Mapa Geológico de la Isla La Orchila*, utilizando la suite ArcGIS®, mediante el empleo de la metodología presentada en el "Manual de edición ESRI" (2012).

Posteriormente se procedió a efectuar la impresión del mapa geológico a escala 1:10.000 en metros, el cuál fue anexado al presente trabajo de investigación.

2. GEOLOGÍA REGIONAL

2.1. ANTECEDENTES:

- SCHUBERT, C. & P. MOTICSKA, 1972. Reconocimiento geológico de las islas venezolanas en el Mar Caribe, entre Los Roques y Los Testigos (Dependencias Federales). I. Introducción e islas centrales, *Act. Cient. Venez.*, Vol. 23

En este artículo los autores plantean un reconocimiento de las unidades ígneo metamórficas presentes en las islas Los Roques y La Orchila. Plantean que las rocas más antiguas afloran en la isla La Orchila, en la cual describen esquistos y filitas cloríticas, ortoanfibolitas cuarzo- epidóticas- granatíferas, gneis horbléndico y gneises y esquistos epidótico- micáceos, las cuáles fueron intrusionadas por diabasa y rocas graníticas y granodioríticas, y diques de pegmatita y aplita.

El texto se basa netamente en la descripción petrológica y mineralógica, así como también expone un mapa geológico de la isla en el cuál plantean siete unidades o cuerpos ígneo-metamórficos.

- SCHUBERT, C. & S. VALASTRO, 1976. Geología Cuaternaria de la Isla La Orchila, Dependencias Federales. *Bol. Asoc. Ven. Geol., Min. y Petról.*, N°19: 17-42.

Los autores exponen un estudio detallado de la geología cuaternaria de la isla, presentando descripciones de las diversas unidades de suelos, sedimentos y terrazas marinas definidas. En él se expresan resultados de estudios de datación geocronológica por radiocarbón y Th/U de muestras de coral, concha y roca de playa, recoletadas de la terraza marina., dando una edad de 131.000 años.

El artículo presenta un mapa detallado de la geología cuaternaria de la isla, el cual fue utilizado en la integración del mapa presentado en este trabajo.

- MOTISCKA P. 1997. *"Complejo Igneo-Metamorfico de La Orchila"* http://www.pdvsa.com/lexico/l23w.htm

En el léxico estratigráfico venezolano se expone un Complejo ígneo metamórfico La Orchila (informal) y una Formación la Orchila (válido). En ambos resúmenes se presentan síntesis de los trabajos realizados por los autores antes mencionados, y no se da una definición formal de unidades litoestratigráficas o litodémicas.

- VILA, M. A., 1967. Aspectos geográficos de las Dependencias Federales, *Monog. Econ. Estadales, Corp. Ven. Fomento, 112p.*

En este libro el autor describe los aspectos geográficos de la isla La Orchila, tales como posición geográfica, superficie, máximas alturas sobre el nivel del mar, entre otros.

2.2. MARCO TECTÓNICO:

La isla La Orchila, se encuentra ubicada al sur de la placa tectónica Caribe, muy cerca de la interacción entre dicha placa y la placa tectónica Suramericana. El origen y evolución de la placa Caribe es un tema controvertido, debido a que no presenta actualmente un centro de expansión oceánico.

Se manejan dos modelos evolutivos contrapuestos, un modelo "autóctono" que propone una formación *in situ* y por otro lado un modelo "alóctono" que propone una formación en la región del pacífico y una deriva hasta su posición actual.

Modelo Autóctono:

MESCHEDE & FRISCH (1998) proponen un modelo *in situ*, con las siguientes fases de evolución:

- Alrededor del Jurásico Medio comienza un proceso de rifting y con ello la separación inicial entre América del Norte y América del Sur.

- Entre el Jurásico Tardío y el Cretácico Medio continúa la ampliación del mar proto-Caribe mediante la expansión.

- Del Cretácico Medio al Cretácico Tardío se da un engrosamiento de la corteza proto-Caribe por la formación de una mesa de basalto en la zona del Caribe.

- Del Cretácico Medio al Cretácico Tardío ocurre la subducción entre Cuba-Arco de la coordillera de Aves, seguido por la colisión del sur de Cuba con la placa de Norteamérica.

- En el mismo período ocurre la apertura del Atlántico sur, y comienza la deriva continental de la placa Suramericana respecto a la placa del Caribe que se convierte en una placa independiente.

- Del Cretácico Tardío al reciente comienza un movimiento relativo hacia el Este, respecto a la placa Suramericana, causando subducción en el arco de Antillas Menores, y a partir del Paleoceno/Eoceno se desarrolla un complejo de fallas de desgarre en las fronteras norte y sur de la placa.

- A partir del Mioceno las deformaciones de la placa Caribe son resultado de su interacción con las placas Americanas.

Modelo Alóctono:

PINDELL & KENNAN (2009) tienen la hipótesis más aceptada actualmente sobre el modelo de evolución alóctono, en el cual exponen las siguientes fases:

- Durante el Jurásico Tardío, comienza el proceso de separación entre las Américas asociado a la cuenca retroarco Andina de Ecuador y Perú.

- En el Albiense, la migración en dirección Noreste pudo haber sobrecorrido la corteza continental y oceánica cercana al límite Norte del retroarco Andino, generando terrenos metamórficos de alta presión y temperatura que pueden ser encontrados en la Isla de Margarita y otras partes de la Cordillera de la Costa.

- Desde el Turoniense hasta el Maastrichtiense, se produjo vulcanismo asociado a puntos calientes de forma esporádica alrededor de la placa presente en la región Paleo-Caribe.

- Durante el Maastrichtiense, la posición del Caribe está marcada al norte por la acreción de distintas ofiolitas.

- En el Paleoceno Temprano, culmina el margen pasivo y comienza la subducción del Proto-caribe bajo Suramérica dándose así el levantamiento de la Cordillera de la Costa y la Serranía del Interior Oriental de Venezuela.

- Para el Eoceno Tardío el movimiento relativo hacia el este de la placa provocó la colisión diacrónica destral oblicua en el Norte de Venezuela.

- Finalmente durante el Mioceno se produce un cambio en el movimiento relativo de la Placa Caribe que genera posteriormente régimen transtensional en el margen Sureste de la misma. (fig. 4)

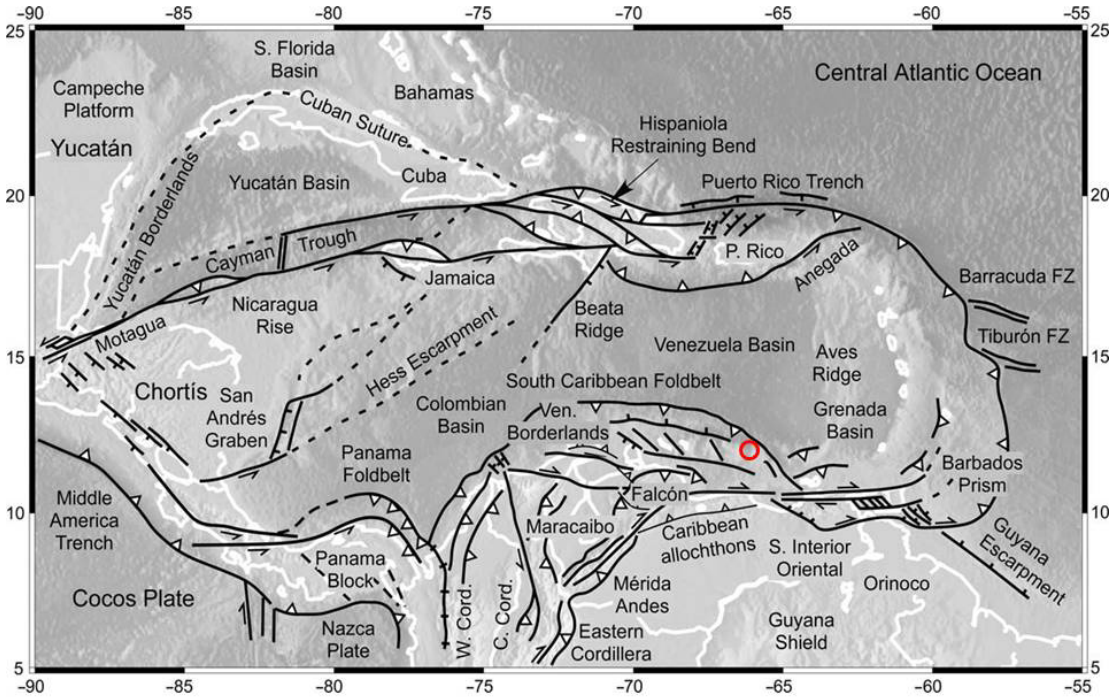


Fig. 4 Mapa Tectónico actual de la región del Caribe, círculo rojo ubicación de la la isla La Orchila. Tomado de Pindell & Kennan (2009).

2.3.MARCO LITOLÓGICO:

La Isla de La Orchila se encuentra alineada a una cadena de islas conocidas como La *Prominencia ABC* con dirección este-oeste, hoy en día denominada así por las islas de Aruba, Bonaire y Curazao, pero que incluye además a Los Monjes, La Blanquilla, Los Hermanos y el Archipiélago de Los Roques.

Este conjunto constituye las Antillas de Sotavento y forman una elevación a modo de cadena, que continúa hacia la prominencia de Aves, formando parte del hoy extinto arco de Aves.

Isla de Aruba:

Las rocas más antiguas de Aruba se encuentran en la Formación Aruba Lava (FAL) del Cretácico Superior (BEARDSLEY & LALLEMANT, 2007). La FAL se puede dividir en dos paquetes estratigráficos diferentes, uno inferior compuesto por basalto en su mayoría, argilita y varias intrusiones de diabasa, y un paquete superior que consiste de una toba basáltica y un estrato de conglomerado, cuyos clastos son enteramente de las zonas inferiores de la formación (WRIGHT & WYLD, 2011) (figs. 5a y 5b).

Otra unidad de gran importancia en la geología de la isla es el Batolito de Aruba, el cual es predominantemente una intrusión tonalítica posterior a la deposición, erupción e intrusión de la FAL. WRIGHT & WYLD (2011) reportan por U/Pb en circon, una edad de 89 ± 1.0 Ma.

La mayor parte de la Formación se encuentra bajo metamorfismo de las facies esquistos verdes o prehnita – pumpellyita, producto de la intrusión del batolito. El batolito exhibe zonas de alteración hidrotermal de epídoto y vetas de cuarzo.

La geoquímica sugiere que la isla es un fragmento de una mesa oceánica. Suprayacente se encuentran inconformemente varias calizas del Terciario, incluyendo la edad Plioceno presentes en la Formación Seroe Domi (BEARDSLEY & LALLEMANT, 2007).

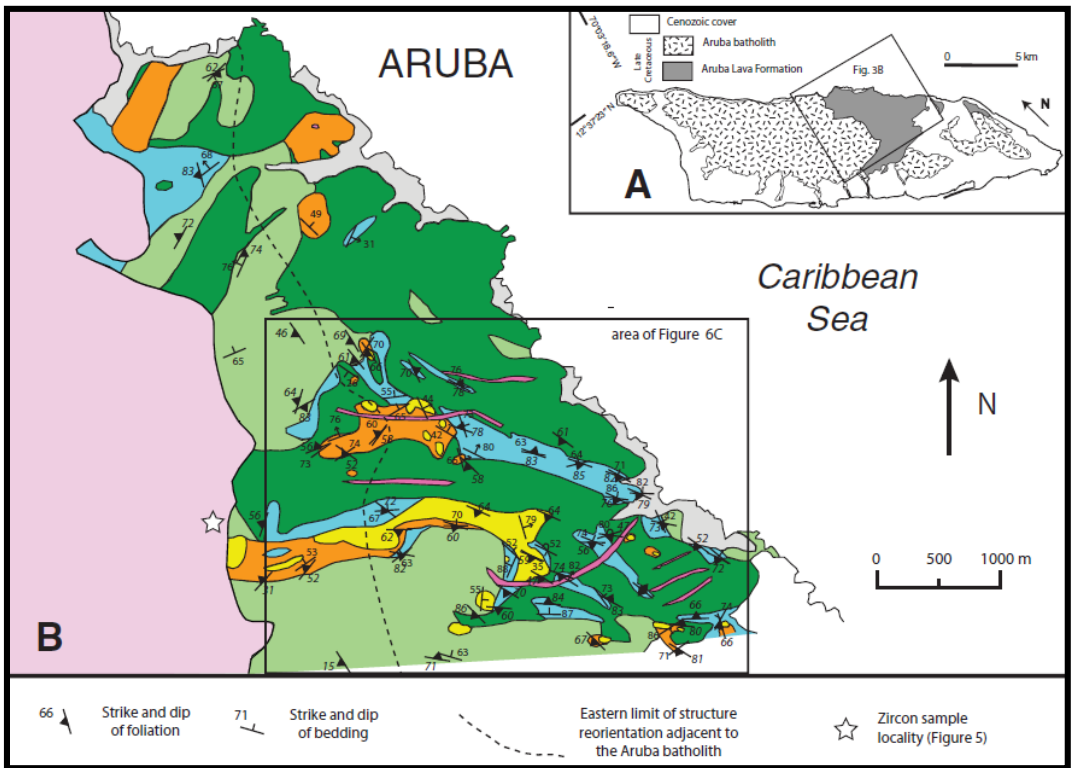


Fig. 5a. Mapa Geológico de la isla de Aruba (A); detalle de la FAL (B). Tomado de WRIGHT & WYLD (2011).

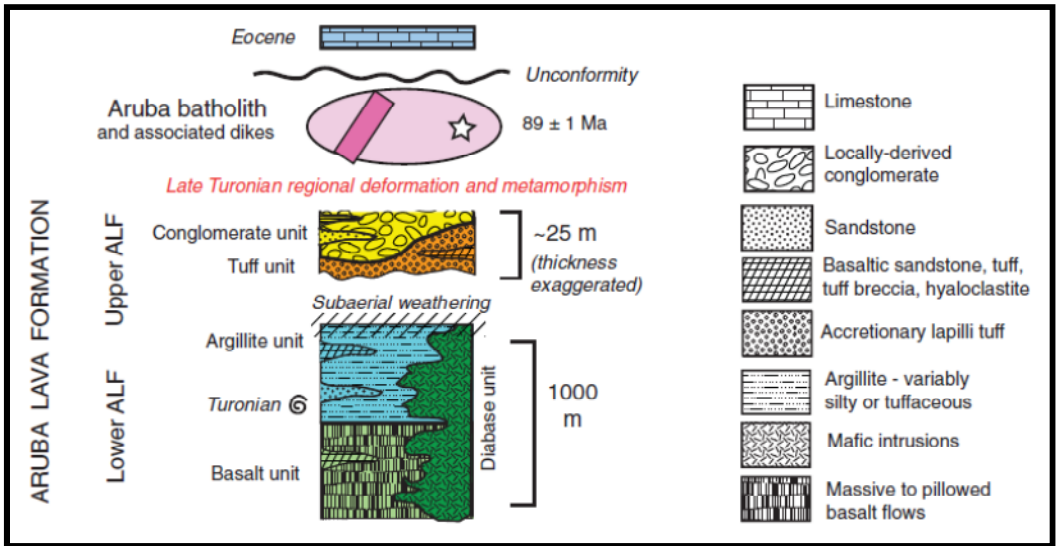


Fig. 5b. Columna estratigráfica generalizada de la isla de Aruba. Tomado de WRIGHT & WYLD (2011).

Isla de Curazao:

Se compone principalmente de la Formación Curazao Lava (FCL), del Cretácico Tardío, las rocas más antiguas de esta isla. Esta Formación es comparable en edad con la Formación Aruba Lava. Se infiere por el análisis geoquímico un origen de mesa oceánica (BEARDSLEY & LALLEMANT, 2007).

La FCL está formada principalmente por flujos máficos de lava submarina, con estructura almohadillada y cortada por varios sills de diabasa. Esta Formación se encuentra cortada a su vez por varios diques y sills de cuarzo diorita con abundantes fenocristales de plagioclasa y hornblenda (WRIGHT & WYLD, 2011) (fig. 6a).

Inconformemente sobre la FCL se encuentra el Grupo Knip, el cual tiene más de 2 km de espesor y se formó entre el Campaniense y Maastrichtiense. El mismo consiste de chert pelágico, caliza y arcillita, intercalados con niveles de depósitos epiclásticos y volcanogénicos (fig. 6b). Las intrusiones cuarzo dioríticas también cortan el Grupo Knip, WRIGHT & WYLD (2011) indican una edad de 86,2 ± 0,8 Ma. para dichos cuerpos por U/Pb.

Se infiere un metamorfismo de bajo grado, prehnita-pumpellyita a zeolita, indicado por la mineralogía, más no presenta textura foliada (WRIGHT & WYLD, 2011).

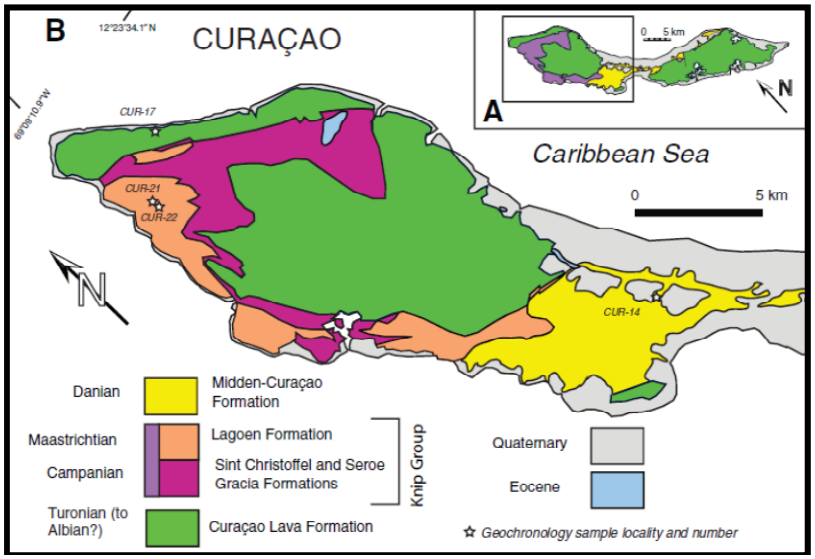


Fig. 6a. Mapa Geológico de la isla de Curazao (A); detalle del oeste de la isla (B). WRIGHT & WYLD (2011).

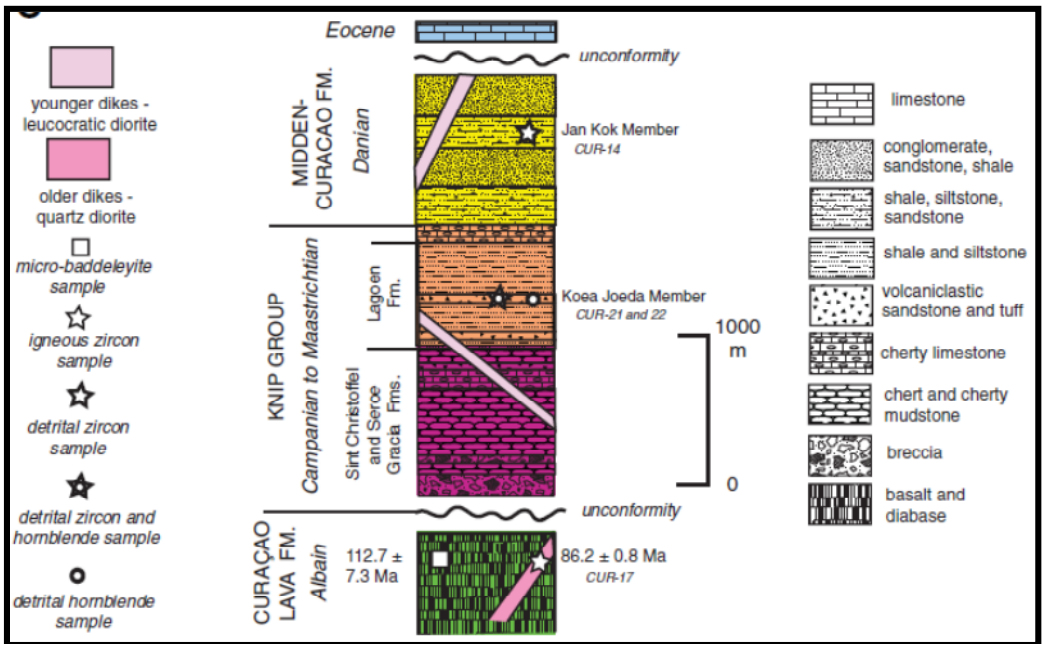


Fig. 6b. Columna estratigráfica generalizada de la isla de Curazao. WRIGHT & WYLD (2011).

Isla de Bonaire:

El basamento está formado por la Formación Washikemba del Cretácico Tardío (fig. 7a). El análisis geoquímico sugiere un origen en arco volcánico (BEARDSLEY & LALLEMANT, 2007).

La Formación Washikemba está formada por una sucesión gruesa de estratos félsicos volcanogénicos submarinos de hasta 4 km de espesor, intrusionados por rocas dioríricas y dacíticas (fig. 7b). WRIGHT & WYLD (2011) indican edades entre 98,2 ± 0,6 Ma. y 94,6 ± 1,4 Ma., en U/Pb.

WRIGHT & WYLD (2011) proponen la introducción del grupo Matijs en contacto de falla sobre la Formación Washikemba, formado por una unidad de argilita cortada por cuerpos de diabasa, una unidad de conglomerado y finalmente una unidad de chert. Este grupo se encuentra cubierto por la Formación Rincón.

La Formación Rincón también del Cretácico, es seguida por una serie de calizas del Terciario, incluyendo Mioceno/ Plioceno (BEARDSLEY & LALLEMANT, 2007).

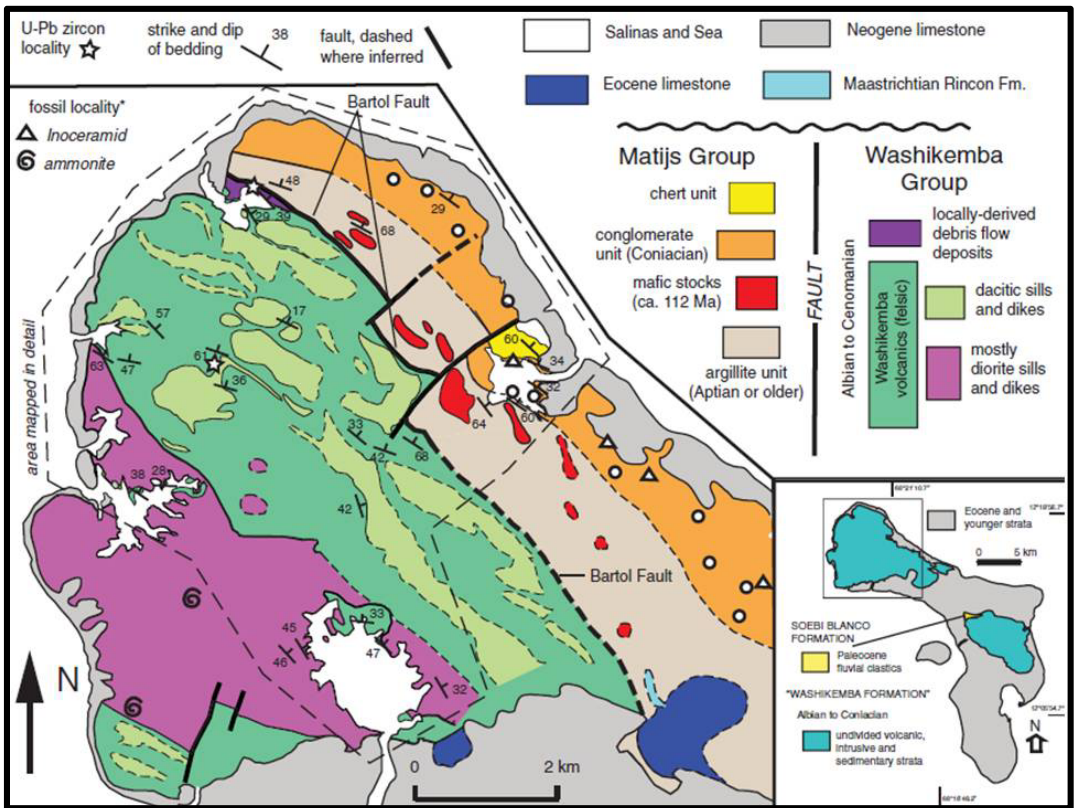


Fig. 7a. Mapa geológico generalizado de Bonaire (A). Mapa detallado del noroeste de la isla (B). WRIGHT & WYLD (2011).

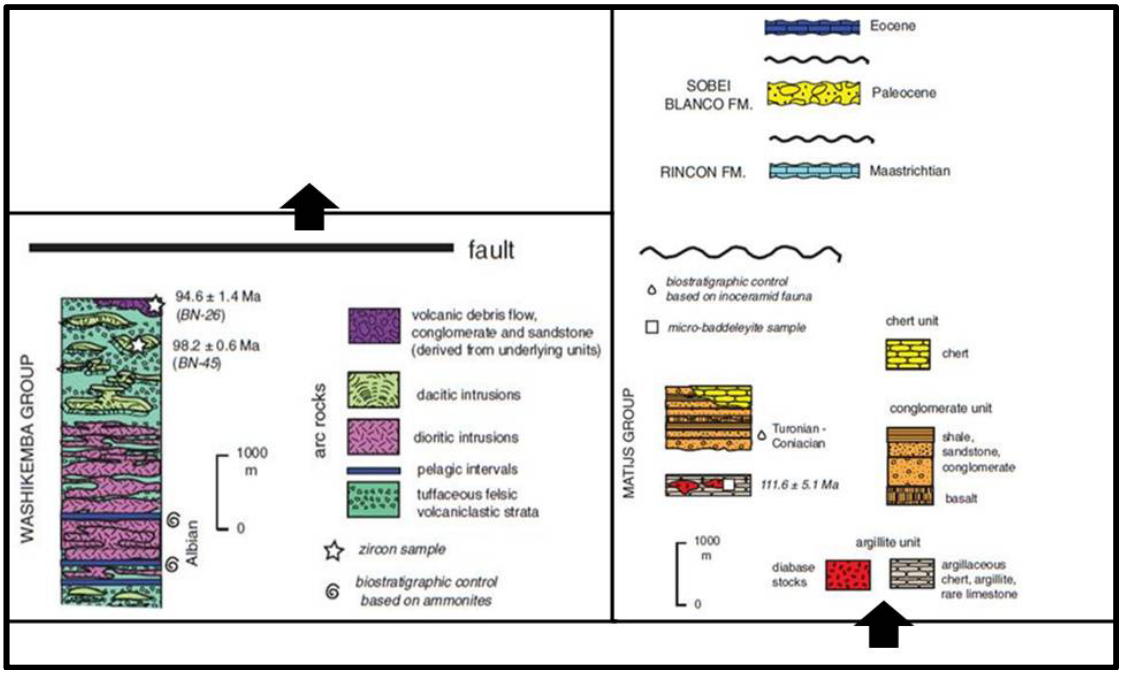


Fig. 7b. Columna estratigráfica generalizada de Bonaire. WRIGHT & WYLD (2011).

Archipiélago de Los Monjes:

Las islas del archipiélago están constituidas esencialmente por ortoanfibolitas de colores negro y negro verdoso y grano afanítico a grueso, producto del metamorfismo de rocas máficas (fig. 8). El tamaño de grano va de 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. En general se clasifican en dos grupos: metagabro o gabro anfibolítico y metabasitas o anfibolitas de origen volcánico. (AZANCOT, 2010).

Por los análisis químicos las anfibolitas son consideradas como segmentos de corteza oceánica, llevados a su posición actual por un proceso orogénico que ocasionó la producción de una segunda generación de anfíbol, actinolita y albitización de las plagioclasas (BELLIZZIA *et al.* 1968, citado por GONZÁLEZ DE JUANA *et al.,* 1980).

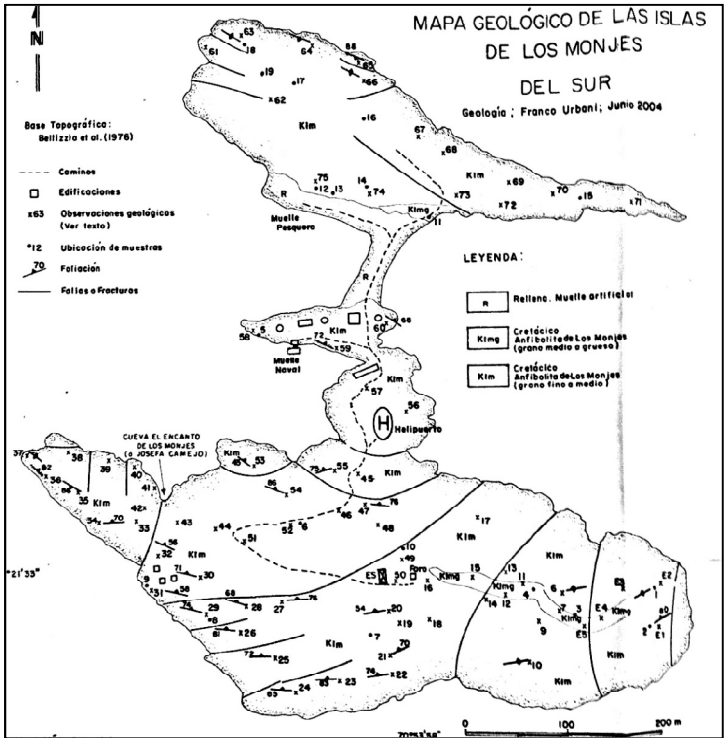


Fig. 8. Mapa geológico de las islas Los Monjes del sur. AZANCOT (2010).

Isla El Gran Roque:

El Complejo Ígneo Metamórfico Gran Roque (MOTICSKA, 1997) está constituido básicamente por un macizo de metadiabasa que cubre los cerros oriental y central, y un macizo de metagabro en el occidental. Ambos cuerpos fueron intrusionados por pequeños cuerpos de diorita cuarcífera y diques y vetas de aplitas graníticas y alcalinas, pegmatitas gráficas y metalavas andesíticas (fig. 9).

El grupo de rocas se denomina Complejo Ígneo Metamórfico de Gran Roque. Se considera que las rocas más antiguas, la metadiabasa y la meta-espesartita, han sufrido metamorfismo regional equivalente a la parte inferior de los esquistos verdes. (SCHUBERT & MOTIKCSKA, 1972).

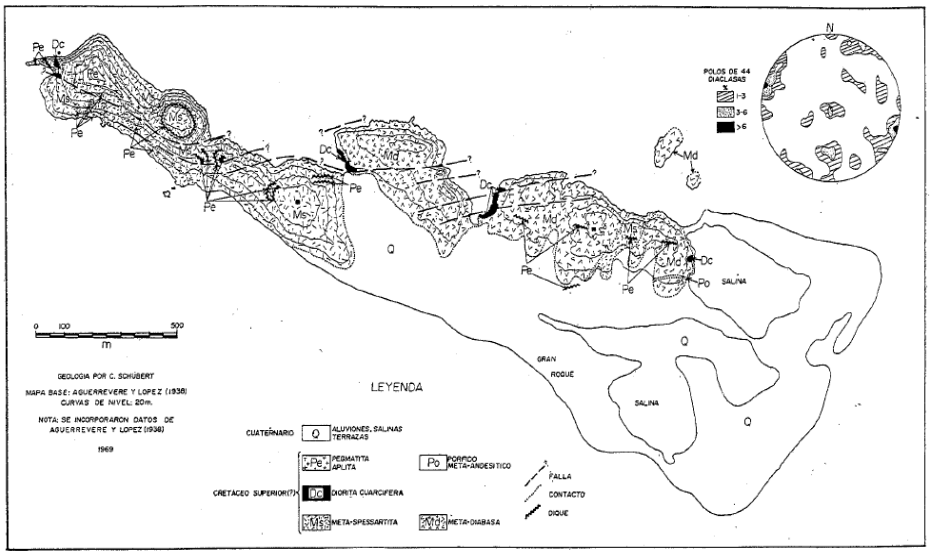


Fig.9 Mapa Geológico de la Isla el Gran Roque. SCHUBERT & MOTIKCSKA (1972)

Isla La Blanquilla:

En la parte noroeste de la isla aflora un batolito de trondhjemita cubierto por calizas arrecifales. SCHUBERT & MOTIKCSKA (1972) la denominan Trondhjemita de Garantón, la cual en la parte noreste varía hacia una roca tonalítica (fig. 10).

La trondhjemita es una roca de grano grueso, equigranular, masiva o con ligera orientación de los minerales máficos y de color blanco con pequeñas manchas negras. La tonalita o diorita cuarcífera contiene numerosas inclusiones de roca verde

oscura y numerosos diques pegmatíticos. La roca es de grano grueso, equigranular, masivo y en general más oscura que la trondhjemita.

WRIGHT & WYLD (2011) exponen dos edades de dos muestras intrusivas de la isla por U/Pb, una da como resultado 75,5 ± 0,9 Ma. y otra 58,7 ± 0,5 Ma

.

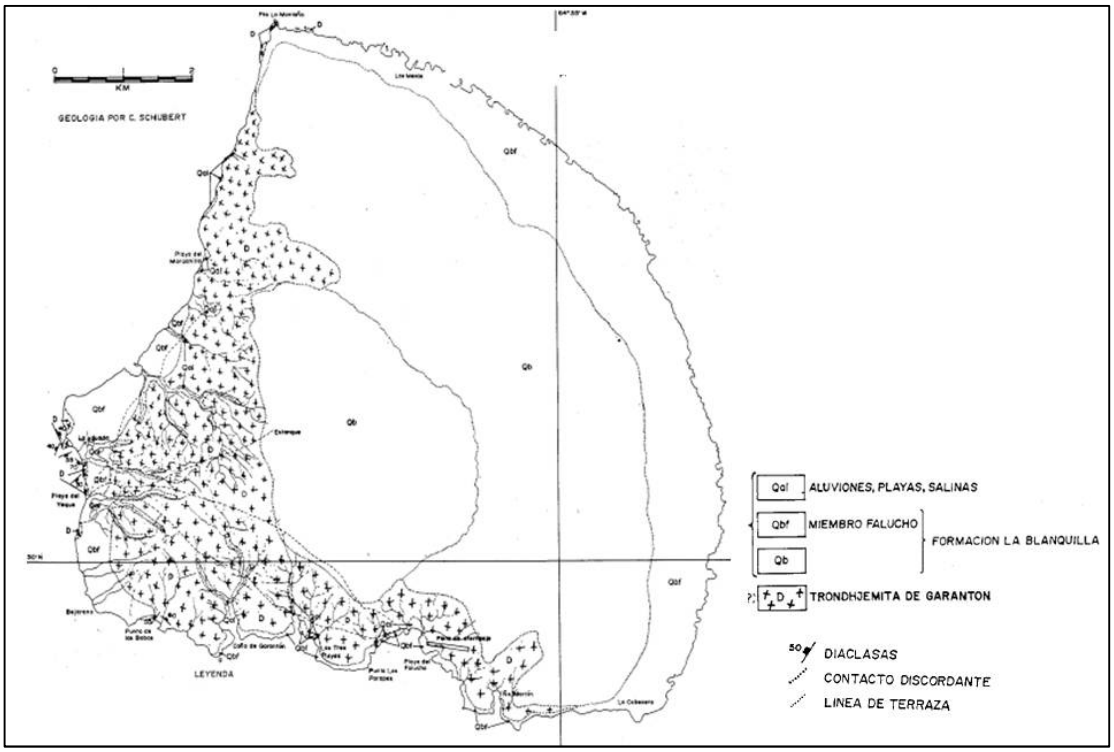


Fig. 10. Mapa Geológico de la Isla La Blanquilla. Modificado de SCHUBERT & MOTIKCSKA (1972)

Archipiélago Los Hermanos:

En su mayor parte, las islas están formadas por gnéises hornbléndicos tonalíticos con intrusiones de pegmatitas, anfibolitas, epidositas y esquistos y gneises biotítico- epidóticos.

En general estas rocas son más básicas que las de La Blanquilla y presentan un grado metamórfico en la facies de la clorita. SCHUBERT & MOTIKCSKA (1972) consideran que dentro del gneis hornbléndico se presentan masas tabulares o bandas de anfibolita de composición similar a la encontrada en la isla La Blanquilla.

3. GEOLOGÍA LOCAL

3.1 GENERALIDADES

El presente capítulo se enfoca en la descripción de las unidades ígneas y metamórficas presentes en la isla La Orchila, las cuáles fueron definidas como el Complejo Ígneo Metamórfico (C. I. M.) La Orchila. Las mismas afloran en los pequeños cerros aislados que representan las zonas topográficas más elevadas, en la parte oriental, central y occidental de la isla (ver mapa en el anexo I), (en la tabla N° 2 se pueden apreciar las unidades litológicas asociadas a cada cerro y en la tabla N° 3 la relación de corte y "estratigráfica" entre ellas).

Tabla N° 2. Unidades litólogicas cartografiadas y su localidad.

Cerro	Unidades Litológicas
Cabecera	Esquisto hornbléndico plagioclásico
Angola	Esquisto cuarzo plagioclásico micáceo
El Chivo	Esquisto cuarzo granatífero cianítico
	Esquisto barroisítico plagioclásico
	Gneis tonalítico
Los Pájaros	Peridotita serpentinizada
Spoter	
Walker	Metadiabasa
	Metatonalita

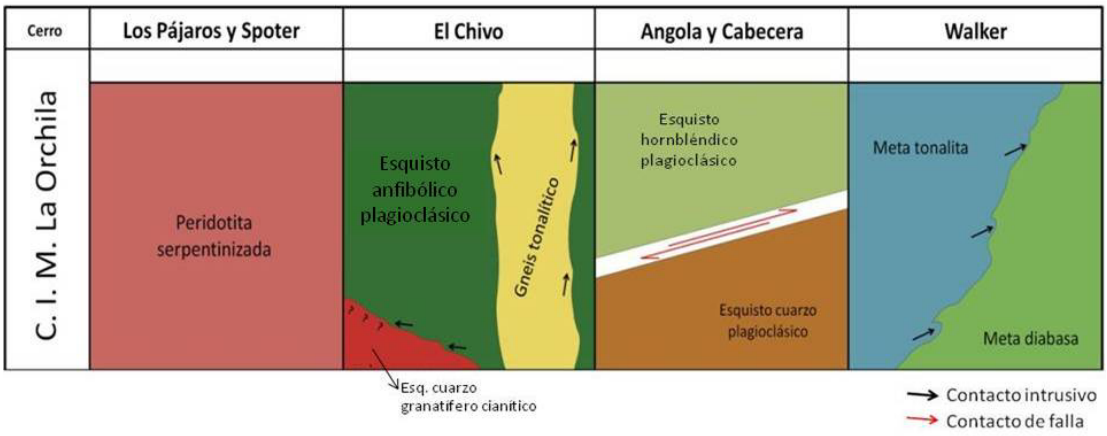
En el sector más occidental de la isla se encuentra el cerro Walker, en el cuál se encuentra el punto de mayor elevación (165 m s.n.m.), acá se encuentran dos unidades, una metadiabasa y una metatonalita intrusiva en la unidad anterior.

En la parte central de la isla se encuentra el cerro El Pájaro y el cerro Spoter, en ambos aflora una peridotita con alto nivel de serpentinización. La región oriental está compuesta por los cerros Angola, Cabecera y El Chivo.

En el cerro Angola y al sur del cerro Cabecera aflora un esquisto cuarzo plagioclásico, el cual se encuentra en contacto de falla al norte del cerro Cabecera con la unidad denominada esquisto hornbléndico plagioclásico. En el cerro El Chivo, se presenta un esquisto cuarzo granatífero cianítico que está cortado por un esquisto

barroisítico plagioclásico, que a su vez está intrusionado por un gneis tonalítico, el cual atraviesa toda la región central del cerro.

Tabla N° 3. "Estratigrafía propuesta" de las unidades definidas y cartografiadas en este trabajo, que estarían incluidas dentro de la unidad considerada como Informal del Complejo Ígneo-Metamorfico de La Orchila.



Las unidades litológicas detalladas en éste capítulo fueron definidas a partir de las características observadas en el levantamiento geológico de superficie, las descripciones de muestras de mano y las descripciones petrográficas (ver apéndice A). La figura 11 representa un mapa geológico generalizado con la distribución de los litotipos que conforman el Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila. El mapa detallado en escala 1:10.000 en metros puede ser observado en el anexo I.

A continuación se presenta una lista de las abreviaturas utilizadas en este capítulo:

NP: Nícoles paralelos
NX: Nícoles cruzados
Pl: Plagioclasa
Qtz: Cuarzo
Ms: Muscovita
Grt: Granate
Esp: Espinela
Bt: Biotita
Ep: Epidoto
Hbl: Hornblenda
Act: Actinolita
Srp: Serpentina
Ol: Olivino
Chl: Clorita
Amp: Anfíbol
Mc: Microclino
Cpx: Clinopiroxeno
Opx: Ortopiroxeno
M.A.: Minerales accesorios
Bar: Amp verde-azul
Src: Sericita
Ky: Cianita
Cal: Calcita
Opl: Ópalo

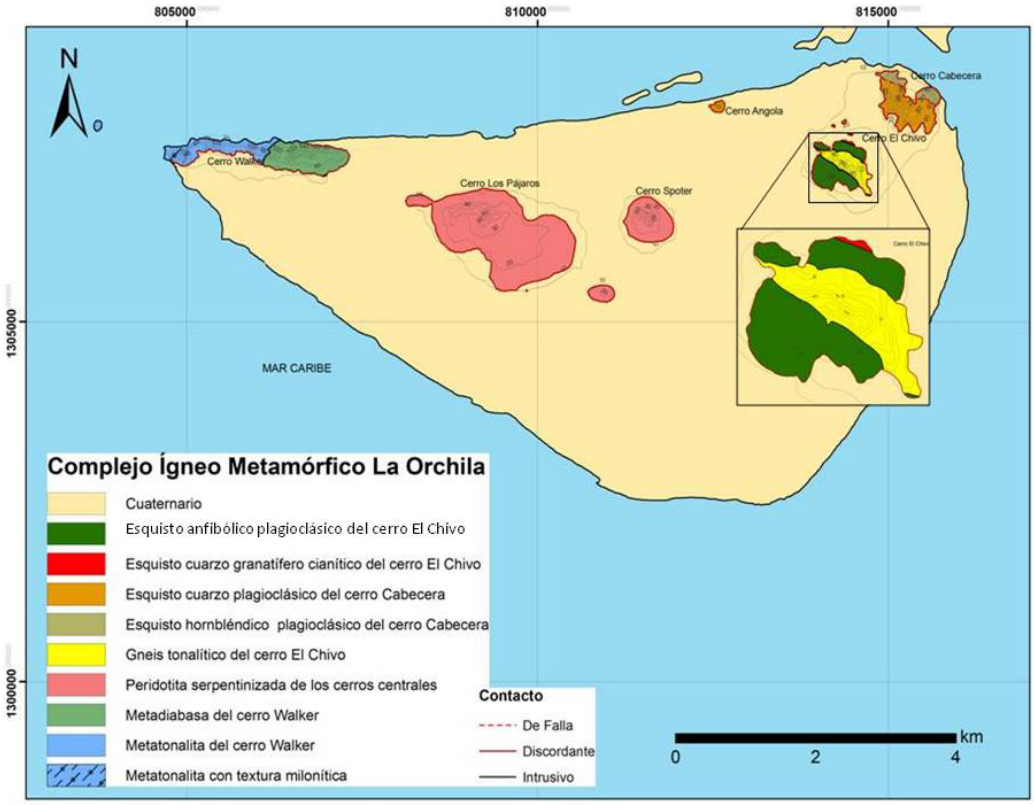


Fig. 11. Mapa geológico simplificado de la isla La Orchila.

3.2 UNIDADES LITOLÓGICAS

Como parte del Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila, se cartografiaron 8 unidades litológicas, las cuáles son descritas a continuación:

3.2.1 ESQUISTO HORNBLÉNDICO PLAGIOCLÁSICO DEL CERRO CABECERA:

Localidad tipo: Se encuentra aflorando en la zona norte del cerro Cabecera, ubicado en la región nororiental de la isla La Orchila. (fig. 12, y mapa geológico en el anexo I).

Extensión: La zona aflorante tiene un área aproximada de 0,14 km^2, lo cual representa un 0,4% del área total de la isla.

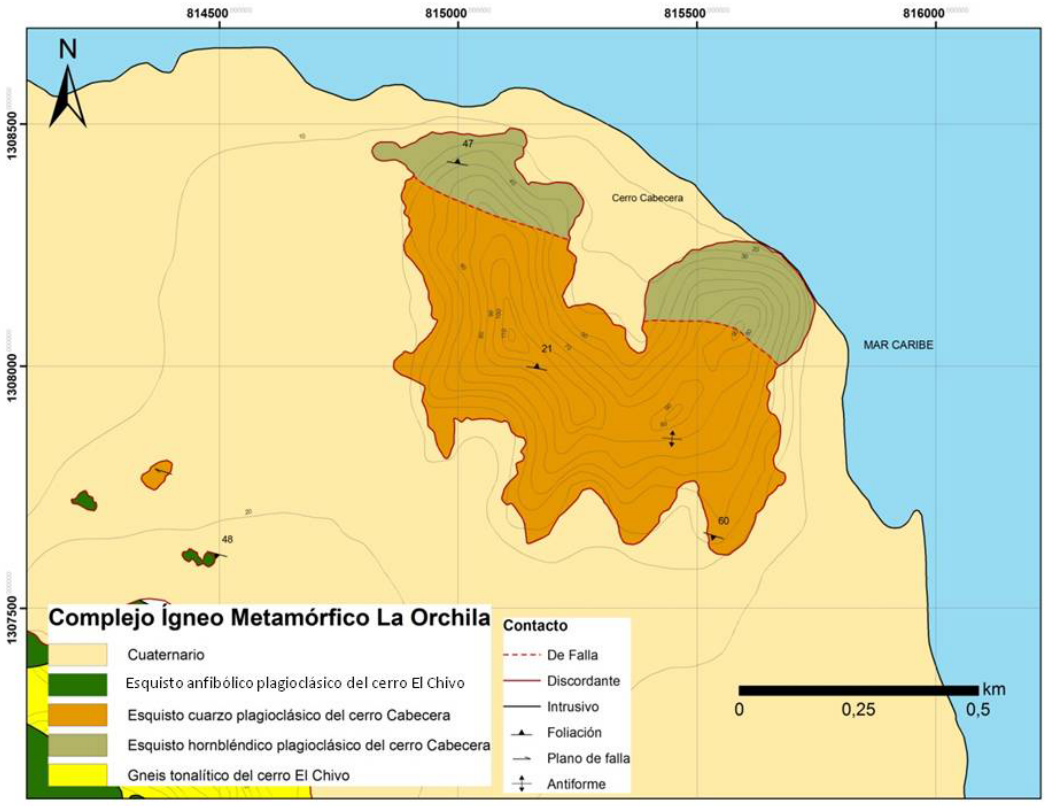


Fig. 11. Mapa geológico simplificado del esquisto hornbléndico del cerro Cabecera.

Contactos: Se encuentra en contacto de falla con el Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera (fig. 12), el resto de la unidad se encuentra cubierta inconformemente por la zona de derrubios cuaternaria.

Descripción litológica: En general aflora un esquisto anfibólico plagioclásico, aunque en la zona noroeste del cerro la foliación es más gruesa y da un aspecto gnéisico (Ver fig. 13). La fábrica es xenoblástica y la textura de la roca en general es nematoblástica, también presenta cristales alargados de plagioclasa (6 – 10% An) (fig. 13).



Fig. 12. Punto de observación 35. Morfología de ensilladura en el contacto entre unidades, en la parte más elevada se observa el esquisto horbléndico, y en la parte más baja se observa el esquisto cuarzo plagioclásico.

El anfíbol más abundante y diferenciable es la hornblenda, pleocróica de pardo pálido a verde y en forma de cristales alargados. En menor porcentaje se observaron cristales de actinolita aciculares y de pleocroísmo verde pálido a incolora (fig. 15).

En la zona este del afloramiento la roca es biotítica (en parte cloritizada) y presenta mayor contenido de cristales de plagioclasa, además de porfidoblástos de granate de hasta 2,5 mm de diámetro, los cuales se encuentran algo deformados paralelos a la foliación.



Fig. 13. Punto de observación 34. Vista general del afloramiento de la unidad de Esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera.

En la zona noroeste del cerro afloran cuerpos de anfibolita de grano grueso, que miden en promedio 1,2 mm. En ésta localidad se encuentran superficies epidotizadas (epidositas) de 0,5 mm de espesor en los planos de diaclasa, además de pliegues isoclinales centimétricos.

La mineralogía se compone de anfíbol (hornblenda y actinolita), plagioclasa, cuarzo, epidoto, muscovita, biotita, clorita, granate y minerales accesorios (titanita, rutilo, apatito y hematita). (Ver tabla N° 4 y ver apéndice A y B).

Tabla N° 4. Composición mineralógica del esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera.

	Composición mineralógica (%)										
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Hbl	Act	Grt	Chl	M. A.	Nombre
OCH19A	3	30	4	0	5	50	6	0	1	<1	Gneis hornbléndico plagioclásico epidótico
OCH20B	4	29	2	0	3	61	0	0	0	1	Esquisto hornbléndico plagioclásico cuarzo epidótico
OCH23	8	23	3	9	3	43	0	9	0	1	Esquisto hornbléndico plagioclásico biotítico granatífero
	5	27	3	3	4	52	2	3	<1	<1	Esquisto y gneis hornbléndico plagioclásico
Máximo	8	30	4	9	5	61	6	9	1	1	
Mínimo	3	23	2	0	3	43	0	0	0	<1	

Diques: En la parte norte del cerro aflora un dique de 30 cm de espesor, de metagabro de grano grueso (0,7 mm de tamaño), con foliación poco prominente y fábrica inequigranular en general (fig. 14). Una zona de la intrusión presenta textura nematoblástica y otra granonematoblástica. El mineral más abundante es el anfíbol con pleocroísmo de pardo pálido a verde (posiblemente hornblenda). Presenta cristales de plagioclasa (5% An) con algunos poiquiloblástos de la misma. También se pueden observar cristales de cuarzo policristalino. En menor porcentaje se observan cristales de epidoto y mica blanca. De minerales accesorios se observa hematita, apatito y titanita (fig. 15).

El dique es previo a la foliación, y se encuentra cortado por pequeños diques félsicos plegados isoclinalmente.



Fig. 14. Punto de observación 40. Vista del dique de metagabro.

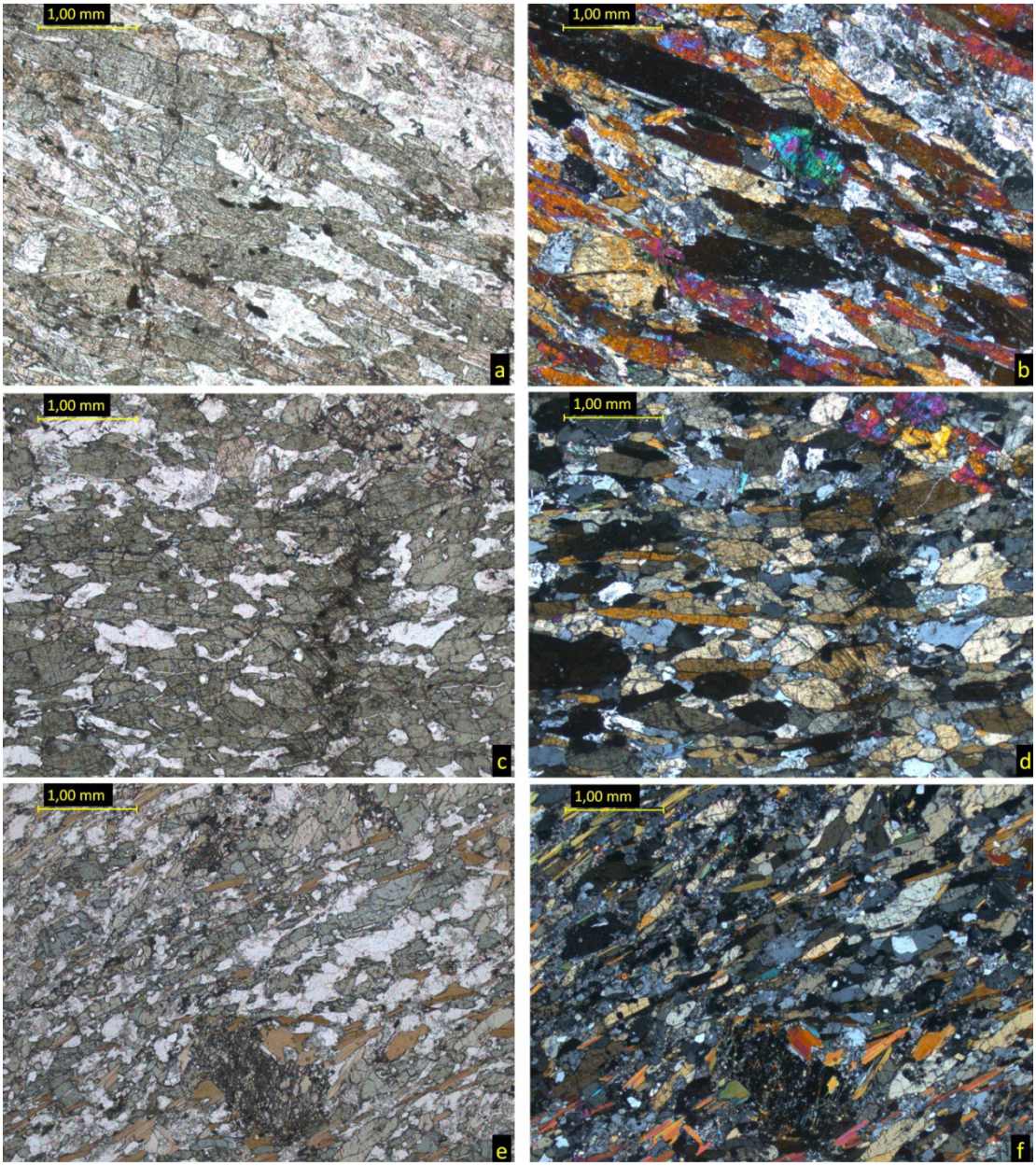


Fig. 15. a) y b) Gneis hornbléndico plagioclásico epidótico, OCH19A, vista de cristales de hornblenda y algunos de epidoto en la zona de textura gnéisica, NP y NX; c) y d) Esquisto hornbléndico plagioclásico cuarzo epidótico, OCH20B, vista de la textura nematoblástica de la roca en la zona esquistosa, NP y NX; e) y f) Esquisto hornbléndico plagioclásico biotítico granatífero, OCH23, vista de la zona biotítica y granatífera de la unidad, NP y NX.

Protolito y Metamorfismo: El protolito debió ser una roca de grano relativamente grueso, quizás gabro o diabasa (fig. 16). Por la asociación de

hornblenda y granate, corresponde a la facies anfibolita almandínica de metamorfismo regional.

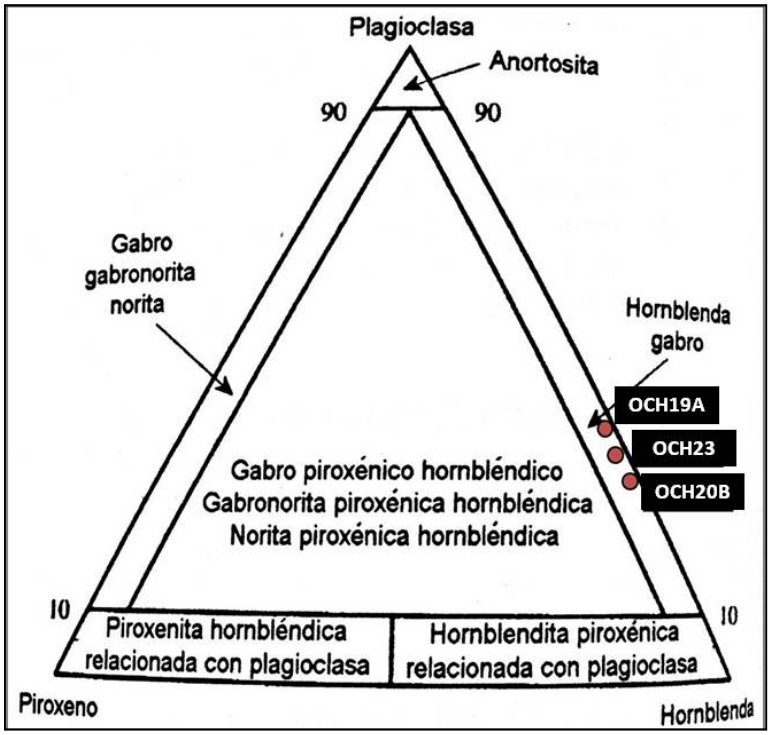


Fig. 16. Triángulo para la clasificación de rocas plutónicas gabroides en la unidad. STRECKEISEN (1976).

3.2.2 ESQUISTO CUARZO PLAGIOCLÁSICO DEL CERRO CABECERA:

Localidad tipo: Se encuentra aflorando en la zona sur del cerro Cabecera, en una pequeña elevación al sur del mismo y en el cerro Angola, ubicados en la región nororiental de la isla La Orchila (fig. 17, y mapa geológico en el anexo I).

Extensión: La zona aflorante tiene un área aproximada de 0,34 km^2, lo cual representa un 1,0% del área total de la isla.

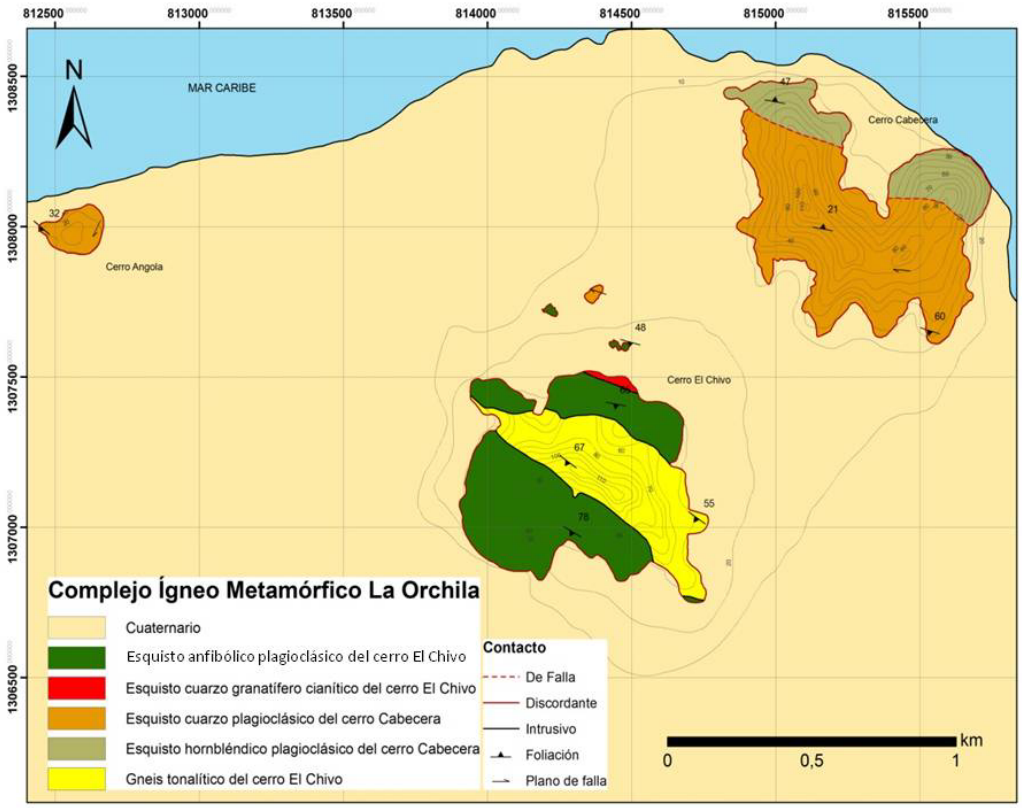


Fig. 17. Mapa geológico simplificado del Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera.

Contactos: En el cerro Cabecera se encuentra en contacto de falla con el Esquisto hornbléndico plagioclásico (fig. 12), el resto de la unidad está cubierta inconformemente por la unidad de derrubios cuaternaria. En el cerro Angola solo se aprecia el contacto de inconformidad con la unidad de derrubios cuarternaria.

Descripción litológica: En la región noreste de la isla aflora un esquisto cuarzo plagioclásico micáceo, de color grisáceo (fig. 18), que en general está compuesto principalmente por cuarzo policristalino, plagioclasa (5 – 9% An) y micas.

La textura de la roca suele ser entre lepidoblástica y granolepidoblástica, con una fábrica xenoblástica, en el cerro Cabecera presenta foliación esquistosa y el grano más fino, mientras que el cerro Angola la foliación se hace más gnéisica y el grano más grueso.



Fig. 18. Punto de observación 33. Vista de un afloramiento del esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera.

Las micas son abundantes, la muscovita y la biotita (pleocróica de pardo pálido a pardo fuerte) presenta cloritización en algunos cristales (fig. 19). El epidoto está presente en toda la unidad, con cristales euhedrales y subhedrales de zoisita, además de cristales anhedrales de allanita. Tanto en el cerro Cabecera como en el cerro Angola se encuentran en menor porcentaje cristales de microclino.

La roca es granatífera (fig. 19), los cristales de granate presentan textura esqueletal y alcanzan los 2,4 mm de diámetro, y se encuentran en parte deformados paralelos a la foliación. En la zona este del cerro cabecera, la unidad se hace más rica en anfíboles (hornblenda). En esta misma zona se encuentran niveles no mayores a 4 m de espesor del esquisto hornbléndico del cerro Cabecera, lo cual aparenta ser una pequeña intercalación.

La mineralogía se compone de cuarzo, plagioclasa, muscovita, biotita, epidoto, anfíbol (hornblenda), granate, microclino, clorita, calcita y minerales accesorios (titanita, apatito, hematita y circón). (Ver tabla N° 5 y apéndice A y B).

Tabla. N° 5. Composición mineralógica del esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera.

Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Hbl	Grt	Mc	Chl	Cal	M. A.	Nombre
OCH44	66	16	1	13	0,5	0	2	0,5	0	0	1	Gneis cuarzo plagioclásico biotítico granatífero
OCH45	49	25	16	1	6	0	1	1	0	0	1	Gneis cuarzo plagioclásico muscovítico epidótico
OCH01	58	34	6	0	1	0	0	0	0	0	<1	Gneis cuarzo plagioclásico micáceo
OCH46	41	24	15	1	9	0	0	0	6	3	1	Gneis cuarzo plagioclásico micáceo epidótico
OCH14A	33	31	10	15	9	0	0	0	1	0	1	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico epidótico
OCH17	48	30	5	8	4	0	0	4	0	0	1	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico granatífero
OCH20A	46	41	0	2	3	3	1	0	2	0	2	Esquisto cuarzo plagioclásico granatífero
OCH25	43	17	3	0	5	23	8	0	0	0	1	Esquisto cuarzo anfibólico plagioclásico granatífero
OCH26	44	36	2	7	3	0	0	7	0	0	1	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico
OCH27	36	35	15	7	5	0	0	0	0	1	1	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico
	46	29	7	6	5	3	1	1	1	<1	<1	Esquisto y gneis cuarzo plagioclásico micáceo
Máximo	66	41	15	15	9	23	8	7	6	3	2	
Mínimo	33	16	0	0	0,5	0	0	0	0	0	<1	

Diques: Toda la unidad está cortada por pequeños cuerpos centimétricos (de 5 cm hasta 50 cm de espesor) de pegmatita y de aplita (meta microtonalita), plegados (figs. 20a y 20b). Los diques de aplita son alotrimorfos, de grano fino. Están formados principalmente por cuarzo policristalino y plagioclasa (6- 8% An). La plagioclasa presenta textura de zonación, y algunos cristales presentan sericitización. En menor cantidad se observan cristales de microclino. Presenta cristales de moscovita y de epidoto. De minerales accesorios se observa titanita y apatito. Todos estos diques son previos a la foliación.

En el cerro Angola se aprecia una veta de cuarzo de aproximadamente 3 m de espesor, la cual corta toda la pequeña elevación de este a oeste.

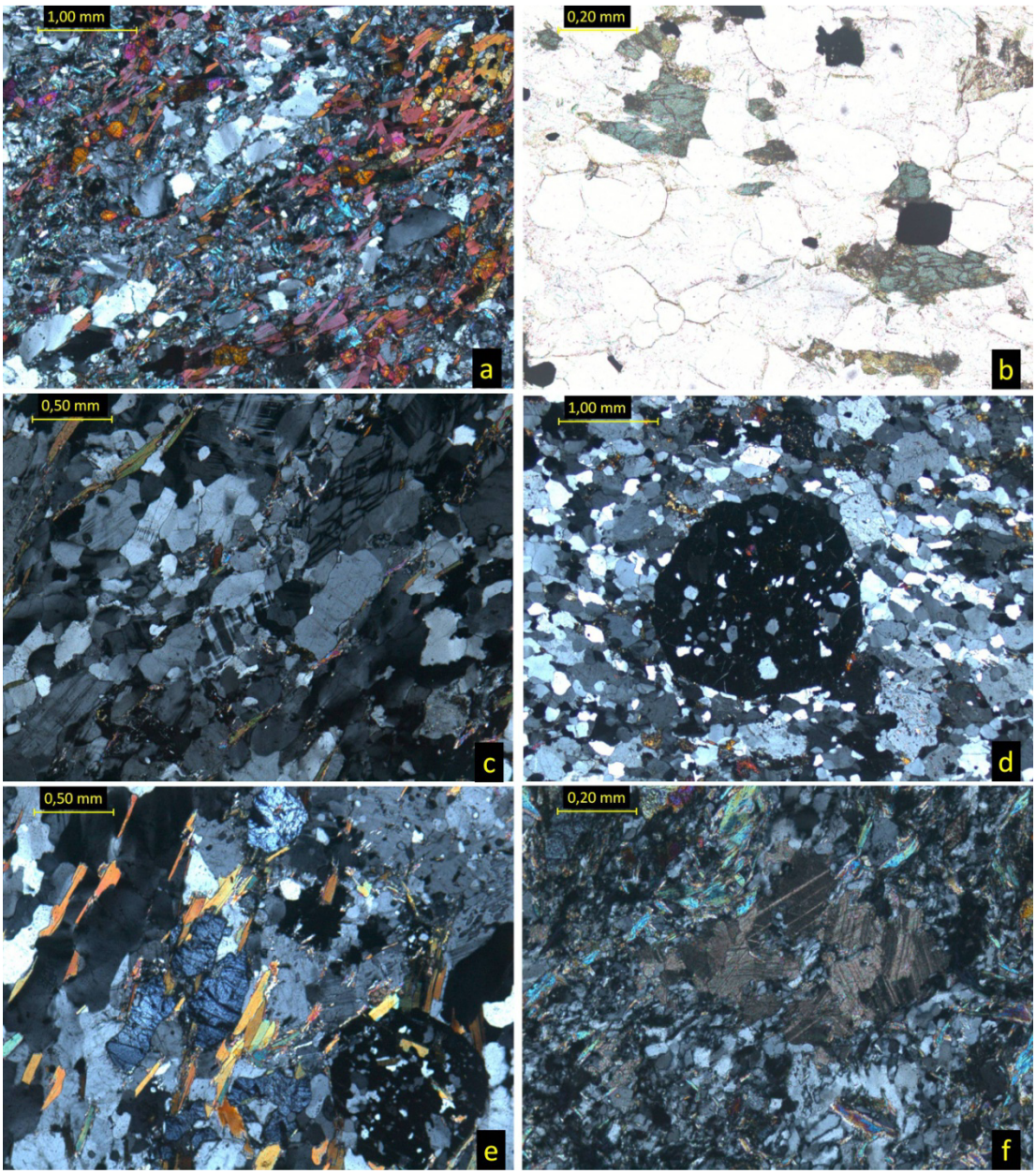


Fig. 19. a) Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico epidótico, OCH14A, se aprecian cristales de cuarzo, plagioclasa, biotita y epidoto, NX; b) Esquisto cuarzo plagioclásico granatífero, OCH20A, vista de cristales de barroisita y opacos, NP; c) Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico, OCH26, vista general con cristales de microclino, NX; d) Esquisto cuarzo plagioclásico granatífero, OCH20A, vista de cristal de granate poiquiloblástico, NX; e) Gneis cuarzo plagioclásico biotítico granatífero, OCH44, vista de cristales de zoisita, biotita y granate, NX; f) Gneis cuarzo plagioclásico micáceo epidótico, OCH46, vista de cristales maclados de calcita, NX.



Fig. 20a. Punto de observación 31. Vista general de los diques de aplita (meta microtonalita) y de pegmatita que cortan el esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera.

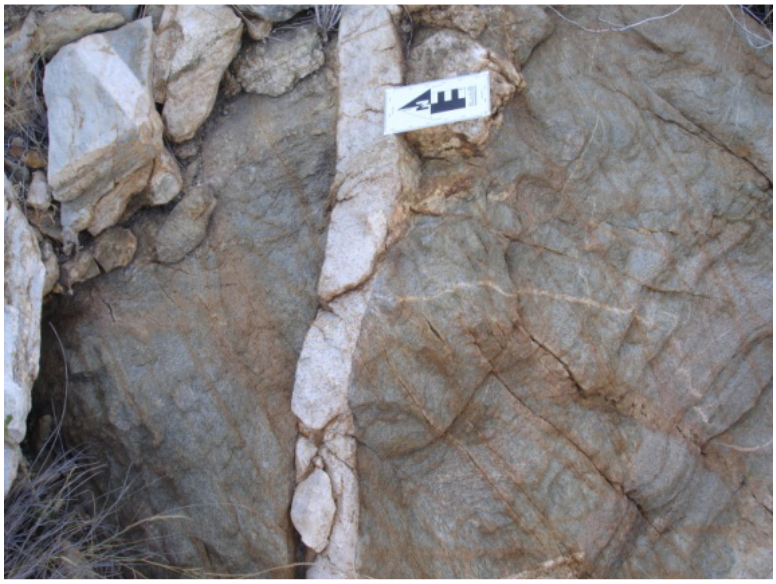


Fig. 20b. Punto de observación 31. Vista de un dique de aplita (meta microtonalita).

Estructuras: En la zona este del cerro Cabecera se interpreta una estructura de tipo antiforme (fig. 11), debido a la disposición de los planos de foliación, mientras que en la parte este del cerro Angola se aprecia un plano de falla en el cuál aflora una cataclasita recristalizada y cierta estructura plegada que aparenta ser un pliegue de arrastre (fig. 21).



Fig. 21. Punto de observación 79. Vista del plano de falla en el cerro Angola.

Protolito y metamorfismo: Por el alto contenido de cuarzo y plagioclasa el protolito debió ser una tonalita biotítica o un granitoide rico en cuarzo biotítico (fig. 22). El metamorfismo corresponde a la anfibolita almandínica, debido a la asociación de granate y hornblenda.

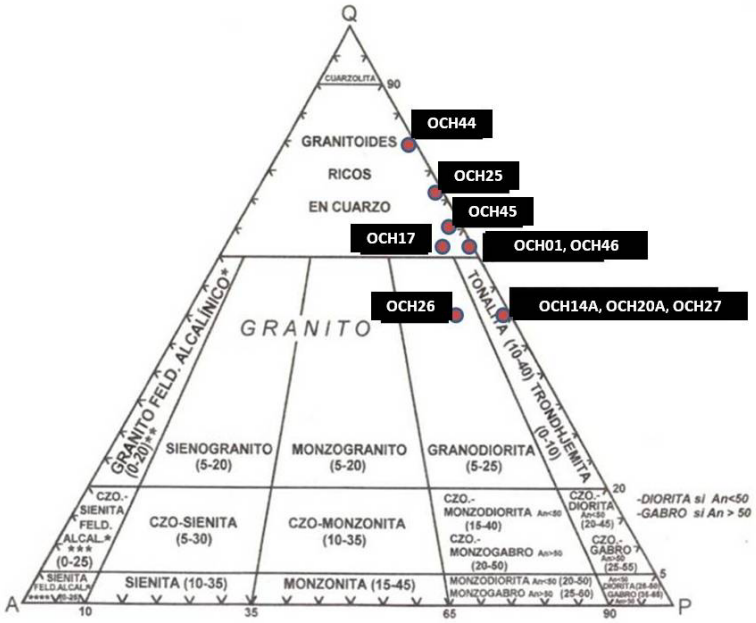


Fig. 22. Triángulo QAP para la clasificación de rocas plutónicas. STRECKEISEN (1976).

3.2.3 ESQUISTO CUARZO GRANATÍFERO CIANÍTICO DEL CERRO EL CHIVO:

Localidad tipo: Se encuentra aflorando en la ladera norte del cerro El Chivo, el cual está ubicado en el sector oriental de la isla La Orchila, al sur del cerro Cebecera (fig. 23, y mapa geológico en el anexo I).

Contactos: El contacto es abrupto al sur con el esquisto barroisítico plagioclásico y al norte el contacto es de inconformidad con la zona de derrubios cuaternaria. Se interpreta que el protolito de la unidad adyacente de esquisto barrosítico plagioclásico fue intrusivo en ella (ver tabla N° 3).

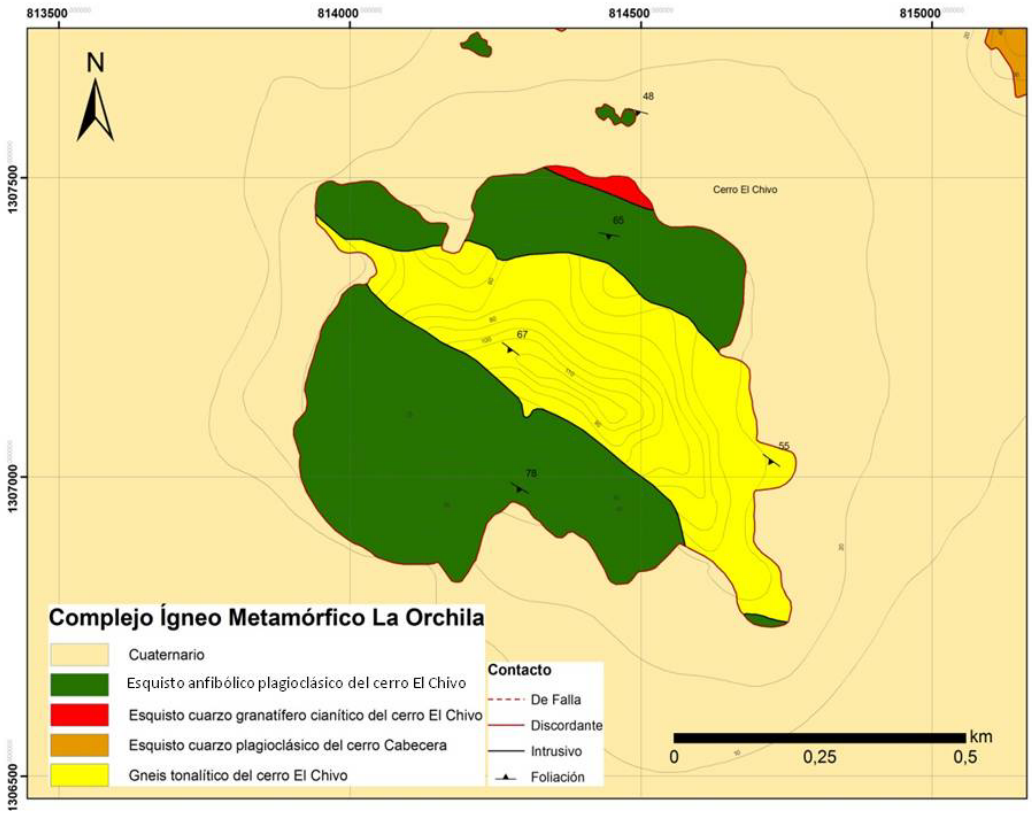


Fig. 23. Mapa geológico simplificado del cerro El Chivo.

Descripción litológica: En la ladera norte del cerro El Chivo se encuentran unos bloques sueltos de esquisto cuarzo micáceo granatífero cianítico, color gris claro a marrón grisáceo y de grano grueso (el tamaño de los cristales va entre 0,1 y 1 mm en promedio) (fig. 25). Esta unidad se infiere que sea la más antigua de la isla por el

grado metamórfico en el que se caracterizó (aunque no siempre sea correspondiente esta comparación).

La roca se compone de cuarzo policristalino, cristales de muscovita y biotita, la plagioclasa se encuentra altamente sericiticizada. La mayoría de los cristales de cianita también presentan un alto índice de sericitización, de los cuales solo se aprecian escasos relictos (fig. 25). Presenta porfidoblastos de granate llegan hasta 8 mm, mientras que los de cianita alcanzan los 5 cm (fig. 24). En poca cantidad presenta cristales de epidoto.

La mineralogía se compone de cuarzo, plagioclasa, muscovita, sericita, biotita, epidoto, granate, cianita y minerales accesorios (apatito, rutilo, titanita y leucoxeno). (Ver tabla N° 6 y apéndice A).



Fig. 24. Vista de un bloque del Esquisto cuarzo granatífero cianítico del cerro El Chivo.

Tabla N° 6. Composición mineralógica del esquisto cianítico del cerro El Chivo.

	Composición mineralógica (%)								
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Grt	Ky	M. A.	Nombre
OCH05	47	3	19	1	1	18	10	1	Esquisto cuarzo micáceo granatífero cianítico

Protolito y metamorfismo: El protolito debió ser una roca sedimentaria con alto contenido de aluminio. Debido al contenido de cianita (mineral rico en aluminio), el metamorfismo está en a la facies anfibolita almandínica, por la asociación de cianita, granate y biotita.

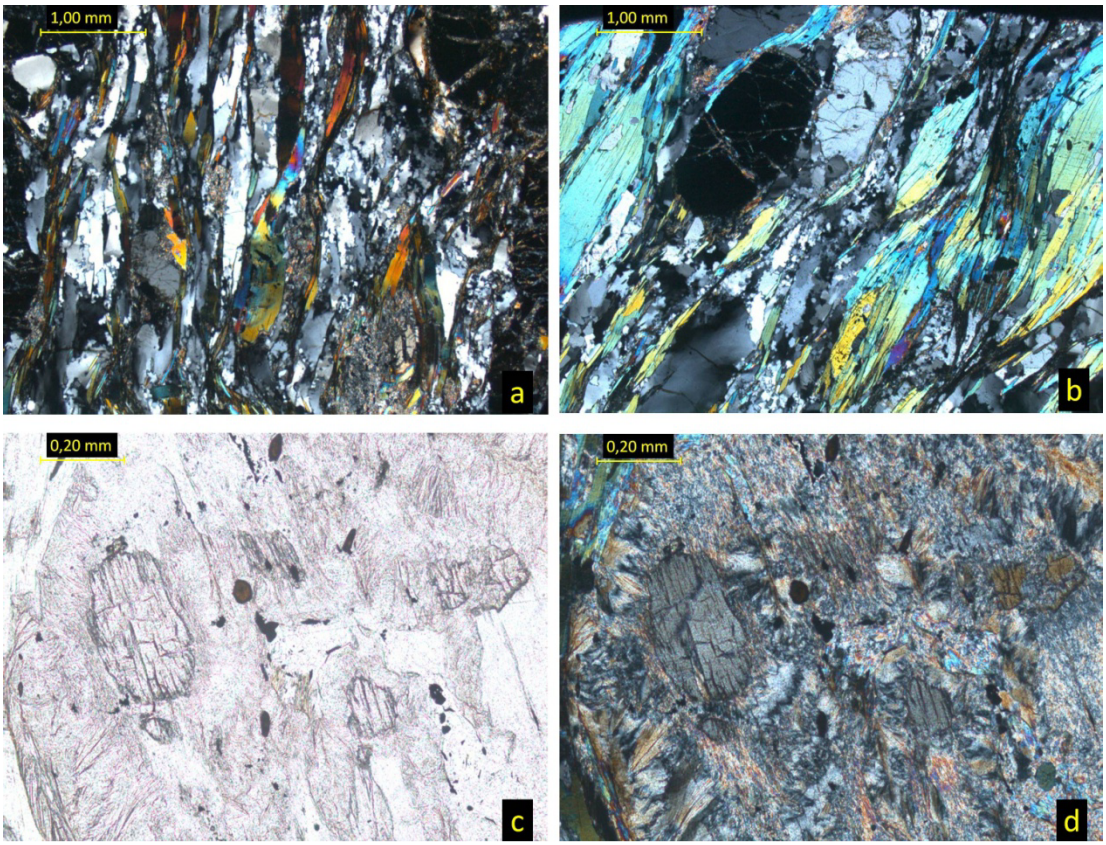


Fig. 25. Esquisto cuarzo granatífero cianítico, OCH05; a) Vista de la zona de matriz de la roca, NX; b) vista de la zona de matriz con cristales de cuarzo policristalino y muscovita, además de un cristal de granate, NX; c) vista de pequeños cristales de cianita remanentes por sericitización, NP; d) vista de pequeños cristales de cianita remanentes por sericitización, NX.

3.2.4 ESQUISTO ANFIBÓLICO PLAGIOCLÁSICO DEL CERRO EL CHIVO:

Localidad tipo: Aflora en la ladera norte y en la ladera sur del cerro El Chivo, ubicado en la región este de la isla La Orchila, al sur del cerro Cabecera. (fig. 23, y mapa geológico en el anexo I).

Extensión: La zona aflorante tiene un área aproximada de 0,40 km^2, lo cual representa un 1,1% del área total de la isla.

Contactos: Se encuentra en contacto abrupto con el esquisto cuarzo granatífero cianítico en la ladera norte. La unidad es intrusionada por el gnéis tonalítico en la parte central del cerro El Chivo, por lo que está en contacto abrupto con la misma tanto en la ladera norte, como en la ladera sur. El resto de la unidad se encuentra cubierta inconformemente por la zona de derrubios cuaternaria.

Descripción litológica: Aflora un esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico (fig. 26). Presenta una textura nematoblástica y fábrica xenoblástica a hipidioblástica. La roca está compuesta mayoritariamente por cristales de anfíbol verde azulado, además de pequeños cristales de actinolita y de hornblenda (fig. 29).



Fig. 26. Punto de observación 18. Vista de la unidad de esquisto anfibólico plagioclásico del cerro El Chivo.

Los cristales de anfíbol presentan en su mayoría un pleocroísmo que va de verde azulado a verde pálido, es el mineral más abundante en toda la unidad y proviene de la transformación de cristales de hornblenda, de los cuales solo se observan escasos relictos pleocróicos de verde a verde pálido. El otro anfíbol presente es la actinolita con un pleocroísmo de verde pálido a incolora, el cuál muy probable

que se haya formado por metamorfismo retrógrado a partir de los otros dos anfíboles descritos previamente.

La plagioclasa (2-4% An) es el segundo mineral más abundante y se presenta en forma de cristales alargados con orientación preferencial y con textura poiquiloblástica en algunos cristales (fig. 29). El cuarzo policristalino está presente en toda la unidad aunque tiene mayor presencia en la zona sureste del cerro El Chivo.

En la ladera norte el grano es más grueso y la roca tiene un aspecto gnéisico, además esta zona se caracteriza por la presencia de cristales de granate de hasta 1,5 mm de diámetro y por la presencia de lentes de meta- gabro y algunas intercalaciones de cuarcita centimétricas. En la ladera sur se encuentra un grano más fino y se aprecian cuerpos de epidosita y lentes de meta- basalto cortando la unidad.

Al norte del cerro El Chivo se encuentran tres elevaciones de no más de 20 m s. n. m., en dos de las cuáles aflora ésta unidad y es cortada por diques de meta-tonalita. En general la roca caja tiene aspecto gnéisico en esta zona, igual que en la ladera norte (fig. 27).

En la ladera suroeste del cerro aflora un nivel descrito como esquisto plagioclásico epidótico clorítico, cuyo protolito debió ser una meta diabasa, dicho cuerpo solo aparece en esta zona de la unidad y está rodeado del esquisto anfibólico plagioclásico.

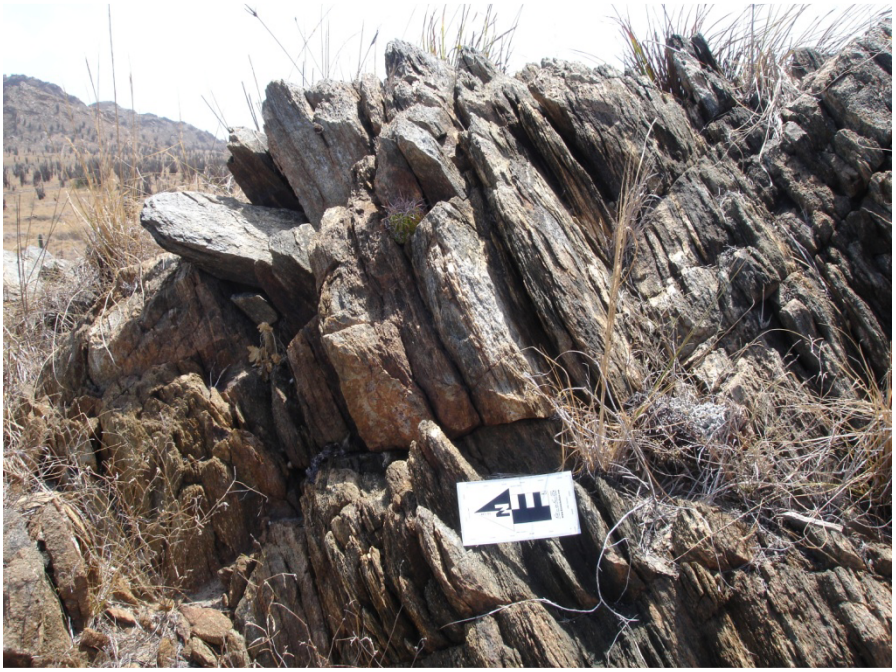


Fig. 27. Punto de observación 14. Vista de un afloramiento de la unidad en una de las pequeñas elevaciones ubicadas al norte del cerro El Chivo.

La mineralogía se compone de anfíbol verde azulado, hornblenda y actinolita, plagioclasa, cuarzo, muscovita, epidoto, granate, clorita y minerales accesorios (titanita, apatito, rutilo, pirita, magnesita, hematita y circón). (Ver tabla N° 7 y apéndice A y B).

Tabla N° 7. Composición mineralógica del esquisto barroisítico plagioclásico del cerro El Chivo.

	Composición mineralógica (%)										
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Ep	Grt	Hbl	Act	Bar	Chl	M. A.	Nombre
OCH04A	5	13	4	5	10	0	2	60	0	1	Gneis anfibólico plagioclásico granatífero
OCH33	13	26	0	8	0	0	2	49	1	1	Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico
OCH36A	10	26	0	8	0	1	2	50	2	1	Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico
OCH39	38	25	4	3	0	19	0	10	0	1	Gneis cuarzo anfibólico plagioclásico
	16	23	2	6	3	5	2	42	<1	<1	Gneis y esquisto barroisítico plagioclásico cuarzo epidótico
Máximo	38	26	4	8	10	19	2	60	2	1	
Mínimo	5	13	0	3	0	0	0	10	0	1	

Diques: Al norte, la unidad se encuentra cortada por diques de metatonalita, de textura granonematoblástica que van desde pocos centímetros hasta los 3 m de espesor. Están formados principalmente por cuarzo policristalino anhedral e

inequigranular. La plagioclasa, en general presenta maclado tipo Carlsbald y en menor porcentaje maclado tipo albita (6- 8% An). Se observan cristales de mica blanca y de epidoto (entre ellos zoisita), algunos subhedrales y en su mayoría anhedrales. Presenta pequeñas vetas de cuarzo, paralelas a la orientación de la foliación. De minerales accesorios posee titanita, apatito y opacos (hematita y magnetita). Todos los diques aparentan ser previos a la foliación (fig. 28 y apéndice A).



Fig. 28. Punto de observación 14. Dique de metatonalita al norte del cero El Chivo.

Protolito y metamorfismo: El protolito debió ser una roca ígnea máfica, como un gabro o diorita (fig. 30), aunque por tener textura esquistosa y grano fino, también pudo tratarse de un basalto. El metamorfismo se encuentra en la facies de Anfibolita Almandínica, con la asociación de hornblenda y granate.

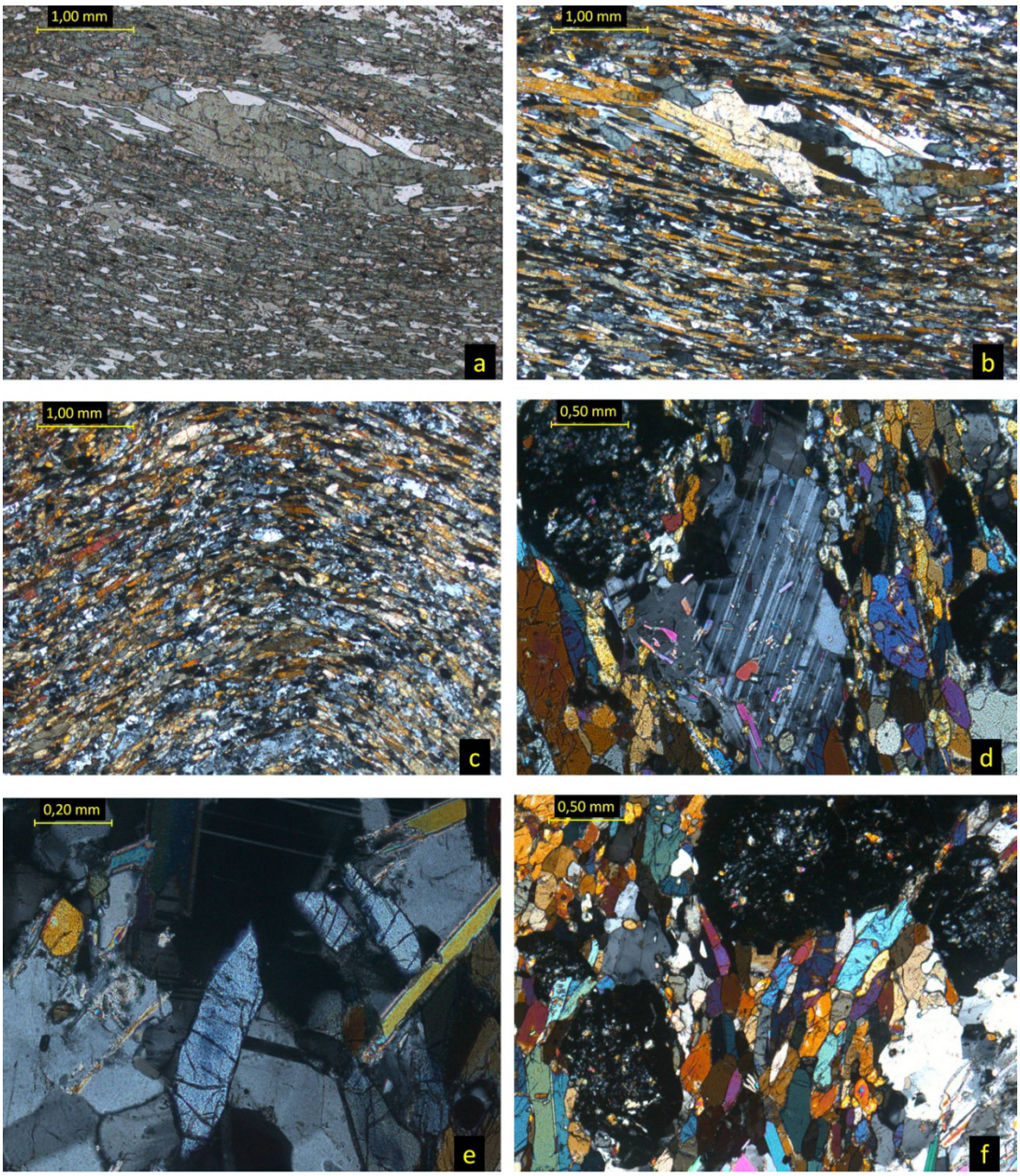


Fig. 29. a) y b) Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico, OCH36A, nematoblásto y cristales de anfíbol verde azul, NP y NX; c) Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico, OCH33, vista de micro pliegue en la orientación de los cristales, NX; Gneis anfibólico plagioclásico granatífero, OCH04A, d) vista de poiquiloblásto de plagioclasa, NX; e) cristales de zoisita, NX; f) vista de cristales de granate, NX.

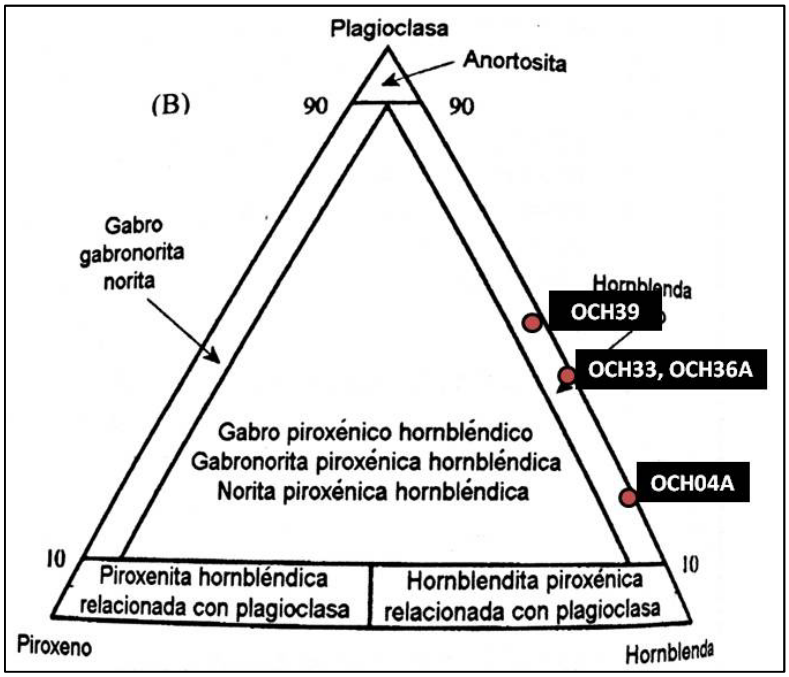


Fig. 30. Triángulo para la clasificación de rocas plutónicas gabroides en la unidad. STRECKEISEN (1976).

3.2.5 GNEIS TONALÍTICO DEL CERRO EL CHIVO:

Localidad tipo: Aflora en la parte central del cerro El Chivo, ubicado en la zona oriental de la isla La Orchila, al sur del cerro Cabecera (fig. 23, y mapa geológico en el anexo I).

Extensión: La zona aflorante tiene un área aproximada de 0,29 km^2, lo cual representa un 0,8% del área total de la isla.

Contactos: La unidad es intrusiva en el esquisto anfibólico plagioclásico del cerro El Chivo, por lo tanto se encuentra en contacto abrupto con esta unidad en la ladera norte y en la ladera sur de la pequeña elevación (fig. 31). El resto de la unidad se encuentra en contacto de inconformidad con la zona de derrubios cuaternaria. La fase de metamorfismo y deformación fue posterior a su intrusión y afectan ambas unidades por igual.

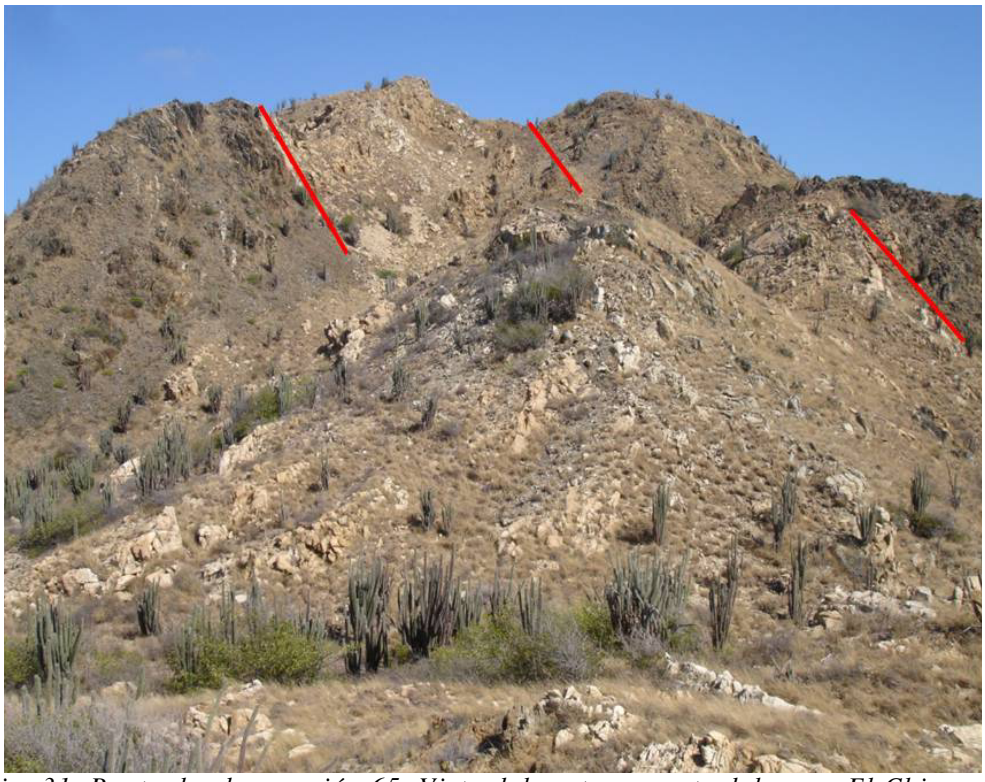


Fig. 31. Punto de observación 65. Vista del sector sureste del cerro El Chivo, se observa la unidad de gneis tonalítico en la parte central.

Descripción litológica: La roca presenta una foliación gnéisica (fig. 32) y es de grano medio, inequigranular (los cristales van de 0,1 mm a 1,2 mm). La textura en general es granoblástica, pero la presencia de lepidoblástos de moscovita en algunas zonas le da un aspecto granolepidoblástico.



Fig. 32. Punto de observación 20. Vista general del gneis tonalítico del cerro El Chivo.

Está formada principalmente por cristales de cuarzo policristalino anhedral e inequigranular. El segundo mineral en abundancia es la plagioclasa (2 – 7% An), la cual presenta sericitización en ciertas zonas (fig. 36). El epidoto aparece en toda la unidad, principalmente en forma cristales subhedrales de zoisita y escasamente en cristales de allanita. El anfíbol es escaso, y el pleocroísmo va de verde pálido a verde azulado (fig. 36).

La roca contiene cristales de granate que alcanzan los 4 mm. En general presentan textura esqueletal y algunos se encuentran cloritizados. En la zona noroeste de la unidad el granate muestra evidencia de rotación.

En las cercanías a las zonas de contacto la unidad presenta xenolitos elongados de pocos centímetros de diámetro y enclaves que llegan hasta los 2 m o más de espesor del esquisto anfibólico plagioclásico (fig. 33).



Fig. 33. Punto de observación 64. Enclave de esquisto anfibólico plagioclásico en el gnéis tonalítico del cerro El Chivo.

La mineralogía se compone de cuarzo, plagioclasa, muscovita, epidoto, granate, anfíbol, clorita, sericita y minerales accesorios (titanita, apatito, magnetita y hematita). (Ver tabla N° 8 y apéndice A y B).

Tabla. N° 8. Composición mineralógica del Gneis tonalítico del cerro El Chivo.

	Composición mineralógica (%)									
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Ep	Grt	Hbl	Bar	Chl	M. A.	Nombre
OCH07A	41	30	3	9	13	0	0	6	1	Gneis cuarzo plagioclásico granatífero epidótico
OCH09B	52	35	3	6	0	0	0	3	1	Gnéis cuarzo plagioclásico epidótico micáceo
OCH11	52	34	2	2	0	9	0	0	1	Gneis cuarzo plagioclásico anfibólico
OCH35	50	40	2	5	0	0	0	2	1	Meta- trondhjemita
OCH37	46	40	0	6	1	0	5	1	1	Gneis cuarzo plagioclásico epidótico granatífero
	48	36	2	5	3	2	1	2	1	Gneis cuarzo plagioclásico epiótico (tonalítico)
Máximo	52	40	3	9	13	9	5	6	1	
Mínimo	41	30	0	2	0	0	0	0	1	

Diques: El espesor de los diques varía desde pocos centímetros hasta los 3 m de espesor. Toda la unidad se encuentra cortada por diques de aplita (meta microtonalita) (fig. 34) y de pegmatita cuarzo plagioclásica, formados principalmente por cuarzo, plagioclasa y epidoto. En la zona sureste del cerro se encuentran una serie de vetas de epidosita de hasta 1 cm de espesor. En la zona de mayor elevación del cerro se encuentra un dique de meta- trondhjemita de unos 3 m de espesor y unos 8 m de largo (fig. 35).

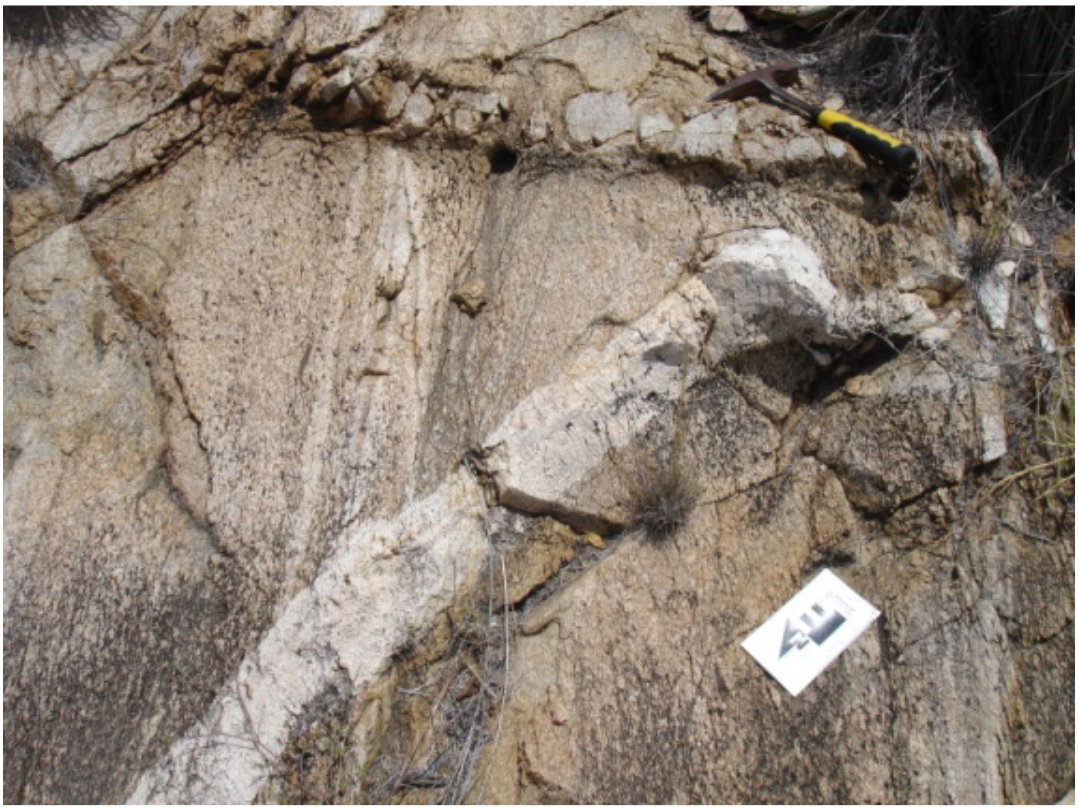


Fig. 34. Punto de observación 20. Vista de un dique de aplita (meta microtonalita) cortando la unidad de gneis tonalítico del cerro Walker.



Fig. 35. Punto de observación 23b. Vista del dique de metatrondhjemita en el cerro El Chivo.

Protolito y metamorfismo: Por el alto contenido de cuarzo y plagioclasa el protolito debió ser una tonalita (fig. 37). El metamorfismo está en la facies anfibolita almandínica, debido a la asociación de anfíbol (hornblenda) y granate.

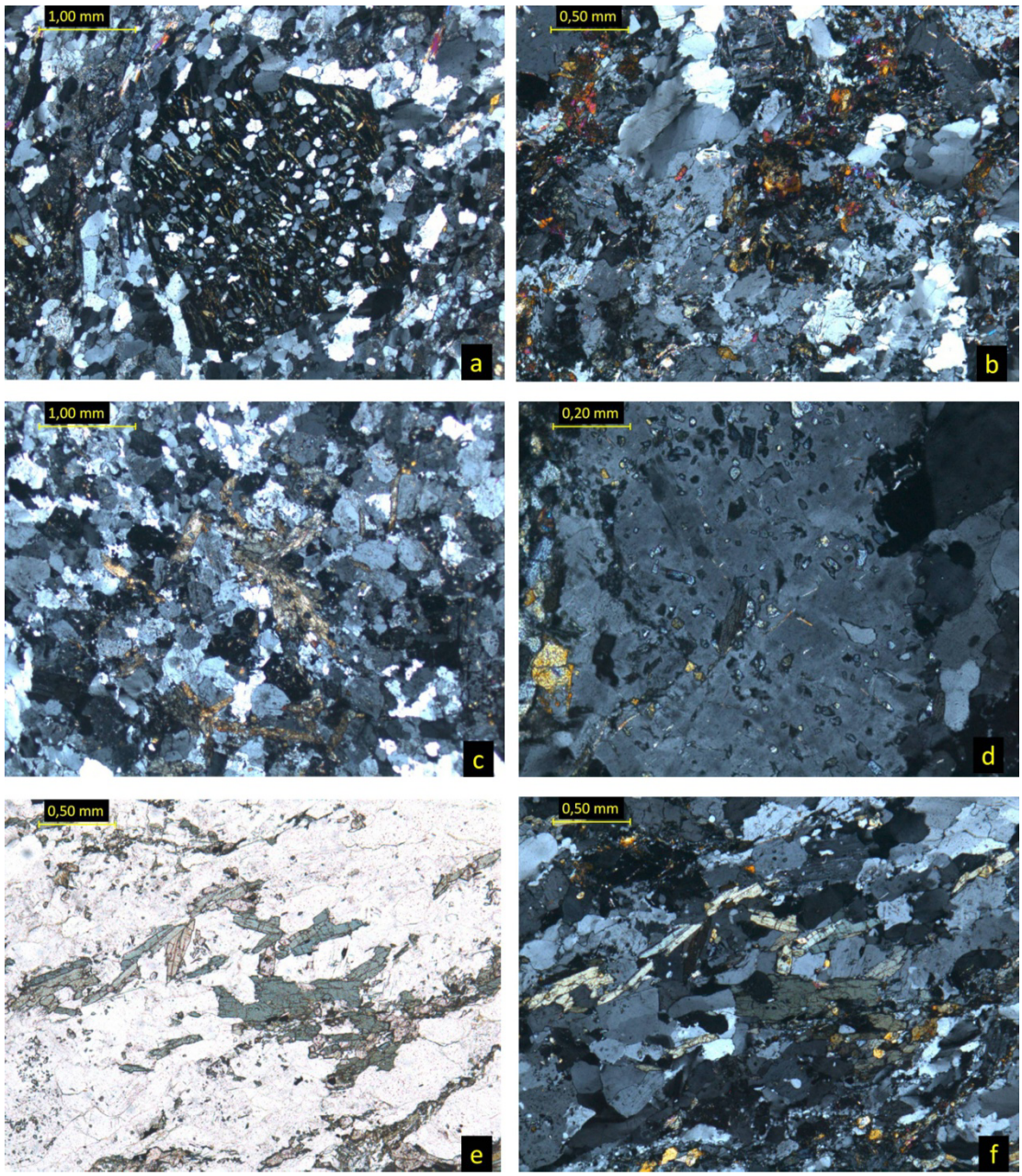


Fig. 36. a) Gneis cuarzo plagioclásico granatífero epidótico, OCH07A, cristal de granate con textura esqueletal, NX; b) Gneis cuarzo plagioclásico epidótico micáceo, OCH09B, vista de cristales de granate, NX; c) Gneis cuarzo plagioclásico anfibólico, OCH11, vista de cristales de anfíbol, NX; Gneis cuarzo plagioclásico epidótico granatífero, OCH37; d) poiquiloblasto de plagioclasa con inclusiones de cristales de cuarzo, epidoto y apatito, NX; e) y f) vista de cristales de anfíbol verde azul, NP y NX.

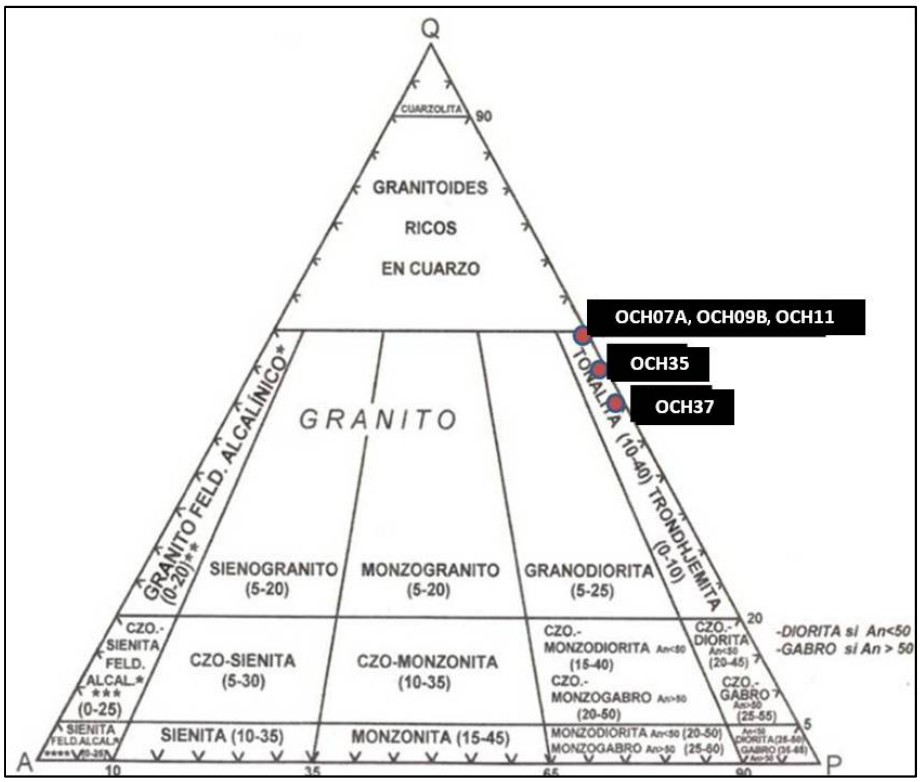


Fig. 37. Triángulo QAP para la clasificación de rocas plutónicas. STRECKEISEN (1976).

3.2.6 PERIDOTITA SERPENTINIZADA DE LOS CERROS CENTRALES:

Localidad tipo: La unidad aflora en las elevaciones centrales de la isla La Orchila, específicamente en los cerros Los Pájaros y Spoter, además de otras dos pequeñas elevaciones que se encuentran al sur de las anteriores. (fig. 38, y mapa geológico en el anexo I).

Extensión: La zona aflorante tiene un área aproximada de 2,90 km^2, lo cual representa un 8,1% del área total de la isla.

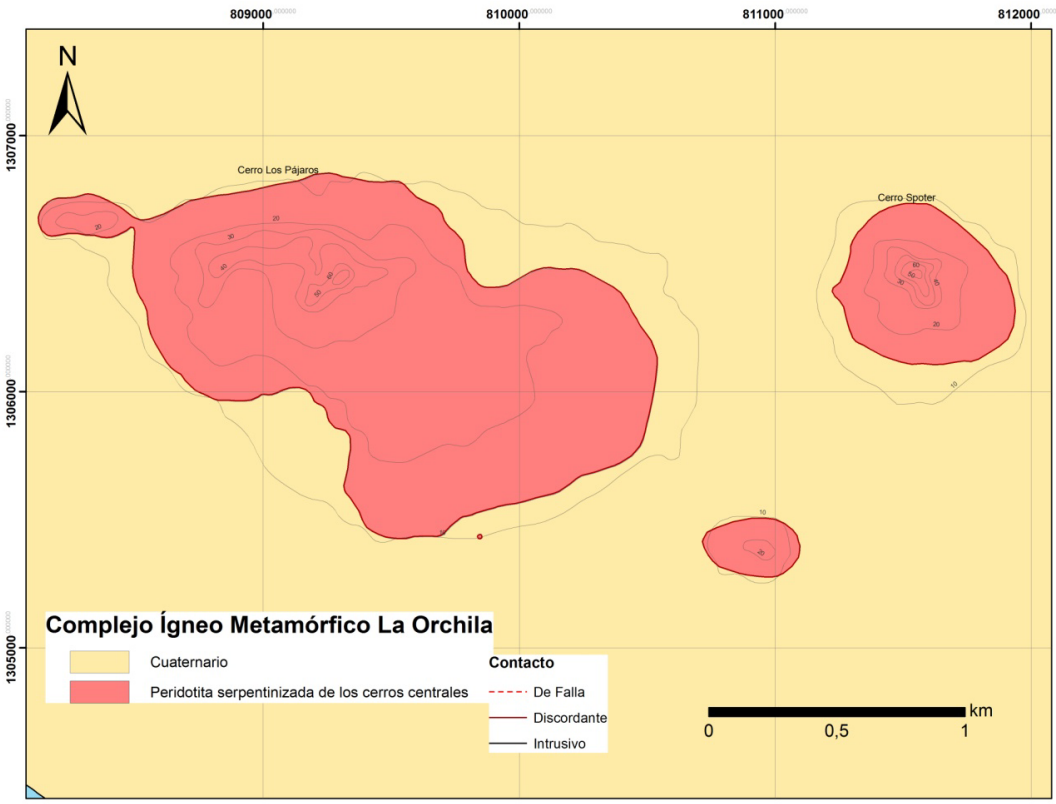


Fig. 38. Mapa geológico simplificado de los cerros centrales de la isla La Orchila.

Contactos: Toda la unidad se encuentra en contacto de inconformidad con la zona de derrubios cuaternaria.

Descripción litológica: La roca en general presenta textura fanerítica, y suele ser de color marrón y verde, aunque presenta un alto grado de meteorización. En el cerro Los Pájaros la roca presenta mayor porcentaje de serpentinización en comparación con el cerro Spoter (fig. 39 y 40). Bajo el microscopio se observa gran parte de la roca como una "matriz" de antigorita (fig. 42). El olivino se encuentra cortado y rodeado de serpentina.

Presenta mayor porcentaje de cristales de ortopiroxeno (enstatita) que de clinopiroxeno (augita). En algunos cristales se observa alteración tipo bastita. Algunos cristales de olivino y de clinopiroxeno se encuentran embebidos dentro de cristales más grandes de ortopiroxeno.

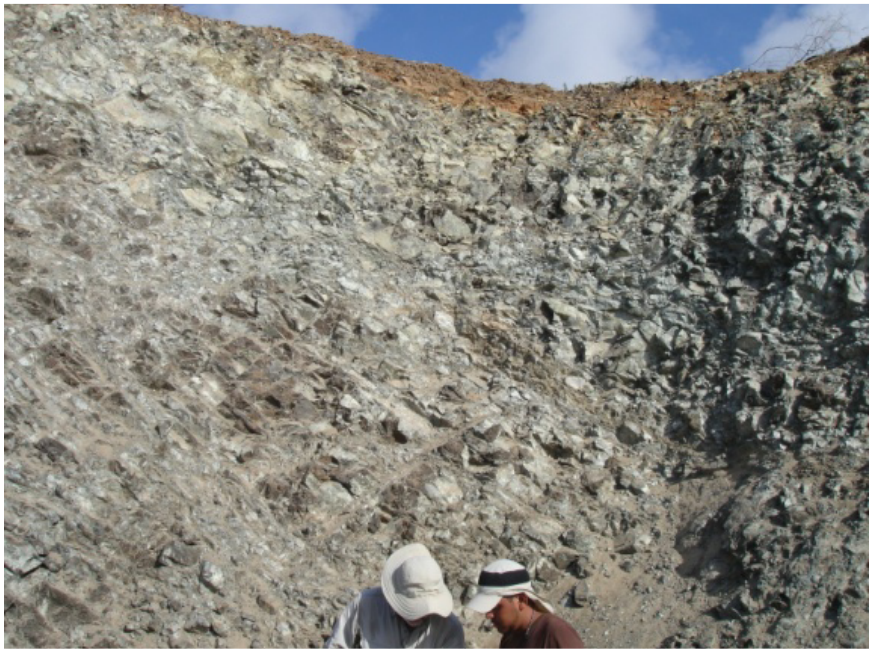


Fig. 39. Punto de observación 56. Vista del frente de explotación de la peridotita serpentinizada en el cerro Los Pájaros.



Fig. 40. Punto de observación 54. Afloramiento de peridotita serpentinizada en el cerro Spoter.

La serpentina también se presenta en pequeñas vetas de crisotilo asbestiforme, además de contener algunas vetas de ópalo amorfo. Presenta cristales de espinela, aparentemente picotita, debido al color pardo que poseen sus cristales y es

característico de dicha variedad, aparece como mineral accerorio formando cristales anhedrales de hasta 1,2 mm (fig. 42)

La mineralogía se compone de serpentina (antigorita y crisotilo), olivino, clinopiroxeno (augita), ortopiroxeno (enstatita), ópalo y minerales accesorios (espinela, hematita y magnetita). (Ver tabla N° 9 y apéndice A y B).

Tabla N° 9. Composición mineralógica de la peridotita serpentinizada de los cerros centrales.

	Composición mineralógica (%)							
Muestra	Srp	Ol	Opx	Cpx	Opl	M. A.	Esp	Nombre
OCH28	52	23	14	8	1	<1	1	Lherzolita serpentinizada
OCH29	78	2	13	3	3	<1	1	Serpentinita (harzburgita o lherzolita)
	64	12	14	6	2	<1	1	Peridotita serpentinizada
Máximo	78	23	14	8	3	<1	1	
Mínimo	52	2	13	3	1	<1	1	

Protolito y metamorfismo: El protolito fue una roca ígnea ultramáfica como una peridotita (lherzolita o harzburgita, fig. 41). Está afectada por metamorfismo hidrotermal de bajo grado.

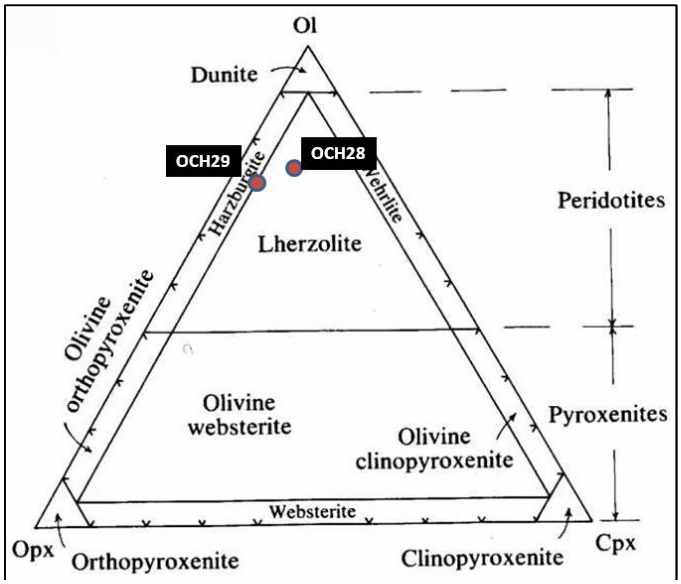


Fig. 41. Triángulo para la clasificación de rocas ultramáficas. STRECKEISEN (1976).

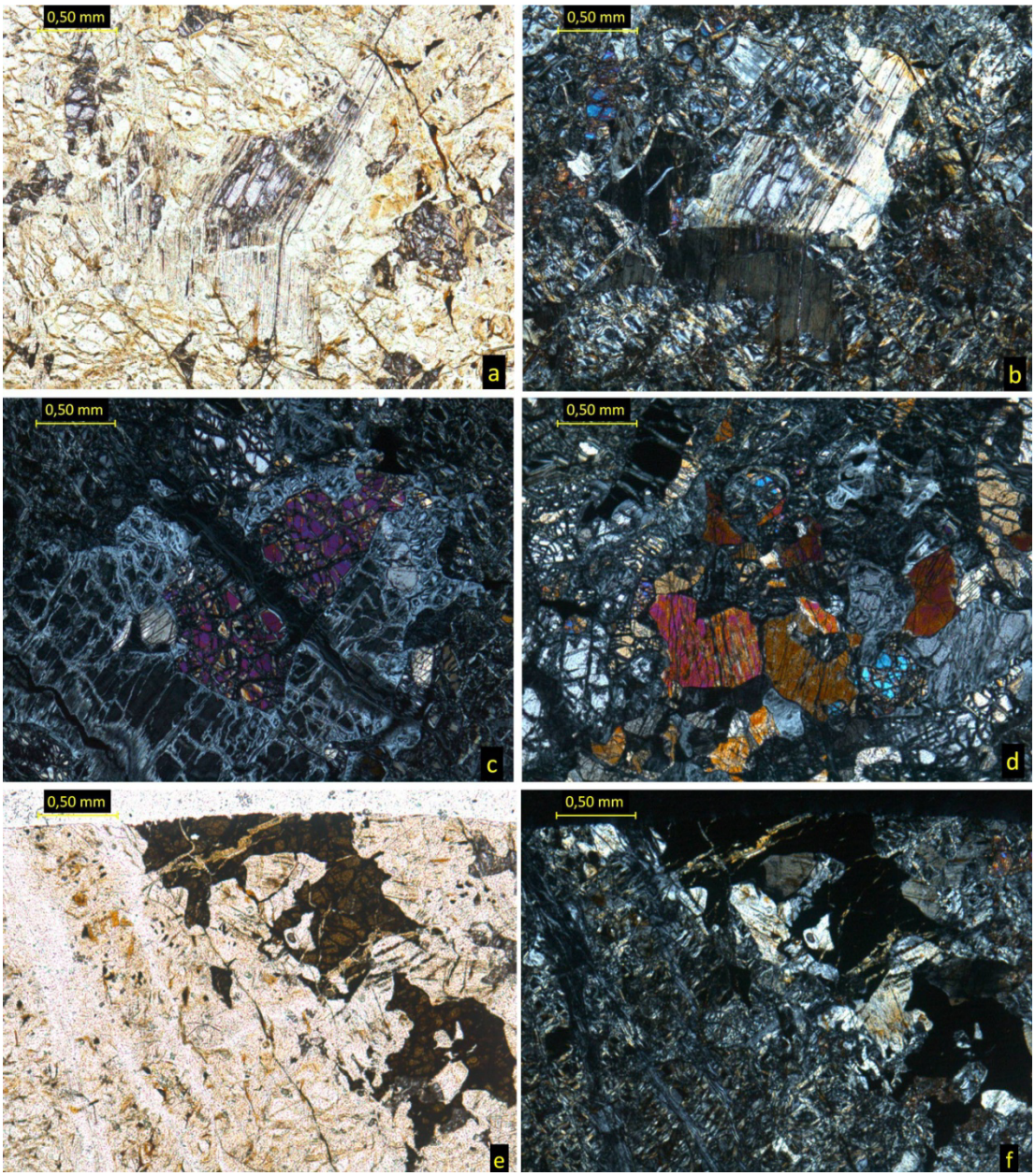


Fig. 42. Peridotita serpentinizada, OCH29, a) y b) vista de cristal de ortopiroxeno con textura bastita y matriz de antigorita en general, NP y NX; Lherzolita serpentinizada, OCH28, c) cristal de olivino dentro de cristal de ortopiroxeno, NX; d) vista de cristales de clinopiroxeno, NX; e) y f) vista de cristales de espinela, NP y NX.

3.2.7 METADIABASA DEL CERRO WALKER:

Localidad tipo: La unidad aflora en la parte este del cerro Walker, el cual se encuentra ubicado en la parte occidental de la isla La Orchila. (fig. 43, y mapa geológico en el anexo I).

Extensión: La zona aflorante tiene un área aproximada de 0,47 km^2, lo cual representa un 1,31% del área total de la isla.

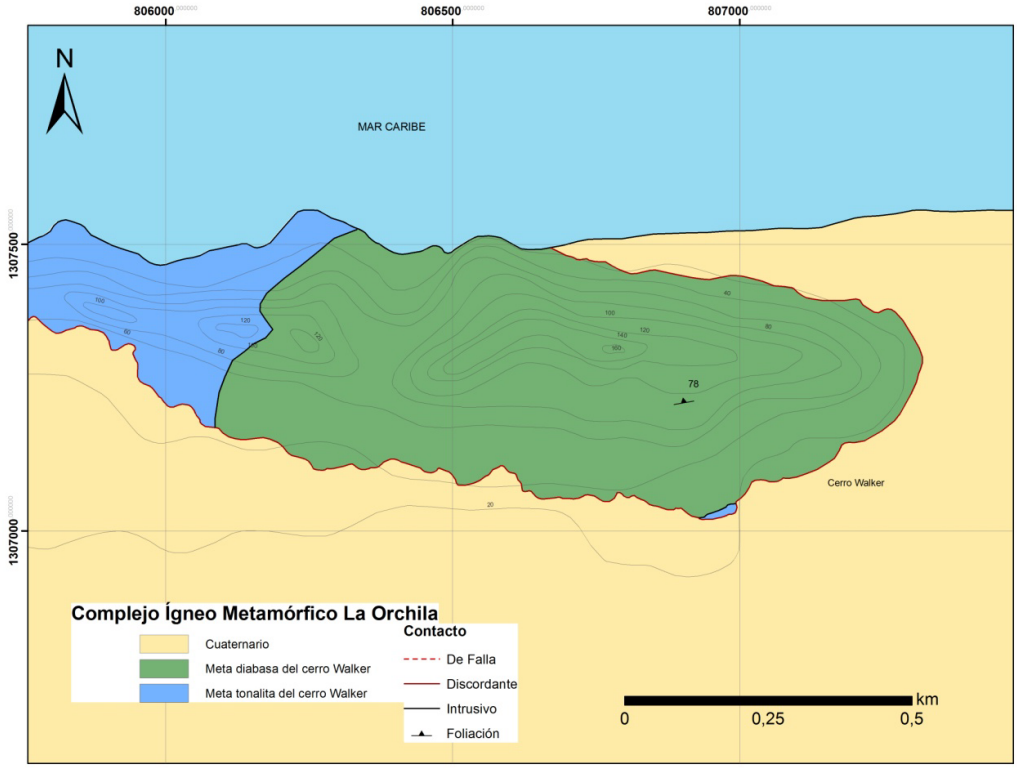


Fig. 43. Mapa geológico simplificado de la unidad de meta diabasa del cerro Walker.

Contactos: Al oeste y al sureste, la unidad se encuentra en contacto abrupto con la unidad de meta tonalita del cerro Walker, la cual es intrusiva en la meta diabasa (fig. 44). El resto de la unidad se encuentra cubierta inconformemente por la zona de derrubios cuaternaria.



Fig. 44. Punto de observación 98. Vista del contacto abrupto intrusivo entre la metadiabasa y la metatonalita del cerro Walker.

Descripción litológica: En la parte este del cerro Walker aflora una roca color verde que en general es una metadiabasa. El tamaño de grano es bastante fino (0,06 mm hasta 0,2 mm aproximadamente). Posee principalmente cristales de plagioclasa y anfíbol además de textura ofítica característica en este tipo de litología (fig. 47).

Las muestras analizadas de la unidad presentan una plagioclasa con un rango entre 9-10% de An. En pocos cristales se aprecia un 50% de An, lo cual sugiere que hubo albitización en la roca, además, el alto contenido de epidoto en las muestras indica que la pérdida de calcio en la plagioclasa original se también debe a la epidotización que sufió la roca durante el metamorfismo, cuya composición original debió ser de al menos 50% An.

Algunos cristales de anfíbol (actinolita) se encuentran parcial o totalmente cloritizados, con pleocroísmo de pardo pálido a verde pálido (fig. 47).

El anfíbol más común en la unidad es la actinolita, aunque también se pueden encontrar pequeños cristales de anfíbol verde azul (barroisita), embebidos dentro de

los cristales más grandes de actinolita. En general la roca presenta una alta epidotización y escasa sericitización.

El epidoto se presenta en pequeños cristales (0,1 mm en promedio) granulares sin orientación aaparente, con alto relieve y altos colores de interferencia.

Hacia el sector noroeste de la unidad, cerca del contacto con la unidad de metatonalita, la roca presenta textura de lavas almohadilladas, (fig. 45 y 46), mientras que hacia el sector este del cerro Walker no se observa dicha estructura.



Fig. 45. Punto de observación 90. Vista de textura de lavas almohadilladas muy fracturadas en la cumbre del cerro Walker.



Fig. 46. Punto de observación 85. Vista de la textura de lavas almohadilladas en un bloque suelto en la ladera noreste del cerro Walker.

La mineralogía se compone de plagioclasa, anfíbol, epidoto, cuarzo, clorita, biotita, sericita y minerales accesorios (titanita, apatito, magnetita, hematita y limonita). (fig. 47) (Ver tabla N° 10 y apéndice A y B).

Tabla. 10. Composición mineralógica de la metadiabasa del cerro Walker.

	Composición mineralógica (%)									
Muestra	Qtz	Pl	Ep	Act	Bar	Chl	Bt	Src	M. A.	Nombre
OCH03C	3	60	21	3	0	10	2	0	2	Metadiabasa epidótica
OCH03D	7	57	22	0	0	9	3	0	2	Metabasalto epidótico
OCH51A	3	33	4	26	4	26	3	1	1	Metadiabasa
OCH52A	3	45	17	24	4	2	2	0	<1	Metadiabasa
	4	50	14	15	2	12	2	<1	<1	Metadiabasa
Máximo	7	60	22	26	4	26	3	1	2	
Mínimo	3	33	4	0	0	2	0	0	<1	

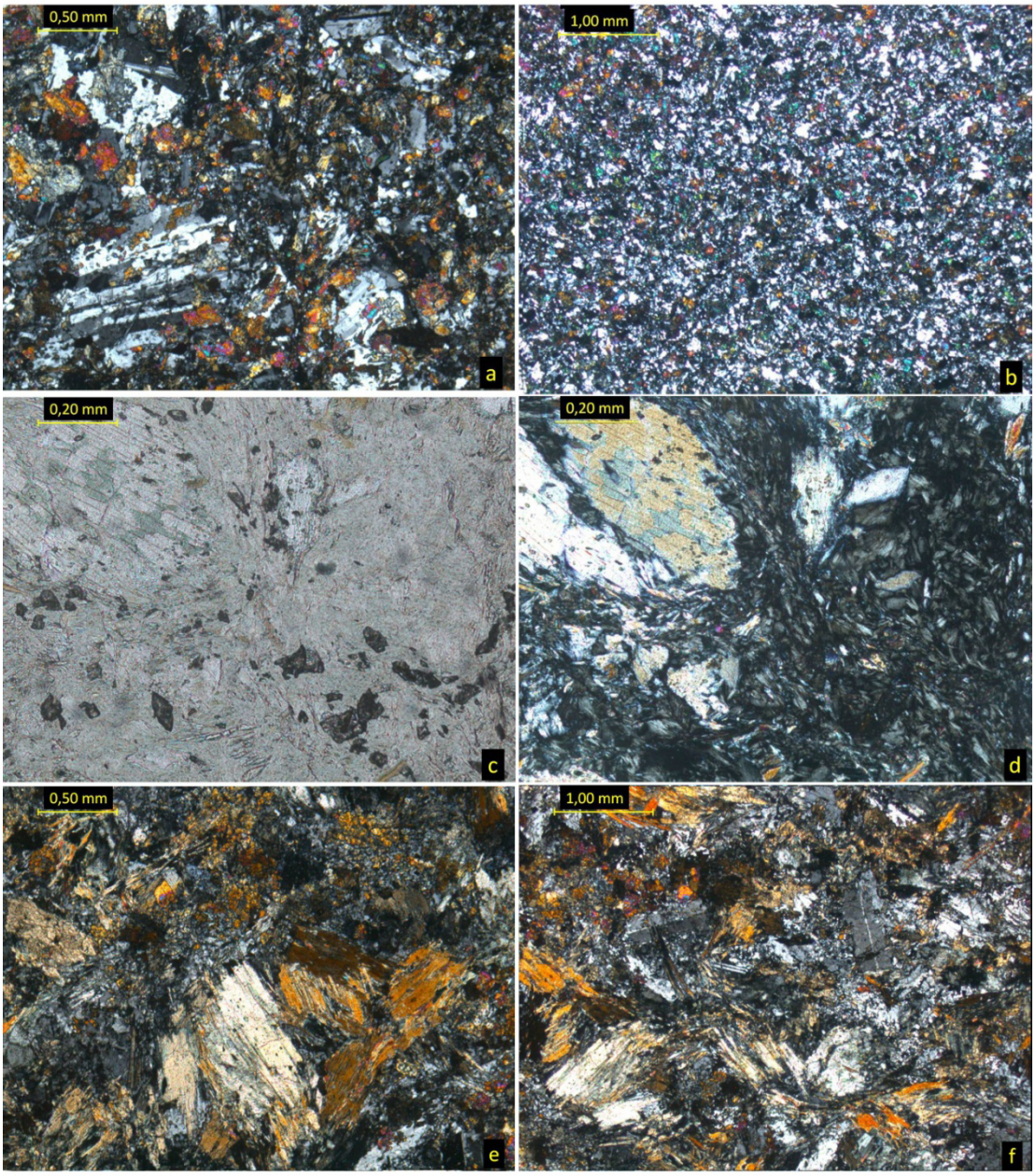


Fig. 47. a) Metadiabasa epidótica, OCH03C, vista general de cristales de plagioclasa y epidoto, NX; b) Metadiabasa epidótica, OCH03D, vista general de la unidad en sección delgada, NX; Metadiabasa, OCH51A, c) y d) se observan cristales de clorita, epidoto y anfíbol, en la parte interna del cristal de anfíbol se observa otro verde azulado, NP y NX; Metadiabasa, OCH52A; e) cristales de actinolita, epidoto y plagioclasa, NX; f)cristales de actinolita, anfíbol y plagioclasa, NX.

Diques: Toda la roca se encuentra intrusionada por varios enjambres de diques de meta-andesita y metalamprófidos, en los cuáles resulta complicado establecer la relación de corte entre ellos (tabla N° 11). A continuación se describen los diques analizados en esta unidad:

Metandesita porfídica: En la zona central aflora un dique de metandesita porfídica de unos 3 m de espesor, la cual presenta una matriz afanítica y cristales euhedrales de plagioclasa y hornblenda de hasta 3 cm (fig. 48).



Fig. 48. Punto de observación 87. Vista general del dique de meta-andesita porfídica en el cerro Walker.

Hacia el sector noroeste se puede visualizar en la zona un dique de 1,5 m de espesor sin establecer, relación de corte, correspondiendo con una metandesita porfídica (fig. 49), con fenocristales de plagioclasa (6% An) y hornblenda, euhedrales y subhedrales. La matriz está formada por plagioclasa, cuarzo y actinolita con cierta orientación preferencial (fig. 53).



Fig. 49. Punto de observación 129. Vista del dique de meta-andesita (OCH68).

En el mismo sector noroeste de la unidad se aprecian al menos dos patrones de cuerpos tabulares cortados entre sí. Un primer set de metandesita porfídica de textura blasto porfídica, con fenocristales formados por plagioclasa en algunos casos y en menor cantidad y de menor tamaño fenocristales de cuarzo policristalino y biotita. La matriz se compone de cuarzo, plagioclasa y mica blanca. Este cuerpo a su vez presenta diques de cuarzo que intrusionan (fig. 50).

Metalamprófido (spessartita): El segundo set de diques (que corta los cuerpos anteriores) son cuerpos de metalamprófido del tipo spessartita, presentando estructuras tipo ocelo e igualmente de textura blasto porfídica y con fenocristales euhedrales de anfíbol pleocróico de pardo oscuro a pardo claro, (hornblenda basáltica). La matriz se compone de plagioclasa y otro anfíbol incoloro a verde pálido (actinolita) de hábito acicular (fig. 50, 51 y apéndice A).

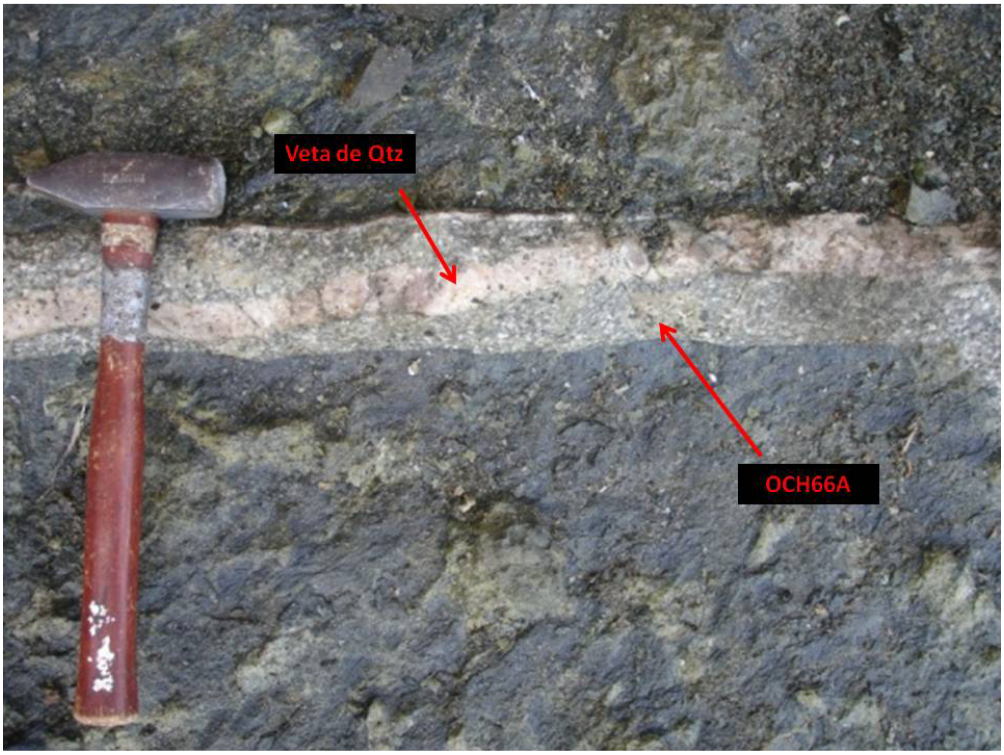


Fig. 50. Punto de observación 125. Dique de metandesita cortado a su vez por una veta de cuarzo.

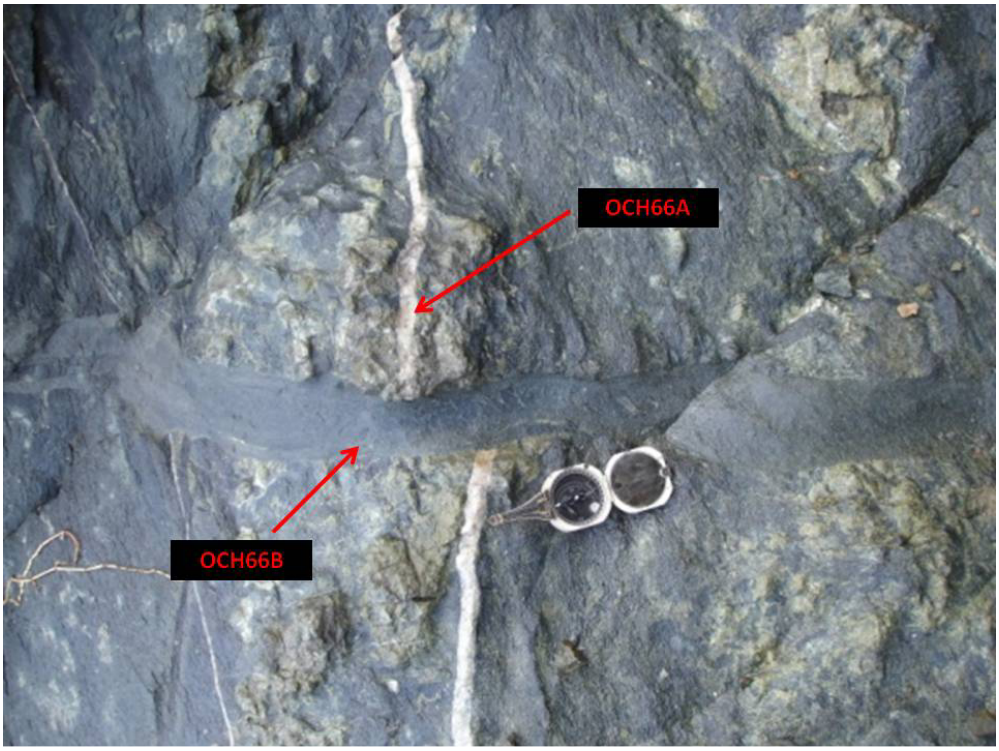


Fig. 51. Punto de observación 125. Dique de metalamprófido (OCH66B) cortando otro dique metandesítico (OCH66A).

En el sector este también afloran varios diques de metalamprófido del tipo spessartita. La roca es de textura blasto porfídica, los fenocristales están formados por anfíbol pleocróico de incoloro a verde pálido (actinolita ó tremolita). En algunos cristales de anfíbol se observa crecimiento de clorita dentro del cristal. La matriz se compone de plagioclasa, pequeñas agujas de actinolita y cuarzo (fig. 53 y apéndice A).

Metalamprófido (kersantita): En el sector oriental del cerro aflora un dique de metalamprófido del tipo kersantita. Su espesor va de 2 a 3 m, son holocristalinos de textura blasto porfídica. Los fenocristales son de magnesio biotita (o flogopita) (fig. 52) y aparentemente anfíbol cloritizado, miden entre 1 mm y 2,5 mm. La matriz está compuesta por cuarzo policristalino, plagioclasa (2-4% An) con maclado tipo Carlsbad y tipo albita y cristales de sericita (fig. 52, y apéndice A y B).



Fig. 52. Muestra de mano OCH03. Se aprecian los fenocristales de biotita.

Tabla N° 11. Composición mineralógica de los diques que cortan la metadiabasa del cerro Walker.

	Matriz (%)									Fenocristales (%)					
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Act	Chl	Src	M. A.	Bt	Chl	Pl	Qtz	Hbl	Nombre
OCH03A	39	36	9	0	3	1	0	0	1	6	5	0	0	0	Metalamprofido (kersantita)
OCH66A	30	15	4	0	11	1	1	11	1	4	0	15	7	0	Meta-andesita porfídica
OCH66B	5	51	0	0	11	13	4	0	1	0	0	0	0	12	Metalamprofido (spessartita)
OCH68	33	10	0	0	3	12	4	0	1	0	0	25	0	7	Meta-andesita porfídica
OCH61	4	54	4	24	0	8	0	1	1	0	0	0	0	5	Metalamprofido (spessartita)

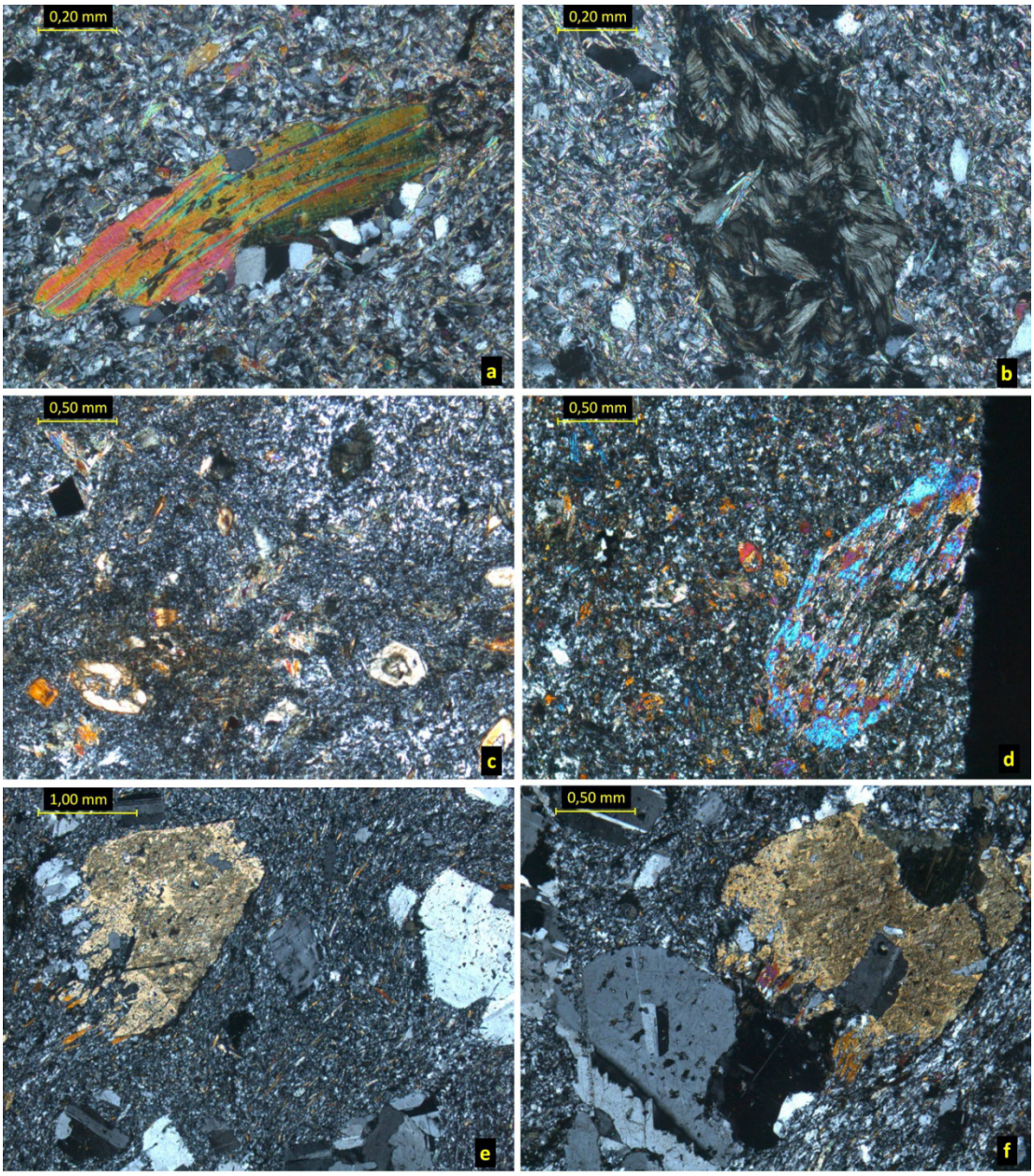


Fig. 53. Metalamprófido (kersantita), OCH03A, a) vista de fenocristal de magnesiobiotita, NX; b) vista de fenocristal de anfíbol totalmente cloritizado, NX; Metalamprófido (spessartita), c) OCH66B, se aprecian fenocristales euhedrales de hornblenda, NX; d) OCH61, vista de un fenocristal de anfíbol esqueletal, NX; Meta-andesita porfídica, OCH68, e) y f) vista de fenocristales de anfíbol con corte basal y plagioclasa; NX.

Estructuras: En la zona noroeste de la unidad, cerca del contacto con la unidad de meta tonalita se observa una zona de falla, la roca presenta foliación por

cizalla y se encontró roca de falla, además de lavas almohadilladas cortadas por cizalla con aparente translación dextral. Las estrías tienen un pitch de 40° (fig. 54).

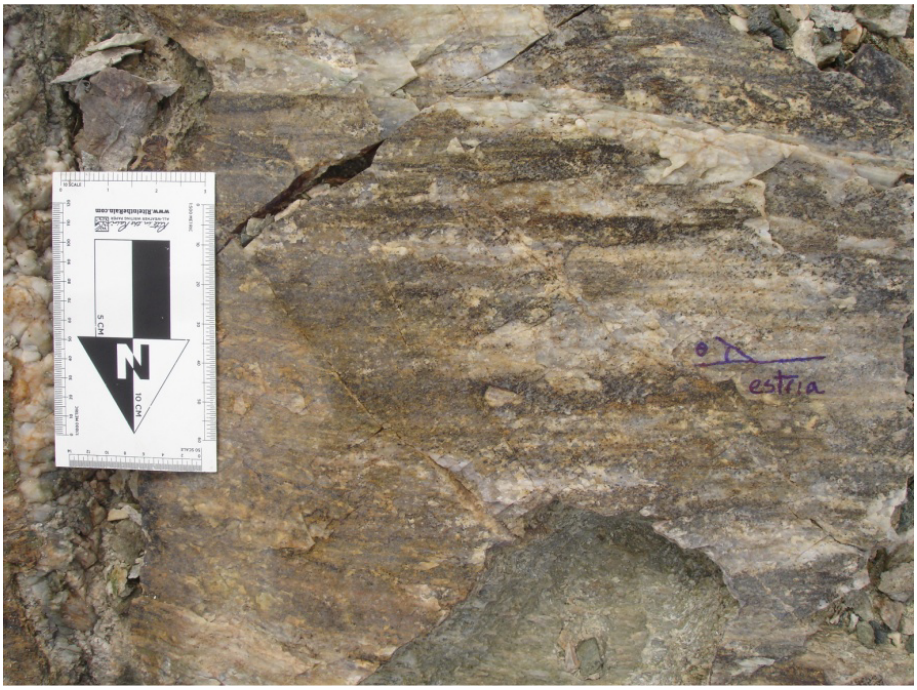


Fig. 54. Vista del plano de falla encontrado al norte del cerro Walker.

Protolito y metamorfismo: La roca todavía mantiene las características principales de una diabasa o dolerita. Debido al alto contenido de epidoto, actinolita y clorita el metamorfismo alcanzó la facies de esquisto verde (zona de la clorita) de metamorfismo regional.

3.2.8 METATONALITA DEL CERRO WALKER:

Localidad tipo: La unidad aflora en la parte oeste del cerro Walker, el cual se encuentra ubicado en la parte occidental de la isla La Orchila (fig. 55, y mapa geológico en el anexo I).

Extensión: La zona aflorante tiene un área aproximada de 0,74 km^2, lo cual representa un 2,1% del área total de la isla.

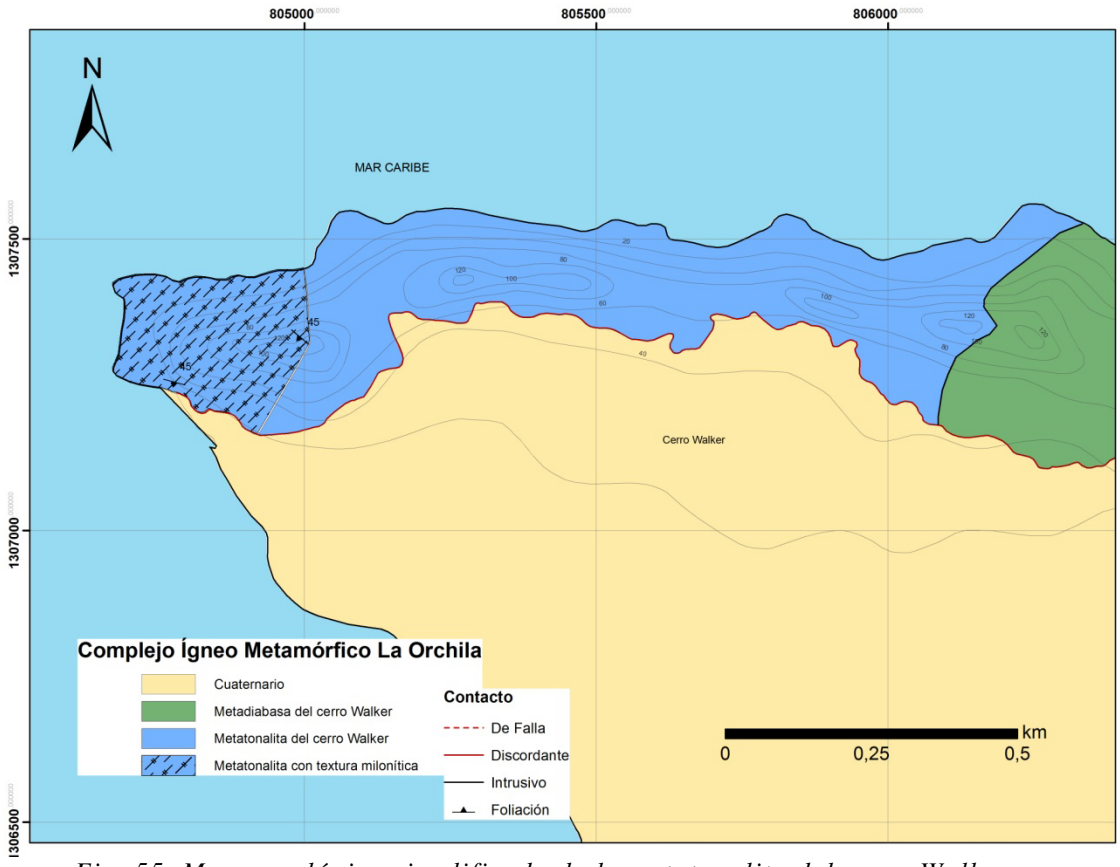


Fig. 55. Mapa geológico simplificado de la metatonalita del cerro Walker.

Contactos: Al este, la unidad se encuentra en contacto abrupto intrusivo (debido a la presencia de xenolitos) con la unidad de metadiabasa del cerro Walker (figs. 44 y 56). El resto de la unidad se encuentra en contacto de inconformidad con la zona de derrubios cuaternaria.

Descripción litológica: La unidad está formada por una metatonalita que presenta en escasos sectores cierta foliación gruesa (gnéisica), poco prominente. La fábrica es xenoblástica, y el tamaño de grano grueso a muy grueso. Está formada principalmente de plagioclasa (10% An) y cuarzo policristalino, con diversos minerales (muscovita, biotita y epidoto) que hacen una variación determinante en su índice de color.



Fig. 56. Punto de observación 94. Vista del contacto entre unidades del cerro Walker.

La plagioclasa presenta zonación y sericitización en algunos cristales. En ciertos sectores la roca presenta textura cataclástica bajo el microscopio (fig. 60).

En la zona central de la unidad aflora un nivel pegmatítico (fig. 57), con fenocristales de plagioclasa euhedral de hasta 2 cm de diámetro. En esta zona la roca presenta una variación notable en el tamaño de grano, con cristales que van desde los 2 mm hasta llegar a los 2 cm, y variaciones en el índice de color (fig. 58).

El resto de la roca está compuesto principalmente por cuarzo policristalino, por pequeños cristales de anfíbol plocróico de incoloro a verde pálido (actinolita), epidoto, escasos cristales de biotita (en parte cloritizados), y muscovita.



Fig. 57. Punto de observación 101. Vista del nivel pegmatítico dentro de la unidad.

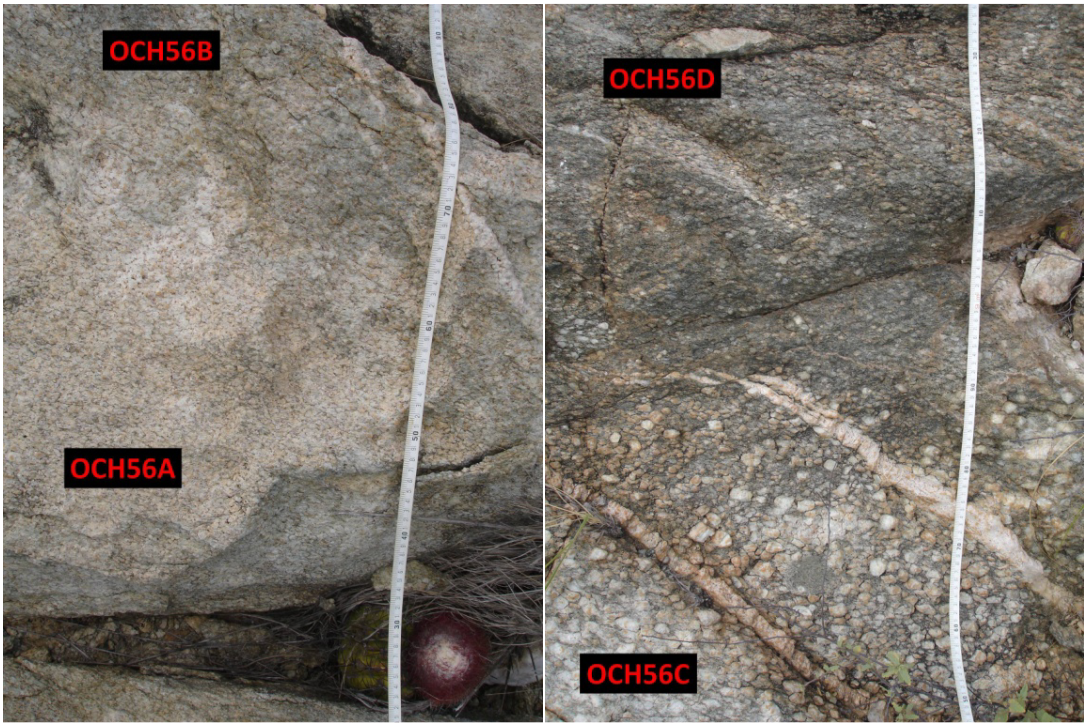


Fig. 58. Punto de observación 101. Vista de la variación en el tamaño de grano e índice de color en este sector de la unidad de Metatonalita del cerro Walker.

Al oeste del cerro Walker la unidad va tomando una textura foliada, que va desde un aspecto gnéisico hasta llegar a un aspecto esquistoso (fig. 59), esta variación en la textura es progresiva hacia la parte oeste de la unidad, zona en la cual también aparecen vetas de cuarzo de hasta 1 m de espesor. Finalmente en la zona occidental del cerro Walker aflora una subunidad de la meta tonalita pero con aspecto milonítico.



Fig. 59. Punto de observación 103. Vista de la textura foliada en el sector oeste del cerro Walker.

La mineralogía se compone de cuarzo, plagioclasa, muscovita, sericita, biotita, epidoto, anfíbol, clorita y minerales accesorios (titanita, apatito, pirita, limonita y hematita) (ver tabla N° 12 y apéndice A y B).

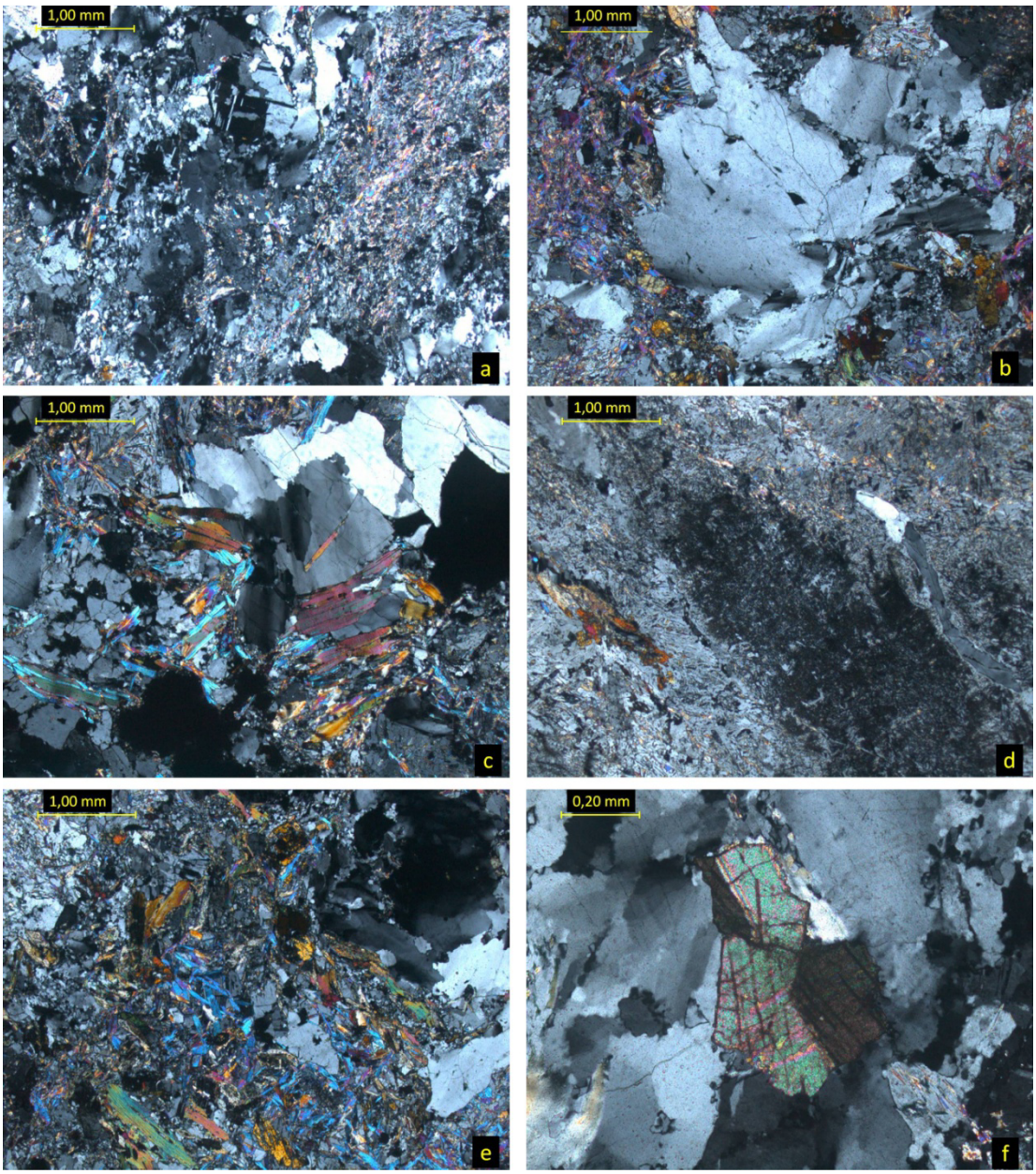


Fig. 60. a) Gneis tonalítico , OCH52B, vista general de la roca con textura cataclástica, NX; b) Metatonalita, OCH56A, cristal de cuarzo fracturado, NX; c) Metatonalita, OCH56B, vista de cristales de biotita, NX; d) Metatonalita pegmatítica, OCH56C, cristal de plagioclasa zonado y con sericitización, NX; e)Metatonalita, OCH56D, vista de cristales de muescovita y biotita, NX; f) Gneis tonalítico, OCH52B, cristal de titanita, NX.

Tabla N° 12. Composición mineralógica de la Metatonalita del cerro Walker.

	Matriz (%)								
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Act	Src	M. A.	Nombre
OCH52B	40	38	6	0	1	0	14	1	Gneis tonalitico
OCH54	37	39	5	0	5	2	11	1	Metatonalita
OCH56A	32	40	4	4	4	1	14	1	Metatonalita
OCH56B	28	40	6	8	2	1	14	1	Metatonalita
OCH56C	15	60	3	2	6	3	10	1	Metatonalita pegmatítica
OCH56D	30	33	13	9	6	2	6	1	Metatonalita
	30	42	6	4	4	2	11	1	Metatonalita
Máximo	40	60	13	9	6	3	14	1	
Mínimo	15	33	3	0	1	0	6	1	

Protolito y metamorfismo: La roca mantiene las principales características de una tonalita (fig. 61). El metamorfismo está asociado a la facies esquisto verde (zona de la clorita) de tipo regional, debido a la coexistencia de actinolita, epidoto y clorita.

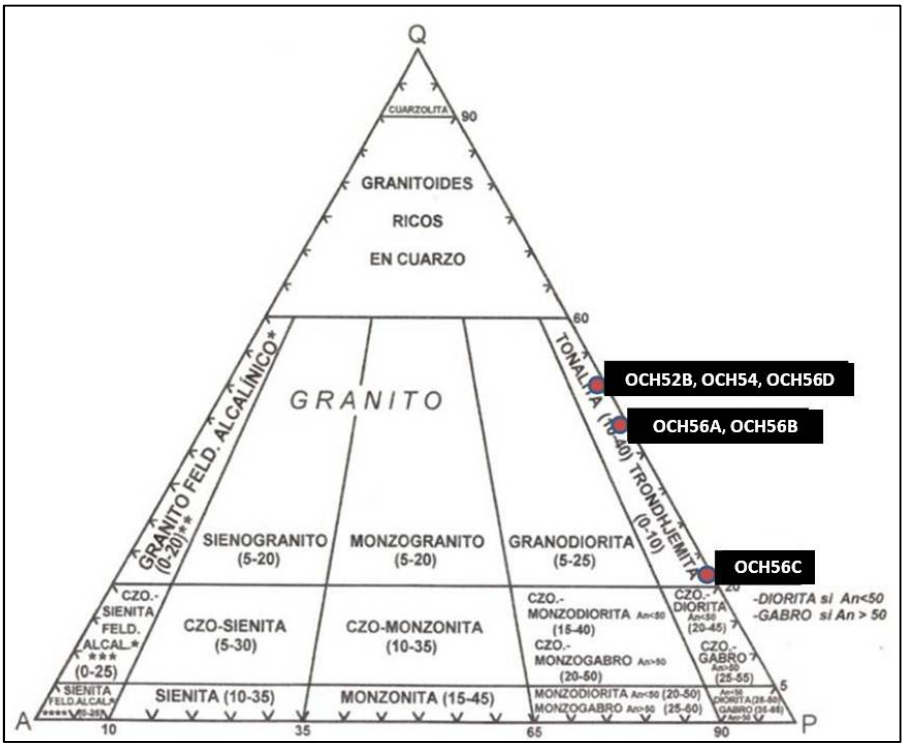


Fig. 61. Triángulo QAP para la clasificación de rocas plutónicas. STRECKEISEN (1976).

3.2.8.1 METATONALITA CON TEXTURA MILONÍTICA DEL CERRO WALKER:

Localidad tipo: Aflora en la parte más occidental del cerro Walker, ubicado en la zona oeste de la isla La Orchila. (fig. 55, y mapa geológico en el anexo I).

Descripción litológica: Es una subunidad de la metatonalita del cerro Walker. Básicamente posee la misma composición mineralógica de la metatonalita, pero la textura de la roca es milonítica (ver fig. 62).



Fig. 62. Punto de observación 104. Vista de la zona de textura milonítica de la Metatonalita del Cerro Walker, en este caso casi una ultramilonita por su textura esquistosa.

ROBERTSON (1999), establece que esta variedad de roca está asociada a fallas, empujes y zonas de cizalla. Es característica de la misma, la combinación entre la deformación plástica de los tamaños de grano y la reducción del tamaño de grano. Así mismo, el autor establece una clasificación basada en el porcentaje de porfiroclástos, los cuáles él denomina como los minerales que pueden resistir la deformación dúctil o

ruptura y permanecer de esa forma distintos al resto de los minerales de la matriz foliada.

En esta zona del cerro Walker, el tamaño de grano es bastante fino, solo se logra diferenciar cuarzo y plagioclasa entre la mineralogía. La textura es de cizalla, lo que le da un aspecto foliado muy fino a la subunidad, por tanto en base a la clasificación de ROBERTSON (1999), se puede establecer el nombre de *milonita a ultramilonita*, ya que el porcentaje de porfiroclástos en la unidad, va en un rango de 10-50% en la mayoría de la roca, exceptuando algunas pequeñas zonas con un porcentaje <10%.

En esta zona aflora una gran veta de cuarzo de varios metros de espesor, la cual atraviesa la subunidad con sentido este- oeste en la zona de mayor cota de este sector del cerro Walker.

Protolito y metamorfismo: La composición diferenciable indica que se trata de la misma metatonalita descrita en la sección precedente. La textura milonítica evidencia deformación cataclástica en facies esquistos verdes.

3.2.9 UNIDADES CUATERNARIAS

3.2.9.1 FORMACIÓN LA ORCHILA (Pleistoceno):

Localidad tipo: Los mejores afloramientos se encuentran a lo largo de la costa norte de la isla, y cerca de la punta oeste al sur del cerro Walker.

Extensión: La Formación La Orchila, forma la parte plana de la isla y cubre aproximadamente el 85% de la misma, rodeando los seis pequeños cerros de rocas del basamento ígneo-metamórfico (ver mapa Anexo I).

Contactos: El contacto inferior de la Formación La Orchila no aflora, pero el mismo debe ser de inconformidad sobre el basamento ígneo-metamórfico.

Descripción Litológica: La Formación La Orchila consiste de dos facies carbonáticas, una de grano grueso y otra de grano fino (SCHUBERT Y VALASTRO, 1976).

Terraza de fragmentos de coral y conchas de grano grueso: La facies de grano grueso es la más extensa y cubre la mayor parte de la isla, excepto la región inmediatamente al sur y este de Cerro Walker (ver mapa Anexo I). La parte central de la isla consiste de una caliza de grano grueso, cubierta por arena y limo marrón rojizos, con un borde externo de caliza expuesta (SCHUBERT Y VALASTRO, 1976).

Esta terraza consiste de fragmentos de corales y conchas muy abundantes (fig. 63), cementados por material calcáreo (carbonato de calcio fibroso y espático), formando un depósito muy duro, de color marrón o canela claro (gris en superficies meteorizadas), con una superficie extremadamente áspera.



Fig. 63. Punto de observación 45. Vista de la terraza coralina en la zona norte del cerro Cabecera. Terraza de fragmentos de coral y conchas de grano grueso.

Terraza calcárea arenosa de grano fino: Esta caliza de grano fino está restringida al área al sur y este de Cerro Walker (ver mapa Anexo I). Básicamente consiste de un conglomerado arenoso marrón con fragmentos frecuentes de corales y conchas. Su apariencia es muy distinta de los depósitos de la terraza descrita anteriormente, la cual consiste casi exclusivamente de fragmentos de corales y

conchas. Esta facies es arenosa y bien cementada por carbonato de calcio (en su mayor parte del tipo espático).

SCHUBERT Y VALASTRO (1976) expresan que la ausencia de fragmentos de grano grueso probablemente se debe a esta posición protegida; el cerro no permitió que las olas depositaran fragmentos gruesos de corales y conchas, los cuales hubieran sido incorporados dentro de la terraza (fig. 64).



Fig. 64. Punto de observación 110. Vista de la terraza coralina en el sector occidental de la isla, al suroeste del cerro Walker. Terraza calcárea arenosa de grano fino, cubierta por arena y limo.

3.2.9.2 SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS (Holoceno):

Localidad tipo: A lo largo de todo el territorio de la isla La Orchila.

Contactos: Se encuentran cubriendo la mayor parte de las terrazas calcáreas de la Formación La Orchila (ver mapa Anexo I).

Descripción Litológica: SCHUBERT Y VALASTRO (1976) describieron que la superficie plana que forman las terrazas calcáreas de la Formación La Orchila se encuentra cubierta por una serie de sedimentos no consolidados:

Planicies salinas: Una gran parte de la terraza marina está cubierta por salinas (fig. 65) que se encuentran en depresiones muy someras en la superficie de la terraza y están en su mayoría secas, son estacionales.



Fig. 65. Punto de observación 54. Vista de las terrazas salinas, hacia el sur de la isla desde el cerro El Chivo. Planicie salina.

Dunas inactivas: En la parte central de La Orchila se encuentran varias dunas de arena calcárea (fig. 66) sobre la terraza de caliza o sobre las salinas. La mayoría de ellas consiste de cuerpos alargados de arena blanca compactados, con espesores de 4 a 5 m (ver mapa Anexo I).



Fig. 66. Punto de observación 117. Vista de una de las dunas compactadas. Duna inactiva.

Ciénagas de manglar elevadas y en desecación: También se pueden encontrar áreas bastante extensas de manglares. Su distribución tiene poca densidad. Las plantas individuales son pequeñas, de poco desarrollo y se encuentran en desecación.

Arena de coral y concha y Roca de playa: A lo largo de la costa de La Orchila se encuentran fajas angostas de arena de coral y conchas. En algunas localidades, tales como las costas norte y este (ver mapa Anexo I), estas fajas arenosas forman barreras detrás de las cuales se encuentran *lagunas y ciénagas salinas*. La arena de playa es depositada activamente por las olas y el nivel del mar, por lo que está siendo cementada como *Roca de playa*.

Grava de playa: Extensos depósitos de grava de tormenta (formada por corales y conchas) forman colinas paralelas a las costas norte y este. Estas colinas tienen una altura de hasta 3 m y su anchura varía entre unos metros hasta más de 100 m. El componente principal de la grava son fragmentos de corales, los cuales varían entre guijarros y cantos.

Manglar en crecimiento: Las ciénagas de manglares en crecimiento activo, en contraste con los manglares relictos descritos anteriormente, se encuentran en áreas de lagunas abiertas, en las partes noreste y sureste de la isla, ellas consisten de áreas someras parcialmente inundadas (SHUBERT & VALASTRO, 1976).

3.3 ANÁLISIS QUÍMICO

En base a las unidades definidas y descritas en el apartado anterior se realizó el análisis químico de los componentes mayoritarios de las muestras seleccionadas para el análisis petrográfico del Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila, con el fin de corroborar la clasificación de las unidades y buscar una posible interpretación del marco geotectónico asociado a cada unidad de roca.

Se analizaron los elementos Fe_2O_3t, MnO, K_2O, NaO, MgO, SiO_2, Al_2O_3, CaO y TiO_2, de los cuales los 5 primeros se analizaron por Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS), y los 4 restantes por Fluorescencia de Rayos X (FRX), en

44 muestras. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla N° 13, y en la tabla N° 14 se pueden observar organizados por nombre petrográfico.

Tabla N° 13. Resultados del análisis químico de elementos mayoritarios. *Diques que cortan a las unidades

Muestra	Unidad	AAS					FRX				Total
		Fe_2O_3	MnO	K_2O	Na_2O	MgO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	TiO_2	
OCH19A	Esq. Hbl- Pl C. Cabecera	8,53	0,178	0,04	4,06	9,05	49,4	17,9	7,39	0,686	97,22
OCH20B		10,7	0,196	0,600	3,65	7,98	50,1	15,3	7,55	0,557	96,66
OCH23		6,51	0,129	0,19	2,31	13,394	50,1	20,8	4,06	0,509	98,07
OCH21*		6,58	0,154	0,490	1,01	8,29	57,8	15,8	7,59	0,624	98,30
OCH14A	Esq. Qtz-Pl C. Cabecera	5,82	0,092	2,91	3,91	2,15	59,2	18,5	3,40	0,839	96,83
OCH17		3,69	0,049	2,90	4,12	0,914	60,9	20,7	2,47	0,376	96,11
OCH20A		5,19	0,061	0,169	5,05	0,209	71,2	15,7	2,30	0,120	99,99
OCH25		8,91	0,123	0,429	2,81	4,06	61,1	15,9	5,24	0,481	99,06
OCH26		2,27	0,033	1,89	3,48	0,466	63,8	20,4	1,78	0,216	94,42
OCH27		3,51	0,056	0,14	4,45	0,928	64,5	20,4	2,47	0,489	96,94
OCH01		1,51	0,015	1,92	4,67	0,170	67,9	19,6	0,651	0,078	96,53
OCH44		5,19	0,104	2,58	3,01	1,50	62,4	17,5	2,87	0,613	95,77
OCH45		2,45	0,039	2,54	4,53	0,330	65,4	19,9	1,24	0,112	96,53
OCH46		5,15	0,080	0,001	3,34	1,67	62,0	19,4	3,61	0,629	95,91
OCH16B*		0,85	0,013	2,70	5,02	0,146	65,9	19,0	1,56	0,028	95,26
OCH05	Esq.Qtz. Grt. Ky C. El Chivo	5,41	0,058	3,24	0,703	1,29	60,5	21,9	0,838	0,800	94,79
OCH04A	Esq. Amp-Pl C. El Chivo	11,1	0,190	0,460	2,55	5,30	46,5	21,3	8,91	0,767	97,04
OCH33		8,96	0,128	0,272	3,65	6,94	53,8	16,8	8,29	0,499	99,34
OCH36A		9,39	0,157	0,28	3,16	5,95	53,2	16,7	8,90	0,904	98,58
OCH39		7,52	0,131	0,81	3,23	3,44	60,8	17,3	4,79	0,486	98,51
OCH12A*		4,07	0,048	0,072	5,22	0,102	75,7	12,1	2,15	0,048	99,56
OCH30A*		9,55	0,172	0,101	4,25	3,33	54,4	19,3	7,07	0,614	98,77
OCH07A	Gneis Tonalitico C. El Chivo	5,24	0,042	0,03	2,88	0,896	68,5	17,2	3,69	0,294	98,79
OCH09B		2,46	0,049	0,27	4,89	0,569	72,5	15,6	2,31	0,122	98,80
OCH11		1,59	0,056	0,18	5,97	0,848	72,1	16,0	2,86	0,174	99,84
OCH35		1,58	0,010	0,083	4,11	0,206	74,8	14,8	2,84	0,095	98,46
OCH37		2,55	0,032	0,14	3,11	0,203	74,2	14,7	2,97	0,061	97,93
OCH28	Peridotita	7,39	0,132	0,021	0,165	34,1	55,2	0,001	1,89	0,001	98,83
OCH29		6,24	0,240	0,011	0,097	33,2	58,8	0,001	1,01	0,001	99,56
OCH03C	Meta diabasa C. Walker	9,72	0,188	0,076	3,73	3,86	57,0	16,6	6,93	0,971	99,09
OCH03D		10,9	0,263	0,452	2,26	3,41	59,0	16,6	5,33	1,22	99,47
OCH51A		11,6	0,209	0,503	1,38	13,1	50,8	12,6	5,97	0,803	96,97
OCH52A		9,95	0,166	4,23	4,75	0,318	52,7	16,3	9,06	1,60	99,03
OCH03A*		3,77	0,061	2,74	4,92	7,56	54,9	20,5	1,40	0,535	96,35
OCH66A*		2,20	0,048	2,05	4,33	0,633	68,5	17,6	1,74	0,134	97,23
OCH66B*		7,86	0,094	0,682	5,36	6,08	56,4	14,4	6,50	1,02	98,40
OCH61*		9,56	0,195	0,518	4,28	8,49	51,2	17,8	5,72	0,659	98,34
OCH68*		3,87	0,039	0,113	6,86	3,20	66,6	15,7	2,85	0,146	99,39
OCH52B	Meta tonalita C. Walker	1,01	0,000	2,13	5,03	0,336	65,5	19,0	0,739	0,062	93,84
OCH54		2,56	0,032	2,80	4,24	0,743	61,5	21,0	1,78	0,280	94,92
OCH56A		2,61	0,025	2,47	4,44	0,944	62,4	20,0	1,97	0,233	95,08
OCH56B		6,39	0,08	0,141	3,18	7,59	57,4	18,9	1,25	0,413	95,28
OCH56C		2,39	0,020	2,19	3,59	0,804	62,2	22,0	3,05	0,282	96,56
OCH56D		6,57	0,075	3,40	3,17	3,61	57,2	16,2	2,94	0,888	94,08

Fe_2O_3: hierro total expresado como Fe_2O_3

Tabla N° 14. Suma total de los óxidos por muestra, nombre petrográfico y unidad.. *Diques que cortan a las unidades

Muestra	Roca	Unidad	Total
OCH19A	Gneis hornbléndico plagioclásico epidótico	Esq. Hbl-Pl C. Cabecera	97,22
OCH20B	Esquisto hornbléndico plagioclásico cuarzo epidótico		96,66
OCH23	Esquisto hornbléndico plagioclásico biotítico granatífero		98,07
OCH21	Dique de metagabro		98,30
OCH14A	Gneis cuarzo plagioclásico biotítico granatífero	Esq. Qtz-Pl C. Cabecera	96,83
OCH17	Gneis cuarzo plagioclásico muscovítico epidótico		96,11
OCH20A	Gneis cuarzo plagioclásico micáceo		99,99
OCH25	Gneis cuarzo plagioclásico micáceo epidótico		99,06
OCH26	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico epidótico		94,42
OCH27	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico granatífero		96,94
OCH01	Esquisto cuarzo plagioclásico granatífero		96,53
OCH44	Esquisto cuarzo anfibólico plagioclásico granatífero		95,77
OCH45	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico		96,53
OCH46	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico		95,91
OCH16B	Dique de aplita (meta microtonalita)		95,26
OCH05	Esquisto cuarzo granatífero Biotítico	Esq.Qtz. Grt. Ky C. El Chivo	94,79
OCH04A	Gneis barroisítico plagioclásico granatífero	Esq. Amp- Pl C. El Chivo	97,04
OCH33	Esquisto barroisítico plagioclásico cuarzo epidótico		99,34
OCH36A	Esquisto barroisítico plagioclásico cuarzo epidótico		98,58
OCH39	Gneis cuarzo anfibólico plagioclásico		98,51
OCH12A	Dique de metatonalita		99,56
OCH30A	Cuerpo de esq pl epidótico clorítico		98,77
OCH07A	Gneis cuarzo plagioclásico granatífero epidótico	Gneis Tonalitico C. El Chivo	98,79
OCH09B	Gnéis cuarzo plagioclásico epidótico micáceo		98,80
OCH11	Gneis cuarzo plagioclásico anfibólico		99,84
OCH35	Meta- trondhjemita		98,46
OCH37	Gneis cuarzo plagioclásico epidótico granatífero		97,93
OCH28	Lherzolita serpentinizada	Peridotita	98,83
OCH29	Serpentinita (harzburgita o lherzolita)		99,56
OCH03C	Meta- diabasa epidótica	Meta diabasa C. Walker	99,09
OCH03D	Meta- basalto epidótico		99,47
OCH51A	Meta- diabasa		96,97
OCH52A	Meta- diabasa		99,03
OCH03A	Dique Metalamprofido (kersantita)		96,35
OCH66A	Dique Meta-andesita porfídica		97,23
OCH66B	Dique Metalamprofido (spessartita)		98,40
OCH61	Dique Metalamprofido (spessartita)		98,34
OCH68	Dique Meta-andesita porfídica		99,39
OCH52B	Gneis tonalitico	Meta tonalita C. Walker	93,84
OCH54	Meta- tonalita		94,92
OCH56A	Meta- tonalita		95,08
OCH56B	Meta- tonalita		95,28
OCH56C	Meta- tonalita pegmatítica		96,56
OCH56D	Meta- tonalita		94,08

3.3.1 CLASIFICACIÓN QUÍMICA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE DIAGRAMAS TAS (ÁLCALIS TOTALES VS SÍLICE):

A partir de estos resultados obtenidos se generaron dos gráficos TAS (Alcalies totales vs Silice), el de MIDDLEMOST (1994) y el de COX *et al.* (1979), ambos para rocas plutónicas, con la finalidad de dar una clasificación a los distintos protolitos ígneos de las unidades encontradas en la isla. En la fig. 67 se muestra la simbología asignada a cada unidad. En las figuras 68 y 69 aparecen los gráficos

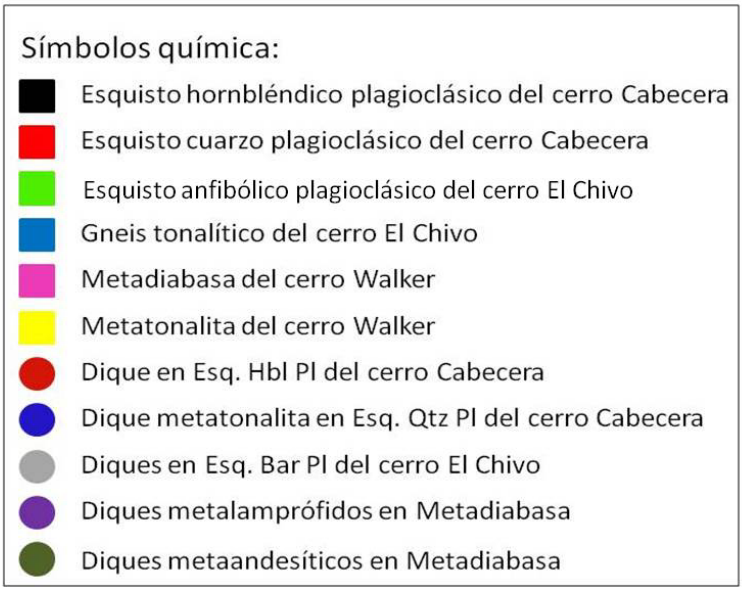


Fig. 67. Simbología asignada a cada unidad del Complejo Ígneo Metamórfico "La Orchila".

Basándose en el diagrama TAS de MIDDLEMOST (1994) y el de COX *et al.* (1979), se obtuvieron los siguientes resultados:

Esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera: Del total de 3 muestras analizadas en esta unidad (cuadrados color negro en los gráficos), en el diagrama de MIDDLEMOST (1994) todas se clasificaron como "gabro" y están muy cercanas al campo de la "diorita", mientras que el dique analizado de la unidad OCH21 se ubicó en el campo de la "diorita".

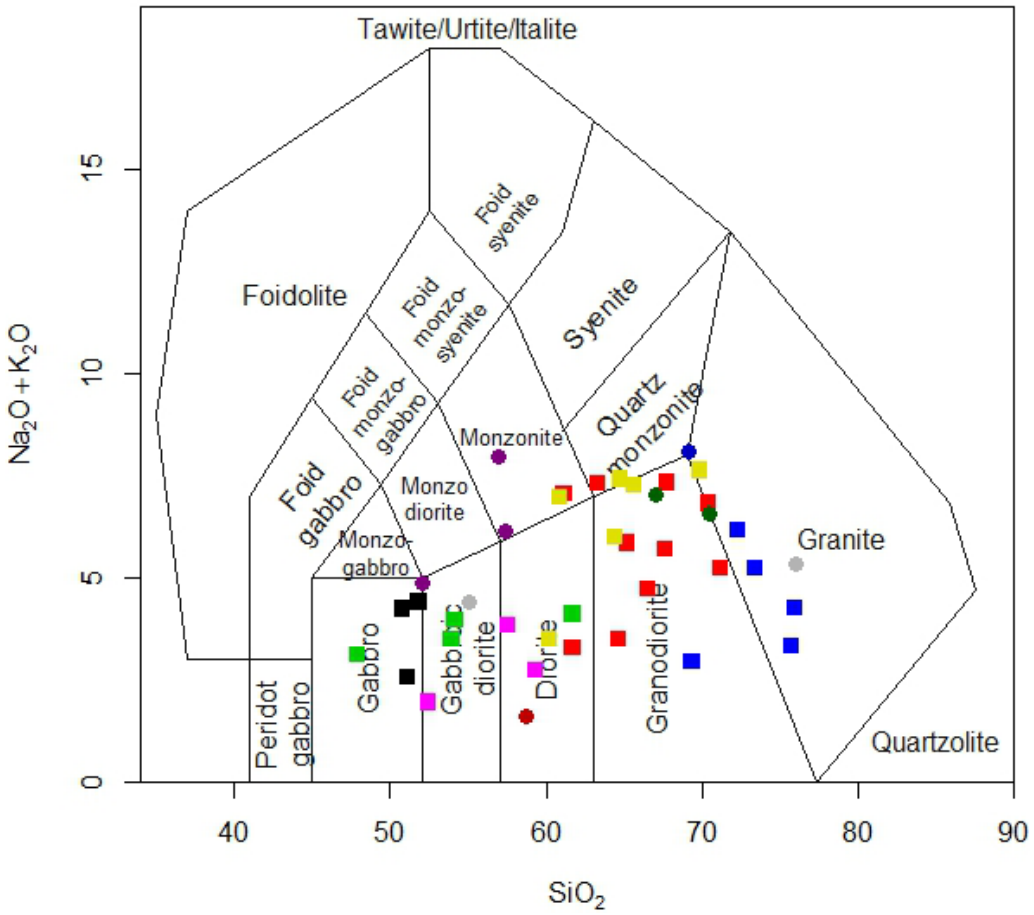


Fig. 68. Diagrama TAS para rocas plutónicas de MIDDLEMOST (1994).

En el caso del diagrama de COX *et al.* (1979), los resultados arrojaron que las muestras se pueden clasificar como "gabro", además este diagrama logra discriminar una afinidad toleítica o subalcalina. El dique analizado de esta región (OCH21) arroja que la composición es intermedia y subalcalina, y no logra dar un nombre exacto al mismo.

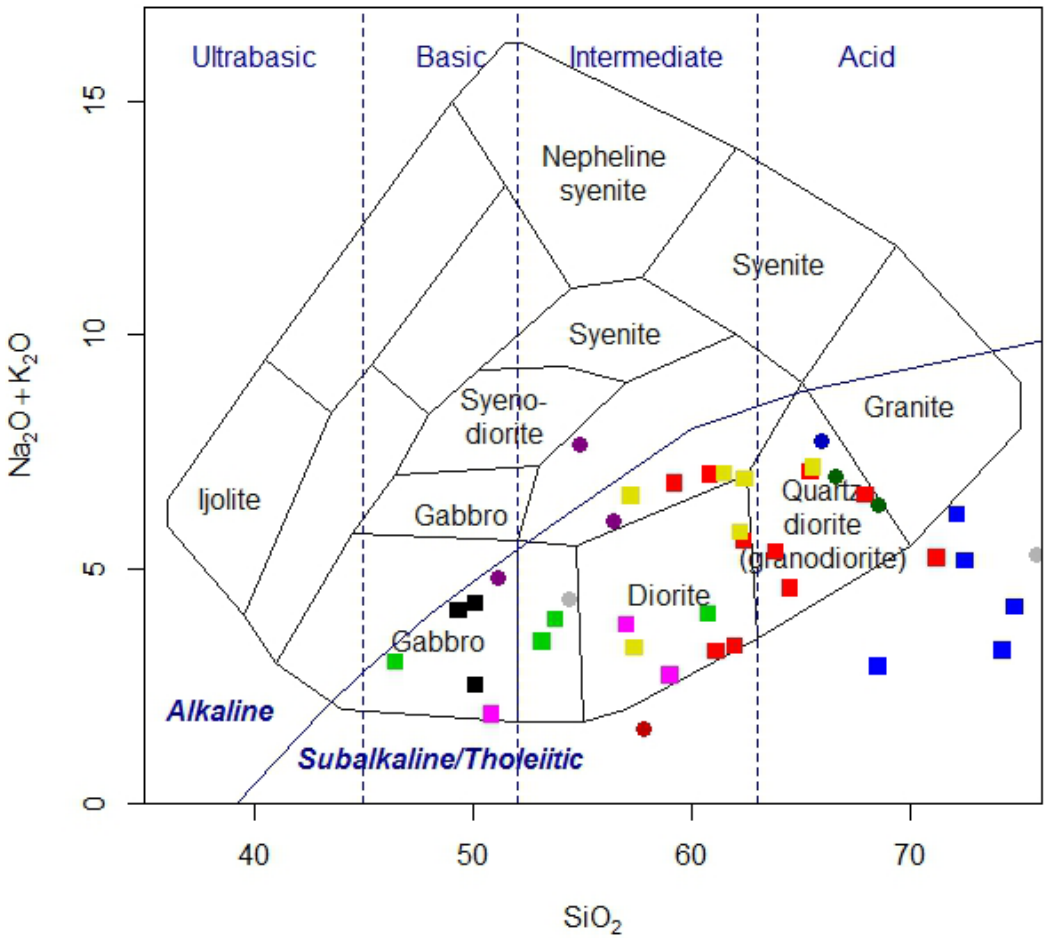


Fig. 69. Diagrama TAS para rocas plutónicas de COX et al. (1979).

Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera: Para esta unidad se analizaron un total de 10 muestras (cuadrados color rojo en los gráficos), cuya clasificación según el diagrama de MIDDLEMOST (1994) arroja la mayoría de muestras en la zona de "granodiorita", la única muestra cuyo comportamiento es de contrastante es la OCH25 que da en el rango de la "diorita", dicha muestra fue tomada en un punto cercano al contacto de falla con la unidad de Esquisto hornbléndico plagioclásico, donde además se aprecian ciertas intercalaciones con la unidad mencionada (ver apéndice A).

El diagrama TAS de COX *et al.* (1979) arroja resultados parecidos, clasificando la mayoría de las muestras como "granodiorita". El restante de las muestras están entre rango de la "diorita" e "indefinidas", cabe destacar que la

composición de las muestras es de ácida a intermedia y se sitúan en la zona de subalcalino o toleítico. La muestra del dique analizado de esta unidad (OCH16B), arroja una clasificación en el área del "granito" y de la "granodiorita" respectivamente.

Esquisto anfibólico plagioclásico del cerro El Chivo: En esta unidad se analizaron 4 muestras (cuadrados color verde en los gráficos), el diagrama de MIDDLEMOST (1994) nos evidencia un protolito clasificado principalmente entre "gabro" y "diorita gabroide", con excepción de la muestra OCH39, la cual se tomó cercana al contacto intrusivo con el gneis tonalítico del cerro El Chivo, y cuyo porcentaje de cuarzo en el análisis petrográfico fue mayor en comparación con las otras muestras analizadas de esta unidad, esta roca se sitúa en el área de la "diorita".

Para el diagrama de COX *et al.* (1979) los resultados son parecidos, situando el protolito entre "gabro" y "diorita", mientras que la composición es subalcalina y está entre básica e intermedia.

Por otra parte, de esta unidad del complejo se analizó una muestra perteneciente a un dique (OCH12A), cuyo resultado fue una composición ácida y toleítica, además de situarse en el rango del granito; otra muestra analizada pertenece a un nivel de esquisto plagioclásico epidótico (OCH30A) que aflora en esta unidad (ver apéndice A), el cual aparece en la zona de "diorita gabroide" y "gabro", y su composición es intermedia y toleítica.

Gneis tonalítico del cerro El Chivo: El diagrama de MIDDLEMOST (1994) refleja una clasificación química en el orden del "granito" en 4 muestras (cuadrados color azul oscuro en los gráficos) y "granodiorita" en 1 muestra, mientras que el diagrama de COX *et al.* (1979) no arrojó una clasificación definida en ninguno de sus grupos litológicos, solo expresa una composición ácida y subalcalina o toleítica.

Metadiabasa del cerro Walker: En esta unidad se analizaron un total de 3 muestras (cuadrados color morado en los gráficos). Los dos diagramas utilizados

sitúan las 3 muestras entre “diorita” y “grabro”, la muestra OCH52A no fue analizada por presentar resultados anómalos, ya que la misma fue tomada en la zona de mezcla en el contacto intrusivo con la unidad de Metatonalita del cerro Walker (ver apéndice A).

Se analizaron un total de 5 diques que cortan esta unidad, los cuales se separaron en dos grandes grupos: metalamprófidos (3) y metandesíticos (2). Por sus características volcánicas se utilizaron los diagramas equivalentes para este tipo de rocas expuestos por los mismos autores (figs. 70 y 71). Los resultados de ambos diagramas coinciden en la ubicación de los diques metalamprófidos entre “andesita basáltica” y “traqui-andesita”, mientras que los diques metandesíticos los ubica en el rango de la “dacita”. En cuanto a composición, 4 de las muestras se encuentran en el rango subalcalino o toleítico, sólo una muestra (OCH03A) se ubica en la zona alcalina.

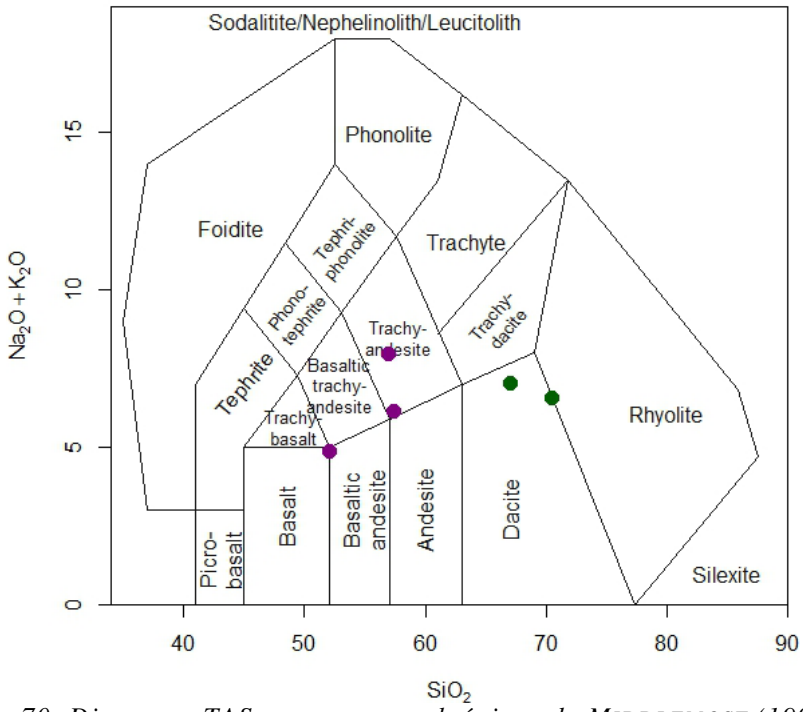


Fig. 70. Diagrama TAS para rocas volcánicas de MIDDLEMOST (1994).

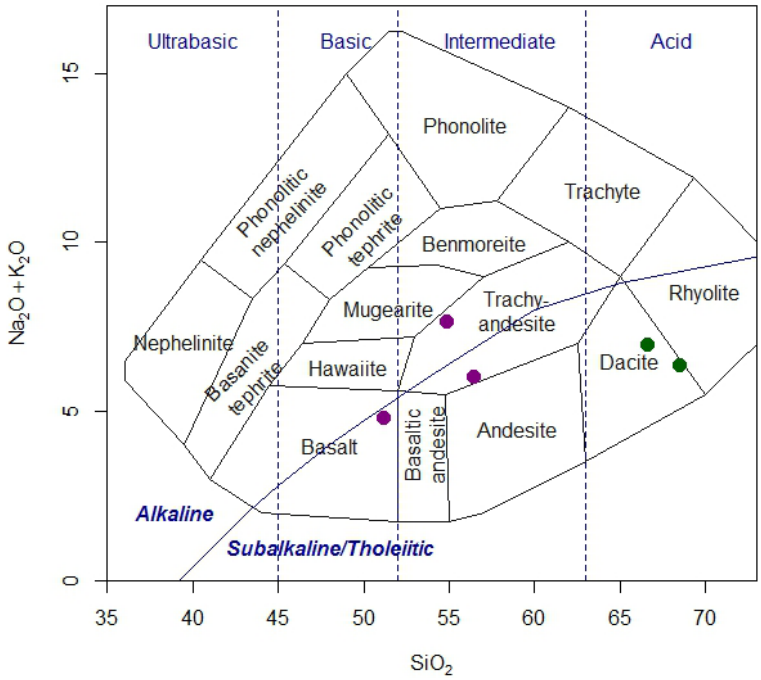


Fig. 71. Diagrama TAS para rocas volcánicas de COX et al. (1979).

Metatonalita del cerro Walker: Se analizaron 6 muestras (cuadrados color amarillo en los gráficos) para esta unidad. Según el diagrama de MIDDLEMOST (1994) la mayoría de ellas se ubican en la zona de la "granodiorita", con ciertas variaciones entre "granito" y "monzonita". En el caso del diagrama de COX *et al.* (1979) la mayor parte de las muestras se clasifican como "granodiorita" y afines, con excepción de la OCH56B que se sitúa en la zona de la "diorita". Esta muestra representa un nivel de la unidad con mayor contenido de minerales máficos (ver apéndice A).

En general se puede resumir que la mayoría de las muestras analizadas se encuentran en el rango de la serie subalcalina- toleítica, por lo cual, en la siguiente sección se verificó la discriminación tectónica para las muestras de protolito máfico y para las muestras de protolito granitoide.

3.3.2 DISCRIMINACIÓN TECTÓNICA PARA UNIDADES DE PROTOLITO MÁFICO:

En base a la composición de los diferentes tipos de protolitos encontrados en el C.I.M. La Orchila, se seleccionaron un total de 17 muestras de composición máfica, para ser graficadas en los siguientes diagramas:

El diagrama AFM de IRVINE & BARAGAR (1971) se basa en la composición de Alkalis (Na_2O + K_2O), óxidos de hierro (FeO + Fe_2O_3) y MgO. Las muestras graficadas utilizando el diagrama expuesto por estos autores se aprecia en la figura 72.

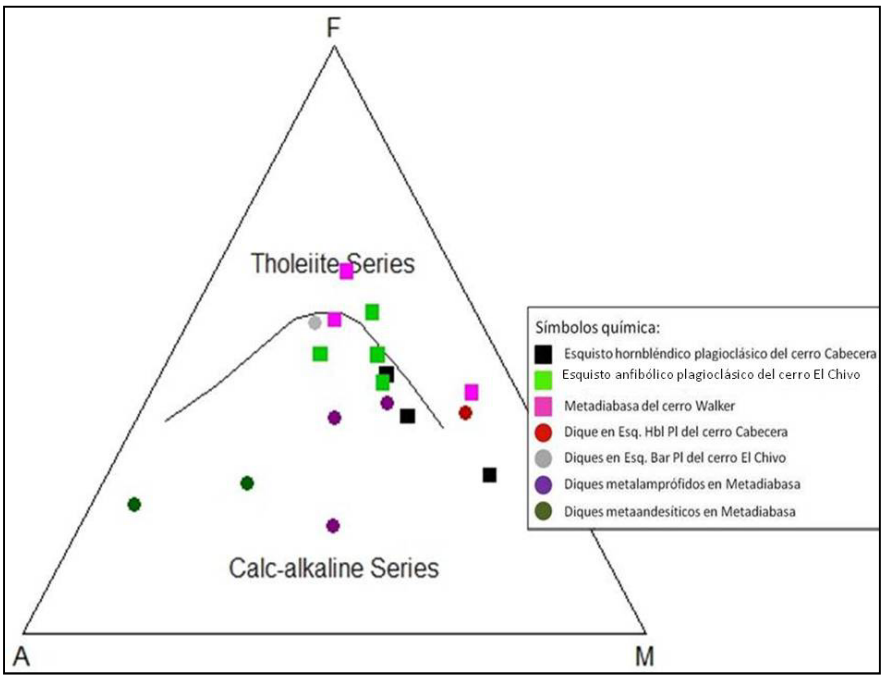


Fig. 72. Diagrama de clasificación AFM de IRVINE & BARAGAR (1971).

Un total de 12 muestras pertenecen a la clasificación de la serie calco-alcalina, mientras que las 5 restantes se encuentran en la zona de la serie toleítica. La serie calco-alcalina definida por los autores se encuentra representada por rocas máficas andesíticas y dacíticas, mientras que la serie toleítica la define por toleítas olivínicas, toleítas cuarcíticas y toleítas andesíticas, entre otros.

El otro diagrama utilizado fue el presentado por MIYASHIRO (1974), cuyos resultados se exponen en la figura 73. Se pueden observar igualmente 5 muestras en

el rango de la serie toleítica de este autor, mientras que el resto pertenece a la clasificación de la serie calco-alcalina.

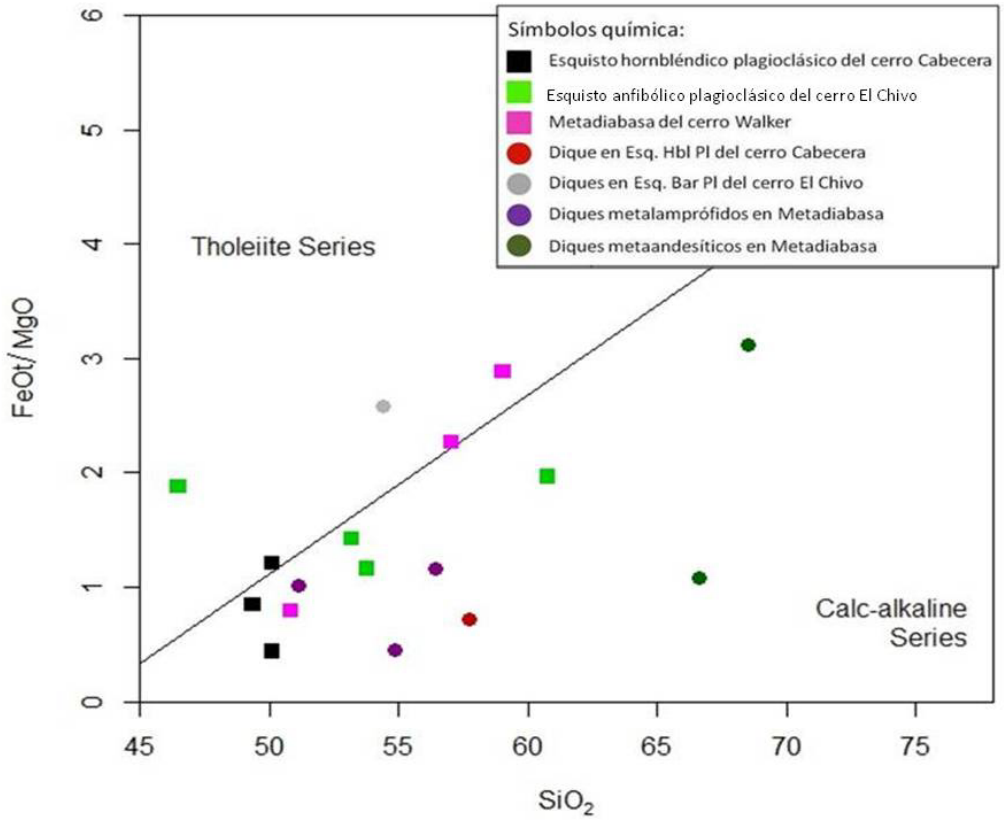


Fig. 73. Diagrama de clasificación de MIYASHIRO (1974).

En ambos gráficos la tendencia indica un mayor porcentaje de rocas ubicadas en la zona de la serie calco-alcalina, lo cual indica que las mismas no provienen claramente de un magma primario, sino de un magma evolucionado cuyo origen podría estar asociado a un ambiente de márgenes convergentes (subducción) y/o de arco de islas.

3.3.3 DISCRIMINACIÓN TECTÓNICA PARA UNIDADES DE PROTOLITO GRANITOIDE:

Para este caso se tomaron 23 muestras cuyo protolito es de origen granitoide y se utilizó el diagrama de discriminación tectónica presentado por MANIAR & PICCOLI (1989). El mismo consta de 6 diagramas binarios en los cuáles básicamente se

discrimina entre “granitoides orogénicos”, “granitoides anorogénicos” y “granitoides post- orogénicos”.

El primer gráfico es SiO_2 versus K_2O (fig. 75), en él se realiza una discriminación entre dos grandes grupos, en este caso da un resultado dividido, lo cual los autores atribuyen a que en general puede haber alteración en el contenido de K_2O de la roca original o que haya ausencia de feldespato alcalino en la misma, muy probable por el metamorfismo que presentan estas rocas. La leyenda de los símbolos asignados a cada unidad granitoide se puede observar en la figura 74.

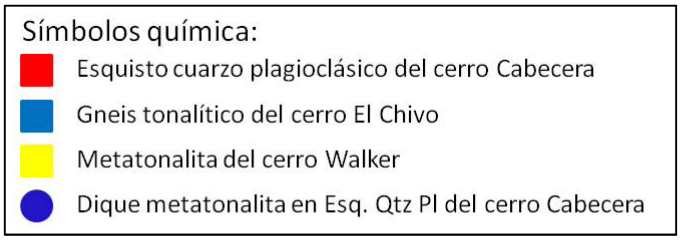


Fig. 74. Símbolos asignados para las unidades granitoides.

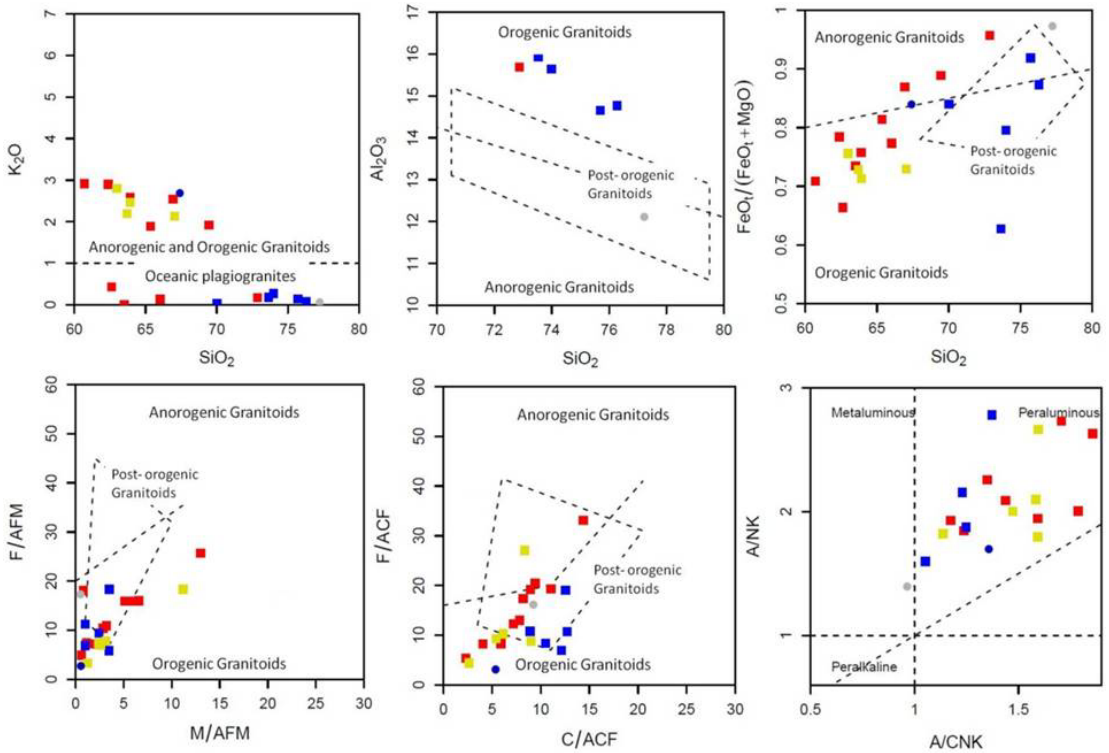


Fig. 75. Diagramas de discriminación tectónica de MANIAR & PICCOLI (1989).

En el segundo diagrama (SiO_2 versus Al_2O_3) se busca separar en tres grupos la roca, sin embargo los autores expresan que dicho gráfico solo es confiable para rocas con porcentaje de SiO_2 mayores a 70%, por esta razón solo se lograron graficar 6 muestras que cumplían con esta consideración y se ubicaron en la zona de los "granitoides orogénicos", en su mayoría pertenecientes a la unidad de gneis tonalítico del cerro El Chivo.

El tercer diagrama se trata de SiO_2 versus FeOt/(FeOt + MgO), el cual es un buen discriminante entre granitoides orogénicos y anorogénicos que tengan contenido de sílice más bajo, en éste caso la mayoría de los puntos caen en el rango de "granitoides orogénicos", y unos pocos, pertenecientes al Gneis tonalítico del cerro El Chivo se encuentran en la zona de "granitoides post- orogénicos".

MANIAR & PICCOLI (1989) exponen un cuarto gráfico basado en el diagrama ternario AFM, donde evidentemente la tendencia de todos los puntos está entre el rango de "granitoides orogénicos" y el de granitoides "post-orogénicos"

El quinto gráfico se basa en (Al_2O_3- Na_2O- K_2O), (FeOt + MgO) y (CaO), un gráfico ternario de porcentaje en peso (AFC) con el cual se logra discriminar que la mayoría de las muestras aparecen entre las áreas de "granitoides orogénicos" y "granitoides post- orogénicos".

Finalmente el sexto diagrama es inspirado en los índices de SHAND (1943), que trabajan con las relaciones molares del Al_2O_3, CaO, Na_2O y K_2O. En este caso todas las muestras analizadas estuvieron en el área de rocas peralumínicas, excepto la muestra OCH12A correspondiente a un dique que se encuentra en la zona de clasificación de las metalalumínicas (ver fig. 75).

Se puede observar que la tendencia mayoritaria de las muestras analizadas se encuentra en el rango de los "granitos orogénicos", y en el caso del Gneis tonalítico del cerro El Chivo en el de los "post-orogénicos", lo cual expresa un posible origen en arco de islas y/o zonas de subducción. Por otra parte la clasificación como granitoide peralumínico de la mayoría de las muestras, permite concluir que estas rocas contienen alto contenido de aluminio.

3.3.4 DIAGRAMAS HARKER:

Los diagramas tipo Harker son muy utilizados en los análisis químicos de elementos mayoritarios, estos se basan en diagramas binarios del óxido de Sílice (SiO_2) versus todos los elementos restantes estudiados (fig. 76).

De los gráficos presentados se pueden extraer los siguientes resultados:

- El óxido de titanio (TiO_2) decrece a medida que aumenta la cantidad de óxido de sílice (SiO_2).
- El óxido de potasio (K_2O) es mayor en las unidades granitoides de los cerros orientales con respecto al resto de las unidades.
- El óxido de sodio (Na_2O) y no muestra gran variabilidad al igual que el de aluminio (Al_2O_3).
- El óxido de magnesio (MgO) decrece a mayor cantidad de SiO_2 y presenta un nivel evidentemente más alto en los cerros centrales.
- El óxido de calcio (CaO) y el hierro total (FeOt) decrecen a medida que aumenta el contenido de sílice.
- Los niveles de óxido de manganeso (MnO) son muy bajos y no muestran una tendencia apreciable.

Cabe destacar el comportamiento observado en los diagramas K2O vs SiO2 y Na2O vs SiO2, expresan una clasificación subalcalina para la mayoría de las muestras evaluadas, además el alto contenido de aluminio presentado en el gráfico Al2O3 vs SiO2, es indicativo que en general la tendencia se ubica en el rango subalcalino-aluminínico.

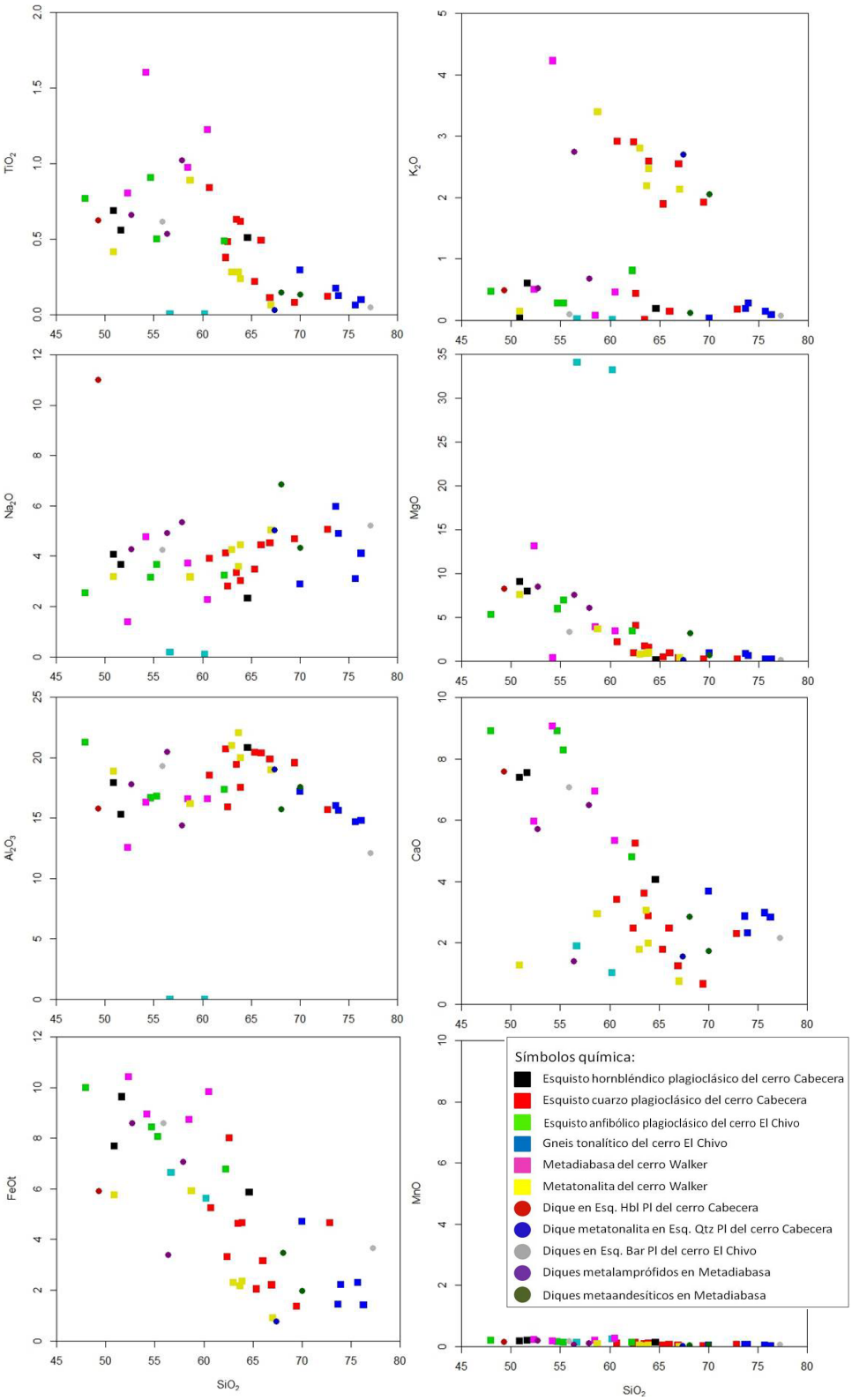


Fig. 76. Diagramas tipo Harker para las muestras analizadas del CIM "La Orchila"

3.4 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

En base a las diversas características de las unidades observadas y descritas en campo, se realizó la caracterización geomecánica de 5 unidades litológicas, para posible uso industrial, tomando en cuenta también las dimensiones de los afloramientos y su cercanía a las vías de acceso, para su posible explotación a futuro como material de agregado grueso, pensando en su utilización para desarrollar proyectos de obras civiles y de vialidad en la isla La Orchila.

Las 5 muestras seleccionadas corresponden a las siguientes unidades:

- Metadiabasa del cerro Walker (OCH03)
- Gneis tonalítico del cerro El Chivo (OCH11)
- Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera (OCH26)
- Peridotita serpentinizada de los cerros centrales (OCH29)
- Metatonalita del cerro Walker (OCH56)

Los resultados de los ensayos realizados en conjunto con el uso de las normas COVENIN 277-2000 y ASTM C33, sirvieron para dar una discriminación sobre el uso industrial de la roca como agregado grueso, en la elaboración de los siguientes materiales y obras civiles: concreto, asfalto, base, sub-base, escolleras, muelles, y balastro.

En base a las normas mencionadas se realizó en la tabla N° 15 un resumen de los parámetros porcentuales permitidos para la utilización del material de agregado grueso en diversos empleos, además se le agregaron criterios del porcentaje de micas y del valor de la resistencia a la compresión en cubos de roca:

Tabla N° 15. Parámetros porcentuales para la utilidad del material:

Utilidad	% Desgaste óptimo	% Desgaste restringido	% Desgaste inaceptable	% Micas óptimo	% Micas restringido	% Micas inaceptable	Res. Compresión kgf/cm^2
Concreto	< 35	35 a 40	> 40	< 3	3 a 5	> 5	NA
Asfalto	< 40	40 a 45	> 45	< 10	10 a 15	> 15	NA
Base y sub-base	< 45	45 a 55	> 55	< 15	15 a 20	> 20	NA
Escolleras, muelles	< 40	40 a 45	> 45	NA	NA	NA	> 400
Balastro	< 20	20 a 25	> 25	NA	NA	NA	> 600

A continuación se presenta la tabla N° 16 con los resultados generales de los ensayos efectuados a las unidades seleccionadas (los resultados detallados de cada ensayo se muestran en el apéndice C):

Tabla N° 16. Resultados generales de los ensayos:

Muestra	Unidad	% Desgaste	% Absorción	Res. Compresión kgf/cm^2	% Micas Unidad
OCH03	Metadiabasa C. Walker	38,6	0,734	400,04	12
OCH11	Gneis tonalítico C. El Chivo	43,73	0,875	646,38	4
OCH26	Esq. Qtz- Pl C. Cabecera	35,8	0,752	553,29	14
OCH29	Peridotita C. Centrales	38,6	3,448	465,10	0
OCH56	Metatonalita C. Walker	45,26	1,267	435,71	21

Con éstos resultados porcentuales de desgaste los ángeles, se realizaron una serie de gráficos para evaluar cuáles de las muestras se encuentran en el rango permitido para la utilización como agregado grueso (fig. 77).

Se puede observar que en el caso del uso del material para la elaboración de concreto, ni el gnéis tonalítico ni la metatonalita cumplen con los parámetros mínimos requeridos para su utilización, mientras que las otras tres rocas restantes se encuentran en el rango de uso restringido de la misma, pero el porcentaje de micas del esquisto cuarzo plagioclásico y de la metadiabasa no hacen posible su utilización. Por ende la única unidad que cumple con el parámetro es la peridotita, aunque la misma muestra un alto porcentaje de absorción, es decir, que la roca presenta un alto porcentaje de meteorización, por lo que es recomendable explotar la roca más fresca que sea posible de esa unidad.

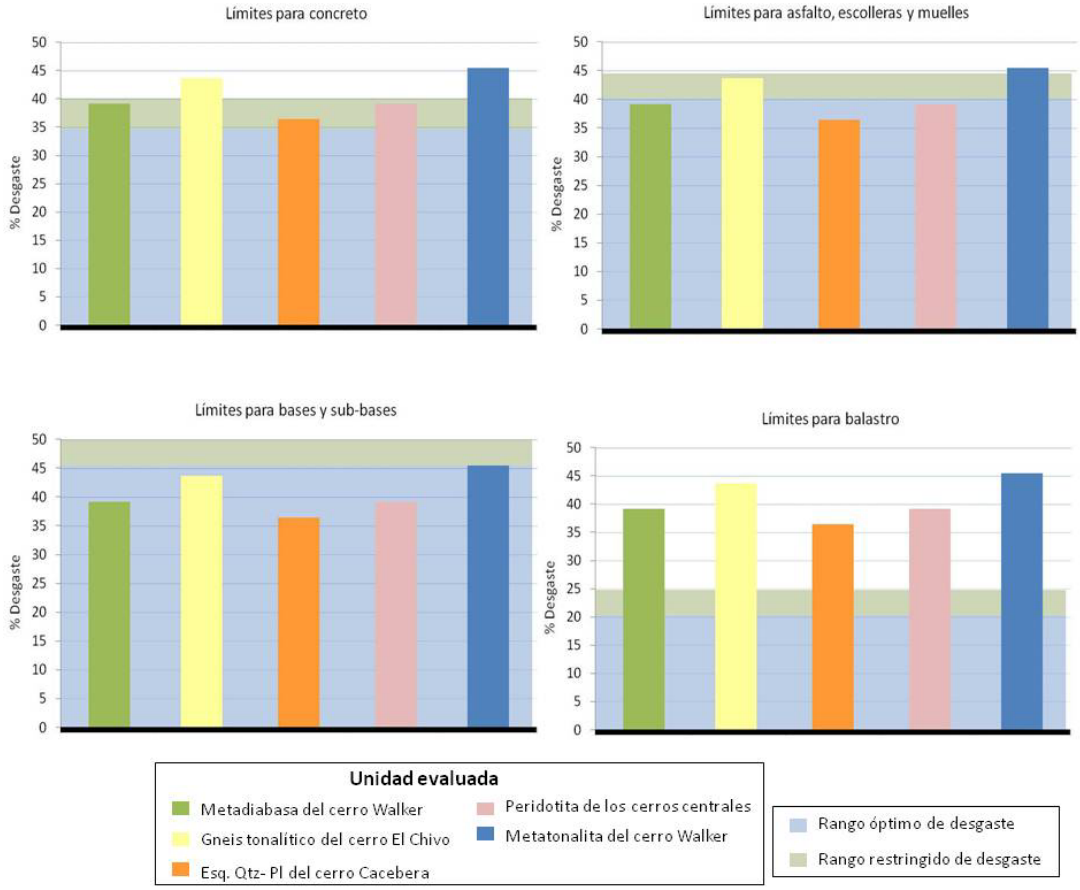


Fig. 77. Gráficos de límites establecidos por porcentaje de desgaste los ángeles para los diversos usos posibles de las unidades de roca.

En el caso del asfalto, escolleras y muelles, la única unidad que no cumple con el porcentaje de desgaste es la metatonalita, todas las demás están en el rango óptimo de uso y el gneis tonalítico en el rango restringido. En cuanto a los porcentajes de micas la metadiabasa y el esquisto cuarzo plagioclásico se encuentran en la zona de uso restringido, mientras que el gneis tonalítico y la peridotita están en la zona óptima para su uso. La peridotita apunta como la mejor opción para este tipo de uso, aunque es la roca con mayor absorción, mientras que todas las otras muestras analizadas tienen un nivel de meteorización bastante bajo.

Para el uso como bases y sub-bases todas las rocas presentan resultados óptimos en sus porcentajes de desgaste Los Ángeles, y de micas, siendo la metatonalita la única unidad que no cumple con éste último parámetro. En cuanto a la

resistencia a la compresión en cubos de roca todas se encuentran por encima de los 400 kgf/cm^2, por lo que se demuestra que éste parámetro también está en el rango permitido.

Finalmente en la fig. 73 se observa como ninguna de las muestras evaluadas cumple con los parámetros para ser utilizadas como balastro.

Se puede concluir que la peridotita serpentinizada de los cerros centrales es la unidad que muestra los mejores parámetros para ser utilizada industrialmente, no obstante el alto índice de absorción mostrado es indicativo del alto porcentaje de meteorización que presenta la roca en superficie, por lo cual se tendría que ser selectivo en el sentido de buscar la roca lo más fresca posible, para así garantizar una mejor explotación y mayor aprovechamiento del material.

4. INTERPRETACIONES Y DISCUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se exponen los siguientes análisis e interpretaciones para cada unidad definida, con el fin de dar una síntesis de los aportes de esta investigación.

4.1 LEVANTAMIENTO DE CAMPO, ANÁLISIS PETROGRÁFICO, Y DEFINICIÓN DE UNIDADES

El levantamiento geológico de superficie permitió definir un total de 8 unidades y 1 subunidad, con características diferenciables y cartografiables, todas de tipo metamórfico, y con diversas facies de metamorfismo interpretadas gracias al análisis petrográfico. Por otra parte también se logró afinar la cartografía de las unidades cuaternarias descritas previamente por SCHUBERT & VALASTRO *(*1976).

Esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera: La unidad presenta textura esquistosa y en escasos sectores textura gnéisica, es dominante el color verde a lo largo de toda la zona aflorante. La mineralogía se compone de:

Esquisto hornbléndico plagioclásico: hornblenda + plagioclasa + cuarzo + epidoto ± biotita + muscovita ± granate ± actinolita ± clorita.

La roca presenta en general un alto contenido de hornblenda y plagioclasa (ver apéndice A y B), que por lo observado en la petrografía la hornblenda es metamórfica. La composición mineral encontrada apunta a un metamorfismo en la facies anfibolita almandínica por la asociación de granate + hornblenda.

La unidad se encuentra cortada por diques de metagabro, con orientación de los cristales paralelos a la foliación de la roca caja, lo cual indica que las intrusiones fueron previas al metamorfismo. El contacto con la unidad de esquisto cuarzo

plagioclásico del cerro Cabecera es de falla, dicha unidad también se encuentra en la misma facies metamórfica y los planos de foliación son paralelos, por lo que se presume que la estructura es previa o contemporánea al metamorfismo.

Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera: En esta roca se observa una textura esquistosa en la mayor parte de la unidad, con excepción del afloramiento perteneciente al cerro Angola, donde presenta una textura un poco más gruesa que puede llegar a ser gnéisica. La mineralogía se compone de:

Esquisto cuarzo plagioclásico micáceo: cuarzo + plagioclasa + muscovita + biotita + epidoto ± hornblenda ± granate ± clorita ± microclino ± calcita.

Esta unidad está constituida principalmente por cuarzo, plagioclasa y mica, por lo que la clasificación de su protolito según STRECKEISEN (1976) la ubica entre una tonalita biotítica o un granitoide rico en cuarzo biotítico. El metamorfismo está asociado a la facies anfibolita almandínica con la asociación de granate + hornblenda.

En la zona oeste, la unidad se encuentra cortada por diques de meta microtonalita (ver apéndice A y B) previos al metamorfismo, ya que presentan orientaciones paralelas a los planos de foliación. En el sector sureste del cerro Cabecera se aprecia una intercalación con un nivel máfico, el cual se presume sea uno de los diques que cortan la unidad de esquisto hornbléndico plagioclásico al norte del cerro, por lo que en tal caso la intrusión de dichos diques sería posterior al fallamiento que puso en contacto ambas unidades.

Esquisto cuarzo granatífero cianítico del cerro El Chivo: De esta unidad se encontró un bloque suelto con cristales de granate y de cianita centimétricos, La mineralogía se compone de:

Esquisto cuarzo micáceo granatífero cianítico: cuarzo + muscovita + granate + cianita + plagioclasa + biotita + epidoto

El análisis petrográfico apunta a que el protolito de esta unidad es de carácter sedimentario, y además con alto porcentaje de aluminio en su composición. La roca está asociada a la facies anfibolita con asociación de cianita + granate + biotita. El relativo alto grado metamórfico que presenta esta unidad es indicio para tener la hipótesis de que esta roca se trata de la más antigua que aflora de todo el C.I.M. La Orchila.

Esquisto anfibólico plagioclásico del cerro El Chivo: se compone de rocas esquistosas de color verde oscuro a verde azulado, con escasas foliaciones gnéisicas en la zona norte de la pequeña elevación. La mineralogía se compone de:
Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico: anfíbol verde azul + plagioclasa + cuarzo + epidoto $\pm$ hornblenda $\pm$ granate $\pm$ actinolita $\pm$ muscovita $\pm$ clorita.

Esta unidad de origen ígneo es intrusiva en el esquisto cuarzo granatífero cianítico y está formada mayormente por cristales de anfíbol verde azulado y plagioclasa. Por esto, el metamorfismo podría haber alcanzado la facies anfibolita almandínica, debido a la asociación de anfíbol + granate. Los escasos relictos de hornblenda observados, apuntan a una clasificación según STRECKEISEN (1976) en el campo del gabro hornbléndico, sin embargo, por tener textura esquistosa y tener grano fino, debió también tratarse de una diabasa o basalto.

Los diques que cortan la unidad son en general metatonalitas y algunos lentes de metagabro, todos previos al metamorfismo ya que los mismos presentan orientaciones mineralógicas paralelas a los planos de foliación de la roca caja (ver apéndice A). En la zona suroeste de la unidad aflora un cuerpo de esquisto plagioclásico clorítico que debió tratarse de alguna intrusión de diabasa previa a la etapa del metamorfismo, aunque petrográficamente en el no se encontraron vestigios de anfíbol verde azul.

Gneis tonalítico del cerro El Chivo: Se trata de un cuerpo félsico con aspecto gnéisico que atraviesa de noroeste al sureste el cerro El Chivo. La mineralogía se compone de:

Gnéis cuarzo plagioclásico epidótico (tonalítico): cuarzo + plagioclasa + epidoto ± granate ± hornblenda ± muscovita ± clorita ± barroisita.

Esta unidad es intrusiva en el esquisto barroisítico plagioclásico y presenta en su contenido mineralógico cristales del anfíbol verde azul. Esta condición más la coincidencia de los planos de foliación entre ambas unidades son indicativos para inferir que la intrusión fue previa al metamorfismo, la asociación mineral la ubica en la facies de anfibolita almandínica. Según la clasificación de STRECKEISEN (1976) el protolito fue una tonalita.

Peridotita serpentinizada de los cerros centrales: esta unidad es la de mayor extensión aflorante, y se ubica en el sector central de la isla, es una roca ultramáfica, muy oscura y altamente meteorizada. La mineralogía se compone de:

Peridotita serpentinizada: serpentina + ortopiroxeno + olivino + clinopiroxeno + ópalo.

Esta unidad es de composición ultramáfica, y según la clasificación de STRECKEISEN (1976) se ubica en el rango entre lherzolita o harzburgita, en general una peridotita. Probablemente fue afectado por metamorfismo hidrotermal de piso oceánico, de bajo grado. Las muestras analizadas presentan más del 50% de su contenido como una matriz de serpentinización (antigorita), además de alrededor de un 2 % de ópalo (sílice reactivo) en su composición, en general los minerales originales del protolito se encuentran muy alterados.

Metadiabasa del cerro Walker: La unidad consiste en una roca máfica color verde oscuro, en ciertas zonas afanítica, la cual se encuentra cortada por varios patrones de diques de carácter intermedio a máfico. La mineralogía se compone de:

Metadiabasa: plagioclasa ± actinolita + epidoto + clorita + cuarzo + biotita ± barroisita.

La metadiabasa es la litología predominante y presenta la textura blastofítica característica. En el sector oriental de la unidad se observaron lavas basálticas con estructura almohadillada, por lo que es evidente su afinidad con una secuencia de piso oceánico ó con un arco primitivo toleítico submarino. El metamorfismo está en la facies de esquisto verde (zona de la clorita) con la asociación de clorita + epidoto + actinolita. Los diques analizados de esta unidad presentan la siguiente mineralogía:

Metalamprofido (kersantita) (dique): cuarzo + plagioclasa + sericita + biotita + clorita + epidoto + actinolita

Metalamprofido (spessartita) (dique): plagioclasa + actinolita + hornblenda + epidoto + cuarzo + clorita

Metalamprofido (spessartita) (dique): plagioclasa + biotita + actinolita + hornblenda + cuarzo + muscovita + sericita.

Metandesita porfídica (dique): cuarzo + plagioclasa + epidoto + sericita + biotita + muscovita + actinolita + clorita

Metandesita porfídica (dique): plagioclasa + cuarzo + actinolita + hornblenda + clorita + epidoto

A partir de sus características, se puede inferir que todos los diques son previos al metamorfismo, ya que presentan en su mineralogía también la asociación de clorita + epidoto + actinolita. Se observa que existen varias generaciones de diques (al menos tres) ya que algunos se cortan entre sí (ver apéndice A), en general los lamprófidos de tipo spessartita cortan algunos de los cuerpos de metandesita con orientaciones completamente diferentes. Todos estos a su vez son cortados por vetas de cuarzo centimétricas.

Metatonalita del cerro Walker: En general consiste en un cuerpo granitoide de grano grueso que aflora en el extremo oeste del cerro Walker. La mineralogía se compone de:

Metatonalita: plagioclasa + cuarzo + sericita + muscovita + epidoto $\pm$ biotita $\pm$ actinolita

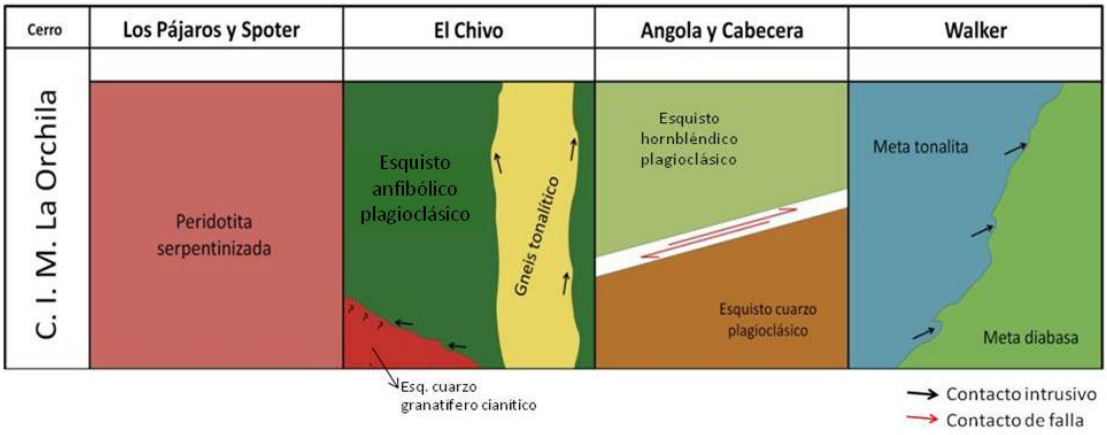
Esta unidad es intrusiva en la metadiabasa del cerro Walker, y por la clasificación de STRECKEISEN (1976) se encuentra en el rango de la tonalita. Las muestras analizadas presentan textura cataclástica, por lo que se podrían asociar a una zona de falla que es probable que haya ocurrido posterior a la intrusión, ya que en el contacto con la unidad de metadiabasa también se encontró evidencia de cizallamiento, sin embargo se refuerza el carácter intrusivo por la presencia de xenolitos máficos en las cercanías al contacto.

Por otra parte hacia el sector oeste de la unidad la textura se torna foliada, por lo que se realizó la división en una subunidad de esta misma roca pero con textura milonítica. La intrusión en la metadiabasa fue previa al metamorfismo, ya que también está asociado a la facies esquisto verde (zona de la clorita), con asociación de actinolita + epidoto + clorita. En el micro dique observado el contenido mineralógico no da un indicio claro si los diques fueron o no previos al metamorfismo.

Metatonalita con textura milonítica del cerro Walker (subunidad): De esta subunidad de la metatonalita del cerro la descripción de muestra de mano (ver apéndice A) muestra un contenido mineralógico igual al de la unidad. ROBERTSON (1999), establece que la variedad de roca que está asociada a fallas, empujes y zonas de cizalla, se puede clasificar como *milonita a ultramilonita*, ya que el porcentaje de porfiroclástos en la subunidad, va en un rango de 10-50% en la mayoría de la roca, y en pocas zonas presenta un porcentaje <10%.

En la tabla N° 17 se representa una relación estratigráfica propuesta del Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila, mientras que en las tablas N° 18 y N° 19 se encuentra una síntesis de las unidades y de los diques descritos respectivamente.

Tabla N° 17. "Estratigrafía propuesta" de las unidades definidas y cartografiadas en este trabajo, que estarían incluidas dentro de la unidad considerada como Informal del Complejo Ígneo-Metamorfico de La Orchila.



Cabe destacar que las unidades que afloran en el sector oriental de la isla son las que presentan el mayor grado metamórfico y de deformación del Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila, comenzando con el esquisto cuarzo granatífero cianítico (que posee el grado más alto) el cual es posiblemente la unidad más antigua de la isla, que posteriormente fue intrusionada por el esquisto barroisítico que presenta el segundo grado más alto de metamorfismo. URBANI (2012) presenta una edad de 271,1 ± 9,6 Ma para una muestra correspondiente al Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera, con base a 19 cristales de circón por U/Pb analizados por LA-ICP-MS en la Univ. de Arizona.

La peridotita serpentinizada de los cerros centrales son sin duda fragmentos de litósfera oceánica, provenientes del manto que se encuentra por debajo de la corteza oceánica.

La Metadiabasa del Cerro Walker se interpreta como parte del arco de islas de Aves, que por sus características petrográficas y de campo luce correlativo con la Formación de Lava de Aruba (WRIGHT & WILD 2011). Posteriormente la metadiabasa fue intrusionada por el cuerpo tonalítico que aflora en el sector más occidental de la

isla, y es quizás la unidad más joven del Complejo. La Metatonalita del Cerro Walker por las mismas razones se interpreta como correlativa con el batolito de Aruba.

Tabla N° 18. Síntesis de los protolitos y facies metamórficas de las unidades descritas.

Unidad	Mineralogía	Protolito	Facies Metamórfica
Esquisto hornbléndico plagioclásico del Cerro Cabecera	Anfíbol (hornblenda y actinolita), plagioclasa, cuarzo, epidoto, muscovita, biotita, clorita, granate y minerales accesorios (titanita, rutilo, apatito y hematita)	Gabro o diabasa	Anfibolita almandínica Grt + Amp
Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera	Cuarzo, plagioclasa, muscovita, biotita, epidoto, anfíbol (hornblenda), granate, microclino, clorita, calcita y minerales accesorios (titanita, apatito, hematita y circón)	Tonalita biotítica o un granitoide rico en cuarzo biotítico	Anfibolita almandínica Grt + Amp
Esquisto cuarzo granatífero cianítico del cerro El Chivo	Cuarzo, plagioclasa, muscovita, sericita, biotita, epidoto, granate, cianita y minerales accesorios (apatito, rutilo, titanita y leucoxeno)	Roca sedimentaria (grawuaca) con alto contenido de aluminio	Anfibolita almandínica Ky + Grt + Bt
Esquisto anfibólico del cerro El Chivo	Anfíbol (verde azul, hornblenda y actinolita), plagioclasa, cuarzo, muscovita, epidoto, granate, clorita y minerales accesorios (titanita, apatito, rutilo, pirita, magnesita, hematita y circón)	Gabro o diabasa	Anfibolita almandínica Amp + Grt
Gneis tonalítico del cerro El Chivo	Cuarzo, plagioclasa, muscovita, epidoto, granate, anfíbol, clorita, sericita y minerales accesorios (titanita, apatito, magnetita y hematita)	Tonalita	Anfibolita almandínica Amp + Grt
Peridotita serpentinizada de los cerros centrales	Serpentina (antigorita y crisotilo), olivino, clinopiroxeno (augita), ortopiroxeno (enstatita), ópalo y minerales accesorios (espinela, hematita y magnetita)	Peridotita (lherzolita o harzburgita)	Hidrotermal
Metadiabasa del cerro Walker	Plagioclasa, anfíbol, epidoto, cuarzo, clorita, biotita, sericita y minerales accesorios (titanita, apatito, magnetita, hematita y limonita)	Diabasa	Esquisto verde (zona de la clorita) Chl + Ep + Act
Metatonalita del cerro Walker	Cuarzo, plagioclasa, muscovita, sericita, biotita, epidoto, anfíbol, clorita y minerales accesorios (titanita, apatito, pirita, limonita y hematita)	Tonalita	Esquisto verde (zona de la clorita) Chl + Ep + Act

Tabla N° 19. Síntesis de las facies metamórficas de los diques descritos.

Unidad intrusionada	Litología	Mineralogía	Facies Metamórfica
Esquisto hornbléndico plagioclásico del Cerro Cabecera	Metagabro	hornblenda + plagioclasa + cuarzo + epidoto ± muscovita	Anfibolita almandínica Grt + Amp
Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera	Meta microtonalita	plagioclasa + cuarzo + muscovita ± epidoto + microclino	Anfibolita almandínica Grt + Amp
Esquisto anfibólico del cerro El Chivo	Metatonalita	cuarzo + plagioclasa + epidoto + muscovita	Anfibolita almandínica Amp + Grt
Esquisto anfibólico del cerro El Chivo	Esquisto diabásico	plagioclasa + epidoto + clorita + actinolita ± cuarzo.	Anfibolita almandínica Amp + Grt
Metadiabasa del cerro Walker	Metalamprófido (kersantita)	cuarzo ± plagioclasa + muscovita + biotita ± clorita + epidoto + actinolita	Esquisto verde (zona de la clorita) Chl + Ep + Act
Metadiabasa del cerro Walker	Metaandesita (porfídica)	cuarzo + plagioclasa + epidoto ± sericita + biotita ± muscovita + actinolita ± clorita	Esquisto verde (zona de la clorita) Chl + Ep + Act
Metadiabasa del cerro Walker	Metalamprófido (spessartita)	plagioclasa + actinolita ± hornblenda ± epidoto + cuarzo ± clorita	Esquisto verde (zona de la clorita) Chl + Ep + Act
Metadiabasa del cerro Walker	Metaandesita (porfídica)	plagioclasa + cuarzo + actinolita + hornblenda + clorita ± epidoto	Esquisto verde (zona de la clorita) Chl + Ep + Act
Metadiabasa del cerro Walker	Metalamprófido (spessartita)	plagioclasa + biotita + actinolita + hornblenda + cuarzo ± muscovita + sericita	Esquisto verde (zona de la clorita) Chl + Ep + Act

Unidades cuaternarias (Formación La Orchila y otras unidades de sedimentos no litificados): El rasgo más extenso en la isla La Orchila es una terraza calcárea, de 1-3 m de elevación, la cual cubre toda la isla y rodea discordantemente los cerros del basamento. Esta terraza forma una superficie casi plana sobre la cual se encuentran muchos depósitos sedimentarios recientes como dunas estabilizadas e inactivas, salinas y ciénagas salinas, ciénagas de manglares en crecimiento y en proceso de desecación, depósitos de tormenta en playas y arena y limo aluvial (SHUBERT & VALASTRO, 1976).

Las calizas de la Formación La Orchila se desarrollaron como arrecifes frangeantes durante el interglacial Sangamon en torno al basamento ígneo-metamórfico de la isla de La Orchila. Su posición actual entre 1,5 y 3 m sobre el nivel

del mar, indica el carácter subsidente que predomina en la isla La Orchila, ya que durante el interglacial Sangamon el nivel del mar se situó a 6 m sobre el nivel actual.

Igualmente, es importante destacar, que según MÉNDEZ (1996) no se encuentran en la isla La Orchila, otras terrazas calcáreas anteriores al Sangamon, como se encuentran en la isla La Blanquilla. Cualquier terraza calcárea anterior al Sangamon en un área donde esté ocurriendo un levantamiento de carácter tectónico, tiene que estar por encima, fisiográficamente, de las terrazas originadas durante el interglacial Sangamon. Esta subsidencia predominante en la isla La Orchila, es similar en Los Roques, Las Aves (Aves de Barlovento y Aves de Sotavento), e isla de Aves (MÉNDEZ, 1996).

4.2 ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis químico de elementos mayoritarios se realizó con varios objetivos, uno de ellos es determinar la clasificación química a las unidades de protolito ígneo, a modo de comparar con los resultados de la clasificación petrográfica, esto se puede observar en la tabla N° 20.

Tabla N° 20. Comparación entre clasificaciones petrográficas y por análisis químico. *Diques que intrusionan la unidad.

Unidad	Clasificación petrográfica	Clasificación por análisis químico y su posible equivalencia volcánica o hipoabisal
Esq. Hbl- Pl C. Cabecera	Esquisto hornbléndico plagioclásico	Gabro →diabasa-basalto
	Dique de metagabro*	Gabro
Esq. Qtz-Pl C. Cabecera	Esquisto cuarzo plagioclásico micáceo	Granodiorita →dacita
	Dique de aplita (meta microtonalita)*	Granito
Esq. Amp- Pl C. El Chivo	Esquisto barroisítico plagioclásico cuarzo epidótico	Gabro→diabasa-basalto
	Dique de metatonalita*	Granito
	Cuerpo de esq pl epidótico clorítico*	Diorita gabroide
Gneis Tonalitico C. El Chivo	Gneis cuarzo plagioclásico epidótico (tonalítico)	Granito
Meta diabasa C. Walker	Metadiabasa	Diorita
	Dique Metalamprofido (kersantita)*	Andesita traquítica
	Dique Meta-andesita porfídica*	Dacita
	Dique Metalamprofido (spessartita)*	Andesita traquítica
	Dique Metalamprofido (spessartita)*	Basalto andesítico
	Dique Meta-andesita porfídica*	Dacita
Meta tonalita C. Walker	Metatonalita	Granodiorita

Se puede apreciar que existe una buena correspondencia entre ambas clasificaciones, además de coincidir el carácter máfico, intermedio y félsico de las descripciones petrográficas con el carácter básico, intermedio y ácido de las clasificaciones químicas.

En el caso de los diques, cabe resaltar que la clasificación química para los metalamprófidos no está definida, por lo que al analizarlas con los diagramas utilizados en este trabajo (MIDDLEMOST, 1994 y COX *et al.*, 1979) los resultados no dan una identificación clara para este tipo de rocas.

Otro objetivo del análisis fue el de determinar ambientes tectónicos para la interpretación petrogenética, en tal sentido se determinó que las rocas del C. I. M. La Orchila se encuentran en el rango de la serie subalcalina-toleítica, por lo cual, se separaron las de carácter máfico de las de características granitoides, a fin de emplear los diagramas establecidos para cada grupo para dar una clasificación más detallada.

En el caso de las rocas de protolito máfico la tendencia es un mayor porcentaje ubicadas en la zona de la serie calco-alcalina, lo cual indica que las mismas provienen de un magma evolucionado cuyo origen podría estar asociado a un ambiente de subducción tipo de arco de islas.

Las rocas granitoides presentaron una tendencia mayoritaria en el rango de los "granitos orogénicos" y el Gneis tonalítico del cerro El Chivo "post-orogénico", además, se clasifican como granitoides peralumínicos lo que indica una normativa alumínica en exceso. Estos plutones probablemente se formaron en un arco de islas maduro (AIM).

En la tabla N° 21 se encuentra una síntesis de las clasificaciones para la afinidad magmática por cada unidad.

Tabla N° 21. Síntesis de la afinidad tectónica y ambiente tectónico asociado al C. I. M. La Orchila.

Terreno asociado	Unidad	Naturaleza del protolito	Serie magmática	Ambiente tectónico asociado
Unidades de los cerros del Este	Esq. Hbl- Pl C. Cabecera	Máfico	Calco-alcalina	Arco de islas maduro
	Esq. Amp- Pl C. El Chivo			
	Esq. Qtz-Pl C. Cabecera	Granitoide	Sub-alcalina (Esq qtz.Pl granitoide orogénico y peralumínico)	Arco de islas maduro
	Gneis Tonalitico C. El Chivo			
Unidades del cerro Walker	Meta diabasa C. Walker	Máfico	Calco-alcalina	Arco de islas
	Meta tonalita C. Walker	Granitoide	Sub-alcalina Gneis tonalítico de C. El Chivo. Postorogénico	Arco de islas

En base a lo descrito anteriormente se puede sintetizar que la afinidad magmática del C.I.M. La Orchila es de tipo calco-alcalina en general, con un alto índice en la normativa de aluminio.

Se puede sintetizar con lo interpretado en el levantamiento de campo, el análisis petrográfico y el análisis químico que el Complejo Ígneo Metamorfico La Orchila está compuesto por 3 terrenos:

Unidades de los cerros del este: probablemente de corteza continental de ambientes orogénicos y uno post-orogénico (una etapa intrusiva en los anteriores). Quizás todos de la sutura pérmica para generar Pangea. Este bloque puede haberse formado en regiones cercanas a la actual Colombia o Ecuador.

Ultramáficas de los cerros centrales: un pedazo del manto, probablemente proto-Caribe, como hay muchos también en la Cordillera de la Costa.

Unidades del cerro Walker: formadas en un ambiente de arco de islas, probablemente provenientes del arco de Aves, al igual que las islas ABC.

Todas apiladas por las napas del neógeno, en tectónica transpresiva.

4.3 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

La caracterización geomecánica cumplió con el objetivo de determinar el posible uso industrial de las rocas que afloran en la isla la Orchila, a fin de ser utilizadas como material de construcción en futuros proyectos de obras civiles que se deseen desarrollar en la misma. En la tabla N° 22 se muestra una síntesis de los posibles usos de las unidades analizadas.

Tabla N° 22. Se muestra una síntesis de los posibles usos de las unidades analizadas.

Unidad	Posibles usos
Peridotita serpentinizada C. Centrales	Bases y sub-bases (restringido), Asfalto, escolleras y muelles (restringido), Concreto (restringido)
Gneis Tonalitico C. El Chivo	Bases y sub-bases (óptimo), Asfalto, escolleras y muelles (óptimo)
Meta diabasa C. Walker	Bases y sub-bases (óptimo), Asfalto, escolleras y muelles (restringido)
Esq. Qtz-Pl C. Cabecera	Bases y sub-bases (óptimo), Asfalto, escolleras y muelles (restringido)
Meta tonalita C. Walker	Ninguno

La Peridotita serpentinizada de los cerros centrales es la unidad que muestra los mejores parámetros para ser empleada industrialmente como agregado grueso en la mayor diversidad de usos. No obstante el problema que presenta esta unidad es el alto índice de absorción mostrado, el cual es indicativo del alto porcentaje de meteorización que presenta la roca en superficie, por lo cual se tendría que ser selectivo en el sentido de buscar la roca lo más fresca posible, para así garantizar una mejor explotación y mayor aprovechamiento del material. Otro aspecto de observar es la presencia de sílice reactivo (ópalo) en el material, el cuál puede reaccionar con la lechada en la mezcla del concreto cuando este fragua, por lo cual se debe analizar este material antes de utilizar como agregado para concreto.

4.4 INTERPRETACIONES CARTOGRÁFICAS

El mapa geológico de la isla La Orchila presentado en el presente trabajo (anexo I) fue elaborado mediante la información obtenida en el levantamiento geológico de superficie, las descripciones de muestras de mano y los análisis petrográficos, a fin de corroborar estos datos con la recopilación de los mapas previos, de los cuáles surgieron las siguientes interpretaciones:

- Mapa topográfico de la isla La Orchila. Dirección de Cartografía Nacional 1958. Escala 1:25.000.

Fue la base topográfica utilizada, que a partir de los datos de campo, se tuvieron que modificar elementos topográficos como las curvas de nivel, las cuales están desfasadas y con información errada en cuanto al valor de las cotas. La línea de costa tampoco coincide en absoluto con la consultada en imágenes satelitales, por lo que todos estos errores fueron corregidos utilizando imágenes digitales obtenidas mediante el programa Google Earth® y fotografías aéreas.

- Mapa geológico de la isla La Orchila. SCHUBERT & MOTICSKA (1972).

Esta carta geológica era la única existente hasta la fecha que mostraba la distribución de las unidades que componen el C. I. M. La Orchila. El detalle y la calidad del mapa son limitados, además que ciertos contactos entre unidades no coincidían con los contactos obtenidos en campo ni con los presentados en el Mapa geológico cuaternario de la isla La Orchila (SCHUBERT & VALASTRO, 1976). Para lograr afinar estos detalles se emplearon imágenes satelitales del programa Google Earth® y la ruta recopilada por el GPS durante el levantamiento de campo.

Zonas como el cerro Angola, el cerro Cabecera y el sector occidental del cerro Walker, en parte, no coinciden litológicamente con las unidades delimitadas, las mismas fueron actualizadas y renombradas acorde con los resultados y análisis expuestos en el presente trabajo.

- Mapa geológico cuaternario de la Isla La Orchila. (SCHUBERT & VALASTRO, 1976).

Las unidades cuaternarias presentadas en este mapa, presentan cierto desfase al momento de vectorizarlas, debido a la falta de información respecto al Datum utilizado para la elaboración del mismo, razón por la cual se afinaron utilizando imágenes digitales tomadas del programa Google Earth®.

También se incorporó la batimetría cercana a la isla La Orchila, a partir de sondeos de la carta de Aproximación a la isla La Orchila, compilada por el Servicio de Hidrografía y Navegación de la Armada en el año 1999 (fig. 78).

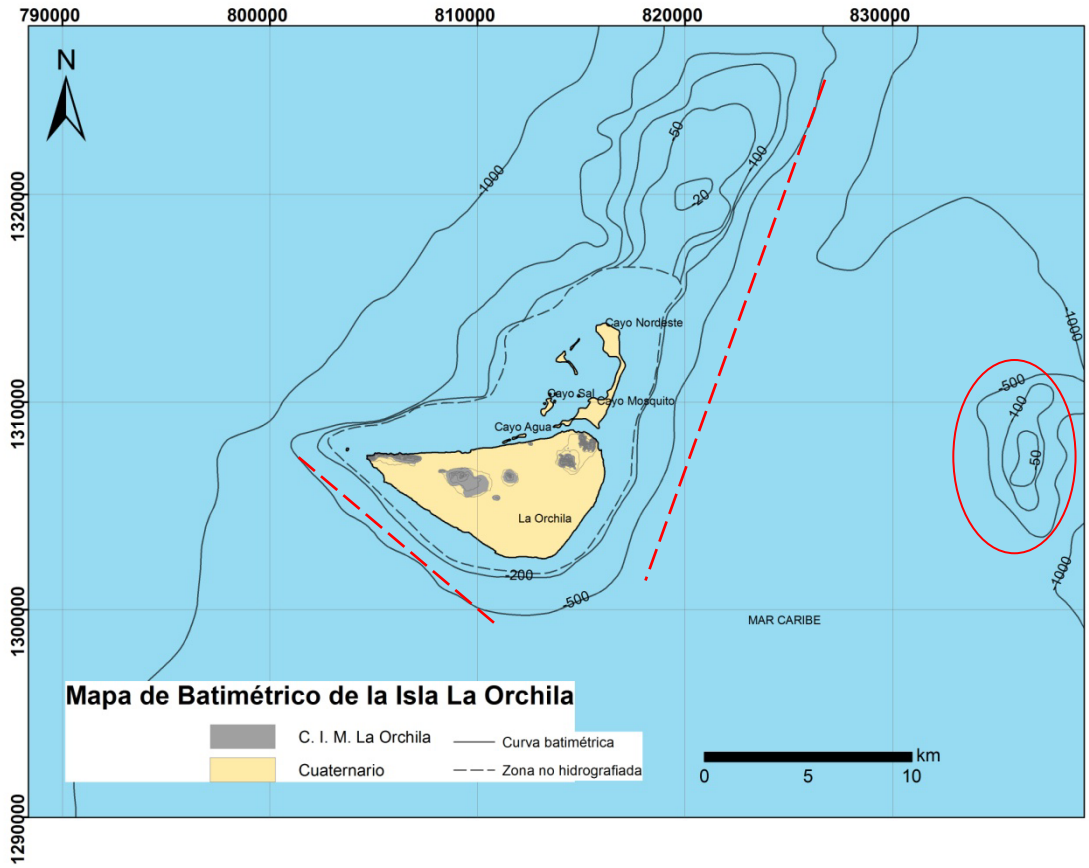


Fig. 78 Mapa batimétrico de la isla La Orchila. La línea negra segmentada representa la zona no hidrografiada, cercana a la isla

Evaluando las curvas de batimetría se puede interpreta un patrón estructural con sentido NE-SW y NW-SE (líneas rojas segmentadas). Esta interpretación se basa únicamente en la información brindada por las curvas batimétricas, las cuales muestran una morfología de "surco" en esa dirección al este, y la línea de costa rectilínea en el suroeste, que controlan la geometría de la isla y que debe ser efecto de

escarpes de fallamiento, no previamente reportados en mapas previos. Cabe destacar, que también se puede observar otra estructura (elipse roja) con apenas 50 m de profundidad, que indica que durante el Pleistoceno, cuando las aguas estaban a -110 m respecto del nivel actual, esa zona fue una isla.

4.5 MODELO EVOLUTIVO

Los datos obtenidos en el desarrollo de este trabajo permiten realizar una división del Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila en 3 terrenos con características ampliamente diferenciables tanto litológicamente, como en espacio y tiempo, siendo probablemente hasta el Terciario que los mismos se junten. En tal sentido, a continuación se presentan las siguientes hipótesis individuales para cada terreno antes de la formación del Complejo:

4.5.1 UNIDADES DE LOS CERROS DEL ESTE:

Considerando que la unidad *Esquisto cuarzo granatífero cianítico* del cerro El Chivo, probablemente sea la más antigua de todas las unidades y la edad Pérmico (U/Pb) del *Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera,* se tiene:

Etapa I (pre-Pérmico): Sobre un basamento no visible se depositaron sedimentos provenientes de rocas ricas en aluminio, que formarán la roca protolito del *Esquisto cuarzo granatífero cianítico de cerro El Chivo*, probablemente metamorfizado a grado medio en la sutura de Pangea, durante la orogénesis Herciniana.

Etapa II (Pérmico-Jurásico): En un ambiente tectónico convergente de orógeno, se formaron rocas granitoides (271,1 $\pm$ 9,6 Ma), que representan el protolito del *Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera.*

De este período es probable que correspondan los protolitos de todas las demás unidades de los cerros Orientales, como lo son el *Esquisto hornbléndico*

plagioclásico del cerro Cabecera y al menos el *Esquisto barroisítico plagioclásico del cerro El Chivo* que es intrusivo en la unidad metasedimentaria formada en la etapa anterior.

Partiendo de esto, se infiere que estas rocas hayan cristalizado en algún lugar al occidente de la actual Suramérica, probablemente cerca de la actual Colombia o Ecuador, ya que en este período también comienza a generarse el orógeno Andino. En la figura 80 se muestra la configuración tectónica durante el Pérmico-Jurásico, y la posible ubicación del terreno de las unidades de los cerros del este.

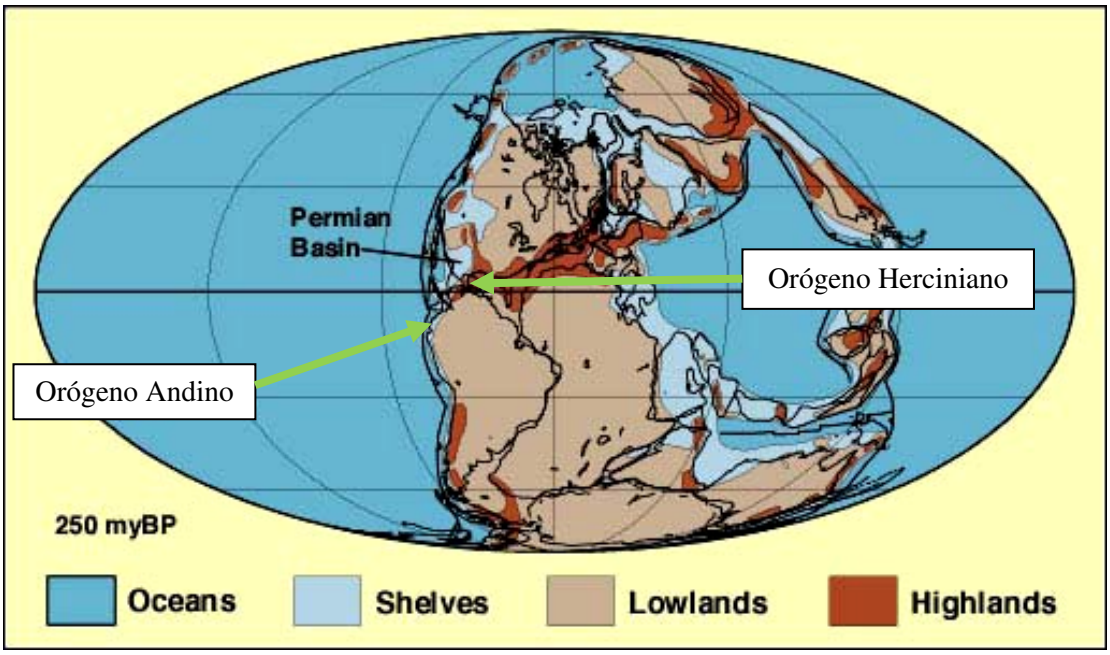


Fig. 80. Configuración tectónica durante el Pérmico-Jurásico. Formación de las unidades de los cerros del Este en el orógeno Herciniano o Andino. Modificado de DORRITIE *(2007)*

Durante la incipiente orogénesis de los Andes suramericanos también se pudieron generar plutones de rocas granitoides post-orogénicos, este ambiente tectónico es responsable de que estos terrenos hayan sido intrusionadas por magmas félsicos, sufriendo metamorfismo en la facies anfibolita almandínica (anfíbol + granate) y forman parte en la actualidad del *Esquisto anfibólico plagioclásico* y el *Gneis tonalítico del cerro El Chivo*.

Etapa III (Cretácico-Paleógeno): Comparando con el modelo tectónico para la isla de Margarita planteado por MARESCH *et al.* (2009), durante este período el terreno de las unidades de los cerros orientales debió migrar hacia el noreste hasta llegar a lo que actualmente es la costa venezolana, como se muestra en la figura 81, el punto amarillo representa la posible ubicación del bloque en el tiempo. Entre finales del Paleoceno y principios del Neogeno debió ocurrir la sutura con los otros terrenos que forman el Complejo.

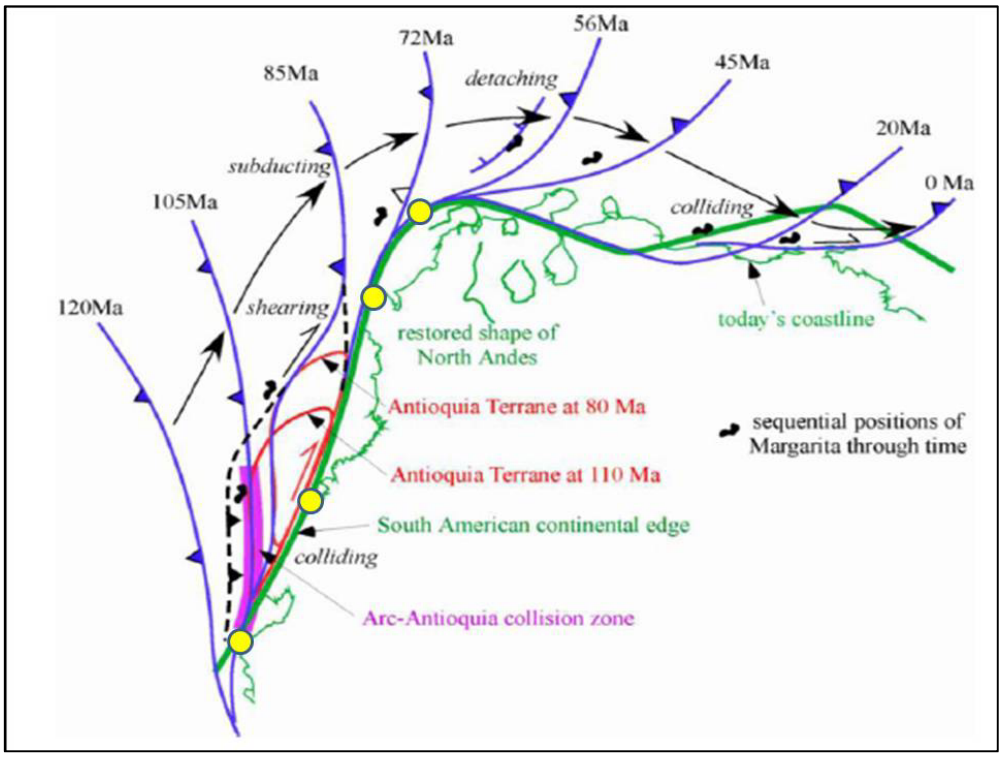


Fig. 81. Ubicación del terreno de las unidades de los cerros del este en el tiempo (circulo amarillo). Modificado de MARESCH et al. (2009)

4.5.2 ULTRAMÁFICAS DE LOS CERROS CENTRALES:

Infiriendo que las peridotitas serpentinizadas de los cerros centrales son un fragmento de la litósfera oceánica proto-Caribe se tiene:

Etapa I (Jurásico-Cretácico Temprano): Durante la fragmentación de Pangea en el Jurásico se genera el proto-Caribe (fig. 82).

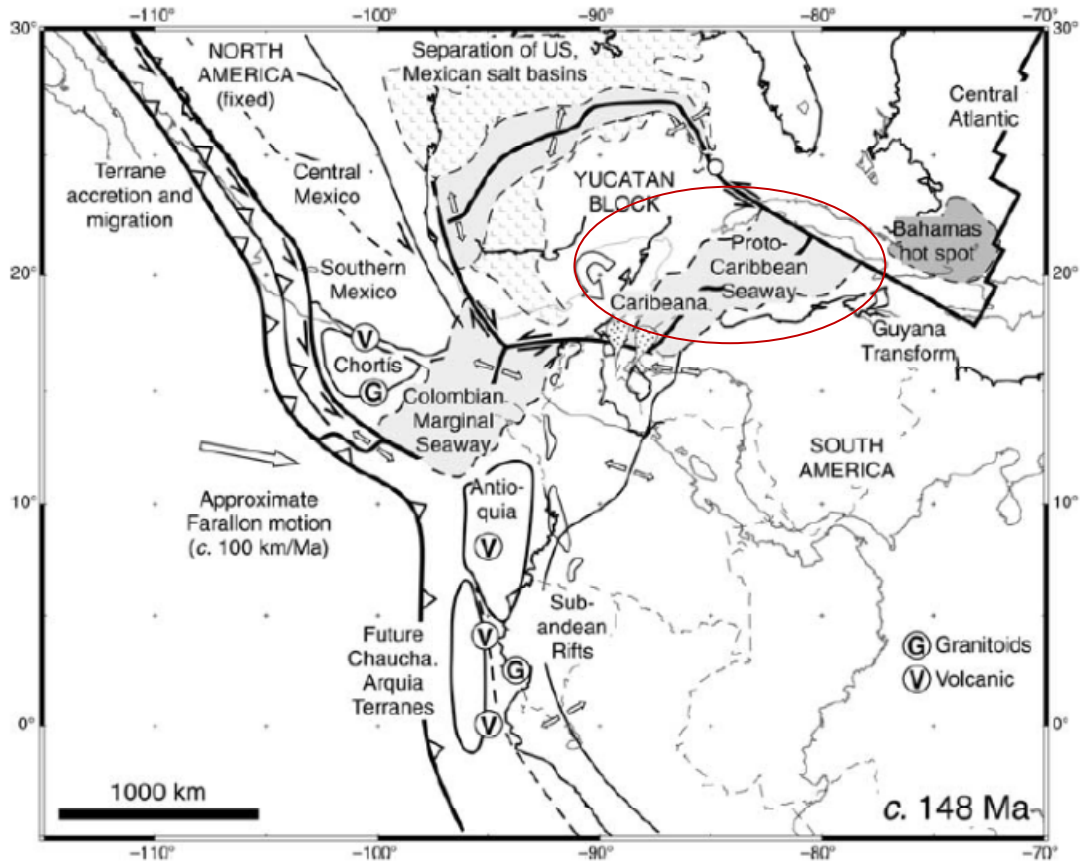


Fig. 82. Configuración tectónica a finales del Cretácico según PINDELL & KENNAN *(2009). El ovalo en rojo representa la ubicación del proto-Caribe.*

Etapa II (Cretácico Tardío – Paleógeno): En el Cretácico Tardío se genera el Arco de Aves, y durante su avance relativo hacia el este (fig. 83), en su parte frontal se va acumulando bloques de distinta naturaleza entre ellos fragmentos de la litósfera proto-Caribe (correspondientes a la *Peridotita serpentinizada de los cerros centrales*) que ahora aflora en La Orchila.

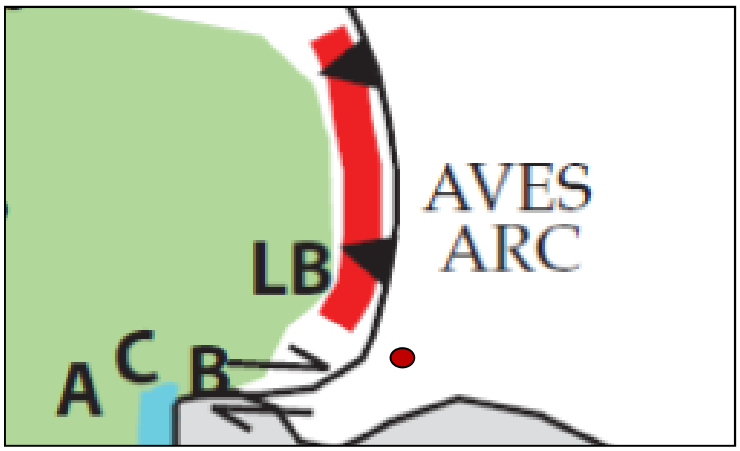


Fig. 83. Configuración tectónica durante el Paleógeno. El punto rojo es la posible ubicación del terreno de las ultramáficas de los cerros centrales. LB es la ubicación del terreno de La Blanquilla y ACB los terrenos de Aruba, Curazao y Bonaire respectivamente. Modificado de WRIGHT & WYLD (2011).

4.5.3 UNIDADES DEL CERRO WALKER:

Partiendo de la posible correlación de la Metadiabasa de Cerro Walker con la Formación de Lava de Aruba (Turoniense), y entre la Metatonalita del Cerro Walker y el Batolito de Aruba (fig. 84), se puede plantear la siguiente evolución de este terreno basada en el modelo expuesto por WRIGHT & WYLD (2011).

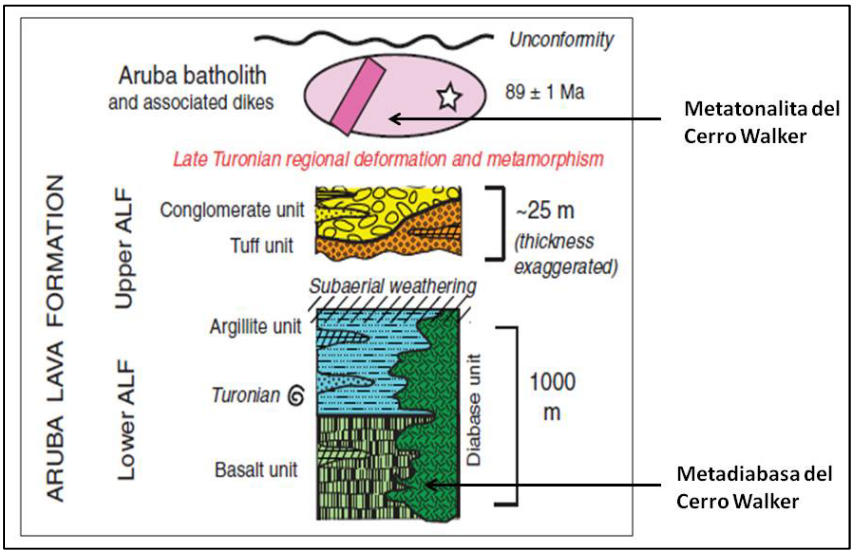
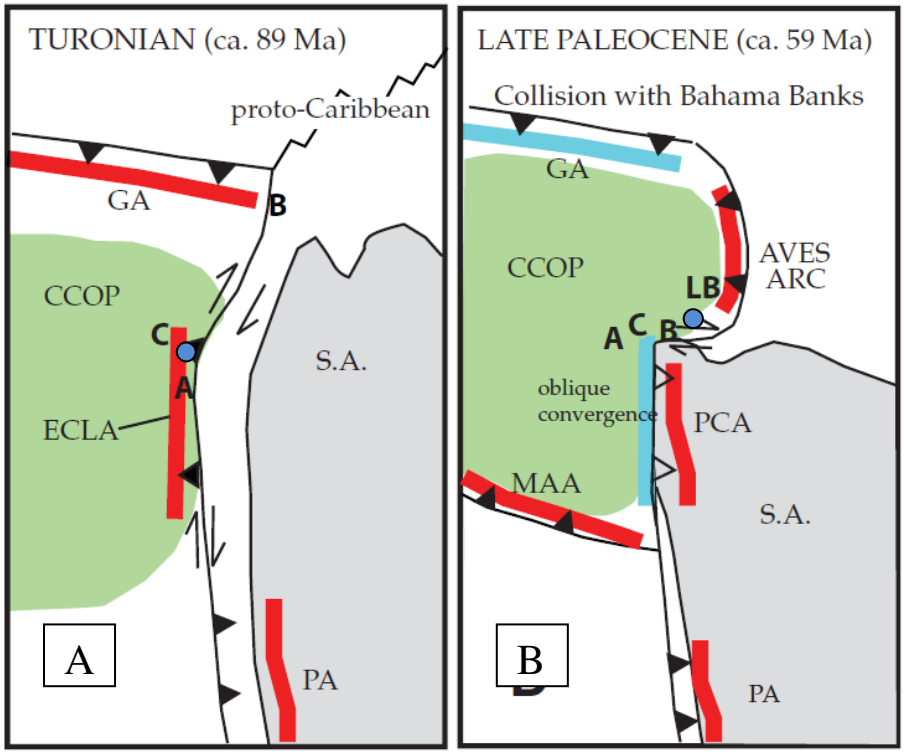


Fig. 84. Columna estratigráfica generalizada de Aruba. Tomado de WRIGHT & WYLD (2011)

Etapa I (Cretácico medio-Cretácico superior): Durante el Turoniense (fig. 85) se forma el ECLA (Arco de Sotavento Colombo-Ecuatoriano), con lo cual se forman terrenos como la Formación de Lava de Aruba (WRIGHT & WYLD, 2011), y el protolito de la *Metadiabasa del cerro Walker*. Durante este período magmas máficos de afinidad calco-alcalina se deben haber formado gracias al tectonismo generado por el arco (ECLA).

En esta etapa se forma también el batolito de Aruba (89 ± 1 Ma), y la *Metatonalita del cerro Walker*, que es intrusiva en la Metadiabasa.

Etapa II (Cretácico superior-Paleoceno temprano): Entre el Campaniense y el Paleoceno temprano (fig. 85) inicia la colisión de estos terrenos con la placa de Suramérica, lo que posteriormente termina en una convergencia oblicua, empujando el arco de Aves hacia el este y generando una breve subducción a fines del Paleoceno bajo la placa de Suramérica.



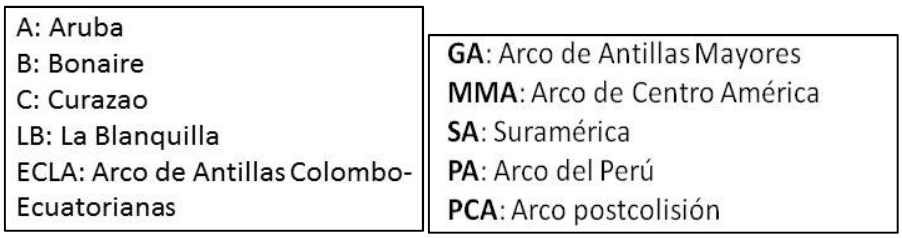


Fig. 85. Configuración tectónica durante el Turoniense (A) y Paleoceno temprano (B). El punto azul indica la posible posición del terreno de las unidades del cerro Walker. Modificado de WRIGHT & WYLD (2011).

4.5.4 LA UNIÓN DE LOS TERRENOS:

Etapa Final (Neógeno-Cuaternario): Durante el Neógeno el Arco de Aves continúa migrando relativamente hacia el este y emergiendo y uniendo todos los terrenos asociados al Complejo, apilándose un conjunto de napas entre sí: el terreno de las unidades de los cerros del este (Esquisto cuarzo granatífero cianítico del cerro El Chivo, Esquisto anfibólico plagioclásico del cerro El Chivo, Gnéis tonalítico del cerro El Chivo, Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera y el Esquisto hornbléndico del cerro Cabecera), los fragmentos ultramáficos de litósfera oceánica (Peridotita serpentinizada de los cerros centrales) y el terreno de las unidades del cerro Walker (Metadiabasa del cerro Walker y Metatonalita del cerro Walker), todo esto a lo largo del límite entre placas de forma transcurrente. A partir de aquí, continúan migrando ya yuxtapuestos.

Finalmente, las terrazas cuaternarias que se observan actualmente de la Formación La Orchila se desarrollaron como arrecifes franjeantes durante el intergracial Sangamon, hace 131.000 años (U/Th en coral) en torno al basamento formado por el Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila (SCHUBERT & VALASTRO, 1976) y sobre estos los sedimentos recientes.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se propone para el Complejo Ígneo Metamórfico La Orchila, 8 unidades con características y grados de metamorfismo ampliamente diferenciables entre sí y cartografiables. Esto le da una gran complejidad a la interpretación de su evolución tectónica.
- ✓ Se presenta el Mapa Geológico de la Isla La Orchila a escala 1:10.000.
- ✓ A partir de los datos obtenidos se presentan las siguientes características de cada unidad:

Las unidades que afloran en los cerros orientales son las que presentan mayor grado metamórfico, comenzando con el Esquisto cuarzo granatífero cianítico del cerro Cabecera, del cual solo se consiguen bloques sueltos, lo que hace aún más difícil su interpretación. El grado metamórfico del cerro El Chivo está en la facies anfibolita almandínica (anfíbol + cianita + granate).

En el caso de los cerros Angola y Cabecera, el grado metamórfico se ubica en la facies esquisto verde (zona del almandino) (granate + biotita), y está presente en todas las unidades que conforman dichas elevaciones. El *Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera* presenta una edad Pérmico (URBANI, 2012), lo que da un indicio de que al menos el Esquisto cuarzo granatífero cianítico es anterior a esa época, mientras que del *Esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera*, solo se pudo concluir que está en contacto de falla con el Esquisto cuarzo plagioclásico y que dicho contacto fue previo al metamorfismo que afectó a ambas unidades.

Las unidades que afloran en el cerro Walker tienen la particularidad de que su composición es comparable con las unidades descritas por WRIGHT & WYLD (2010) en la isla de Aruba, siendo posible que exista una correspondencia de edades entre la

Formación de Lava de Aruba y la unidad de Metadiabasa del cerro Walker, y entre el Batolito de Aruba y la Metatonalita del cerro Walker.

La Peridotita serpentinizada de los cerros centrales presenta un metamorfismo hidrotermal de los fragmentos de litósfera oceánica probablemente proto-Caribe, por lo que seguramente esta unidad haya sido la última en unirse al Complejo por medio del emplazamiento producido por la migración de la Placa Caribe. El apilamiento que unificó los tres terrenos que forman el Complejo debió ser simultáneo.

Sin duda la formación de la isla está ligada a la variedad de hipótesis y discusiones que en la actualidad se presentan alrededor del origen y evolución de la Placa Caribe, lo que hace aún más complicada su interpretación sin tener un mayor número de datos como elementos traza o análisis de geocronología.

- ✓ En cuanto a la afinidad magmática las rocas del C. I. M. La Orchila son claramente pertenecientes a la serie subalcalina-toleítica, todas con alto índice de aluminio. Las rocas de protolito máfico se ubican en la zona de la serie calco-alcalina, lo cual indica que su origen podría estar asociado a un ambiente de subducción tipo de arco de islas.

Las rocas granitoides presentaron una tendencia mayoritaria en el rango de los "granitos orogénicos" y "post-orogénicos", y se clasifican como granitoides peralumínicos. Estas se formaron en un arco de islas maduro (AIM), que da lugar a la diferenciación magmática y generan magmas intermedio-ácido.

Las Peridotitas son parte de la litosfera oceánica, probablemente proto-caribe, provenientes del manto que se encuentra por debajo de la corteza oceánica.

- ✓ Para el C. I. M. La Orchila se proponen 3 terrenos muy diferenciables por sus características:

Unidades de los cerros del este: de corteza continental de ambientes orogénico y post-orogénico. Quizás de la sutura pérmica para generar Pangea, que viene migrando como algún pedazo continental de lo que hoy es Colombia.

Ultramáficas de los cerros centrales: Sin duda un pedazo del manto, proto-Caribe, como hay muchos también en la Cordillera de la Costa (CdlC).

Unidades del cerro Walker: Típicamente del arco de Aves, al igual que las islas ABC.

Realizar una actualización de la cartografía geológica fue de vital importancia, ya que los mapas previamente elaborados carecían de detalle y de información clara sobre la composición de las unidades y sus contactos entre ellas. El aporte realizado por este trabajo ayuda al crecimiento geocientífico del país y además sirve como base para futuros proyectos tanto en el área científica como ingenieril.

5.2 RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en el desarrollo de este Trabajo de Investigación se plantean las siguientes recomendaciones:

- Realizar un análisis de geocronología para determinar edades tanto de las unidades como de sus diques, dichas información es de vital importancia para aclarar dudas en cuanto al origen y evolución de la isla.
- Realizar Trabajos bajo la misma línea de investigación en las islas aledañas, a fin de comparar los aspectos litológicos y químicos que estén presentes en ellas con los resultados obtenidos en éste trabajo.
- Realizar transeptos con equipos geofísicos a fin de observar el comportamiento de los distintos terrenos y los contactos entre las unidades que componen la isla, que están cubiertos inconformemente por las terrazas cuaternarias.

6. BIBLIOGRAFÍA

ASTM C33, 2001. *Standard Specification for Concrete Aggregate.* West Conshohocken,, United States.

ASTM C131 1996. *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.* West Conshohocken,, United States.

ASTM C535, 2001. *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.* West Conshohocken,, United States.

ASTM FLNV-MVAG-24 2003. *Método de ensayo para determinar la resistencia de los agregados al desgaste utilizando la máquina de Los Ángeles*. Caracas, Manual visualizado del Ministerio de Infraestructura.

AZANCOT M. 2010. Petrología de las rocas ígneo-metamórficas de la península de la Goajira, isla de Toas y Monjes del sur, estado Zulia y Dependencias Federales. *Geos* 40: 59 + 181 p. en DVD (Carpeta 26).

BARITTO, I. 2003. *Caracterización química de muestras de sedimentos superficiales y de núcleos de la fachada Atlántica venezolana.* Universidad Central de Venezuela. Trabajo especial de grado. Inédito. 458p.

BARRAGÁN, R., CAMPOS, E., FERRUSQUÍA, I., LÓPEZ, I., & TOLSON, G., traductores, 2010. Código estratigráfico norteamericano: Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, *Boletín 117*, xvi + 48 p.

BEARDSLEY A., & A. LALLEMANT. 2007. Oblique collision and accretion of the Netherlands Leeward Antilles to South America. *Tectonics*, 26: 16p.

BELLIZIA, A. 1968. Reconocimiento Geológico de las islas Los Monjes del sur (Archipiélago de Los Monjes), Venezuela, *Bol. Geol.*, 10(20): 225-280.

COMPTON, R. 1985. *Geology in the field.* New York, Ed. Jhon Wiley & Sons. 398p.

COVENIN 263-78. 1978. *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*. Caracas, Fondonorma.

COVENIN 1465-79. 1979. *Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de la piedra natural para la construcción.* Caracas, Fondonorma.

COVENIN 277-2000. 2000. *Concreto. Agregados. Requisitos.* Caracas, Fondonorma.

COX, K., BELL, J., & PANKHURST, R. 1979. *The Interpretation of Igneous Rocks*. George, Allen and Unwin, London. 450p.

DORRITIE, D., 2007. Methane Catastrophes in Earth's Past . . . and Near Future?: The Permian World. (Consultado el 10/07/2016). http://www.killerinourmidst.com/index.html#anchorContents

ESRI. 2012. *Manual de edición*. ARCGis ©.

FOLK R. 1980. *Petrology of sedimentary rocks.* Texas, Ed. Hemphill 182p.

FRY N. 1984. *The field description of metamorphic rocks*. Geological Society of London handbook series. London, John Wiley & Sons. 110 p.

GONZÁLEZ DE JUANA C., ITURALDE DE AROZENA & X. PICARD. 1980, *Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas.* Caracas, Ed. Foninves, Tomo I. 1031p.

GONZÁLEZ, L. & G. SÁNCHEZ. 2001. *Caracterización geoquímica y radiométrica de dos secciones estratigráficas de la formación La Luna, en el estado Táchira.* Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Inédito. 230p.

IRVINE, T. & W. BARAGAR. 1971. *A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks*. Geological Survey of Canada, Ottawa, Canada, p. 26

KERR, P. 1965. *Mineralogía Óptica.* New York, McGraw-Hill, Tomo I. 433p.

MALONEY, N. 1971. Geología de la isla de La Blanquilla y notas sobre el archipiélago de Los Hermanos, Venezuela Oriental. *Acta Cient. Venezolana*, 22: 6-10.

MANIAR, P. & P. PICCOLI. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 101(5): 635-643.

MARESCH W., F. URBANI, H. SCHERTL & K. STANEK. 2012. Field guidebook IGCP 546. subduction zones of the Caribbean. subduction/accretion-related high-pressure rocks of Margarita island, Venezuela. November 11-15, 2010. *Geos* 42: 146-147 + 50 p. en carpeta 20 de DVD.

MÉNDEZ, J. 1996. *Formación La Orchila*. http://www.pdvsa.com/lexico/l2400w.htm

MESCHEDE M. & W. FRISCH. 1998. A plate-tectonic model for the Mesozoic and Early Cenozoic history of the Caribbean plate. *Tectonophysics*, 296: 269-291.

MIDDLEMOST E. 1994. Towards a comprehensive classification of igneous rocks and magmas. *Earth-Science Reviews*, 31: 73-87.

MIYASHIRO, A. 1974. Volcanic Rock Series in Island Arcs and active continental margins. *American Journal of Science*, 274: 321-355.

MOTISCKA P. 1997. *Complejo Igneo-Metamorfico de La Orchila.* http://www.pdvsa.com/lexico/l23w.htm

NACSN-NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE. 1983. North American Stratigraphic Code. *AAPG Bulletin*, 67(5): 841-875.

PADILLA, J. 2003. *Caracterización de ambientes sedimentarios carbonático-recientes de aguas someras presentes en la isla Gran Roque, Parque nacional Archipiélago los Roques, dependencias federales*. Universidad Central de Venezuela. Trabajo especial de grado. Inédito. 174p.

PINDELL J. & L. KENNAN. 2009. Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update. *Geological Society, London, Special Publications*, 328: 1-55.

ROBERTSON S. 1999. *BGS Rock Classification Scheme.* British Geological Survey. Nottingham, UK. Volumen 1 y Volumen 2.

SCHUBERT C. & MOTICSKA P. 1972. Reconocimiento Geológico de las Islas Venezolanas en el Mar Caribe, entre Los Roques y Los Testigos (Dependencias Federales). *Acta Cien. Venezolana*, 23: 210-223.

SCHUBERT C. & S. VALASTRO. 1976. Geología cuaternaria de la Isla La Orchila, Dependencias Federales. *Bol. AVGMP,* N°19: 17-42.

SKOOG, J. & J. HOLLER. 1998. *Principios De Análisis Instrumental*, 5° ed., Ed. McGraw-Hill, p. 219-239.

STRECKEISEN, A. L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci Rev*., 12: 1-33.

THORPE R. & G. BROWN. 1990. *The field description of igneous rocks*. Geological Society of London handbook series. London, John Wiley & Sons. 155 p.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. 2016. *Espectrometría de Absorción Atómica*. Facultad de ciencias químicas. Lectura Numero 9, p.18.

URBANI, F., 2005. *Geología de la Isla del Gran Roque, Parque Nacional Los Roques, Venezuela: Guía de Excursión.* FUNVISIS y Universidad Central de Venezuela. 29p.

URBANI F. 2012. Algunos resultados recientes de geocronología U-Pb en cristales de zircón y su aporte a la geología venezolana. *Rev. Venezolana Cienc. Tierra*, 43: 59-60 + 46 p. en carpeta 63 de DVD.

URBANI F., L. GONZÁLEZ, S. GRANDE, E. OCHOA, D. MENDI, G. VALLETTA & J. MARTÍNEZ. 2010. Formatos-guía para el estudio petrográfico de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. *Geos* 40: 130 + 20 p. en DVD (Carpeta 121).

URBANI F., GRANDE, S. 2005. Abreviaturas de minerales formadores de rocas. *Geos* (Caracas) 38:126.

VAN STAAL C. R., K. L. CURRIE, G. ROWBOTHAM, W. GOODFELLOW & N. ROGERS. 2008. Ressuretemperature paths and exhumation of Late Ordovician-Early Silurian blueschits and associated metamorphic nappes of Salinic Brunswick subduction complex, northern Appalachians. *Geol. Soc. America Bull.,* 120: 1455-1477.

VILA, M. 1967. *Aspectos geográficos de las Dependencias Federales.* Monog. Econ. Estadales, Corp. Ven. Fomento. 112p.

WRIGHT, J. & S. WYLD. 2011. *Late Cretaceous subduction initiation in the eastern margin of the Caribbean-Colombian Oceanic Plateau: One Great Arc of the Caribbean.* Department of Geology, University of Georgia, USA, p. 26.

APÉNDICES

7.1 APÉNDICE A

SÍNTESIS DE OBSERVACIONES DE CAMPO, DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DE MANO Y DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Coordenadas UTM en Datum WGS84 Zona 19P

Reconocimiento de la parte norte del cerro El Chivo, sector oriental de la isla La Orchila. (19/03/2015)

Punto de observación: 14
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.474 **N** 1.307.605
Observaciones de campo: Roca caja máfica de color fresco gris oscuro y color meteorizado marrón. De mineralogía se observa anfíbol, cuarzo, plagioclasa, granate y micas. Se denominó gneis anfibólico plagioclásico granatífero (OCH04A). La roca anterior presenta pliegues isoclinales y un dique intrusivo de 6,5 m de espesor, de color blanco grisáceo y blanco amarillento, formado por cuarzo, plagioclasa y moscovita. Se denominó meta-tonalita moscovítica (OCH04B). El contacto entre el dique y la roca caja es completamente abrupto, no presenta aureola.
Mediciones: Foliación: N70W42S. Diaclasas: N65E55N (2/m), N-SPv (5/m).

Fotografías:



Fig. 1. Afloramiento de dique félsico dentro de unidad máfica.



Fig. 2. Afloramiento de roca caja, gneis anfibólico.



Fig. 3. Afloramiento de dique félsico, meta-tonalita.

Descripción de muestras de mano:
OCH04A: Muestra de color fresco verde grisáceo claro y color meteorizado verde grisáceo oscuro, roca con foliación gnéisica. Se observan cristales de cuarzo, anfíbol, plagioclasa, granate y mica. Presenta grano grueso con blastos de plagioclasas y nematoblástos de anfíbol. La roca se puede denominar como Gneis anfibólico plagioclásico cuarzo micáceo granatífero.



Fig. 4. Muestra OCH04A.

OCH04B: Roca de textura fanerítica, color fresco blanco grisáceo, color meteorizado blanco amarillento. Presenta cristales de cuarzo, plagioclasa y moscovita, es inequigranular y de grano grueso. Los cristales miden entre 1 mm y 2 mm. El índice de color es de 12% aproximadamente. Esta muestra se podría denominar como meta-tonalita.



Fig. 5. Muestra OCH04B

Descripción petrográfica:

OCH04A: Gneis anfibólico plagioclásico granatífero. Posible protolito gabro. Roca foliada de textura nematoblástica, de fábrica alotrimorfa a hipidiomorfa, compuesta principalmente de anfíbol. El anfíbol se presenta como cristales alargados pleocroicos de verde pálido a verde azulado y de verde a verde azulado. La plagioclasa (2- 4% An) presenta algunas formas elongadas. Algunos cristales de plagioclasa presentan textura poiquiloblástica con inclusiones de anfíbol, moscovita y minerales accesorios. El epidoto está presente (entre ellos zoisita). El granate va desde los 0,6mm hasta los 1,5 mm con péquelas inclusiones de cuarzo, apatito y circón. Los minerales accesorios son apatito, circón y rutilo.

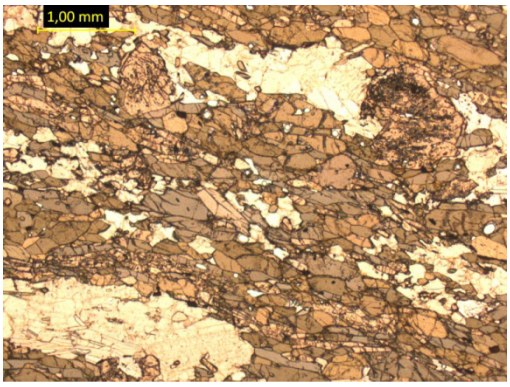


Fig. 6. Muestra OCH04A vista general NP.

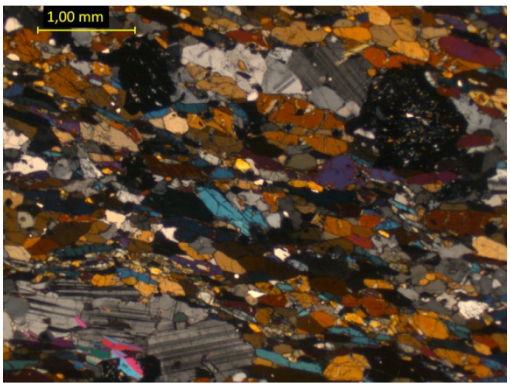


Fig. 7. Muestra OCH04A vista general NX.

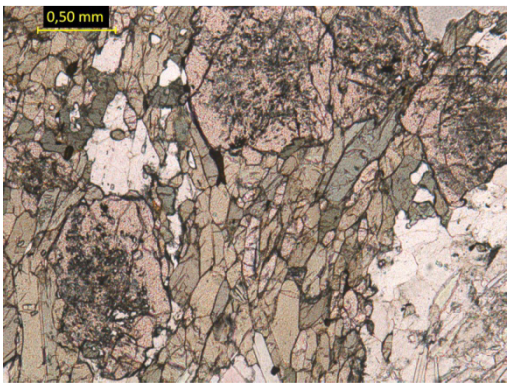


Fig. 8. Cristales de anfíbol y granate NP.

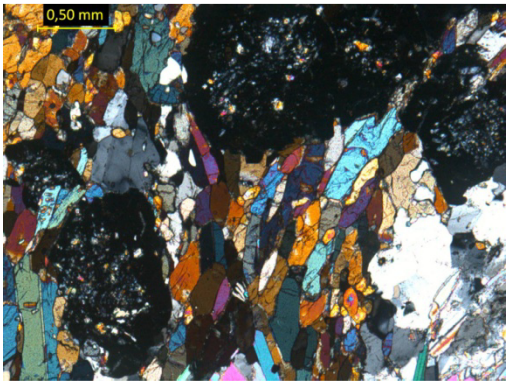


Fig. 9. Cristales de anfíbol y granate NX.

Punto de observación: 15
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.489 **N** 1.307.481
Observaciones de campo: contacto entre unidad de derrubios y la unidad ígneo-metamórfica.

Punto de observación: 16
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.481 **N** 1.307.465
Observaciones de Campo: se consiguieron bloques sueltos de un gneis con cristales de cianita y granate de hasta 0,5cm. Los tamaños de los cristales son variables y llegan hasta los 5 cm. También se observan bandas de cuarcita paralelas a la foliación del gneis y esquisto anfibólico también granatífera y micácea.

Fotografías:



Fig. 10. Rodados encontrados en el punto 16.



Fig. 11. Bloque con cristales de cianita y de granate.



Fig. 12. Banda de cuarcita paralela a la foliación de la unidad máfica.

Descripción de muestra de mano:
OCH05: Color meteorizado marrón grisáceo y color fresco gris claro. Contiene cristales de cuarzo de hasta 8 mm, granates de hasta 5 mm, moscovita y cianita. Es de grano grueso y presenta foliación gnéisica con porfidoblástos de granate y cianita. Se puede denominar como esquisto cuarzo micáceo granatífero con cianita.



Fig. 13. Muestra OCH05

Descripción Petrográfica:
OCH05: Esquisto cuarzo micáceo granatífero cianítico. El protolito es sedimentario y debió ser una roca rica en aluminio. Muestra de grano grueso (tamaño promedio 0,8 mm) y foliación gnéisica, de textura porfidoblástica. Se compone de cuarzo policristalino en la zona de matriz, además de cristales de moscovita y en menor cantidad de biotita. La plagioclasa se encuentra muy alterada y los cristales de cianita casi totalmente sericiticizados. Los porfidoblástos de granate pasan de 8 mm de diámetro y se observan deformados y cloritizados. En poca cantidad se observan pequeños cristales de epidoto. De minerales accesorios se observan apatito, rutilo, titanita y opacos (leucoxeno).

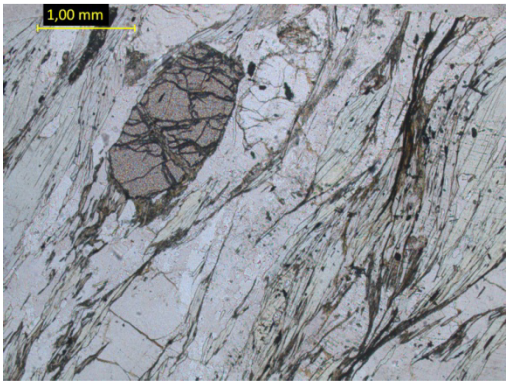


Fig. 14. Vista general con cristales de moscovita, cuarzo y granate, NP.

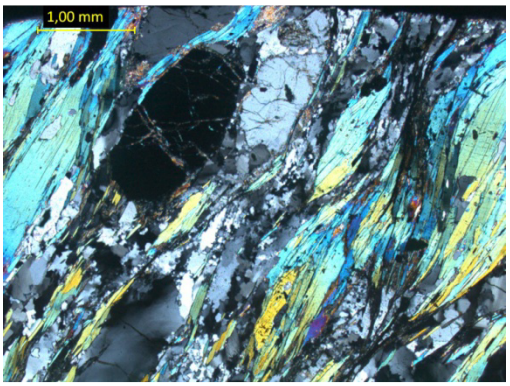


Fig. 15. Vista general con cristales de moscovita, cuarzo y granate, NX.

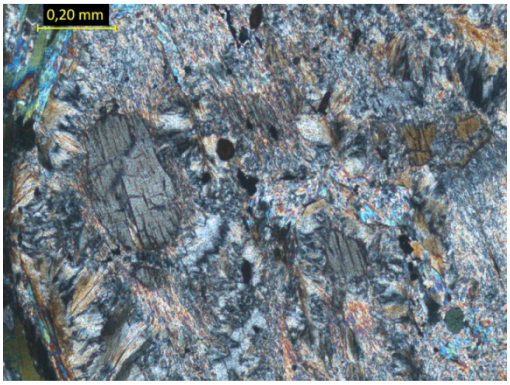


Fig. 16. Cristal de cianita sericiticizado NX.

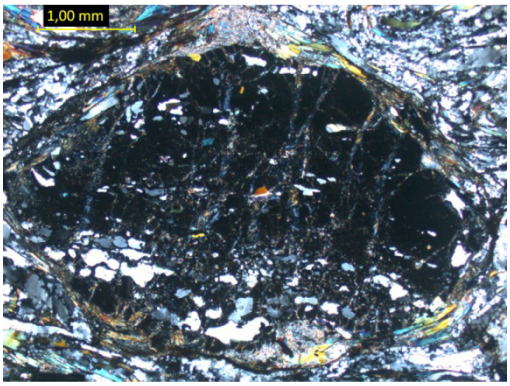


Fig. 17. Cristal de granate deformado y cloritizado NX.

Punto de observación: 17
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.475 **N** 1.307.416
Observaciones de Campo: punto de observación, aflora un dique meta-tonalítico, intrusionando el gneis y esquisto anfibólico.

Punto de observación: 18
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.444 **N** 1.307.400
Observaciones de campo: aflora el esquisto anfibólico, pero con grano más fino. En este punto se pudo apreciar y fotografiar la pequeña elevación que representa el afloramiento descrito en el punto 14.
Mediciones: Foliación: N80W65S. Diaclasas: N20W70N (4/m), N35E85S (10/m).

Fotografías:



Fig. 18. Afloramiento de esquisto anfibólico.



Fig. 19. Vista del afloramiento descrito en el punto 14.

Descripción de muestra de mano:

OCH06: Roca de color fresco verde oscuro y meteorizado marrón rojizo, de grano fino y foliación esquistosa. Con cristales de anfíbol, cuarzo, plagioclasa y micas. Se puede denominar esquisto anfibólico plagioclásico.



Fig. 20. Muestra OCH06.

Punto de observación: 19
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.410 **N** 1.307.369
Observaciones de Campo: Punto cercano al contacto entre unidad máfica y félsica, aflora gneis cuarzo micáceo granatífero (OCH07A). Los granates están parcialmente cloritizados y cizallados, evidenciando un cizallamiento dextral.
También se puede observar un lente de meta-gabro (OCH07B) dentro de la unidad anfibólica, de 8 m de largo y que es paralelo a la foliación del esquisto anfibólico.
Mediciones: Foliación: N52W58S. Diaclasa: N18E85S (4/m).

Fotografías:



Fig. 21. Afloramiento de gneis cuarzo micáceo granatífero.



Fig. 22. Evidencia de cizallamiento dextral en el gneis cuarzo micáceo granatífero.



Fig. 23. Lente de meta-gabro.

Descripción de muestras de mano:

OCH07A: Color fresco blanco y color meteorizado blanco y amarillento, presenta textura de grano grueso con foliación gnéisica. Se observan cristales de granate de hasta 4 mm parcialmente cloritizados. Otros minerales son el cuarzo, plagioclasa y mica. Se puede denominar como gneis cuarzo plagioclásico micáceo granatífero.



Fig. 24. Muestra OCH07A.

OCH07B: Roca de color fresco verde oscuro y color meteorizado de marrón a verde. Presenta grano muy grueso con cristales de hornblenda de 0,5cm a 1,0 cm y plagioclasas de tamaños no mayores a 0,5 cm. Se puede llamar meta- gabro.



Fig. 25. Muestra OCH07B.

Descripción Petrográfica:

OCH07A: Gneis cuarzo plagioclásico granatífero epidótico clorítico. El protolito es una tonalita. Roca de foliación gnéisica poco prominente y textura granoblástica en general. La mineralogía se compone principalmente de cuarzo policristalino anhedral y plagioclasa (5- 6% de An) en su mayoría sericiticizada. El epidoto es abundante y en su mayoría zoisita. Los cristales de granate son de hasta 3,4 mm y se presentan en forma de porfidoblástos euhedrales con textura esqueletal y bastante cloritizados con inclusiones de cuarzo y minerales accesorios. El granate presenta evidencia de posible rotación. También se observa clorita pleocroica de pardo verdoso a verde pálido y en menor cantidad cristales de moscovita. De minerales accesorios presenta apatito, titanita y opacos (magnetita). El tamaño promedio de los granos es de 0,3 mm.

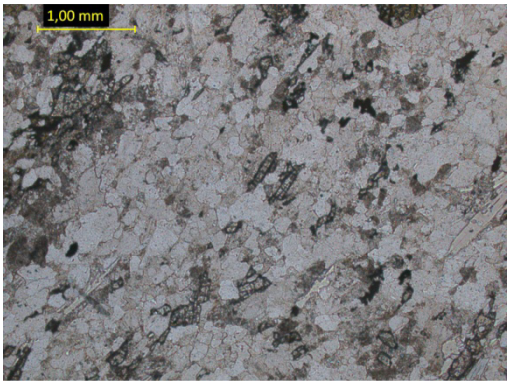


Fig. 26. Vista general de la muestra NP.

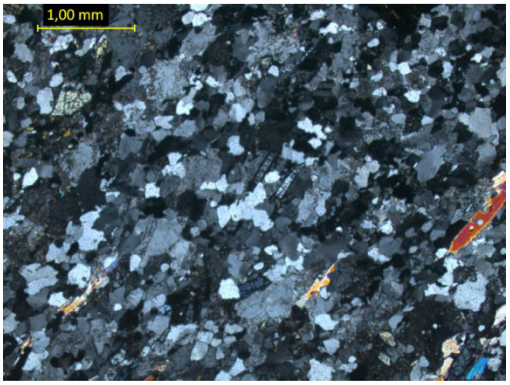


Fig. 27. Vista general de la muestra NX.

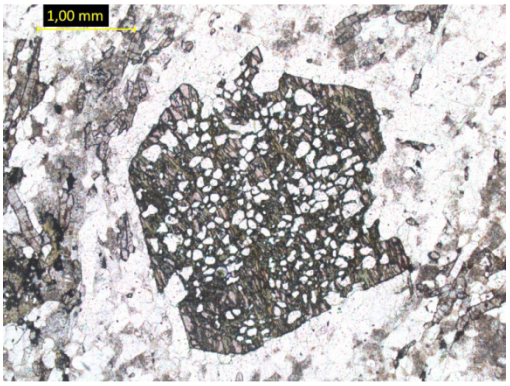


Fig. 28. Cristal de granate esqueletal NP.

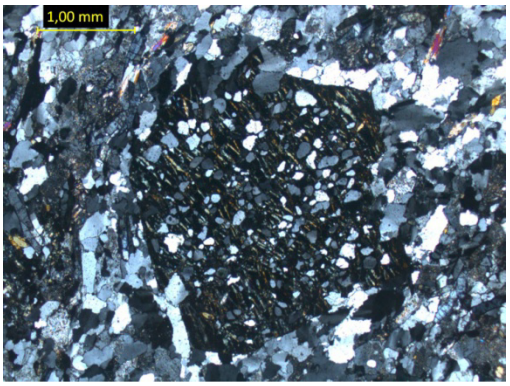


Fig. 29. Cristal de granate esqueletal NX.

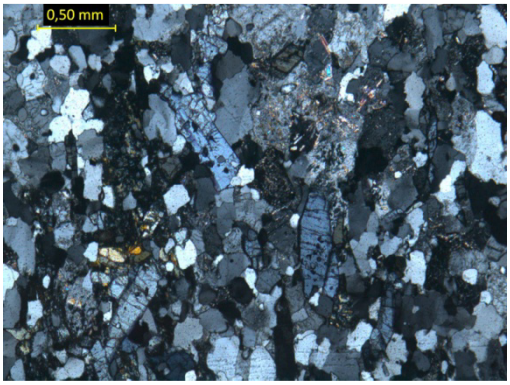


Fig. 30. Vista general con cristales de zoisita NX.

Punto de observación: 20
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.342 **N** 1.307.336
Observaciones de campo: Contacto entre unidad de esquistos y gneises anfibólicos (OCH09A) y el dique mayor de gneis tonalítico (OCH09B), dentro de este último, se observan xenolitos de 5 cm a 10 cm y llegan hasta los 2 m, aparentemente de meta-diorita. También se observan pequeños diques de aplita (OCH09C) de dirección N-S cortando el gneis tonalítico.
Mediciones: Foliación: N65W85S. Diaclasas: N45E85S (4/m), N70E75N (2/m).



Fig. 31. Vista general del afloramiento.



Fig. 32. Xenolitos elongados de meta- diorita en el Gneis tonalítico.



Fig. 33. Dique de aplita cortando el gnéis tonalítico.

Descripción de muestras de mano:

OCH09A: Roca de color fresco verde y color meteorizado marrón, de grano fino y con presencia de anfíbol y plagioclasas principalmente. También se observa epidoto en ciertas zonas de la muestra. Los cristales presentan orientación preferencial. Se puede llamar esquisto dioritico.



Fig. 34. Muestra OCH09A.

OCH09B: Color fresco blanco grisáceo y meteorizado blanco amarillento. Roca de grano grueso, con cristales de cuarzo y plagioclasas en su mayoría. Presenta también epidoto, clorita y micas blancas. Se observan pequeños cristales de granate de no más de 0,5mm. Se puede denominar como gneis cuarzo plagioclásico micáceo epidótico (gneis tonalítico).



Fig. 35. Muestra OCH09B.

OCH09C: Muestra de color fresco blanco y color meteorizado blanco amarillento. Presenta textura sacaroidea, grano fino y está compuesta por cuarzo, plagioclasas, moscovita y cristales de óxidos no mayores a 1 mm de diámetro. Se puede denominar como aplita (meta- trondhjemita).



Fig. 36. Muestra OCH09C.

Descripción petrográfica:

OCH09B: Gneis cuarzo plagioclásico epidótico micáceo. El protolito es una tonalita. Muestra de foliación gnéisica poco prominente en sección fina y textura de cizalla, aunque en general presenta textura granolepidoblástica. Está formada en su mayoría por cristales de cuarzo policristalino anhedral e inequigranular que van desde 0,1 mm hasta 1,3 mm. Otro mineral abundante es

la plagioclasa (2- 4% An). La muestra presenta moscovita y sericita en algunos cristales de plagioclasa. También se observa clorita pleocroica de pardo verdoso a verde pálido. El epitodo se encuentra en toda la muestra y puede llegar a medir hasta 0,2 mm. De minerales accesorios se observan apatito y titanita.

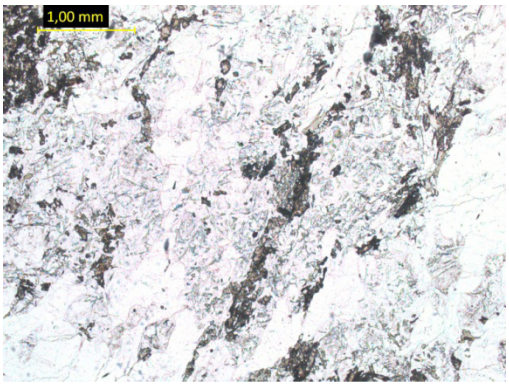


Fig. 37. Vista general de la muestra NP.

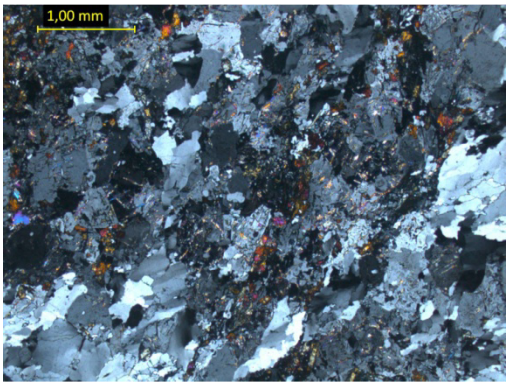


Fig. 38. Vista general de la muestra NX.

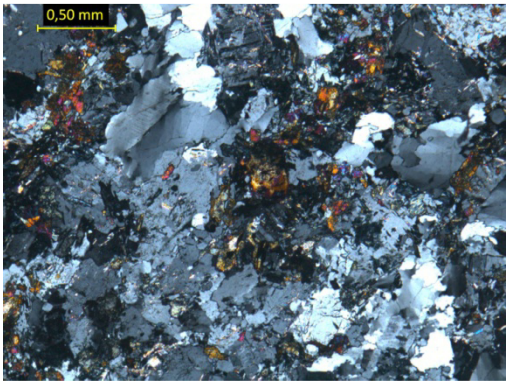


Fig. 39. Cristales de epidoto NX.

Punto de observación: 21
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.359 **N** 1.307.248
Observaciones de Campo: Cima del cerro El Chivo. Aflora la meta-tonalita correspondiente al gran dique central y aflora un esquisto hornbléndico (posiblemente un xenolito deformado) de foliación paralela al gneis tonalítico.
Mediciones: Foliación: N38W32S.

Fotografía:



Fig. 40. Afloramiento de esquisto hornbléndico.

Descripción de muestra de mano:
OCH10: Roca de color fresco verde oscuro y color meteorizado de marrón a verde, de grano grueso con textura nematoblástica. Se observan cristales de hornblenda de hasta 0,5cm. y de plagioclasas. También presenta cristales de epidoto y óxidos. El protolito podría ser una diorita. Se puede nombrar como Esquisto anfibólico plagioclásico.



Fig. 41. Muestra OCH10.

Punto de observación: 22
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.270 **N** 1.307.214
Observaciones de campo: Aflora gneis tonalítico y se tomó muestra para descaste los ángeles. Se observan vetas de epidosita y de cuarzo paralelas al plano de diaclasa.
Mediciones: Foliación: N54W67S. Diaclasa: EW85N (3/m).

Fotografías:



Fig. 42. Afloramiento de gneis tonalítico.



Fig. 43. Vetas de epidosita.

Descripción de muestra de mano:
OCH11: Color fresco y meteorizado blanco grisáceo. Roca de grano grueso de foliación gnéisica. Se observan cristales de cuarzo, plagioclasas, anfíboles y micas. Se puede denominar como Gneis cuarzo plagioclásico anfibólico.



Fig. 44. Muestra OCH11.

Descripción petrográfica:
OCH11: Gneis cuarzo plagioclásico anfibólico. El protolito es una tonalita. Roca de textura granonematoblástica y foliación gnéisica. El tamaño de grano varía de 0,2 mm a 0,9 mm. Está compuesta mayormente por cuarzo policristalino anhedral e inequigranular. Se observan cristales de plagioclasa (5- 7% An) y cristales alargados de anfíbol, pleocroicos de pardo a verde (posiblemente hornblenda). Presenta pequeños cristales de mica blanca y de epidoto, mostrando algunos cristales de allanita. De minerales accesorios se observa titanita, apatito y opacos (hematita y magnetita).

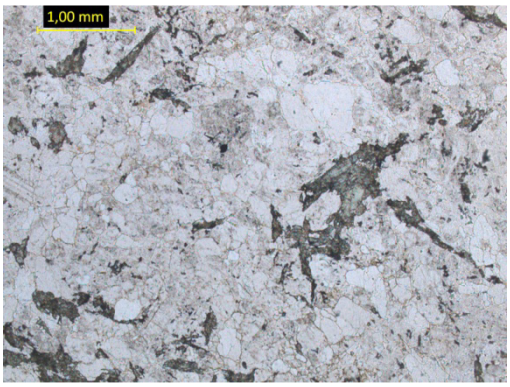


Fig. 45. Vista general de la muestra NP.

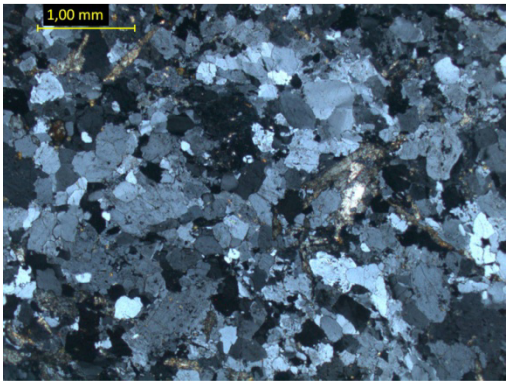


Fig. 46. Vista general de la muestra NX.

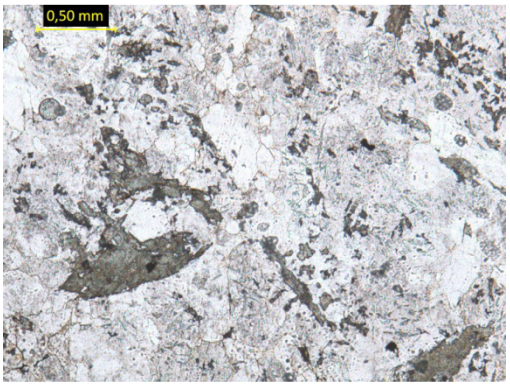


Fig. 47. Vista general, se observan cristales de anfíbol NP.

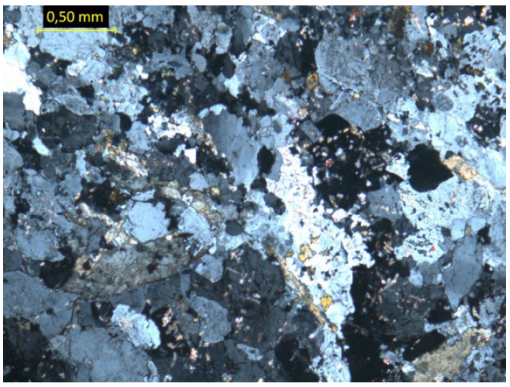


Fig. 48. Vista general, se observan cristales de anfíbol NX.

Punto de observación: 23a
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.247 **N** 1.307.211
Observaciones de campo: Se observó un pliegue isoclinal de niveles félsicos (posibles diques de tonalita o trondhjemita) dentro de la unidad de esquisto anfibólico (roca caja), se midió el plano axial del pliegue isoclinal.
Mediciones: Plano axial: N80WPv.

Fotografías:



Fig. 49. Pliegue isoclinal.

Punto de observación: 23b
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.229 **N** 1.307.226
Observaciones de campo: en la cima central del cerro El Chivo aflora un posible dique de trondhjemita dentro del dique mayor de gneis tonalítico, el contacto es abrupto aunque se observa cierta gradación. Se observa una foliación poco prominente.
Mediciones: Foliación: N75W77S. Diaclasas: N35E78S (8/m), N55W62S (3/m).

Fotografías:



Fig. 50. Cuerpo de trondhjemita dentro de la unidad de Gneis tonalítico.

Punto de observación: 24
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.159 **N** 1.307.374
Observaciones de campo: Contacto entre Gneis tonalítico y Esquisto anfibólico.

Punto de observación: 25
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.123 **N** 1.307.775
Observaciones de campo: Pequeña elevación al Norte del Cerro El Chivo, formado por

cuarzo parcialmente ahumado, formando cierta forma elipsoide cuyo eje mayor mide unos 10 m y el eje menor unos 5 m. Presenta foliación escasa.
Mediciones: Foliación: N80W80S. Diaclasa: N- S80W (10/m).

Fotografías:



Fig. 51. Pequeña elevación formada por cuarzo.

Punto de observación: 26
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.218 **N** 1.307.720
Observaciones de campo: Pequeña elevación al norte del cerro El Chivo, donde aflora un esquisto anfibólico (OCH12B) intercalado con capas más félsicas (OCH12A). En la parte oriental de la pequeña elevación aflora un dique de meta-tonalita moscovítica (OCH12C) en contacto abrupto. Se aprecia el cambio de vegetación entre las unidades del cerro El Chivo.
Mediciones: Foliación: N72W32S. Diaclasas: N5WPv (15 /m), N65E75N (4/m).

Fotografías:

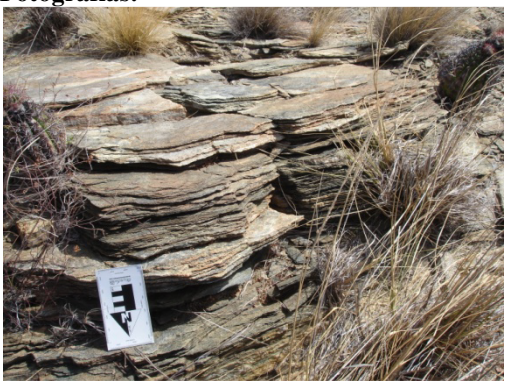


Fig. 52. Afloramiento de Esquisto anfibólico intercalado con capas más félsicas.



Fig. 53. Fragmento del dique de meta-tonalita.



Fig. 54. Cambio en la vegetación entre unidad de esquisto y gneis anfibólico y el gneis tonalítico.

Descripción de muestras de mano:
OCH12A: (Intercalación más félsica). Muestra de grano grueso, de color fresco blanco y color meteorizado blanco amarillento. Presenta textura foliada escasa, con cristales de cuarzo, plagioclasa y micas. Se observan algunos cristales de epidoto. Se puede llamar Gneis cuarzo plagioclásico micáceo (meta- tonalita).



Fig. 55. Muestra OCH12A.

OCH12B: (Intercalación mas máfica). Muestra de grano fino, color fresco verde a verde oscuro y color meteorizado de marrón a marrón rojizo. Presenta foliación esquistosa. Está formada de plagioclasas, anfíbol, cuarzo, micas (biotita, clorita, moscovita) y epidoto. Se puede denominar como esquisto plagioclásico anfibólico cuarzo micáceo.



Fig. 56. Muestra OCH12B

OCH12C: Color fresco blanco grisáceo, meteorizado verde amarillento y grano fino. Presenta textura fanerítica con cristales de cuarzo, plagioclasas y moscovita. El índice de color es de aproximadamente 15%, con micas como clorita y biotita, además de anfíbol y óxidos. Puede ser llamada meta-tonalita.



Fig. 57. Muestra OCH12C.

Descripción Petrográfica:

OCH12A: Esquisto cuarzo plagioclásico epidótico. El protolito es posiblemente una roca tonalítica rica en cuarzo. Roca de textura granonematoblástica. La muestra está formada principalmente por cuarzo policristalino anhedral e inequigranular. La plagioclasa (6-8% An), en general presenta maclado tipo Carlsbald y en menor porcentaje maclado tipo albita. Se observan cristales de mica blanca y de epidoto (entre ellos zoisita), algunos subhedrales y en su mayoría anhedrales. La muestra presenta pequeñas vetas de cuarzo, paralelas a la orientación de la foliación. De minerales accesorios posee titanita, apatito y opacos (hematita y magnetita). Los tamaños de los cristales van de 0,15 mm a 0,9 mm.

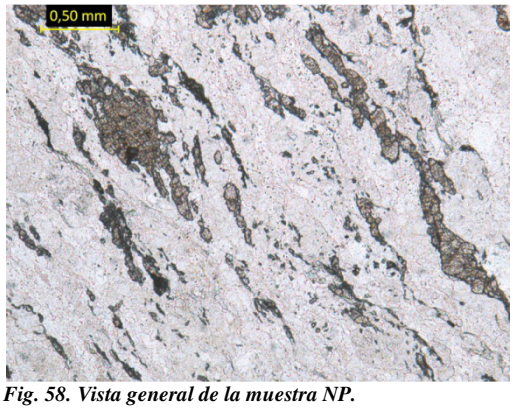


Fig. 58. Vista general de la muestra NP.

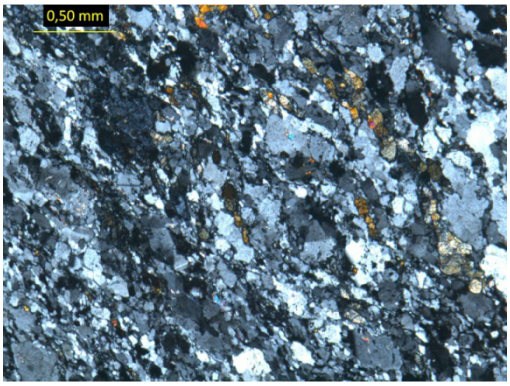


Fig. 59. Vista general de la muestra NX.

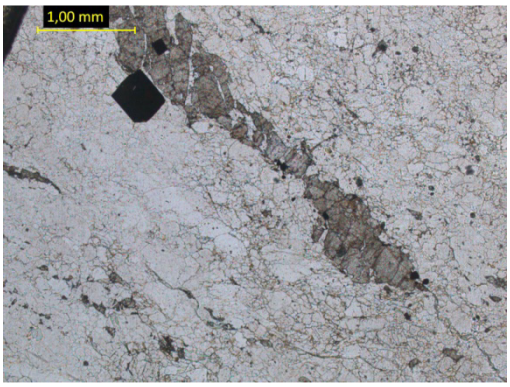


Fig. 60. Cristal de zoisita y opacos NP.

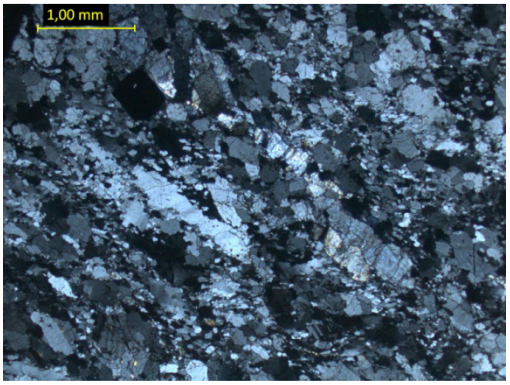


Fig. 61. Cristal de zoisita y opacos NX.

Punto de observación: 27
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.373 **N** 1.307.752
Observaciones de campo: Pequeña elevación al norte del cerro El Chivo, es la elevación más al norte de la zona. Aflora gneis plagioclásico biotítico. Y el protolito es posiblemente una diorita.
Mediciones: Foliación: N85W28S. Diaclasas: N30W78N (6/m), N40E82N (3/m).

Fotografías:



Fig. 62. Pequeña elevación donde aflora gneis plagioclásico biotítico.



Fig. 63. Vista cercana al afloramiento.

Punto de observación: 28
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.382 **N** 1.307.780
Observaciones de campo: Al norte de la elevación anterior aflora un contacto de falla entre un esquisto anfibólico (OCH13A) y un gneis plagioclásico. También se observa una brecha metamorfizada (OCH13C). El esquisto anfibólico se encuentra infra-yacente al gneis plagioclásico.
Mediciones: Foliación: N80E20S. Plano de falla: N72W32S.

Fotografías:



Fig. 64. Afloramiento de contacto de falla.

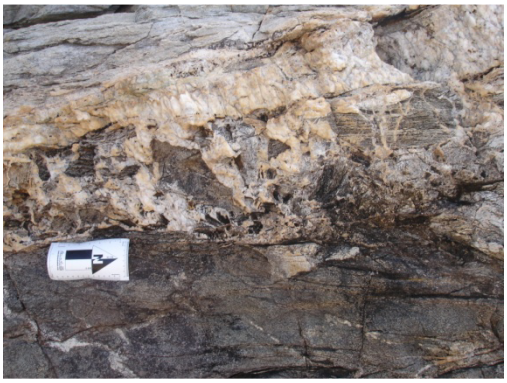


Fig. 65. Contacto de falla.

Descripción de muestras de mano:
OCH13A: Muestra de color fresco gris verdoso, color meteorizado de marrón a verde. Roca de grano fino con foliación esquistosa y textura nematoblástica. La mineralogía observada consiste en anfíbol, plagioclasa, cuarzo y micas. Se denomina como Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo micáceo.



Fig.66. Muestra OCH13A.

OCH13B: Muestra de color fresco gris claro, color meteorizado marrón rojizo. Roca de grano fino con foliación gnéisica. Se observan cristales alargados de plagioclasa y de cuarzo, micas (moscovita y clorita) y anfíbol. Se denomina gneis plagioclásico cuarzo micáceo anfibólico.



Fig. 67. Muestra OCH13B.

OCH13C: Color fresco gris rojizo, meteorizado marrón rojizo. Roca de grano fino, los cristales no presentan orientación preferencial. La mineralogía observada es básicamente plagioclasa, cuarzo, micas (moscovita y clorita) y anfíbol. Presenta un plano con aspecto de espejo de falla. Se denomina como brecha de falla.



Fig. 68. Muestra OCH13C.

Reconocimiento del cerro Cabecera, sector oriental de la isla La Orchila. (20/03/2015)

Punto de observación: 29
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.899 **N** 1.307.978
Observaciones de campo: Aflora un esquisto cuarzo plagioclásico anfibólico biotítico (OCH14A). En principio es zona de derrubio como indica el mapa cuaternario. La roca descrita es la roca caja, mientras que también presenta diques de pegmatita de 8cm a 25 cm de espesor (OCH14B).
Mediciones: Foliación: N25E35S.

Fotografías:



Fig. 69. Vista del afloramiento con dique de pegmatita.



Fig. 70. Afloramiento de esquisto cuarzo plagioclásico anfibólico biotítico.



Fig. 71. Detalle del dique de pegmatita.

Descripción de muestras de mano:

OCH14A: Roca de grano fino, de color fresco gris claro y meteorizado marrón verdoso con foliación esquistosa. Presenta nematoblástos de plagioclasas, además se observan cristales de cuarzo y biotita. La roca puede llamarse como Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico.



Fig. 72. Muestra OCH14A.

OCH14B: Color fresco blanco, meteorizado blanco amarillento. Roca de grano muy grueso, compuesta por cuarzo en su mayoría, plagioclasa y moscovita. Se denomina como Pegmatita.



Fig. 73. Muestra OCH14B.

Descripción Petrográfica:

OCH14A: Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico epidótico. El protolito es posiblemente una tonalita. Roca de foliación esquistosa y textura granolepidoblástica y granonematoblástica. El tamaño promedio de los cristales va de 0,1 mm a 0,9 mm. Está formada por cuarzo policristalino y plagioclasa (7- 9% An). Presenta cristales de biotita, además de moscovita de menor tamaño. Se observan cristales euhedrales y subhedrales de epidoto (entre ellos zoisita). De minerales accesorios presenta titanita y opacos (hematita y magnetita). Se observan pequeños cristales de granate.

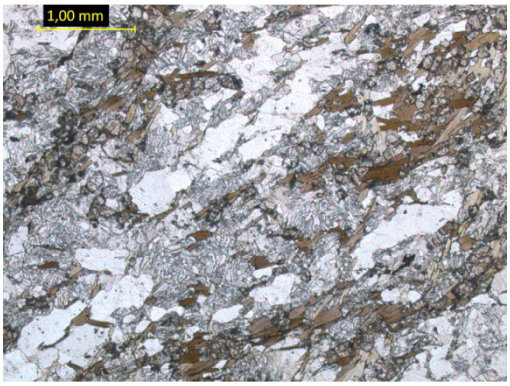


Fig. 74. Vista general de la muestra NP.

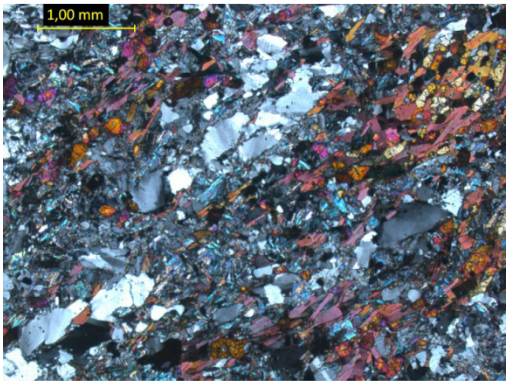


Fig. 75. Vista general de la muestra NX.

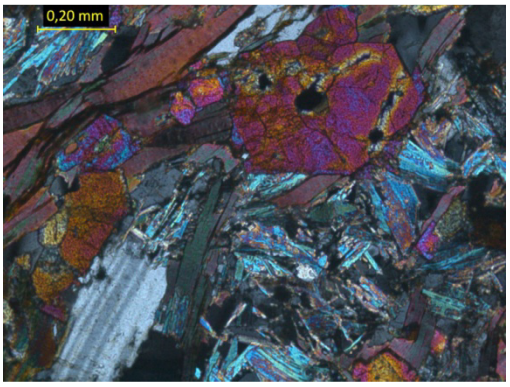


Fig. 76. Vista de la muestra donde se observan cristales de epidoto, biotita, moscovita y plagioclasas.

Punto de observación: 30
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.917 **N** 1.308.039
Observaciones de campo: Roca con el mismo contenido mineralógico que el encontrado en el punto 29 pero con foliación gnéisica. Presenta formas de "augen" de minerales máficos sin diferenciar. Se observan diques de pegmatita que deben ser previos a la deformación que ocasionó la foliación.
Fotografías:



Fig. 77. Vista del afloramiento, se observan los diques de pegmatita.



Fig. 78. Vista a detalle del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH15: Muestra de color fresco gris y color meteorizado marrón verdoso. Posee grano fino y textura gnéisica, con augen o lentes de minerales máficos (posiblemente anfíbol), además de cristales de cuarzo, plagioclasa y biotita. Se puede denominar como gneis cuarzo plagioclásico biotítico anfibólico.



Fig. 79. Muestra OCH15.

Punto de observación: 31
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.930 **N** 1.308.189
Observaciones de campo: La Roca caja es la misma que la encontrada en el punto anterior (OCH16A). Afloran diques de aplita (OCH16B) paralelos a los planos de diaclasa de menor frecuencia. Son de unos 10 cm de espesor y están separados cada 2 m. **Mediciones:** Foliación: N80W27N. Diaclasas: N47E85S (3/m), N55WPv (10/m).

Fotografías:



Fig. 80. Afloramiento cruzado por un dique de aplita.



Fig. 81. Vista general del afloramiento.

Descripción de muestras de mano:

OCH16A: Muestra de grano medio, color fresco gris claro, color meteorizado gris oscuro y marrón, presenta foliación gnéisica. Está formada principalmente de cuarzo, plagioclasas y moscovita. También se observan cristales de anfíbol, biotita, clorita y epidoto. Se denomina Gneis cuarzo plagioclásico micáceo.



Fig. 82. Muestra OCH16A.

OCH16B: Color fresco blanco, color meteorizado blanco y amarillo. Roca de grano fino de textura fanerítica, con cristales de cuarzo, plagioclasa, moscovita y óxidos. Se puede denominar como Aplita (meta- tonalita).



Fig. 83. Muestra OCH16B.

Descripción petrográfica:

OCH16B: Aplita (meta-microtonalita). Roca equigranular, alotrimorfa, de grano fino. Está formada principalmente por cuarzo policristalino y plagioclasa (6- 8% An). La plagioclasa presenta textura de zonación, y algunas presentan sericitización. En menor cantidad se observan cristales de microclino, no mayor a 2%. El tamaño promedio de los cristales va de 0,2 mm a 0,9 mm. Presenta cristales de moscovita y de epidoto. De minerales accesorios se observa titanita y apatito.



Fig. 84. Vista general de la muestra NP.

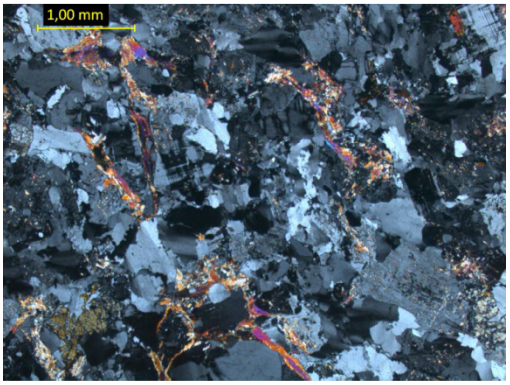


Fig. 85. Vista general de la muestra NX.

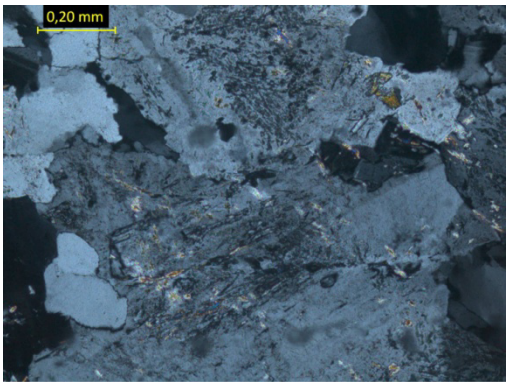


Fig. 86. Cristales de plagioclasa alterados NX.

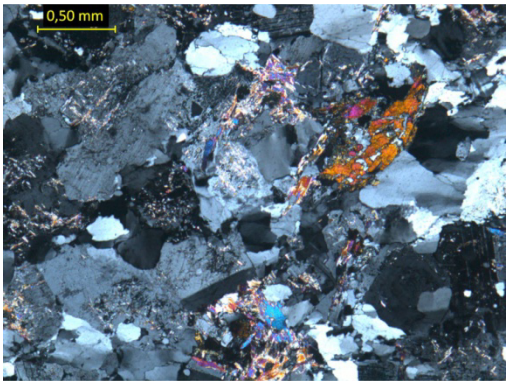


Fig. 87. Vista general de la muestra NX.

Punto de observación: 32
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.895 **N** 1.308.226
Observaciones de campo: Aflora un gneis granatífero. Presenta granates de hasta 1 cm de diámetro, en promedio miden 0,5 cm. Se tomó muestra OCH17.

Descripción de muestra de mano:
OCH17: Roca de color fresco gris y color meteorizado marrón. Se observa cierta textura lepidoblástica con foliación esquistosa, de grano fino. Contiene cristales de cuarzo, plagioclasa, moscovita, biotita y granate que varía de 0,5 cm hasta 1 cm de diámetro. Se puede llamar Esquisto cuarzo plagioclásico micáceo granatífero.



Fig. 88. Muestra OCH17.

Descripción petrográfica:
OCH17: Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico. El protolito probable es una tonalita. Muestra de textura granolepidoblástica y granonematoblástica, de fábrica inequigranular seriada en general. Está formada principalmente por cuarzo policristalino y plagioclasas (5- 7% An). Presenta un 4% de cristales de microclino. Las micas presentan orientación preferencial bien marcada, la biotita es mucho más abundante que la moscovita y presenta pleocroísmo de pardo pálido a pardo fuerte. Presenta un 4% de minerales de epidoto. Los minerales accesorios observados fueron titanita y apatito. El tamaño promedio de los granos es de 0,4 mm y va desde 0,1 mm hasta 0,8 mm.

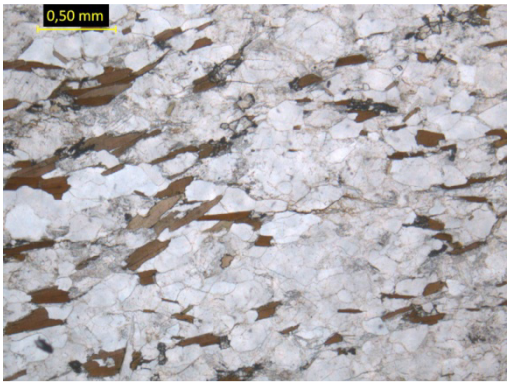


Fig. 89. Vista general de la muestra NP.

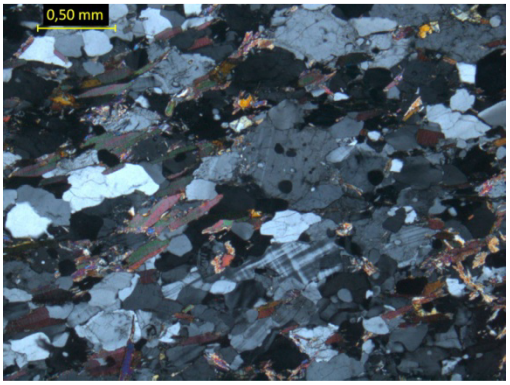


Fig. 90. Vista general de la muestra NX.

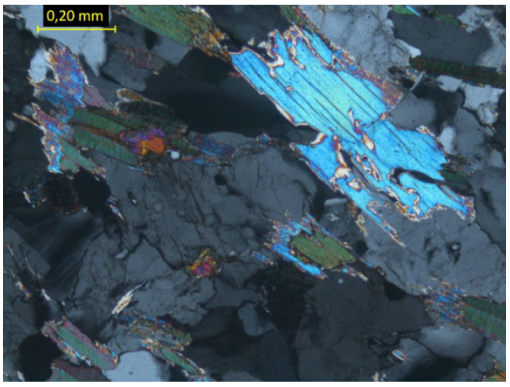


Fig. 91. Moscovita y epidoto NX.

Punto de observación: 33
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.887 **N** 1.308.319
Observaciones de campo: Aflora esquisto cuarzo plagioclásico anfibólico. Comparando con el punto 32, éste posee mayor índice de color (más máfico).
Mediciones: Foliación: E-W42N. Diaclasa: N10W80N (3/m).

Fotografías:



Fig. 92. Vista general del afloramiento.



Fig. 93. Vista general del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH18: Color fresco gris verdoso, color meteorizado marrón, roca de grano medio con textura nematoblástica y foliación esquistosa. Compuesto por cuarzo, plagioclasas, anfíbol y biotita. Puede denominarse Esquisto cuarzo plagioclásico anfibólico biotítico.



Fig. 94. Muestra OCH18.

Punto de observación: 34
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.854 **N** 1.308.452
Observaciones de campo: Afloran gneises y esquistos anfibólicos (OCH19A), con algunos cuerpos de anfibolita (OCH19B). La roca presenta zonas epidotizadas (epidositas) con superficie de 0,5 mm de espesor en algunas zonas de diaclasa. También se observan pliegues isoclinales centimétricos.
Mediciones: Foliación: N38E68N. Diaclasas: N75W78S (4/m), N-S75W (6/m).

Fotografías:



Fig. 95. Vista de la zona de afloramiento.



Fig. 96. Vista del afloramiento.

Descripción de muestras de mano:

OCH19A: Muestra de color fresco verde, color meteorizado verde y marrón. Roca de grano grueso, de textura nematoblástica y foliación gnéisica. Presenta cristales alargados de plagioclasa, el afíbol presenta hábito acicular con orientación preferencial en los cristales. También se observan cristales de mica, cuarzo y epidoto. Puede nombrarse como gneis anfibólico plagioclásico micáceo cuarzo epidótico.



Fig. 97. Muestra OCH19A.

OCH19B: Roca de color meteorizado marrón rojizo, y color fresco verde oscuro. Presenta grano muy grueso y está compuesta en su mayoría por minerales de anfíbol y pocos cristales de plagioclasa. También se observan cristales de epidoto y clorita. Anfibolita.



Fig. 98. Muestra OCH19B.

Descripción Petrográfica:

OCH19A: Gneis anfibólico plagioclásico epidótico. El protolito de esta roca podría ser un gabro. Roca de textura nematoblástica, fábrica alotrimorfa y foliación gnéisica. Los minerales más abundantes son los anfíboles, pleocróicos de pardo pálido a verde, en su mayoría presentados como cristales alargados y orientados (posiblemente hornblenda). La plagioclasa se encuentra en parte sericitizada, y no se le pudo determinar el porcentaje de An. Otro anfíbol que se observa es actinolita, en pequeños cristales aciculares y pleocroica de verde pálido a incolora. En menor porcentaje se observa cuarzo, mica blanca, clorita, cuarzo y epidoto. De minerales accesorios se observa titanita, rutilo y apatito. El tamaño promedio de los cristales es de 1,2 mm.



Fig. 99. Vista general de la muestra NP.

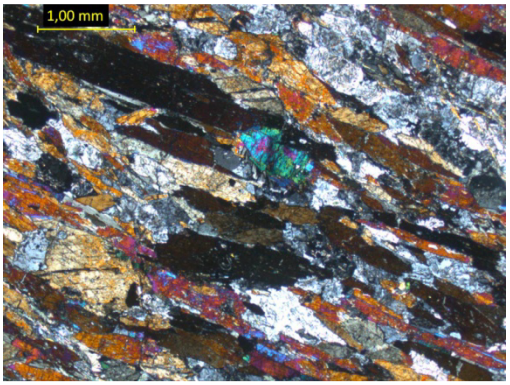


Fig. 100. Vista general de la muestra NX.

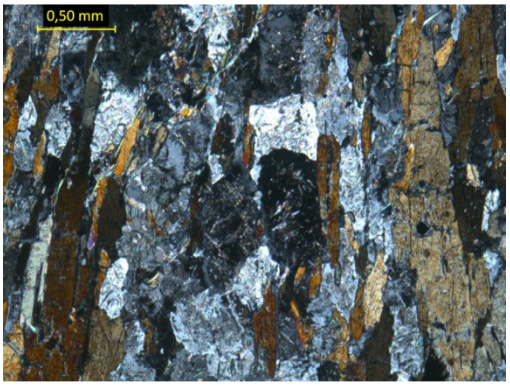


Fig. 101. Vista de plagioclasas sericitizadas y cristales de anfíbol, NX.

Punto de observación: 35
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.942 **N** 1.308.378
Observaciones de campo: Se observa morfología de ensilladura de falla, posible contacto por el cauce de la pequeña quebrada, entre la unidad de gneis y esquisto cuarzo plagioclásico (OCH20A), al sur y la unidad de esquisto anfibólico (OCH20B), al norte.
Fotografías:



Fig. 102. Morfología de ensilladura, en la parte más alta se observa unidad máfica y en la parte más baja la unidad félsica.

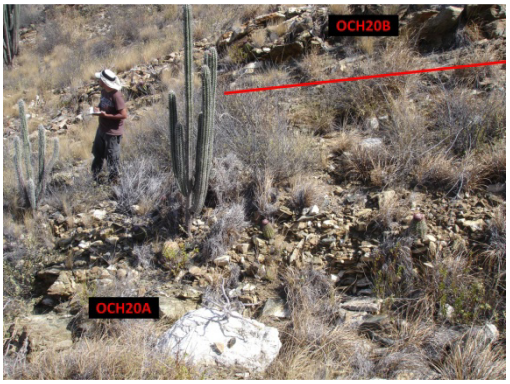


Fig. 103. Contacto entre unidades por el cauce de la quebrada.

Descripción de muestras de mano:
OCH20A: Color fresco blanco amarillento, color meteorizado de marrón claro a marrón rojizo. Roca de grano fino y foliación esquistosa, presenta cristales de cuarzo, plagioclasa, anfíbol y biotita. También presenta granates de hasta 2mm. Puede llamarse esquisto cuarzo plagioclásico anfibólico granatífero.



Fig. 104. Muestra OCH20A.

OCH20B: Roca de color fresco verde claro y color meteorizado marrón a verde oscuro. La muestra presenta textura nematoblástica con grano fino y foliación esquistosa. La mineralogía consiste en anfíbol, plagioclasa, cuarzo, mica y epidoto. Puede llamarse como esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo micáceo epidótico.



Fig. 105. Muestra OCH20B.

Descripciones petrográficas:

OCH20A: Esquisto cuarzo plagioclásico granatífero. El protolito es posiblemente una tonalita. Muestra de textura granoblástica y fábrica alotrimorfa, los cristales miden unos 0,3mm en promedio. En general presenta foliación poco visible bajo el microscopio. Está formada por cuarzo policristalino y plagioclasa (5% An). Algunos cristales de plagioclasa presentan escasa sericitización. El epidoto representa un 3% aproximado en la muestra. Se observan cristales de biotita (cloritizada) con pleocroísmo de pardo oscuro a pardo pálido. La muestra presenta un cristal de granate subhedral y con textura poiquiloblástica de aproximadamente 2 mm de diámetro. Se observan pequeños cristales de anfíbol verde azulado (barroisita). De minerales accesorios se aprecian titanita, apatito y opacos (hematita y magnetita).

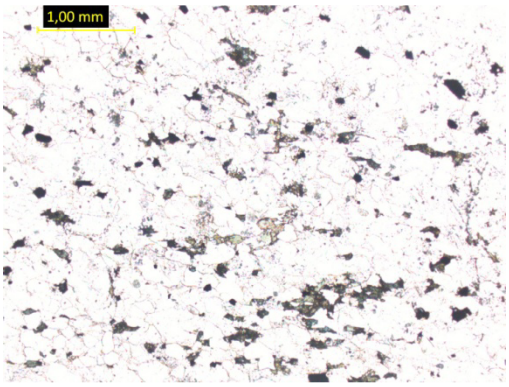


Fig. 106. Vista general de la muestra NP.

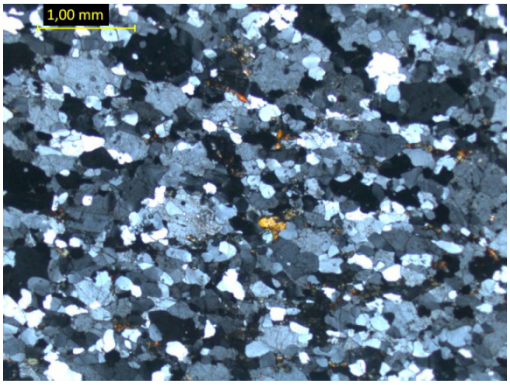


Fig. 107. Vista general de la muestra NX.

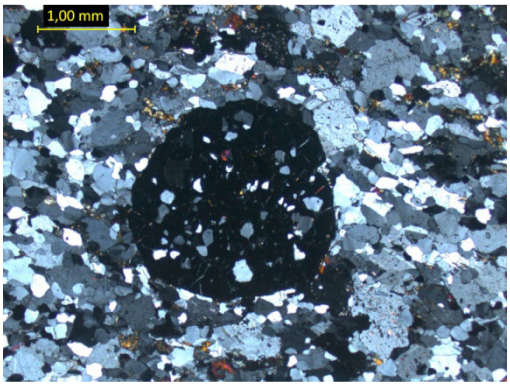


Fig. 108. Cristal de granate NX.

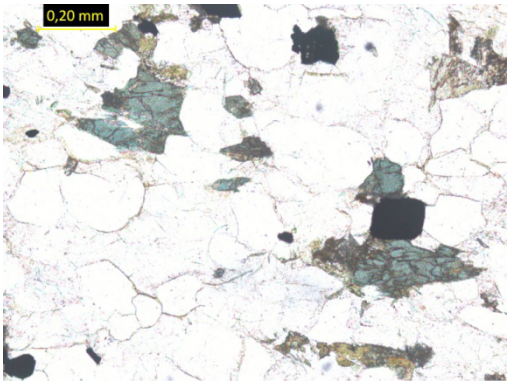


Fig. 109. Vista de cristales de barroisita y opacos, NP.

OCH20B: Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico. El protolito debe ser gabro o diorita. Roca de textura nematoblástica y foliación esquistosa. Es inequigranular y los cristales van desde 0,3mm hasta los 2,5 mm. En su mayoría se observan cristales de anfíbol pleocroico de pardo pálido a verde (posiblemente hornblenda) en forma de cristales alargados. La plagioclasa (6- 8% An) y el cuarzo policristalino también están presente. Se logran diferenciar pequeños cristales de epidoto al igual que de moscovita

en menor porcentaje. De minerales accesorios se observa titanita y apatito.

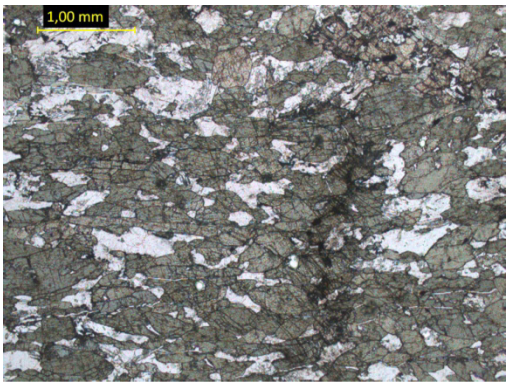


Fig. 110. Vista general de la muestra NP.

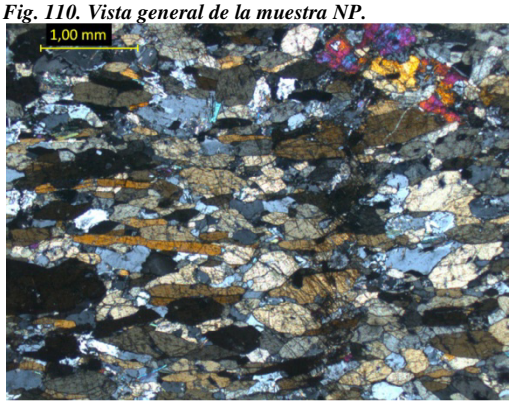


Fig. 111. Vista general de la muestra NX.



Fig. 112. Vista de cristales de anfíbol, NX.

Punto de observación: 40
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.056 **N** 1.308.479
Observaciones de campo: Aflora dique de meta-gabro previo a la foliación. También se observan diques de aplita plegados isoclinalmente (cortan al dique de meta-gabro).
Mediciones: Foliación: N80W47N. Diaclasa: N80E88S (2/m). Dique de meta-gabro: N70E25N.

Fotografías:



Fig. 113. Afloramiento del dique de meta-gabro.



Fig. 114. Vista del dique de meta-gabro.

Descripción de muestra de mano:
OCH21: Color fresco verde, color meteorizado marrón y verde oscuro. Muestra de foliación poco prominente y de grano grueso. Presenta porfidoblástos de plagioclasas. El mineral más abundante es el anfíbol, además se observan cuarzo y granates. La muestra se puede denominar como meta-gabro.



Fig. 115. Muestra OCH21.

Descripción Petrográfica:
OCH21: Meta-gabro. Roca de grano grueso, de foliación poco prominente, la fábrica es inequigranular en general. Una zona de la muestra presenta textura nematoblástica y otra granonematoblástica. El mineral más abundante es el anfíbol con pleocroísmo de pardo pálido a verde (posiblemente hornblenda). Presenta cristales de plagioclasa (5% An) con algunos poiquiloblástos de la misma. También se pueden observar cristales de cuarzo policristalino. En menor porcentaje se observan cristales de epidoto y mica blanca. De minerales accesorios se observa hematita, apatito y titanita. El tamaño promedio de los cristales es de 0,7 mm.

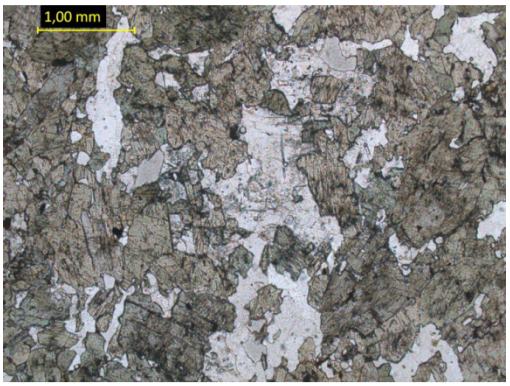


Fig. 116. Vista general de la muestra NP.

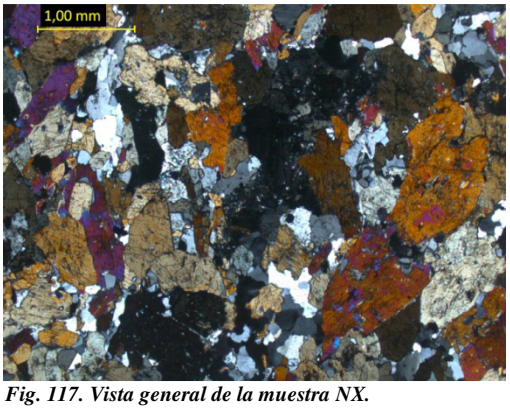


Fig. 117. Vista general de la muestra NX.

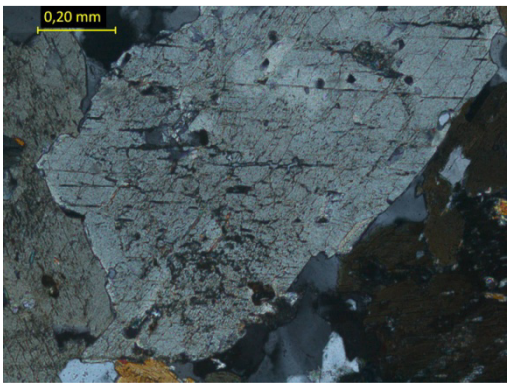


Fig. 118. Cristal de anfíbol, NX.

Punto de observación: 41
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.237 **N** 1.308.267
Observaciones de campo: Posible contacto, quebrada y ensilladura al este entre la unidad de gneises y esquistos anfibólicos (norte) y esquisto cuarzo plagioclásico (sur). El contacto debe ser pre-metamorfismo, ya que la foliación es concordante entre ambas unidades. Aflora un dique de aplita paralelo a la foliación. Solo se tomó muestra del esquisto cuarzo plagioclásico.
Mediciones: Foliación: E-W48N.

Fotografía:


Fig. 119. Vista del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH22: Color fresco gris, color meteorizado gris claro y marrón claro. Presenta grano fino y foliación esquistosa. Se observan cristales de cuarzo, plagioclasa, biotita, anfíbol y granate. La muestra también presenta minerales de hábito fibroso (posiblemente crisotilo) en forma de péquelas vetas. Puede denominarse esquisto cuarzo plagioclásico biotítico anfibólico granatífero.



Fig. 120. Muestra OCH22.

Punto de observación: 42
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.273 **N** 1.308.130
Observaciones de campo: Misma unidad intermedia-félsica. Aflora dique de aplita de aproximadamente 30 cm de espesor, desplazado.
Mediciones: Foliación: N80E25N.

Fotografía:



Fig. 121. Vista del afloramiento.

Punto de observación: 43
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.465 **N** 1.308.222
Observaciones de campo: Aflora nuevamente esquisto anfibólico de grano fino (el contacto está en la quebrada encontrada entre los puntos 42 y 43).

Fotografías:

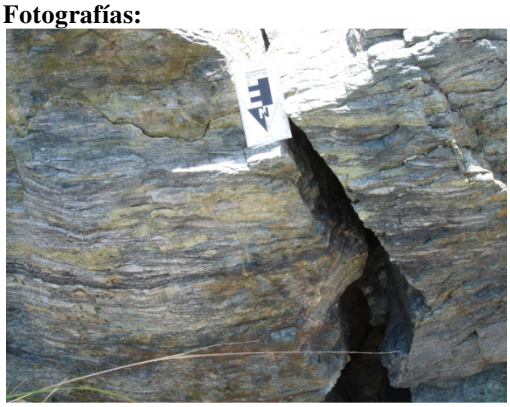


Fig. 122. Vista del afloramiento.



Fig. 123. Vista del contacto entre unidades.

Punto de observación: 44
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.533 **N** 1.308.249
Observaciones de campo: Aflora dique de aplita de 12 cm de espesor con bordes muy abruptos.
Mediciones: Foliación: N55W30N. Dique de aplita: E-W40S.

Fotografía:



Fig. 124. Vista del afloramiento.

Punto de observación: 45
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.611 **N** 1.308.275
Observaciones de campo: Punto junto a la costa, aflora terraza coralina de más de 2 m de espesor aproximadamente.

Fotografías:



Fig. 125. Vista de la terraza coralina.



Fig. 126. Vista de la terraza coralina.

Punto de observación: 46
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.664 **N** 1.308.001
Observaciones de campo: Aflora esquisto anfibólico (tiene alto contenido de plagioclasa).
Mediciones: Foliación: N50W25S. Diaclasas: N50W65N (5/m), N58E52N (3/m).

Fotografías:



Fig. 127. Vista general del afloramiento.



Fig. 128. Vista detallada del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH23: Muestra de color fresco gris claro, color meteorizado marrón y gris. Roca de grano fino y foliación esquistosa. Contiene cristales de plagioclasa, cuarzo, anfíbol y mica (mica blanca y biotita). Se puede clasificar como esquisto plagioclásico anfibólico cuarzo micáceo.



Fig. 129. Muestra OCH23.

Descripción Petrográfica:

OCH23: Esquisto anfibólico plagioclásico biotítico granatífero. El protolito es una roca intermedia como una andecita. Muestra de foliación esquistosa. La muestra se divide en dos zonas, ya que presenta lo que aparenta ser un dique de aproximadamente 8 mm de espesor. La roca caja tiene textura porfidoblástica; los porfidoblástos son cristales de granate de hasta 2,5 mm de diámetro y se encuentran suavemente deformados paralelos a la foliación. El mineral más abundante en la matriz de esta zona es en anfíbol pleocróico de verde a pardo pálido (posiblemente hornblenda) el cuál le da cierta textura granonematoblástica a la matriz. Otro mineral abundante es la plagioclasa (8- 10% An), además de presentar cuarzo, epidoto y biotita (algo cloritizada) pleocroica de pardo a pardo pálido). La zona del dique es de grano más fino y presenta textura granolepidoblástica, formada por cuarzo policristalino y plagioclasas. Los lepidoblástos son de biotita y cristales alargados del grupo del epidoto, además de pequeños cristales de moscovita. De minerales accesorios en toda la muestra se observa titanita, apatito, rutilo y opacos (hematita). El tamaño promedio de los cristales es de 0,2 mm.

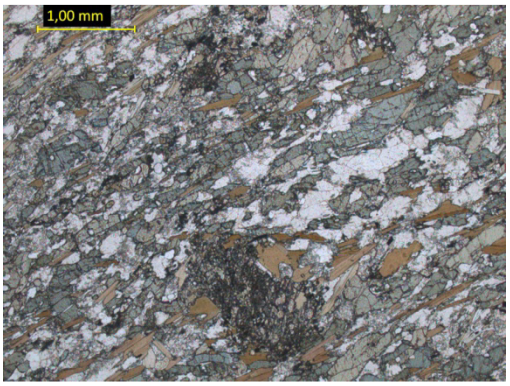


Fig. 130. Vista de la roca caja NP.

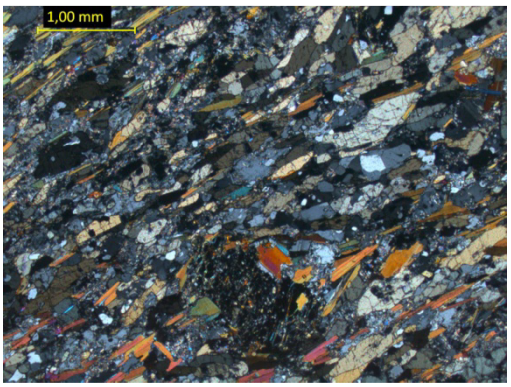


Fig. 131. Vista de la roca caja NX.

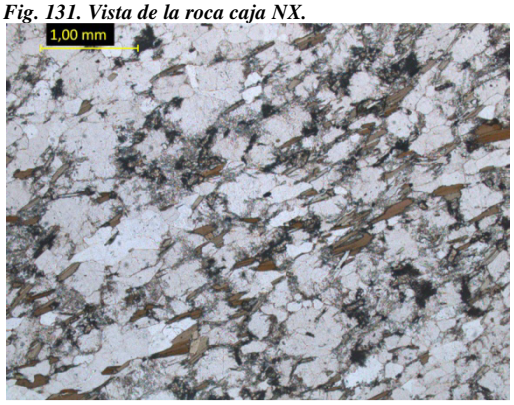


Fig. 132. Vista del dique NP.

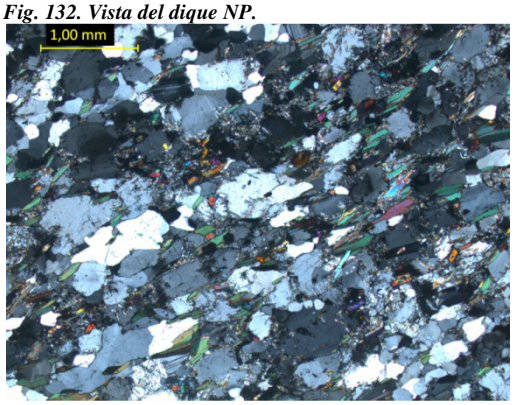


Fig. 133. Vista del dique NX.

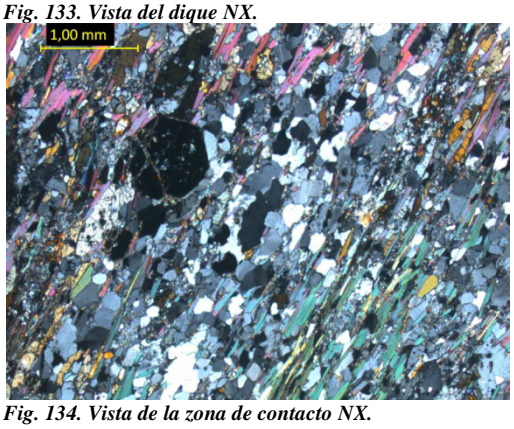


Fig. 134. Vista de la zona de contacto NX.

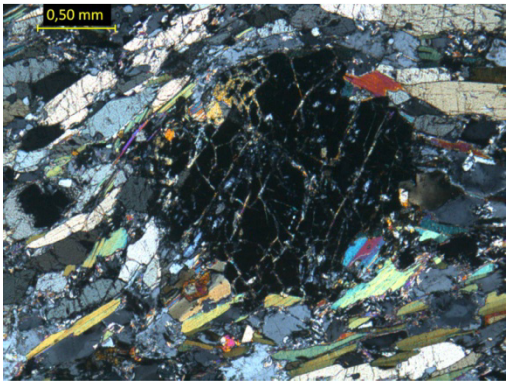


Fig. 135. Cristal de granate NX.

Punto de observación: 47
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.675 **N** 1.307.876
Observaciones de campo: Aflora unidad intermedia. Presenta nivel máfico (OCH24) dentro de la unidad de unos 4m de espesor, aparenta ser una intercalación.
Mediciones: Foliación: N40W32S. Diaclasas: N10W84S (3/m), N80E73S (5/m).

Fotografía:



Fig. 136. Afloramiento de nivel máfico.

Descripción de muestra de mano:
OCH24: Color fresco verde oscuro, color meteorizado de verde a marrón. Roca de grano grueso, de aspecto esquistoso, con cristales elongados de plagioclasa, presenta anfíbol, cuarzo y biotita. Se puede nombrar como esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo micáceo.



Fig. 137. Muestra OCH24.

Punto de observación: 48
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.558 **N** 1.307.616
Observaciones de campo: Aflora litología igual al punto 47. Roca intermedia con nivel máfico granatífero.
Mediciones: Foliación: N80W32S. Diaclasas: N70E75N (4/m), N30E82N (5/m).

Fotografías:



Fig. 138. Afloramiento de nivel máfico en unidad intermedia.



Fig. 139. Vista a detalle de nivel máfico.

Descripción de muestra de mano:

OCH25: Muestra de color fresco verde, color meteorizado marrón y verde. Grano fino y foliación esquistosa. La mineralogía presente consiste en anfíbol (hornblenda en su mayoría), plagioclasa, cuarzo, mica y granate. La muestra presenta una pequeña veta de cuarzo de 0,5 cm de espesor. Se puede clasificar como Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo micáceo granatífero.



Fig. 140. Muestra OCH25.

Descripción Petrográfica:

OCH25: Esquisto cuarzo anfibólico plagioclásico granatífero epidótico. El protolito es posiblemente un gabro rico en cuarzo. Muestra de foliación esquistosa y textura granonematoblástica. Está formado principalmente por cuarzo policristalino, el cual se presenta en forma granoblástica y en vetas de hasta 0,5 cm. Otro mineral abundante es el anfíbol, pleocroico de pardo pálido a pardo verdoso (posiblemente hornblenda). La plagioclasa está en el orden de la albitaa y se encuentra en parte epidotizada (se encuentran cristales de zoisita). Presenta también moscovita y granates de hasta 2,4 mm, los cuales se encuentran deformados. El tamaño promedio de los cristales en la muestra es de 0,25 mm. De minerales accesorios se aprecia apatito, titanita y hematita.

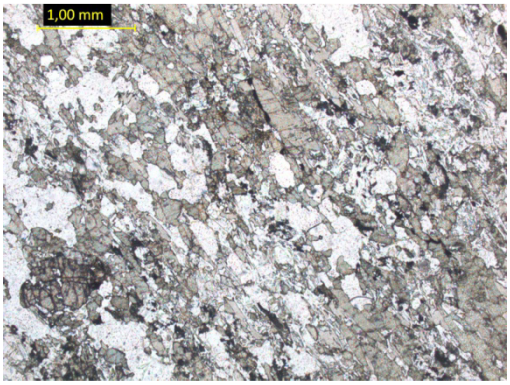


Fig. 141. Vista general de la muestra NP.

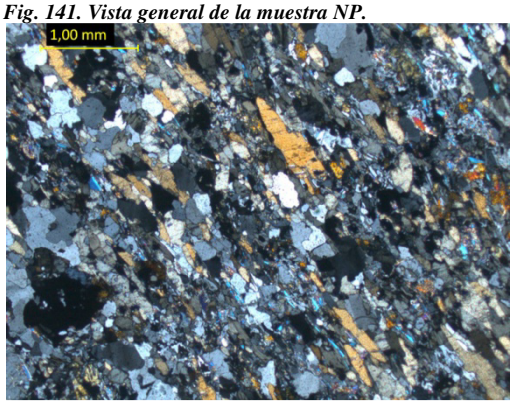


Fig. 142. Vista general de la muestra NX.

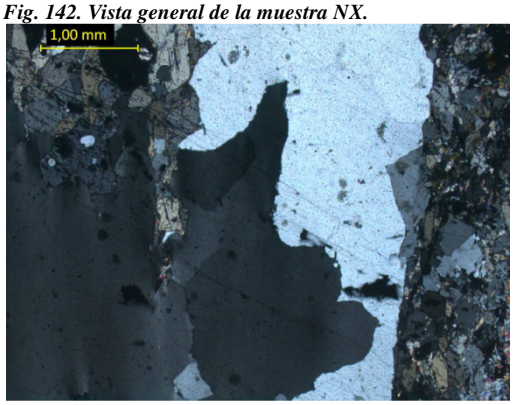


Fig. 143. Veta de cuarzo NX.

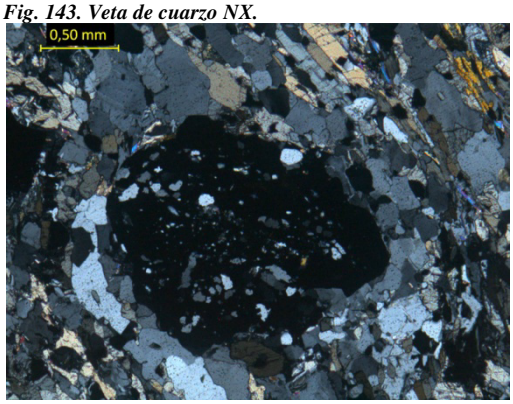


Fig. 144. Cristal de granate NX.

Punto de observación: 49
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.532 **N** 1.307.645
Observaciones de campo: Punto de posible contacto entre máfico de grano grueso y roca intermedia.
Mediciones: Foliación: N73W60S.

Fotografía:



Fig. 145. Vista general del afloramiento.

Punto de observación: 50
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.231 **N** 1.307.848
Observaciones de campo: Punto de observación y medición.
Mediciones: Foliación: N40W15S. Diaclasas: N25E78N (4/m), N55W65N (2/m).

Fotografías:



Fig. 146. Vista de la parte norte del cerro El Chivo.



Fig. 147. Vista desde el punto de observación hacia el cerro Cabecera.

Punto de observación: 51
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.232 **N** 1.307.954
Observaciones de campo: Cumbre central del cerro Cabecera.
Mediciones: Foliación: N60W15N.

Fotografías:



Fig. 148. Vista del afloramiento.



Fig. 149. Cumbre central del cerro Cabecera.

Punto de observación: 52
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.165 **N** 1.308.001
Observaciones de campo: Punto donde se recolectó antigua muestra para geocronología por el Dr. Urbani. Dicha datación dio como resultado Pérmico. Se tomó muestra para desgaste los ángeles (OCH26).
Mediciones: Foliación: N80W21N. Diaclasas: N15E85S (12/m), N45W75S (2/m).

Fotografía:



Fig. 150. Vista del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH26: Muestra de color fresco gris claro, meteorizado gris oscuro y marrón. Muestra de grano fino y foliación esquistosa. Presenta cristales de cuarzo, plagioclasa, biotita y mica blanca. Puede clasificarse como esquisto cuarzo plagioclásico micáceo.



Fig. 151. Muestra OCH26.

Descripción Petrográfica:
OCH26: Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico. El protolito es una granodiorita biotítica. Roca de textura granolepidoblástica y foliación esquistosa, de fábrica inequigranular. Los cristales en promedio miden unos 0,3mm. Está formada principalmente por cuarzo policristalino y plagioclasas en el orden de la albita. También se observan cristales de microclino. La plagioclasa se encuentra alterada y algunos cristales presentan una textura poiquiloblástica. Los lepidoblástos son de biotita (pleocróica de pardo a pardo pálido) y epidoto. También se observan pequeños cristales de moscovita. De minerales accesorios presenta titanita y apatito.

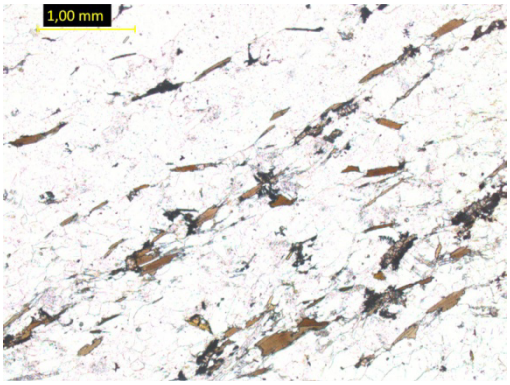


Fig. 152. Vista general de la muestra NP.

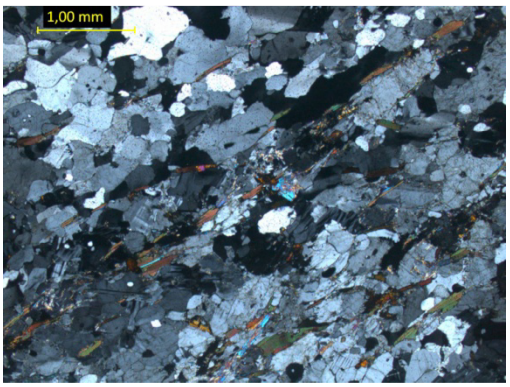


Fig.153. Vista general de la muestra NX.

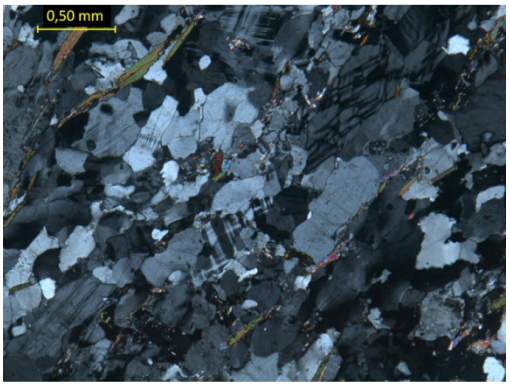


Fig. 154. Vista de la muestra, se aprecian cristales de microclino, NX.

Punto de observación: 53
Unidad:
Coordenadas UTM: E 815.125 **N** 1.307.863
Observaciones de campo: Se recolectó muestra para realizar futuro estudio de geocronología.

Descripción de muestra de mano:
OCH27: Color fresco gris claro, color meteorizado gris. Roca de grano medio a fino, posee porfidoblástos de plagioclasas, cristales de cuarzo, moscovita y biotita. Puede llamarse esquisto cuarzo plagioclásico micáceo.



Fig. 155. Muestra OCH27.

Descripción Petrográfica:
OCH27: Esquisto cuarzo plagioclásico micáceo epidótico. El protolito podría ser una tonalita biotítica. Roca de foliación esquistosa, fábrica inequigranular y textura granolepidoblástica. El tamaño promedio de los cristales es de 0,25 mm. Está formada principalmente por cuarzo policristalino. La plagioclasa (5- 7% An) es también abundante. La mayoría de la plagioclasa se encuentra sericitizada. Las micas también presentan abundancia, tanto la biotita (pleocroica de pardo oscuro a pardo pálido) como la moscovita. Otro mineral que se aprecia es el epidoto y alrededor de 1% de calcita. De minerales accesorios se observan titanita, circón y apatito.

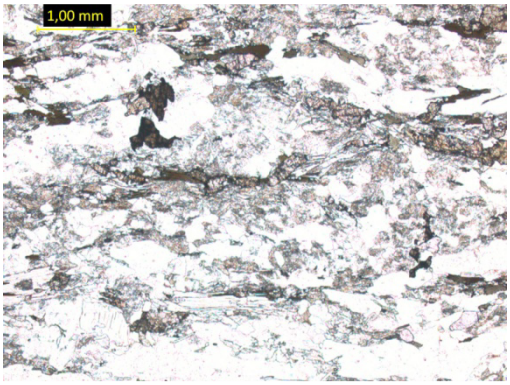


Fig. 156. Vista general de la muestra NP.

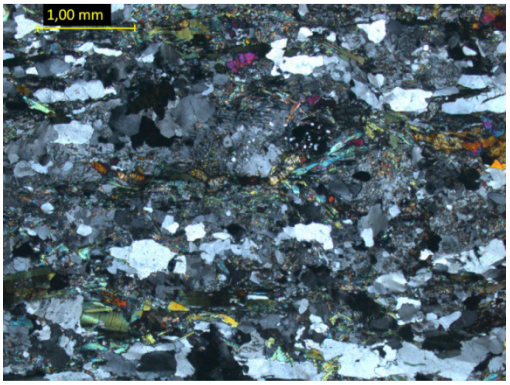


Fig. 157. Vista general de la muestra NX.

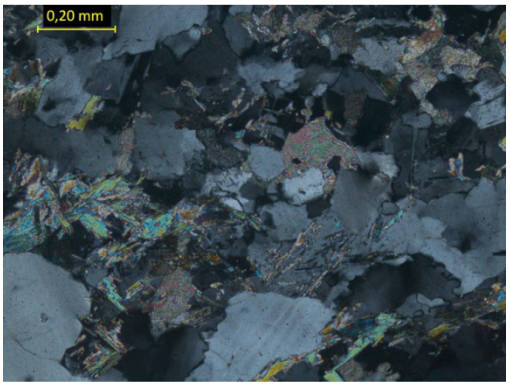


Fig. 158. Cristales de calcita, NX.

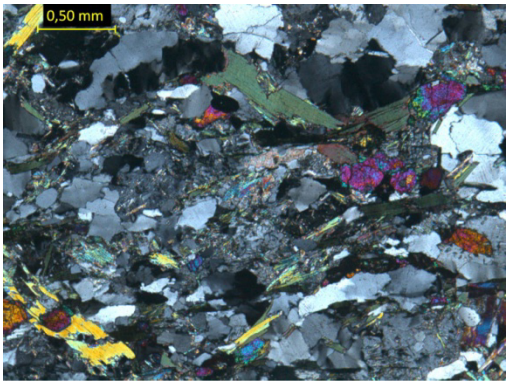


Fig. 159. Vista de la muestra, NX.

Reconocimiento del cerro Spoter, sector central de la isla La Orchila. (20/03/2015)

Punto de observación: 54
Unidad:
Coordenadas UTM: E 811.549 **N** 1.306.438
Observaciones de campo: Aflora peridotita serpentinizada en corte de carretera cercano a la cumbre del cerro Spoter. La roca está bastante meteorizada y blanda. Se tomo la muestra más fresca posible (OCH28).

Mediciones: Diaclasas: N33E76S (3/m), N57W53N (5/m).

Fotografías:



Fig. 160. Vista de la carretera del cerro Spoter.



Fig. 161. Vista general del afloramiento.



Fig. 162. Vista detallada del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH28: Color fresco negro y verde, color meteorizado marrón rojizo. Roca de textura fanerítica. Presenta cristales de olivino y minerales máficos sin diferenciar. La roca se encuentra serpentinizada. (La roca se encuentra muy meteorizada y presenta arcilla

en su parte menos fresca). Puede llamarse como peridotita serpentinizada.



Fig. 163. Muestra OCH28.

Descripción Petrográfica:
OCH28: Lherzolita serpentinizada. Muestra de textura fanerítica, grano grueso. Presenta serpentinización. Los cristales de olivino miden hasta 2 mm y se encuentran cortados y rodeados de serpentina. El ortopiroxeno (enstatita) se encuentran también alterados, aunque la textura tipo bastita es escasa. El clinopiroxeno (augita) también presentan alteración y algunos de ellos al igual que el olivino, se encuentran embebidos dentro de cristales más grandes de ortopiroxeno. Los piroxenos en general llegan hasta los 4 mm. Se observan algunas vetas amorfas de ópalo. De minerales accesorios se observan espinela (picotita) y opacos (hematita y magnetita). La serpentina aparenta ser antigorita en su mayoría, aunque también se observan pequeñas venas fibrosas de crisotilo.

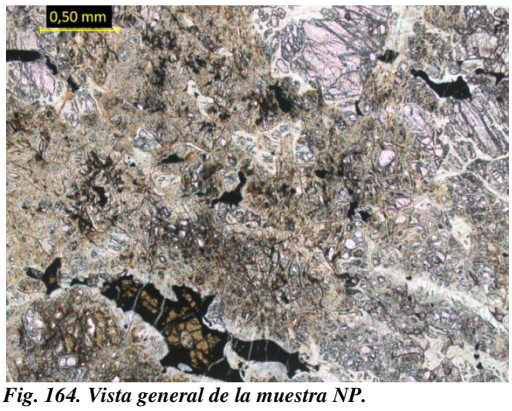


Fig. 164. Vista general de la muestra NP.

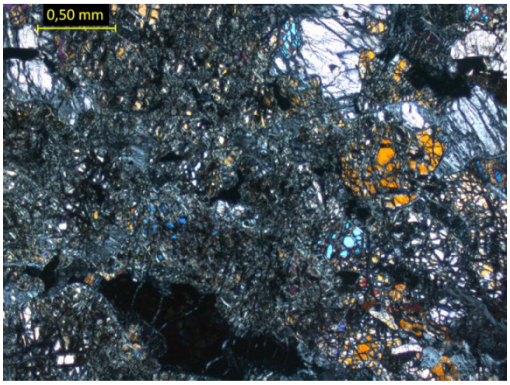


Fig. 165. Vista general de la muestra NX.

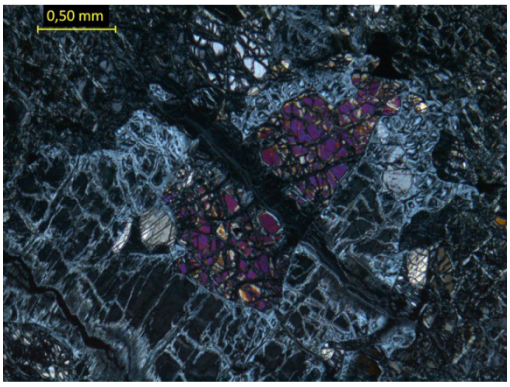


Fig. 166. Cristal de olivino dentro de ortopiroxeno, NX.

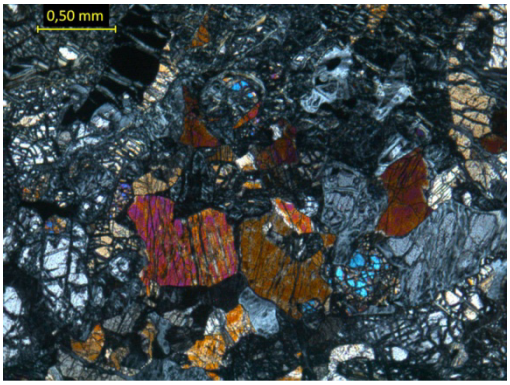


Fig. 167. Cristales de clinopiroxeno, NX.

Punto de observación: 55
Unidad:
Coordenadas UTM: E 811.510 **N** 1.306.330
Observaciones de campo: Se observó el perfil de suelo en un pequeño afloramiento en el cerro Spoter.

Fotografías:

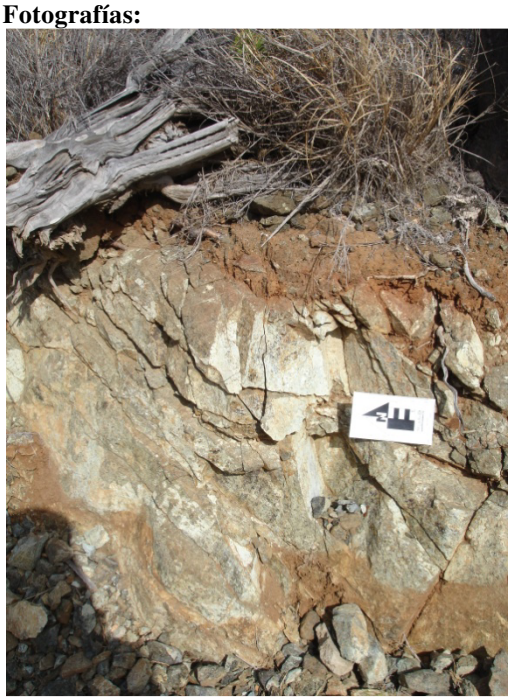


Fig. 168. Vista del perfil de suelo.



Fig. 169. Vista de la carretera y del sur de la isla La Orchila.

Reconocimiento del cerro Los Pájaros, sector central de la isla La Orchila. (20/03/2015)

Punto de observación: 56
Unidad:
Coordenadas UTM: E 808.713 **N** 1.306.528
Observaciones de campo: Aflora peridotita serpentinizada. Cantera en el cerro Los Pájaros. Frente de explotación. Roca bastante meteorizada y serpentinizada. Se tomó la muestra más fresca posible (OCH29).
Mediciones: Diaclasas: N20E78N (4/m), N75W62S (10/m).

Fotografías:



Fig. 170. Vista a detalle del afloramiento.



Fig. 171. Vista general del afloramiento.



Fig. 172. Vista del frente de explotación.



Fig. 173. Vista de la cantera.

Descripción de muestra de mano:

OCH29: Color fresco marrón y negro, color meteorizado marrón y verde. Roca de textura fanerítica. Presenta cristales de minerales máficos sin diferenciar. La roca se encuentra bastante serpentinizada, presentando minerales del grupo de la serpentina en su zona más meteorizada, además de poseer pequeñas vetas de crisotilo asbestiforme. También se observa ópalo, como consecuencia de la cristalización de sílice remanente. Se puede denominar como serpentinita y su protolito es una peridotita.



Fig. 174. Muestra OCH29.

Descripción Petrográfica:

OCH29: Serpentinita. El protolito de la roca fue una Haarzburgita ó Lherzolita. Muestra altamente alterada a serpentina. Se observa un alto porcentaje de "matriz" de serpentinización (antigorita). Presenta cristales de ortopiroxeno en su mayoría (enstatita probablemente) y en algunos se aprecia textura bastita. En menor porcentaje se ven cristales de clinopiroxeno. Presenta vetas de crisotilo y de ópalo. De minerales accesorios se observa espinela (picotita) y opacos (hematita). También se observan pequeñas fibras de crisotilo. Se aprecian pocos cristales de olivino en la muestra, posiblemente desaparecido por el alto nivel de serpentinización. Los piroxenos llegan hasta los 3,5 mm.

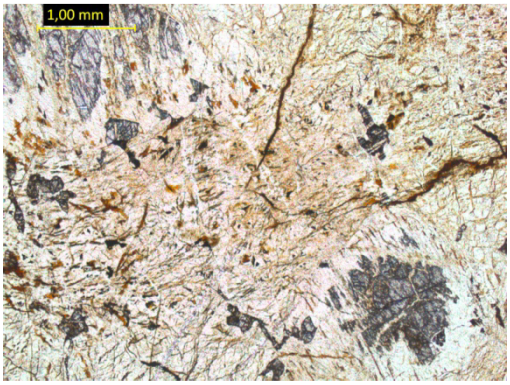


Fig. 175. Vista general de la muestra NP.

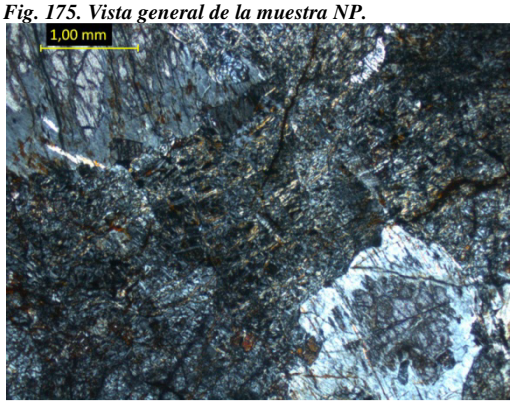


Fig. 176. Vista general de la muestra NX.

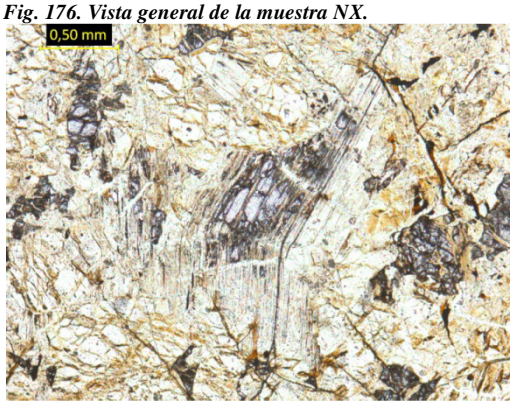


Fig. 177. Vista de la textura bastita en ortopiroxeno, NP.

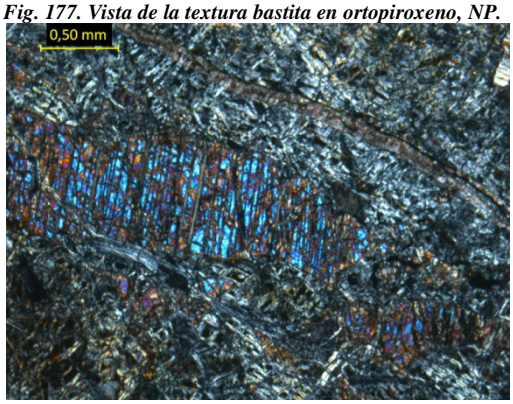


Fig. 178. Cristal de clinopiroxeno, NX.

Reconocimiento de la parte sur del cerro El Chivo, sector oriental de la isla La Orchila. (21/03/2015)

Punto de observación: 57
Unidad:
Coordenadas UTM: E 813.890 **N** 1.306.988
Observaciones de campo: Aflora roca de grano grueso, aparentemente anfibólica, se observan granos de plagioclasa a simple vista, presenta vetas de cuarzo y la foliación es poco prominente (OCH30A).
Se tomaron fotos de la terraza salina que se encuentra al sur del cerro El Chivo, y se tomó muestra de un bloque suelto con cristales de granate (OCH30B).
Mediciones: Foliación: N56WPv. Diaclasas: N20E75N (7/m), N80E78N (8/m).

Fotografías:



Fig. 179. Vista del afloramiento.



Fig. 180. Vista a detalle del afloramiento, se observan a simple vista los cristales de plagioclasa.



Fig. 181. Vista de la terraza salina.

Descripción de muestra de mano:
OCH30A: Color fresco verde, color meteorizado de marrón a verde. Roca de grano fino, con porfidoblastos de plagioclasa de hasta 2 mm observables a simple vista, de foliación esquistosa. Presenta cristales de epidoto, clorita y anfíbol. Puede llamarse esquisto plagioclásico epidótico.



Fig. 182. Muestra OCH30A.

OCH30B: Color fresco blanco amarillento, color meteorizado amarillo, roca félsica con foliación gnéisica. Contiene cristales de granate de 2 mm hasta 6mm, además se observa plagioclasa, cuarzo y mica. Los granates se encuentran parcial o totalmente cloritizados. La clorita también se observa en bandas lepidoblásticas. Se puede clasificar como gneis cuarzo plagioclásico micáceo granatífero.



Fig. 183. Muestra OCH30B.

Descripción Petrográfica:

OCH30A: Esquisto plagioclásico epidótico clorítico. El protolito de la roca podría ser una diabasa. Muestra altamente epidotizada, los cristales de epidoto varían de colores de interferencia y de tamaño, en general miden unos 0,05 mm. Se observa cierta orientación preferencial en la muestra, dando una foliación esquistosa. En general el tamaño de grano es bastante fino, aunque en zonas se observan porfidoblástos de plagioclasa (5% An) muy epidotizada. También presenta cristales de cuarzo y anfíbol que probablemente sea actinolita debido al hábito acicular y al pleocroísmo de incoloro a verde pálido. También se observa cloritización en toda la muestra. De minerales accesorios presenta opacos (hematita), titanita y rutilo.

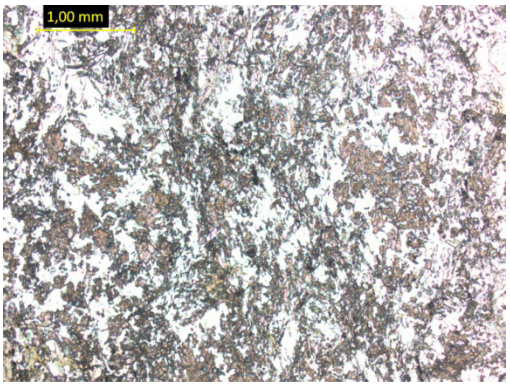


Fig. 184. Vista general de la muestra NP.

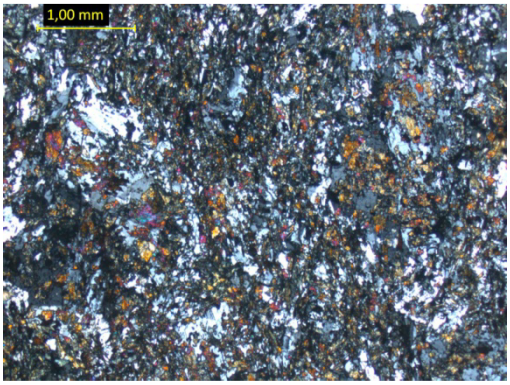


Fig. 185. Vista general de la muestra NX.

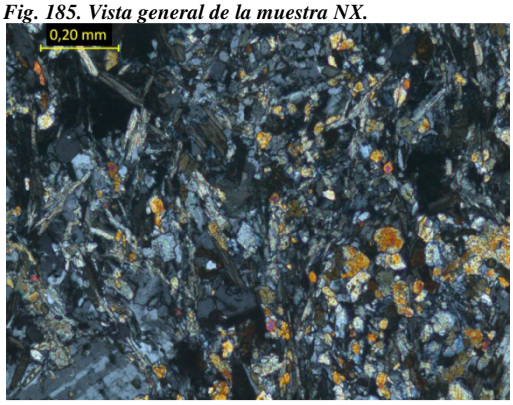


Fig. 186. Vista de cristales de epidoto y clorita.

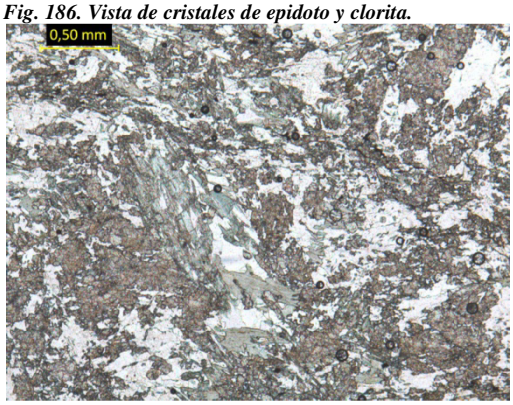


Fig. 187. Cristales de anfíbol y clorita NP.

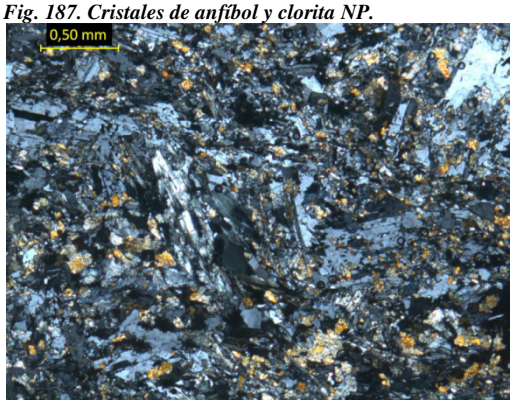


Fig. 188. Cristales de anfíbol y clorita NX.

Punto de observación: 58
Unidad:
Coordenadas UTM: E 813.952 **N** 1.306.934
Observaciones de campo: Aflora roca con grano más fino que el punto anterior y aparentemente anfibólica, presenta un lente masivo de meta- basalto (OCH31), en la parte superior de la ladera se observa el mismo esquisto descrito en el punto 57.
Mediciones: Foliación: N55W82S. Diaclasa: N55E66N (7/m).

Fotografía:

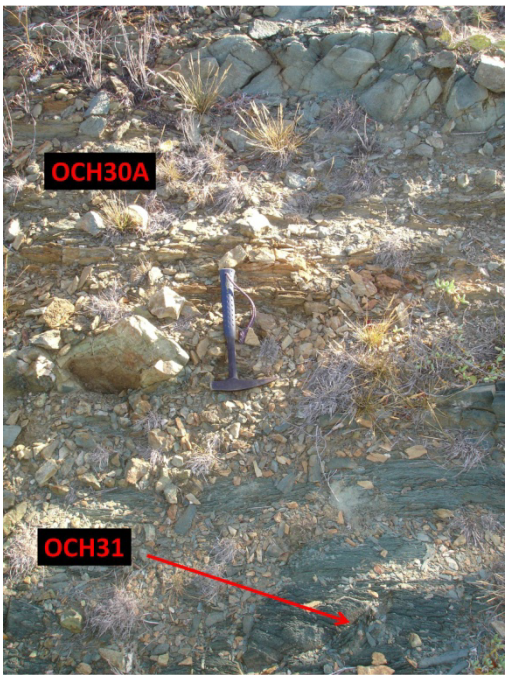


Fig. 189. Vista del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH31: Color fresco verde oscuro, color meteorizado verde claro. Roca de grano fino, hipocristalina, se observan escasos y pequeños fragmentos de vidrio volcánico. La mineralogía está compuesta por olivino y anfíboles. También presenta cloritización y gran parte de la muestra está epidotizada. Se observan cristales de pirolusita. Puede llamarse meta- basalto.



Fig. 190. Muestra OCH31.

Punto de observación: 59
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.061 **N** 1.306.853
Observaciones de campo: Aflora la misma roca que en el punto 57, pero con más porfidoblástos de plagioclasa y cristales de pirita.
Mediciones: Foliación: N75WPv. Diaclasas: N15E87S (12/m), E-W78S (15/m).

Fotografías:


Fig. 191. Vista del afloramiento.



Fig. 192. Vista a detalle del afloramiento.

Punto de observación: 60
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.289 **N** 1.306.978
Observaciones de campo: Se observa morfología de quebrada al sur del cerro El Chivo, nace en la cresta central del cerro, no aparece en el mapa base. Aflora esquisto anfibólico parecido al observado en la ladera norte del cerro.
Mediciones: Foliación: N60W78S. Diaclasas: N45E75S (5/m), N15E55N (10/m).

Fotografías:



Fig. 193. Vista general del afloramiento.



Fig. 194. Vista a detalle del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH32: Color fresco verde oscuro, color meteorizado de verde a marrón. Roca de grano fino, con foliación esquistosa. La mineralogía se compone de plagioclasa, anfíbol, mica y epidoto. Puede nombrarse como esquisto plagioclásico anfibólico micáceo.



Fig. 195. Muestra OCH32.

Punto de observación: 61
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.563 **N** 1.306.938
Observaciones de campo: Se observa el contacto félsico- máfico al sur- oeste del cerro El Chivo.

Punto de observación: 62
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.573 **N** 1.306.846
Observaciones de campo: Se observa el contacto félsico- máfico al sur- este del cerro El Chivo.

Punto de observación: 63
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.577 **N** 1.306.874
Observaciones de campo: Aflora esquisto anfibólico plagioclásico.
Mediciones: Foliación: N80WPv. Diaclasas: N22W75S (9/m), N35W70S (6/m).

Fotografía:



Fig. 192. Vista del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:

OCH33: Color fresco verde, color meteorizado de gris a verde, roca de grano fino y foliación esquistosa. La foliación se observa bien marcada. Presenta cristales de anfíbol, plagioclasa y mica. Se puede nombrar como esquisto anfibólico plagioclásico micáceo.



Fig. 193. Muestra OCH33.

Descripción Petrográfica:

OCH33: Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico. El protolito debió ser una diorita. Roca de textura nematoblástica, alotrimorfa e hipidiomorfa, de foliación esquistosa (grano fino). En general la muestra presenta orientación preferencial bastante visible y se logran diferenciar micro plegamientos de ángulos abiertos, a partir de 100°. La muestra está compuesta principalmente por anfíbol pleocróico de verde pálido y pardo a verde azulado; en menor porcentaje se observa actinolita de incolora a verde pálido. Los tamaños de grano en el anfíbol rondan los 0,35 mm en promedio.

El segundo mineral más abundante es la plagioclasa, seguido por el cuarzo cuyos tamaños de grano son de 0,2 mm en promedio. Presenta cristales de epidoto y clorita. De minerales accesorios se observan opacos (hematita), titanita y rutilo.

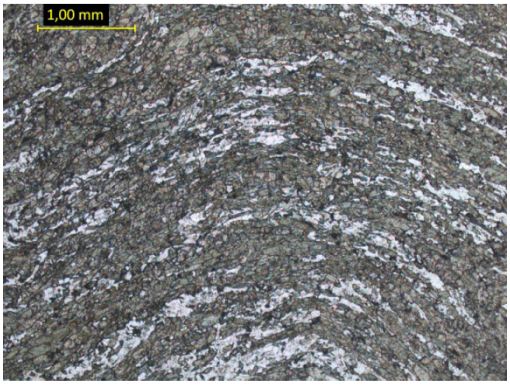


Fig. 194. Vista general con micro plegamiento NP.

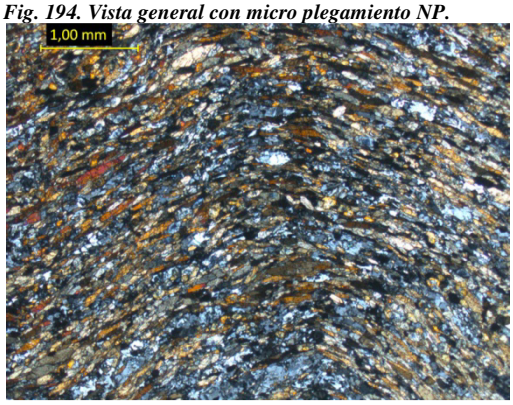


Fig. 195. Vista general con micro plegamiento NX.

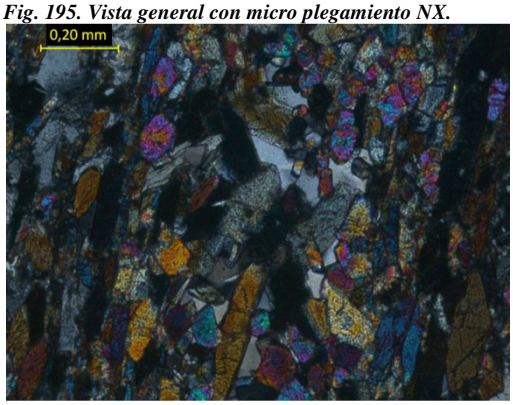


Fig. 196. Cristales de epidoto NX.

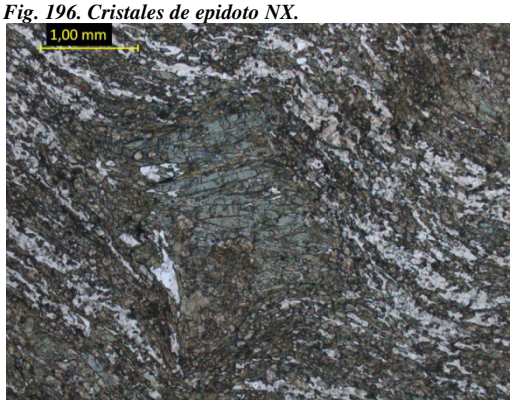


Fig. 197. Vista de cristal de barroisita NP.

Punto de observación: 64
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.600 **N** 1.306.897
Observaciones de campo: Se observa un enclave del esquisto anfibólico dentro del dique mayor félsico. Se tomo muestra de la unidad félsica. Se midió la foliación del cuerpo anfibólico enclavado.
Mediciones: Foliación: N32W60S. Diaclasas: N70E58N (15/m), N50E75S (6/m).

Fotografías:



Fig. 198. Enclave de esquisto anfibólico en el dique mayor félsico.



Fig. 199. Detalle del afloramiento de la roca félsica.

Descripción de muestra de mano:
OCH34: Color fresco blanco amarillento, color meteorizado de marrón a amarillo. Muestra de textura fanerítica de grano grueso, está compuesta principalmente de cuarzo y plagioclasa, también se observan cristales de hornblenda en forma de pequeñas agujas prismáticas. Se observan pequeños cristales de micas y clorita. El índice de color es de un 12%. Se puede llamar como meta- tonalita.



Fig. 200. Muestra OCH34.

Punto de observación: 65
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.886 **N** 1.306.829
Observaciones de campo: Punto de observación al sur-este del cerro El Chivo. Aflora Gnéis del dique mayor félsico.

Fotografía:



Fig. 201. Vista de la parte sur-este del cerro El Chivo.

Punto de observación: 66
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.681 **N** 1.306.766
Observaciones de campo: Al extremo sur-este del cerro El Chivo se observa el contacto entre la unidad anfibólica (máfica) y el dique mayor félsico.
Mediciones: Foliación: N47W85S. Diaclasas: N30E78N (12/m), N70E85N (4/m).

Fotografía:



Fig. 202. Contacto entre unidad anfibólica y dique mayor félsico.

Punto de observación: 67
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.746 **N** 1.306.758
Observaciones de campo: Se aprecia el contacto en la parte baja al sur-este del cerro El Chivo. Se tomó muestra del dique mayor félsico.

Fotografías:



Fig. 203. Contacto en la parte baja entre la unidad anfibólica y el dique mayor félsico.



Fig. 204. Vista general del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH35: Color fresco blanco, color meteorizado blanco amarillento. Presenta textura fanerítica, grano grueso, inequigranular, está formada por cuarzo y plagioclasa, el índice de color es de 5% aproximadamente y los minerales son mica y epidoto. La roca se puede denominar meta-trondhjemita.



Fig. 205. Muestra OCH35.

Descripción Petrográfica:
OCH35: Meta- trondhjemita. La muestra presenta cierta textura de cizalla, es inequigranular y la con la mayoría de los cristales anhedrales. El cuarzo policristalino es el mineral más abundante, seguido por la plagioclasa (5% An) la cual presenta maclado tipo carlsbad y tipo albita, en casos presentando aparente textura pertítica y poiquilítica. Presenta minerales del grupo del epidoto (entre ellos zoisita), de gran tamaño. En menor porcentaje se observa mica blanca y clorita. El tamaño promedio de los cristales es de 0,8 mm y puede llegar hasta los 2 mm. De minerales accesorios se observa titanita y apatito.

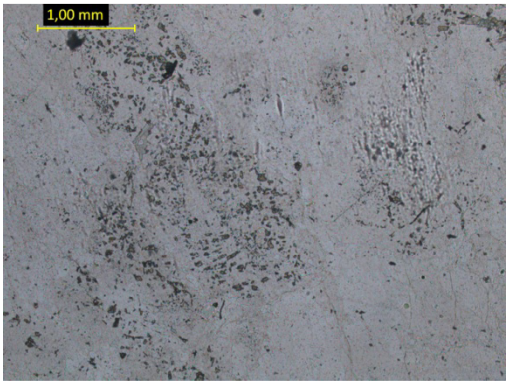


Fig. 206. Vista general, se observa textura poiquilítica en la plagioclasa, NP.

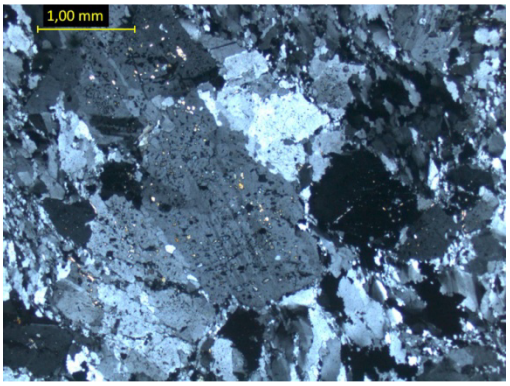


Fig. 207. Vista general, se observa textura poiquilítica en la plagioclasa, NX.

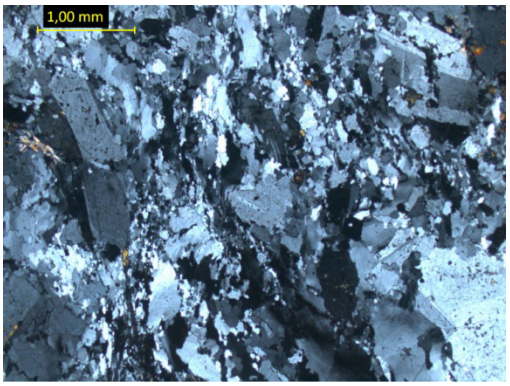


Fig. 208. Vista general, se observa textura de cizalla, NX.

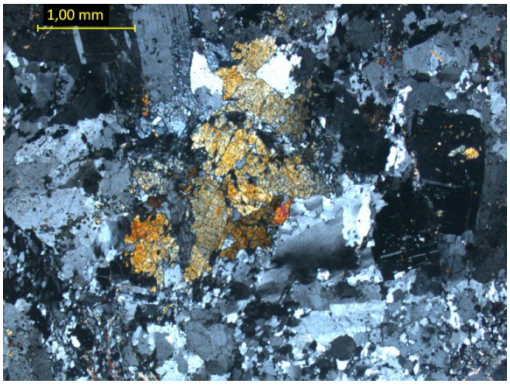


Fig. 209. Vista general, se observa cristal de epidoto, NX.

Punto de observación: 68
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.693 **N** 1.306.904
Observaciones de campo: Aflora un cuerpo máfico altamente estirado y deformado en azimut 310° dentro del dique mayor félsico. Dicho dique máfico (OCH36A) presenta pliegues isoclinales y clivaje crenulado (segunda dirección de deformación).
Se observó un segundo dique más félsico (12 cm de espesor), posiblemente diorítico (OCH36B), paralelo a la foliación, previo al metamorfismo e intrusionando el cuerpo máfico.
Mediciones: Foliación: N55W65S. Diaclasa: N32EPv (13/m).
Fotografía:



Fig. 210. Dique máfico dentro del dique mayor félsico.

Descripción de muestras de mano:

OCH36A: Color fresco verde oscuro, color meteorizado verde a marrón. Roca de grano fino, con foliación esquistosa, textura nematoblástica. Contiene cristales de anfíbol y plagioclasa en mayor cantidad y en menores cantidades mica y cuarzo. Puede nombrarse como esquisto anfibólico plagioclásico.



Fig. 211. Muestra OCH36A.

OCH36B: Color fresco gris, color meteorizado de marrón a gris. Roca con textura gnéisica, de grano medio, compuesta por cuarzo, plagioclasa, anfíbol, moscovita y clorita. El protolito pudo ser una diorita. Se puede llamar como gneis cuarzo plagioclásico anfibólico micáceo.



Fig. 212. Muestra OCH36B.

Descripción Petrográfica:

OCH36A: Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico. El protolito debió ser una diabasa. Roca de textura nematoblástica, alotrimorfa a hipidiomorfa con foliación de tipo esquistosa. La muestra está compuesta en su mayoría por anfíbol pleocróico de verde pálido a verde azulado, presentando cristales bien orientados y alargados. En menor cantidad se observa un segundo anfíbol de incoloro a verde pálido (actinolita) y un tercer anfíbol de pardo a verde (hornblenda). Se logran apreciar algunos nematoblástos de anfíbol de hasta 2,4 mm. Otro mineral abundante es la plagioclasa y en menos porcentaje cuarzo, epidoto (algunos son cristales de zoisita) y clorita. El tamaño promedio de los cristales es de 0,4 mm. Los minerales accesorios que se observan son titanita, rutilo y opacos (pirita y magnetita).



Fig. 213. Vista general, se observa nematoblasto de anfíbol NP.

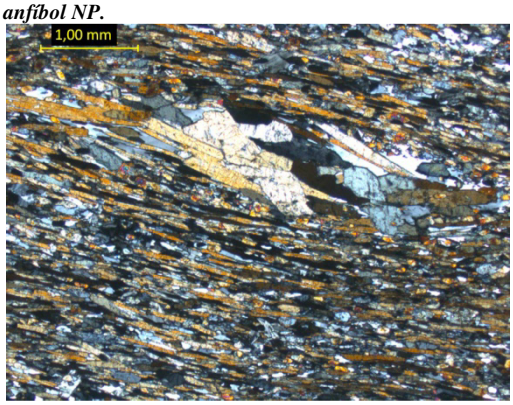


Fig. 214. Vista general, se observa nematoblasto de anfíbol NX.



Fig. 215. Cristal de clorita y cristales de epidoto NP.

Punto de observación: 69
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.700 **N** 1.306.956
Observaciones de campo: Punto de toma de muestra y medición, aflora dique mayor félsico. Se tomó muestra para futuro trabajo de geocronología.
Mediciones: Foliación: N52W62S. Diaclasas: N25E68N (5/m), N-S45E (4/m).

Descripción de muestra de mano:
OCH37: Color fresco blanco grisáceo, color meteorizado de marrón claro a amarillento. Roca de grano medio con foliación gnéisica. Presenta cristales de cuarzo, plagioclasa y anfíbol. Se observan pequeños cristales de granate no mayores a 0,5 mm. Puede llamarse como gneis cuarzo plagioclásico anfibólico granatífero.



Fig. 216. Muestra OCH37.

Descripción Petrográfica:
OCH37: Gneis cuarzo plagioclásico epidótico anfibólico granatífero. El protolito debió ser una tonalita. Roca de textura granonematoblástica y foliación gnéisica. La muestra se compone mayormente por cuarzo policristalino inequigranular. Presenta en algunos cristales de plagioclasa textura poiquiloblástica con inclusiones de cuarzo, epidoto y apatito. Se observan cristales de anfíbol que presentan orientación preferencial. La mayoría de los cristales de anfíbol son pleocróicos de verde pálido a verde azulado. Presenta minerales del grupo del epidoto (entre ellos zoisita), con algunos de ellos subhedrales y clorita. Se observan pequeños cristales de granate euhedrales. De minerales accesorios se observan apatito y opacos (Leucoceno).

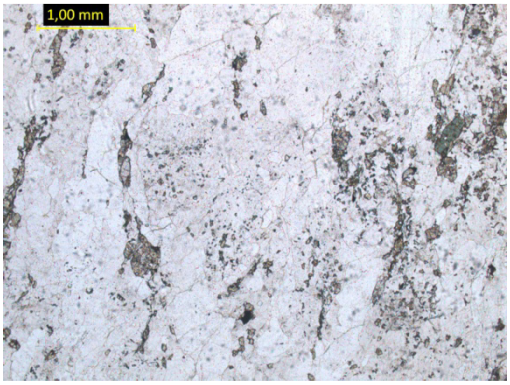


Fig. 217. Vista general de la muestra NP.

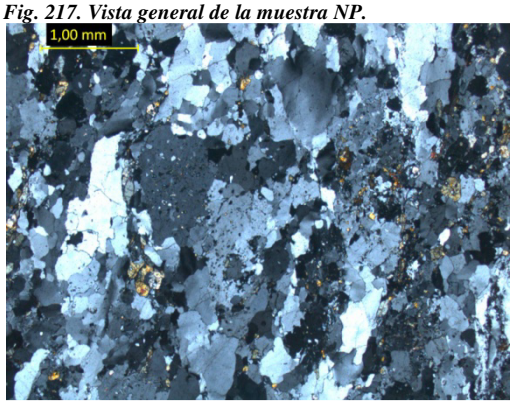


Fig. 218. Vista general de la muestra NX.

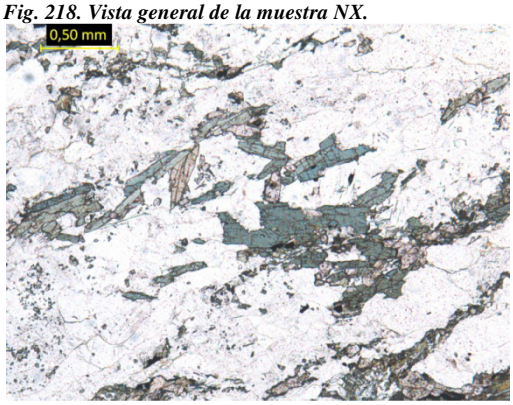


Fig. 219. Cristales de anfíbol, NP.

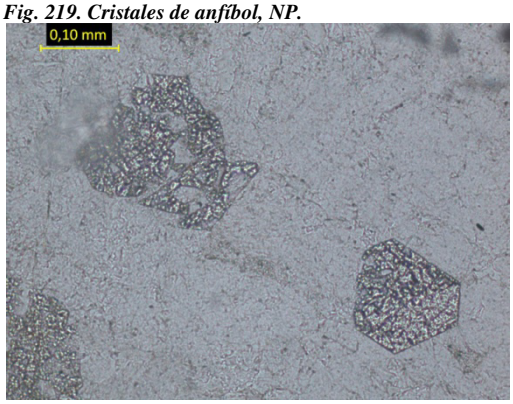


Fig. 220. Cristales de granate, NP.

Punto de observación: 70
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.694 **N** 1.306.977
Observaciones de campo: Se observa el contacto entre la unidad anfibólica y el dique mayor félsico al este del cerro El Chivo. Se tomó muestra (OCH38) para futuro análisis DRX.

Punto de observación: 71
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.765 **N** 1.307.000
Observaciones de campo: Aflora gneis anfibólico plagioclásico micáceo. La textura es bastante gruesa y el protolito podría ser un meta- gabro.
Mediciones: Foliación: N85E62S. Diaclasas: N40W62N (15/m), N15E70N (6/m).
Fotografías:



Fig. 221. Vista del afloramiento.



Fig. 222. Vista detallada del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH39: Color fresco verde, color meteorizado marrón. Roca de grano grueso con textura nematoblástica y foliación gnéisica. Presenta cristales de anfíbol, plagioclasa, mica y cuarzo. Se puede llamar como gneis anfibólico cuarzo plagioclásico micáceo.



Fig. 223. Muestra OCH39.

Descripción Petrográfica:
OCH39: Gneis cuarzo anfibólico plagioclásico. El protolito debió ser un gabro. La muestra presenta foliación gnéisica escasa, y la textura en general es granonematoblástica. Los cristales de anfíbol (algunos con textura esqueletal) presentan cierta orientación preferencial y son pleocróicos de pardo a verde oscuro (hornblenda), algunos cristales llegan a verde azulado. Otro mineral abundante es el cuarzo policristalino. Presenta algunos poiquiloblástos de plagioclasa con inclusiones de cuarzo, apatito y epidoto. En parte de la muestra se aprecian cristales de moscovita. De minerales accesorios presenta rutilo, titanita y apatito.

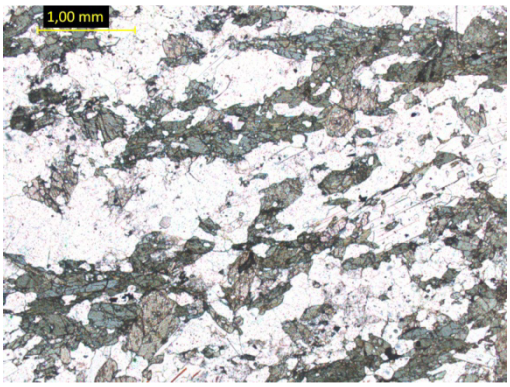


Fig. 224. Vista general de la muestra NP.

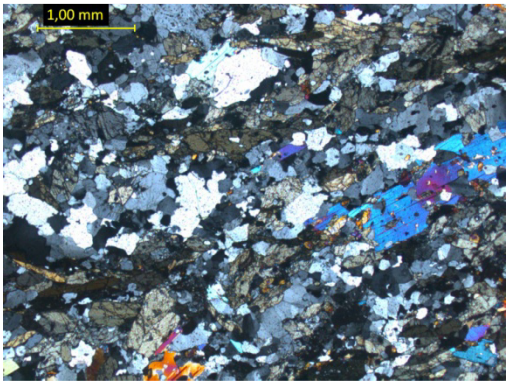


Fig. 225. Vista general de la muestra NX.

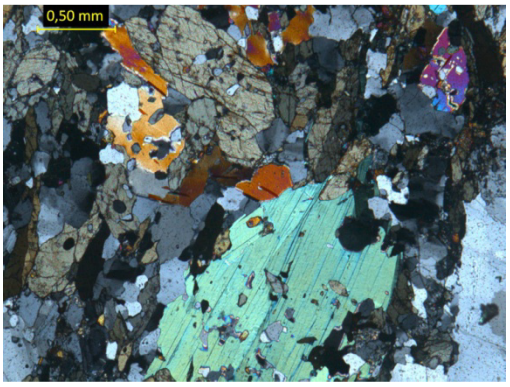


Fig. 226. Cristal de anfíbol y moscovita, NX.

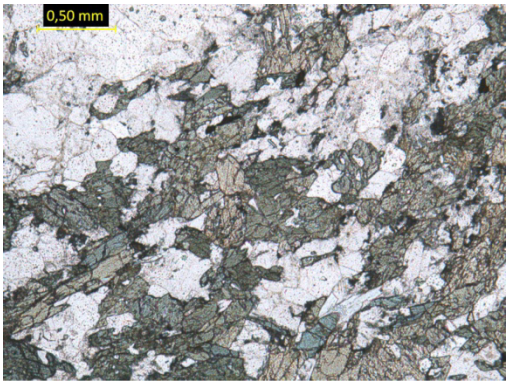


Fig. 227. Vista general de la muestra, NP.

Punto de observación: 72
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.722 **N** 1.307.024
Observaciones de campo: En este punto se observó y se planteó una posible hipótesis de anticlinal volcado (flanco norte volcado). Se tomó muestra de gneis cuarzo plagioclásico (OCH40A) y de unos diques de epidositas observados (OCH40B).
Mediciones: Foliación: N55W55S. Diaclasas: N12E58S (15/m), N70W65N (7/m).

Fotografía:


Fig. 228. Vista general de la parte oriental del cerro El Chivo.

Descripción de muestras de mano:
OCH40A: Color fresco blanco amarillento, color meteorizado marrón. Roca de grano grueso con foliación gnéisica. Presenta nematoblastos de anfíbol. La composición mineralógica se basa en cuarzo, plagioclasa, anfíbol, moscovita, clorita y ¿fuchsita?, Puede nombrarse como gnéis cuarzo plagioclásico anfibólico micáceo.



Fig. 229. Muestra OCH40A

OCH40B: Misma roca que OCH40A, pero con un dique de epidosita.



Fig. 230. Muestra OCH40B.

Punto de observación: 73
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.651 **N** 1.307.202
Observaciones de campo: Se aprecia un pequeño valle aluvial conde se observa el contacto entre el dique mayor félsico al sur y la unidad anfibólica al norte, dicho contacto al parecer coincide con la morfología de quebrada que se aprecia en la zona. Se tomó muestra del dique mayor félsico.

Descripción de muestra de mano:
OCH41: Color fresco blanco, color meteorizado marrón claro. Roca de textura gnéisica, de grano grueso. La mineralogía está compuesta por cuarzo, plagioclasa, pequeños cristales de anfíbol, clorita y mica. También presenta cristales de granate de no más de 0,5 mm. Puede nombrarse como gneis cuarzo plagioclásico anfibólico micáceo granatífero.



Fig. 231. Muestra OCH41.

Reconocimiento del cerro Angola, sector norte de la isla La Orchila. (21/03/2015)

Punto de observación: 74
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.448 **N** 1.307.990
Observaciones de campo: Afloran intercalaciones de gnéis cuarzo feldespático micáceo granatífero (OCH42A) y esquisto cuarzo feldespático micáceo (OCH42B).
Mediciones: Foliación: N50W32S. Diaclasas: N20W85S (7/m) N40WPv (5/m).

Fotografías:


Fig. 232. Vista general del afloramiento.


Fig. 233. Vista del afloramiento.

Descripción de muestras de mano:
OCH42A: Color blanco, color meteorizado marrón. Roca de grano fino, de aspecto gnéisico. La mineralogía está compuesta por cuarzo (incoloro, blanco y marrón), plagioclasa, biotita, moscovita y granate. Puede llamarse como gnéis cuarzo plagioclásico micáceo granatífero.



Fig. 234. Muestra OCH42A.

OCH42B: Color fresco gris claro, color meteorizado marrón. Roca de grano fino de aspecto esquistoso, presenta cristales alargados de plagioclasa y cristales de cuarzo, biotita, flogopita y moscovita. La roca posee alto índice de color. El nombre de la roca es esquisto cuarzo plagioclásico micáceo.



Fig. 235. Muestra OCH42B.

Punto de observación: 75
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.490 **N** 1.307.950
Observaciones de campo: Aflora nivel de gneis anfibólico plagioclásico.
Mediciones: Foliación: N40W42S. Diaclasas: N15E78N (4/m), N45W83N (4/m).

Fotografías:

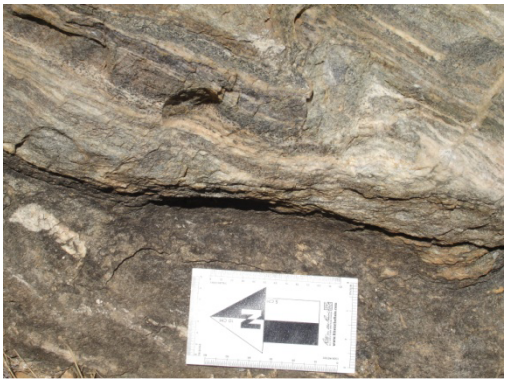


Fig. 236. Vista detallada del afloramiento.



Fig. 237. Vista general del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH43: Color fresco verde oscuro, color meteorizado marrón y gris. Roca de grano medio con foliación gnéisica. Presenta bandas alargadas de plagioclasa y anfíbol, también se observan cristales de cuarzo y micas. Se puede denominar gneis plagioclásico cuarzo anfibólico micáceo.



Fig. 238. Muestra OCH43.

Punto de observación: 76
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.537 **N** 1.307.921
Observaciones de campo: Se tomó muestra de un suelto de gneis cuarzo plagioclásico biotítico granatífero.
En la zona se logran apreciar bloques de cuarzo de hasta 2x2 m.

Fotografías:



Fig. 239. Vista general de la zona.



Fig. 240. Vista de los bloques de cuarzo.

Descripción de muestra de mano:
OCH44: Color fresco gris, color meteorizado gris y marrón. La muestra presenta grano medio, de aspecto gnéisico. Presenta cristales alargados y porfidoblástos de plagioclasa. También se observan cristales de cuarzo, biotita, mica blanca y granate no mayor a 2 mm. La roca se puede nombrar como gneis cuarzo plagioclásico micáceo granatífero.



Fig. 241. Muestra OCH44.

Descripción Petrográfica:
OCH44: Gneis cuarzo plagioclásico biotítico granatífero. El protolito debió ser un granitoide rico en cuarzo. La muestra presenta textura granolepidoblástica. El mineral más abundante es el cuarzo, seguido por la plagioclasa (8- 10% An). También se observan cristales de biotita cuyo pleocroísmo va de pardo a pardo pálido, los cristales de biotita se observan con orientación preferencial. Los cristales de granate presentan inclusiones de biotita y de cuarzo, poseen textura esqueletal pero en algunos se conserva la forma euhedral. Algunos cristales poseen textura poiquiloblástica. Se observan escasos cristales de microclino y epidoto (menos de 1%). Los tamaños son variables y van de 0,2 mm hasta 1,8 mm aproximadamente. De minerales accesorios contiene titanita y apatito.

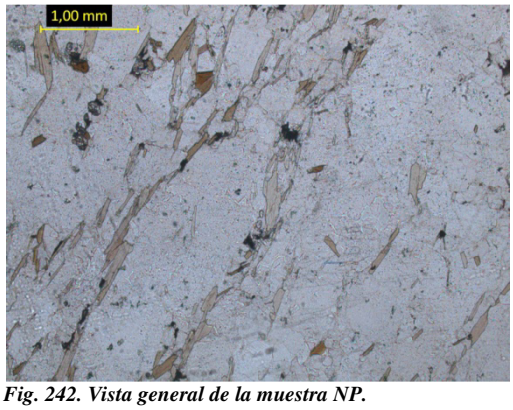


Fig. 242. Vista general de la muestra NP.

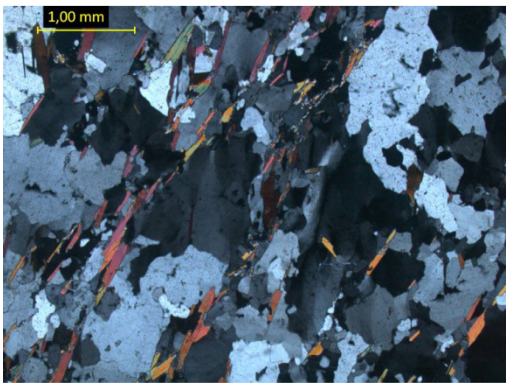


Fig. 243. Vista general de la muestra NX.



Fig. 244. Vista de cristales de zoisita y granate, NP.

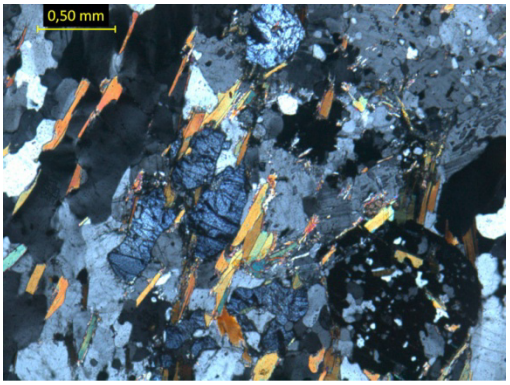


Fig. 245. Vista de cristales de zoisita y granate, NX.

Punto de observación: 77
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.547 **N** 1.307.852
Observaciones de campo: Aflora una veta de cuarzo al sur del cerro Angola, está rodeada por la terraza coralina. Mide aproximadamente 10 m de largo y 1 m de ancho. Presenta cierta foliación.
Mediciones: Foliación: N60WPv. Diaclasas: N20E85N (18/m), N30W77N (5/m).

Fotografías:



Fig. 246. Vista del afloramiento del dique de cuarzo.



Fig. 247. Vista del dique rodeado por terraza coralina.

Punto de observación: 78
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.634 **N** 1.307.925
Observaciones de campo: Aflora una veta de cuarzo de dirección N60W que buza al Norte y atraviesa todo el cerro Angola.

Fotografía:



Fig. 248. Vista de la veta de cuarzo.

Punto de observación: 79
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.647 **N** 1.307.991
Observaciones de campo: Se observó un plano de falla en el cual aflora una cataclasita recristalizada. Se observa un cierto plegamiento en la zona. Aflora un nivel metavolcánico en la ladera. En general aflora un gneis cuarzo plagioclásico (OCH45).
Mediciones: Foliación: N20E45N. Diaclasa: N-S88E (4/m).

Fotografías:



Fig. 249. Vista del plano de falla.



Fig. 250. Vista de la cataclasita recristalizada.



Fig. 251. Vista del nivel meta- volcánico.

Descripción de muestra de mano:
OCH45: Color fresco blanco, color meteorizado marrón. Roca de grano grueso, de foliación gnéisica, posee cristales de plagioclasa, cuarzo y moscovita, además se observan algunos óxidos. La roca se denomina Gnéis cuarzo plagioclásico.



Fig. 252. Muestra OCH45.

Descripción Petrográfica:
OCH45: Gneis cuarzo plagioclásico moscovítico epidótico. El protolito debió ser una tonalita. La muestra presenta textura granolepidoblástica. Se encuentra formada principalmente por cuarzo y en segundo lugar por plagioclasa (5- 7% An). Se observan mica blanca (moscovita y sericita), además de algo de biotita. El epidoto está presente en toda la muestra con algunos cristales euhedrales. Algunos cristales de epidoto presentan la variedad allanita en el centro del cristal. Presenta pocos cristales de granate con textura esqueletal. El tamaño de los cristales en la muestra en promedio son de 0,2 mm. De minerales accesorios se observan opacos (hematita), titanita y apatito.

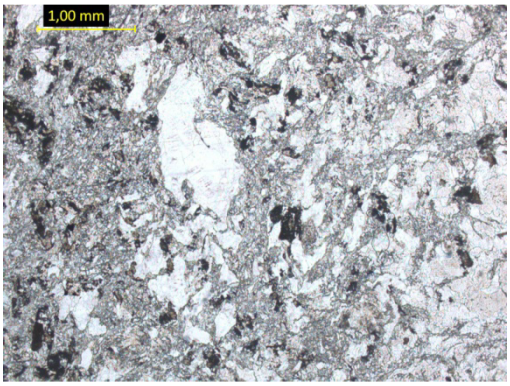


Fig. 253. Vista general de la muestra NP.

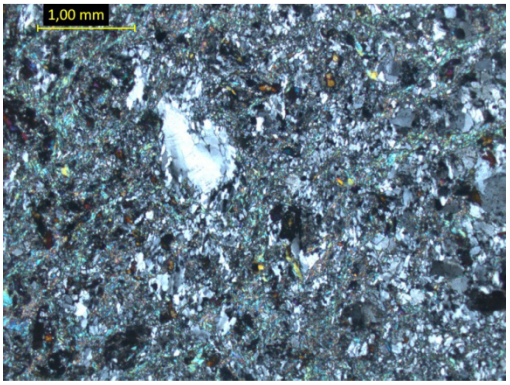


Fig. 254. Vista general de la muestra NX.

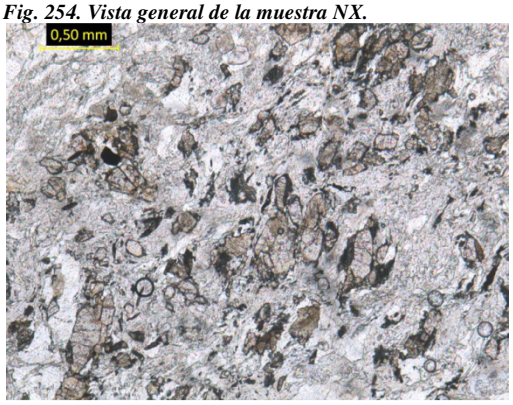


Fig. 255. Vista de cristales de epidoto euhedrales NP.

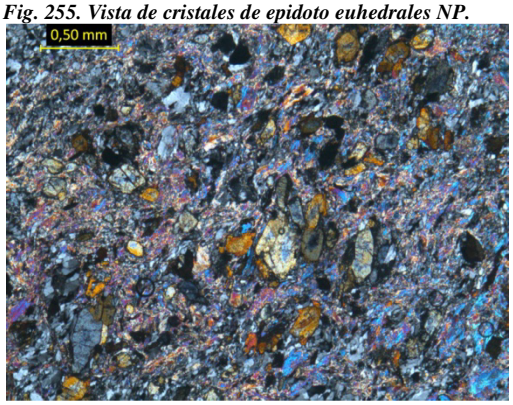


Fig. 256. Vista de cristales de epidoto euhedrales NX.

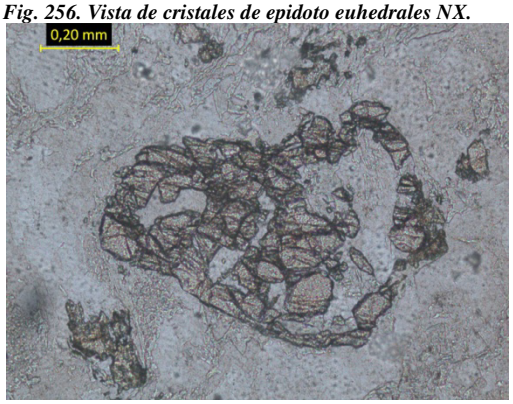


Fig. 257. Cristal de granate esqueletal NP.

Punto de observación: 80
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.635 **N** 1.308.062
Observaciones de campo: Se tomo muestra de gneis meta- granitoide recolectado en la campaña anterior.

Fotografía:



Fig. 258. Vista general del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH01: Color fresco gris claro, color meteorizado marrón y gris. Roca de grano fino, con foliación gnéisica, la mineralogía predominante es cuarzo y plagioclasa, además se observan pequeños cristales de epidoto y mica blanca. La roca se puede nombrar como gneis cuarzo plagioclásico micáceo.



Fig. 259. Muestra OCH01.

Descripción Petrográfica:
OCH01: Gneis cuarzo plagioclásico micáceo. El protolito debió ser una trondhjemita. Roca de fábrica xenoblástica y textura granolepidoblástica. La mineralogía está compuesta principalmente por cristales de cuarzo de 0,6 mm aproximadamente, seguido por cristales de plagioclasa (7- 9% An), presentando maclado tipo albita en la mayoría

de los cristales. Presenta mica blanca, en su mayoría sericita, además de moscovita. Se observa al menos 1% de epidoto. De minerales accesorios se observa apatito, titanita y opacos (hematita).

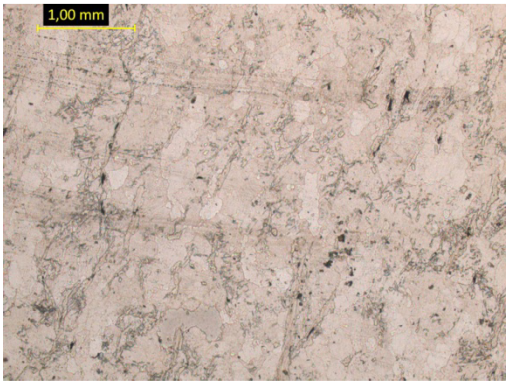


Fig. 260. Vista general de la muestra NP.

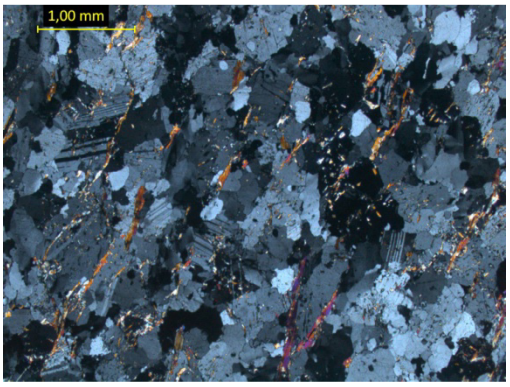


Fig. 261. Vista general de la muestra NX.

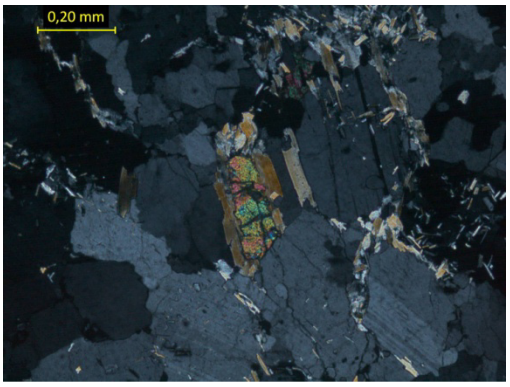


Fig. 262. Vista de cristal de epidoto NX.

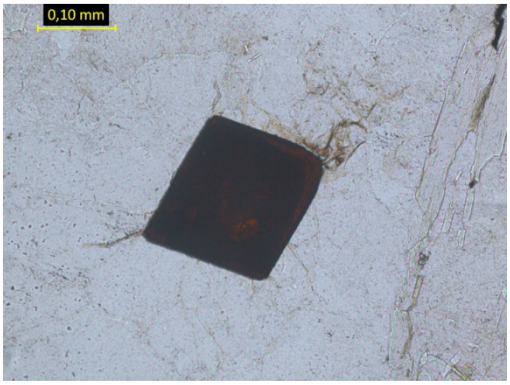


Fig. 263. Cristal de hematita euhedral NP.

Punto de observación: 81
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.582 **N** 1.308.046
Observaciones de campo: Aflora esquisto cuarzo plagioclásico, ladera norte del cerro Angola.
Mediciones: Foliación: N70W78N. Diaclasa: N40E82S (4/m).

Descripción de muestra de mano:
OCH46: Color fresco gris y gris oscuro, color meteorizado gris. Roca de grano fino, con foliación esquistosa. La mineralogía está compuesta principalmente por cuarzo y plagioclasa. Presenta cristales de clorita, epidoto y mica blanca. Puede llamarse como gneis cuarzo plagioclásico micáceo.



Fig. 264. Muestra OCH46.

Descripción Petrográfica:
OCH46: Gneis cuarzo plagioclásico micáceo epidótico. El protolito debió ser una tonalita. Muestra de textura granolepidoblástica. Está formada principalmente por cuarzo y plagioclasa (7- 10% An). Presenta cristales de moscovita, biotita (pleocróica de pardo claro a pardo) y clorita (pleocróica de verde a verde

pálido). Se observan cristales de epidoto, algunos euhedrales, en toda la muestra. Se observan cristales de calcita con maclado polisintético. En algunos cristales de epidoto se aprecia cierta textura coronítica, lo cual se ve con la presencia de allanita en el centro de dichos cristales y en los bordes otro tipo de epidoto. La muestra muestra cierto patrón de fracturamiento. Los tamaños de los granos llegan a los 0,9 mm y en promedio es de 0,2 mm. De minerales accesorios se observan titanita, opacos (hematita), apatito y granate.

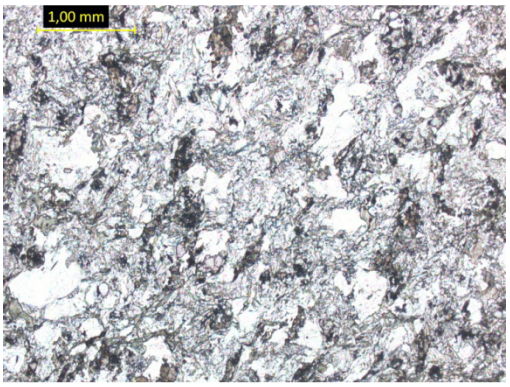


Fig. 265. Vista general de la muestra NP.

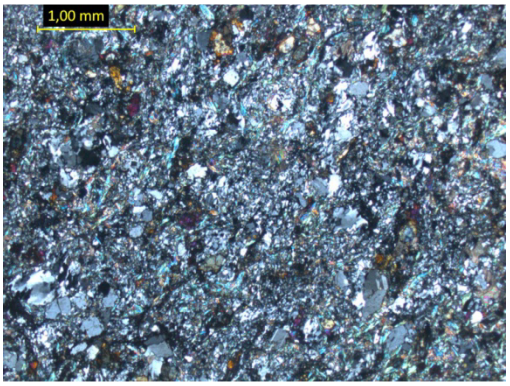


Fig. 266. Vista general de la muestra NX.

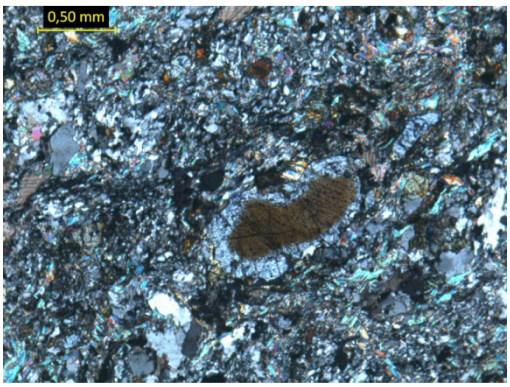


Fig. 267. Vista de cristal de allanita, NX.

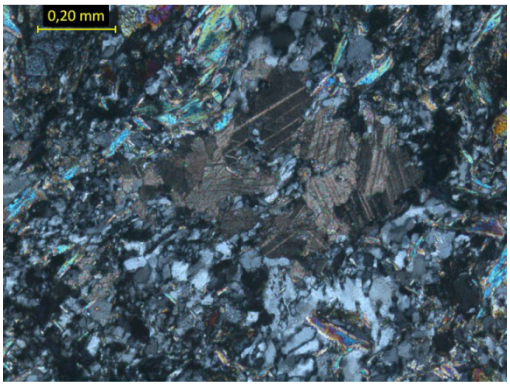


Fig. 268. Cristales de calcita, NX.

Punto de observación: 82
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.523 **N** 1.308.028
Observaciones de campo: Se observa el extremo Noroeste de la gran veta de cuarzo que atraviesa el cerro Angola.

Fotografía:


Fig. 269. Vista del extremo noroeste de la veta de cuarzo.

Punto de observación: 83
Unidad:
Coordenadas UTM: E 812.460 **N** 1.308.012
Observaciones de campo: Se observa el mismo esquisto que aflora en el punto 81.
Mediciones: Foliación: N42W26S, Diaclasas: N25E78N (7/m), N42W82S (6/m).

Fotografía:



Fig. 270. Vista general del afloramiento.

Reconocimiento de la parte este y noreste del cerro Walker, sector occidental de la isla La Orchila. (21/03/2015)

Punto de observación: 84
Unidad:
Coordenadas UTM: E 807.284 **N** 1.307.207
Observaciones de campo: Frente de voladura en la parte este del cerro Walker. Se tomaron toda una serie de muestras: esquisto biotítico (OCH03A), meta- diabasa (OCH03B), meta-volcánica (OCH03C), meta- volcánica de grano fino (OCH03D), gneis cuarzo plagioclásico (OCH03E), gneis cuarzo plagioclásico anfibólico (OCH03F) y gnéis cuarzo plagioclásico epidótico (OCH03G).

Fotografías:



Fig. 271. Frente de voladura del cerro Walker.



Fig. 272. Frente de voladura del cerro Walker.



Fig. 273. Frente de voladura del cerro Walker.

Descripción de muestras de mano:
OCH03A: Color fresco y meteorizado gris claro. La muestra presenta foliación esquistosa de grano fino, compuesta por cuarzo, plagioclasa, biotita y otras micas (flogopita, clorita y mica blanca). Se puede llamar como metalamprófido (kersantita).



Fig. 274. Muestra OCH03A.

OCH03B: Color fresco verde y color meteorizado marrón y verde. Roca de grano grueso, equigranular, de textura fanerítica. Presenta cristales de plagioclasa, anfíbol,

clorita y epidoto. La roca presenta cierto comportamiento bandeado pero no llega a tener foliación gnéisica. Se puede llamar como meta- diabasa.



Fig. 275. Muestra OCH03B.

OCH03C: Color fresco verde y color meteorizado gris verdoso. Roca de grano fino, equigranular, de textura fanerítica. La mineralogía está compuesta por plagioclasa, anfíbol, epidoto y otros minerales máficos sin diferenciar. La muestra se puede llamar como meta- diabasa.



Fig. 276. Muestra OCH03C.

OCH03D: Color fresco verde oscuro y color meteorizado marrón y verde. Roca de grano muy fino, hipoabisal. Se logra diferenciar en la mineralogía plagioclasa, minerales máficos y epidoto. Se observa la cristalización de pirolusita en una de las superficies de la muestra. Se puede denominar como meta-volcánica.



Fig. 277. Muestra OCH03D.

OCH03E: Color fresco gris claro, color meteorizado blanco y gris claro. Muestra de foliación gnéisica, con textura porfidoblástica. Presenta porfidoblástos de de plagioclasa que van de 2 mm a 5 mm. También se observa presencia de cuarzo y moscovita. Se puede llamar gneis tonalítico.



Fig. 278. Muestra OCH03E.

OCH03F: Color fresco gris, color meteorizado gris verdoso. Roca de grano medio de aspecto gnéisico, presenta porfidoblástos de plagioclasa en ciertas zonas, además de cuarzo, anfíbol, moscovita, clorita y cristales de biotita que van de 3 mm hasta 1 cm. Presenta algunas zonas serpentinizadas. La roca se denomina metalamprófido (kersantita).



Fig. 279. Muestra OCH03F.

OCH03G: Color fresco verde claro, color meteorizado gris verdoso. La muestra presenta foliación gnéisica, la clorita es abundante y se pueden observar "augen" o formas lenticulares totalmente cloritizados. La matriz está compuesta por cuarzo y plagioclasa. Se observan cristales de epidoto de hábito radial que alcanzan los 3 cm. Se puede denominar como gneis tonalítico epidótico.



Fig. 280. Muestra OCH03G.

Descripciónes Petrográficas:

OCH03A: Metalamprofido (kersantita). Holocristalina de textura blasto porfídica. Los fenocristales son de magnesio biotita (o flogopita) y aparentemente anfíbol cloritizado, miden entre 1 mm y 2,5 mm. Los cristales de biotita presentan orientación preferencial. La matriz está compuesta por cuarzo policristalino, plagioclasa (2-4% An) con maclado tipo Carlsbad y tipo albita y cristales de moscovita. El tamaño de los cristales en la matriz va de 0,02 mm a 0,04 mm. La biotita es pleocróica de pardo a incoloro. Se observan escasos cristales de anfíbol, algunos con textura coronítica. Otro mineral presente es el epidoto. De minerales accesorios presenta opacos, limonita y magnetita, apatito y titanita.

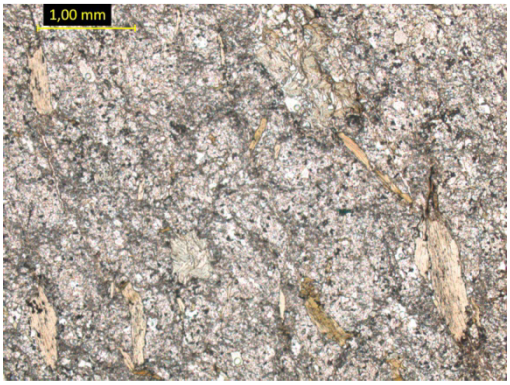


Fig. 281. Vista general de la muestra NP.

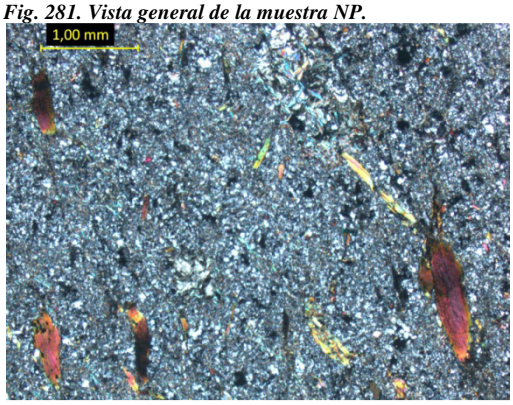


Fig. 282. Vista general de la muestra NX.

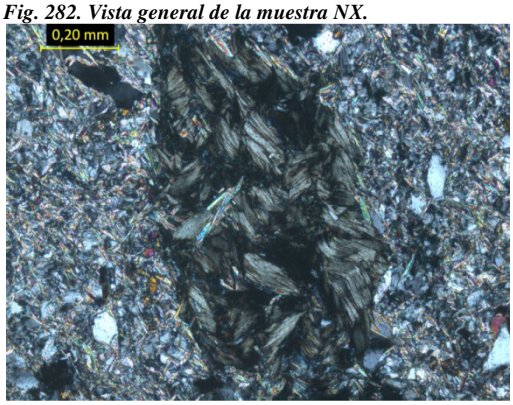


Fig. 283. Porfidoblásto de clorita NX.

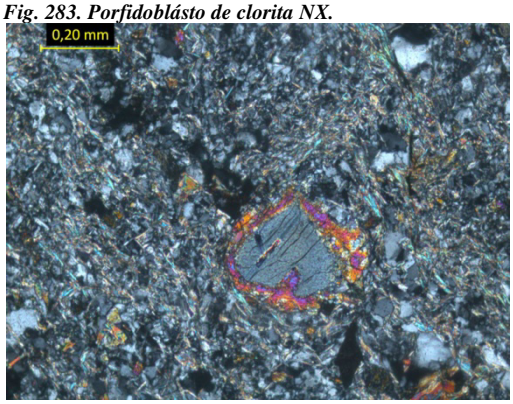


Fig. 284. Cristal de anfíbol con textura coronítica.



Fig. 285. Cristal de titanita, NX.

OCH03C: Meta- diabasa epidótica. Muestra altamente epidotizada. Se observan cristales de plagioclasa (9% An) con maclado tipo penetración y polisintético. En dos cristales se logró observar un 50% An. Presenta cristales de clorita con pleocroísmo de pardo claro a verde claro. Se observan algunos cristales de cuarzo anhedrales. La biotita es muy escasa y los cristales de tamaño menor a 0,2 mm. Presenta cristales de actinolita aciculares de color verde pálido. De minerales accesorios se observa titanita y opacos (magnetita, limonita y hematita).

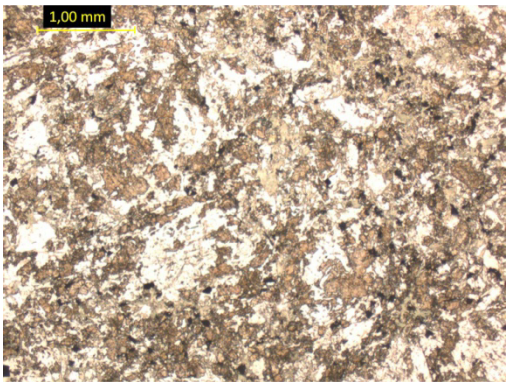


Fig. 286. Vista general de la muestra NP.

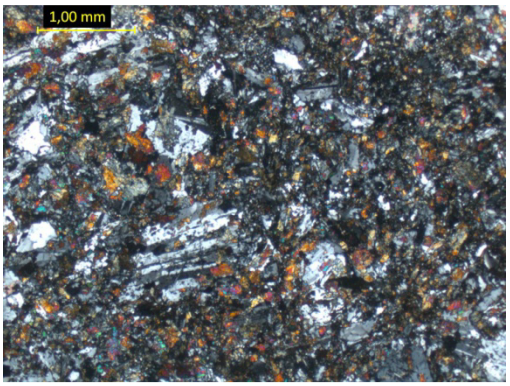


Fig. 287. Vista general de la muestra NX.

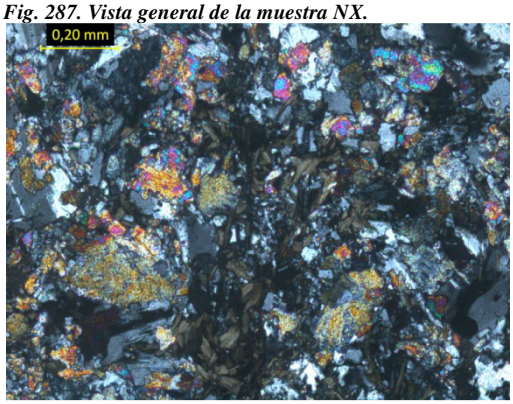


Fig. 288. Cristales de epidoto y clorita, NX.

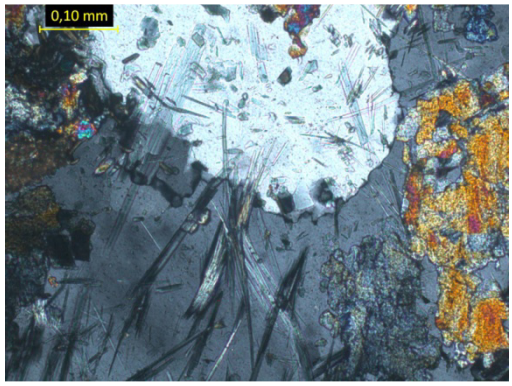


Fig. 289. Cristales aciculares de actinolina, NX.

OCH03D: Meta- basalto epidótico. La muestra presenta epidotización a lo largo de toda la sección fina, al igual que se observan cristales de clorita, con pleocroísmo de verde a verde claro. La roca está compuesta por plagioclasa y un menor porcentaje de cuarzo. El tamaño promedio de los granos es de 0,03 mm hasta 0,2 mm. Se observan algunos cristales de biotita. Presenta vetas de cuarzo de 0,1 mm y 0,2 mm. De minerales accesorios se observan titanita, apatito y opacos (hematita).

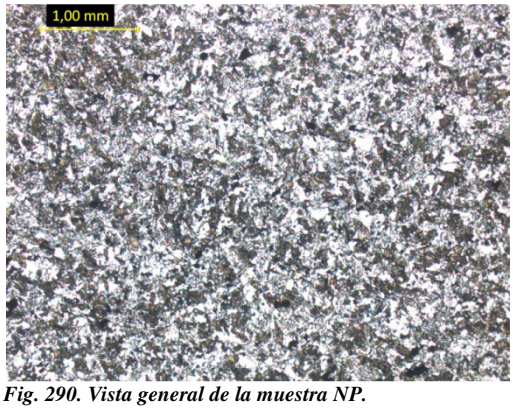


Fig. 290. Vista general de la muestra NP.

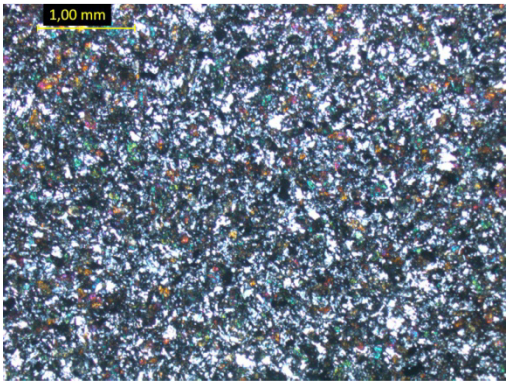


Fig. 291. Vista general de la muestra NX.

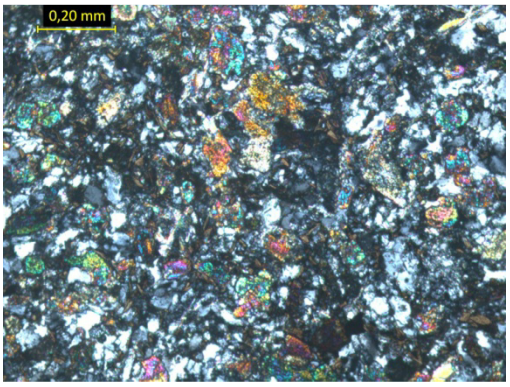


Fig. 292. Vista de cristales de epidoto y clorita, NX.

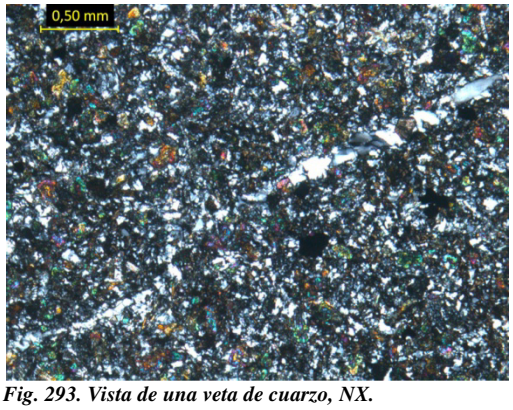


Fig. 293. Vista de una veta de cuarzo, NX.

Punto de observación: 85
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.794 **N** 1.307.455
Observaciones de campo: Se consiguieron sueltos de roca volcánica color verde, con estructuras de lavas almohadilladas. También se consiguió un suelto de una roca félsica, la cual presenta cristales de plagioclasa euhedrales de hasta 2 cm (OCH47).

Fotografías:



Fig. 294. Suelto de roca volcánica.



Fig. 295. Estructuras de lavas almohadilladas.



Fig. 296. Suelto con cristal euhedral de plagioclasa.

Descripción de muestra de mano:
OCH047: Color fresco gris claro, color meteorizado marrón y gris. Roca de textura porfidítica, alotrimorfa. La roca presenta pórfidos euhedrales de plagioclasa de hasta 3 cm. La matriz está compuesta por pequeños cristales anhedrales de cuarzo, plagioclasa, feldespato, biotita y hornblenda. La roca se puede llamar como meta- andesita.



Fig. 297. Muestra OCH47.

Punto de observación: 86
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.669 **N** 1.307.491
Observaciones de campo: Final de la costa tipo playa al noreste del Cerro Walker, a partir de este punto hacia el oeste solo se observa acantilado.

Fotografías:



Fig. 298. Vista del acantilado hacia el oeste del cerro Walker.



Fig. 299. Vista al oeste de la isla, se observa la grava de playa a lo largo de la costa noroeste de la isla.

Reconocimiento del cerro Walker, sector occidental de la isla La Orchila. (22/03/2015)

Punto de observación: 87
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.589 **N** 1.307.342
Observaciones de campo: Dique porfídico de matriz basáltica de 3 m de ancho. Es una andesita con pórfidos de hornblenda subhedrales de hasta 3 cm y plagioclasa euhedral de hasta 3 cm.
Mediciones: Orientación del dique: N80E75S.

Fotografías:



Fig. 300. Vista del afloramiento.



Fig. 301. Vista detallada, se observan los cristales euhedrales de plagioclasa.

Descripción de muestra de mano:
OCH48: Muestra de un contacto entre una roca volcánica y una intermedia. La roca máfica es de color verde y presenta anfíboles, plagioclasa y clorita, en ciertas zonas la textura es afanítica y tiene cierta foliación esquistosa, puede llamarse como meta-basalto.

La zona intermedia está compuesta por una matriz afanítica y cristales euhedrales de plagioclasa y hornblenda de hasta 3 cm. Esta roca puede llamarse como meta- andesita.



Fig. 302. Muestra OCH48.

Punto de observación: 88
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.730 **N** 1.307.305
Observaciones de campo: Aflora dique de esquisto plagioclásico biotítico (OCH50B) de 2 m de ancho aproximadamente. La roca caja es descrita en el punto 90 (OCH50A).
Mediciones: Foliación: N80E78N, Diaclasas: N20E65N (3/m), N70E65S (8/m).

Fotografías:

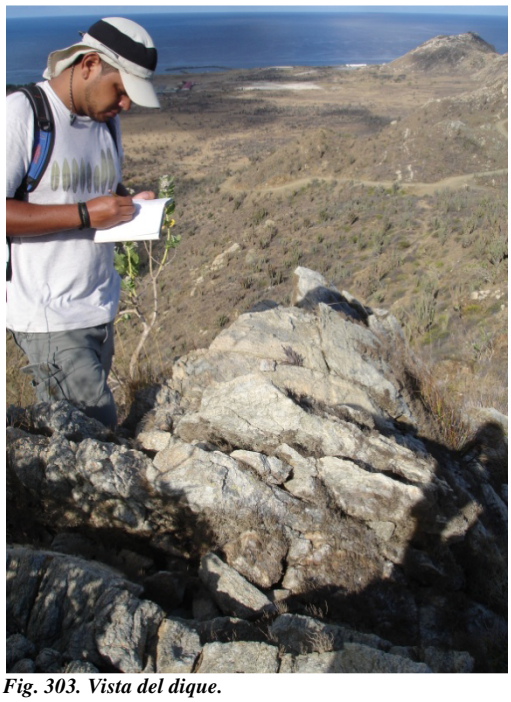


Fig. 303. Vista del dique.



Fig. 304. Vista a detalle de la roca.

Descripción de muestra de mano:
OCH50B: Roca de color fresco gris oscuro, color meteorizado marrón rojizo. Muestra de grano grueso y foliación gnéisica. La mineralogía está compuesta por plagioclasa, cuarzo y cristales de biotita de hasta 2 mm. Se puede llamar como metalamprófido (kersantita).



Fig. 305. Muestra OCH50B.

Punto de observación: 89
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.814 **N** 1.307.301
Observaciones de campo: Cumbre del cerro Walker y punto más alto de la isla (165 m s.n.m.). Aflora un basalto afanítico.
Mediciones: Diaclasas: E-W85N (4/m), N12E78S (10/m).

Fotografías:



Fig. 306. Cumbre del cerro Walker.



Fig. 307. Vista al este desde la cumbre del cerro Walker.



Fig. 308. Vista del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH49: Color fresco verde, color meteorizado marrón y verde. Roca de grano fino, equigranular, de textura fanerítica. Presenta cristales de plagioclasa, anfíbol, epidoto y clorita. La roca puede llamarse como meta- diabasa.



Fig. 309. Muestra OCH49.

Punto de observación: 90
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.719 **N** 1.307.315
Observaciones de campo: Afloran lavas almohadilladas (0CH50A), ésta es la roca caja del dique descrito en el punto 88 (OCH50B).

Fotografías:



Fig. 310. Vista del afloramiento.



Fig. 311. Vista detallada del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH50A: Color fresco verde, color meteorizado marrón rojizo. Roca equigranular de grano fino. La roca está compuesta por plagioclasa, minerales máficos sin diferenciar, epidoto y clorita. Puede denominarse como meta- basalto epidótico.



Fig. 312. Muestra OCH50A.

Punto de observación: 91
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.507 **N** 1.307.326
Observaciones de campo: Aflora dique félsico muy meteorizado, no se logró describir, de 3 m de ancho.
Mediciones: Dirección del dique: E-WPv.

Fotografía:



Fig. 313. Afloramiento de dique félsico muy meteorizado.

Punto de observación: 92
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.399 **N** 1.307.289
Observaciones de campo: Aflora dique en corte de carretera de 1,5 m de espesor (se estima que sea el mismo observado en el punto 88). Tiene mayor cantidad de mica blanca y menor cantidad de biotita (OCH51B). La roca caja es una roca volcánica color verde (OCH51A), el contacto es limpio y recto.
Mediciones: Dirección del dique: N75E87N. Diaclasas: N35E32N (13/m), N42W70S (8/m).

Fotografías:



Fig.314. Vista general del dique.



Fig. 315. Vista del afloramiento.

Descripción de muestras de mano:
OCH51A: Color fresco verde, color meteorizado negro y verde. Roca de grano grueso de textura fanerítica, presenta cristales de plagioclasa, anfíbol, clorita, biotita y epidoto. Puede nombrarse como meta-diabasa.



Fig. 316. Muestra OCH51A.

OCH51B: Color fresco gris claro, color meteorizado marrón y gris. La roca presenta foliación gnéisica y grano medio. La mineralogía se compone por plagioclasa, cuarzo, biotita, mica blanca y epidoto. Puede denominarse como metalamprófido (kersantita).



Fig. 317. Muestra OCH51B.

Descripción Petrográfica:

OCH51A: Meta- diabasa. La muestra está compuesta principalmente por clorita, anfíbol y plagioclasa. Presenta cristales de anfíbol en su mayoría incoloro y algunos cristales pleocróicos de incoloro a verde pálido (tremolita o actinolita). Dentro de los cristales más grandes del anfíbol incoloro se encuentra embebido otro anfíbol pleocróico de verde a verde azulado (posible barroisita). También se observan cristales de biotita y epidoto. Los cristales van de 0,06 mm a 2 mm aproximadamente. De minerales accesorios se observan opacos (hematita y limonita) y titanita.

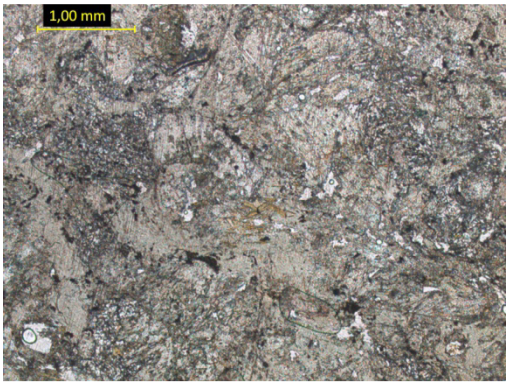


Fig. 318. Vista general de la muestra NP.

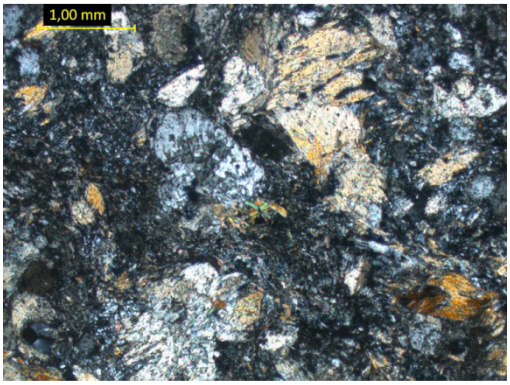


Fig. 319. Vista general de la muestra NX.

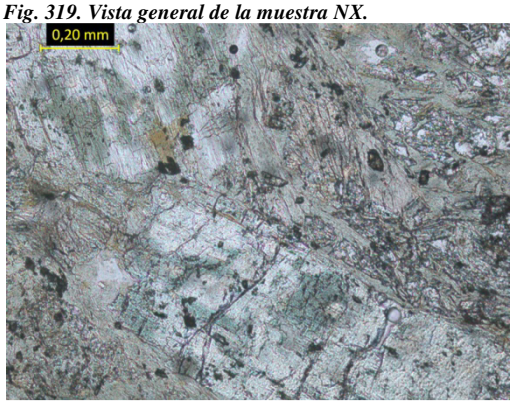


Fig. 320. Cristales de anfíbol incoloros y verdes hacia el centro, NP.

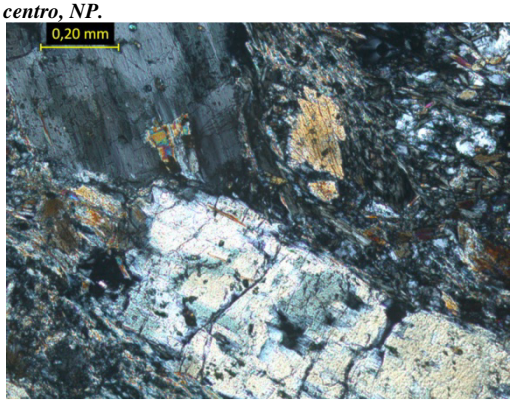


Fig. 321. Cristales de anfíbol incoloros y verdes hacia el centro, NX.

Punto de observación: 93
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.346 **N** 1.307.346
Observaciones de campo: Corte de carretera, aflora el basalto, presentando textura cataclástica de aspecto filítico, tiene foliación por cizalla en unos 10 m, luego vuelve a tener aspecto masivo. Se observan lavas almohadilladas cortadas por cizalla, con aparente translación dextral en estructuras tipo "snowball".

Mediciones: Foliación cataclástica: N70E80S. Diaclasas: N35W72S (12/m), N25E70S (15/m).

Fotografías:



Fig. 322. Vista del corte de carretera.

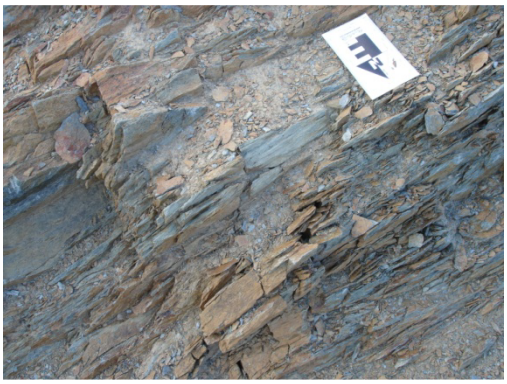


Fig. 323. Vista a detalle del afloramiento.



Fig. 324. Vista de las lavas almohadilladas.

Punto de observación: 94
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.107 **N** 1.307.402
Observaciones de campo: Contacto oeste entre el cuerpo félsico (OCH52B) y las máficas volcánicas (OCH52A). Hay una zona de mezcla entre las volcánicas y el cuerpo félsico cerca de la cumbre oeste del cerro Walker, en los alrededores de la antena de telefonía. Parece ser una zona intrusiva del cuerpo félsico en las volcánicas, con contactos sinuosos.
También se puede observar la cizalla del cuerpo félsico y las volcánicas en el margen norte, con cataclasita de la parte félsica y lavas almohadilladas con estructuras tipo "snowball", sombras de presión y aspecto filítico en intervalos de lava afanítica.

Fotografías:



Fig. 325. Contacto oeste entre el cuerpo félsico y la unidad máfica.



Fig. 326. Cataclasita en el cuerpo félsico.



Fig. 327. Antena de telefonía y zona de mezcla.

Descripción de muestras de mano:

OCH52A: Color fresco verde grisáceo, color meteorizado marrón verdoso. Roca de grano medio, presenta cristales de plagioclasa, anfíbol, clorita, epidoto y granates que llegan a los 3 mm. La roca puede llamarse como meta-diabasa.



Fig. 328. Muestra OCH52A.

OCH52B: Color fresco blanco grisáceo, color meteorizado marrón y gris. Roca de grano grueso, presenta foliación gnéisica y cristales de cuarzo, plagioclasa, anfíbol y moscovita. La muestra presenta porfidoblástos de plagioclasa. La muestra puede llamarse como gnéis cuarzo plagioclásico micáceo.



Fig. 329. Muestra OCH52B.

Descripciones Petrográficas:

OCH52A: Meta- diabasa. Se observan cristales de anfíbol pleocróico de verde azulado a verde pálido (barroisita) o incoloro a verde pálido (actinolita). Se observa epidotización y la roca está compuesta mayormente por plagioclasa (10% An) con maclado polisintético. También se observa clorita y pequeñas agujas del anfíbol incoloro. Los cristales del anfíbol verde azulado se encuentran embebidos en el anfíbol incoloro. Se observan algunos cristales de biotita cloritizados. De minerales accesorios posee opacos (hematita) y titanita.

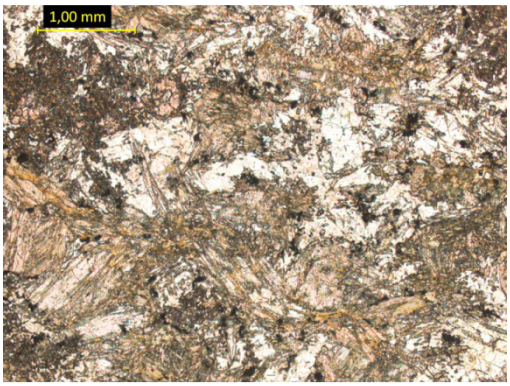


Fig. 330. Vista general de la muestra NP.

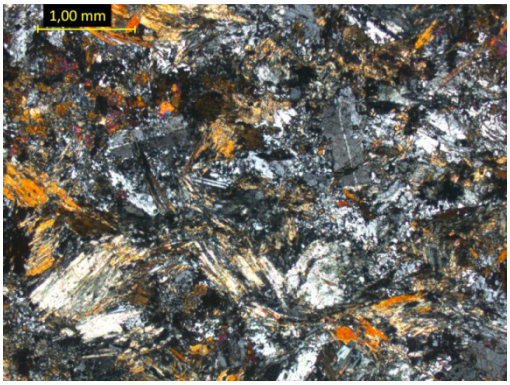


Fig. 331. Vista general de la muestra NX.

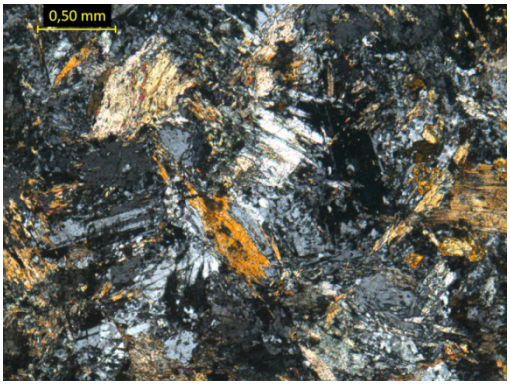


Fig. 332. Vista de cristales de anfíbol y plagioclasa, NX.

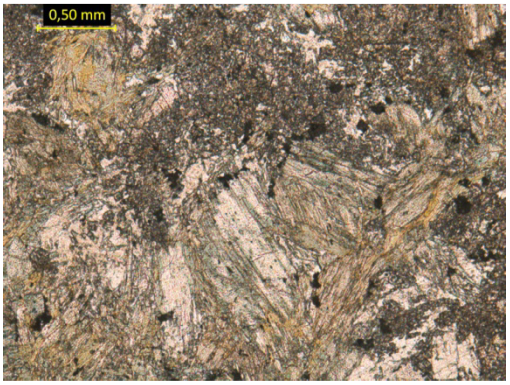


Fig. 333. Cristales de anfíbol y epidoto.

OCH52B: Gnéis tonalítico. Roca de fábrica alotrimorfa. La muestra presenta cristales de cuarzo policristalino y plagioclasa (50% An) con maclado polisintético. Se observan cristales de moscovita y algunas zonas con sericitización. También presenta epidotización no mayor al 1%. El tamaño de grano va de 0,4 mm a 2,8 mm. De minerales accesorios se observa titanita y opacos (hematita y limonita).

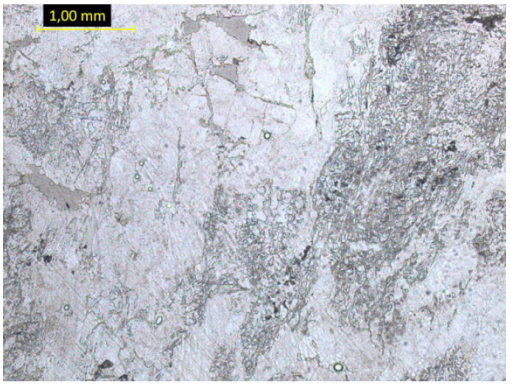


Fig. 334. Vista general de la muestra NP.

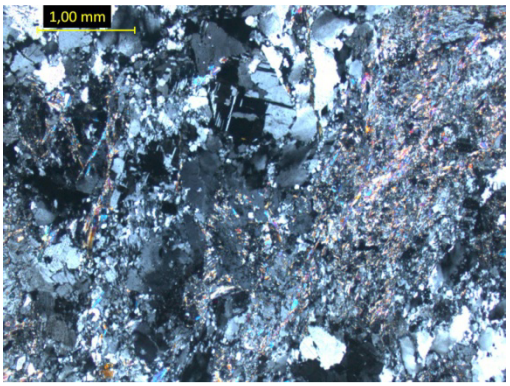


Fig. 335. Vista general de la muestra NX.

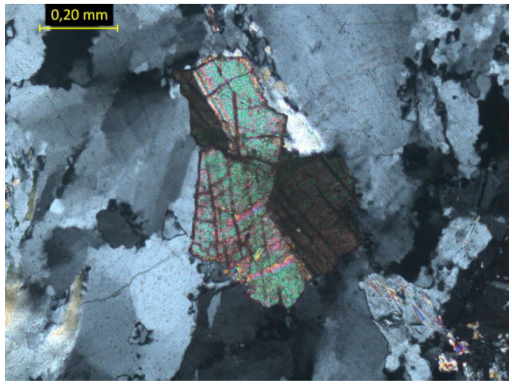


Fig. 336. Cristal de titanita NX.

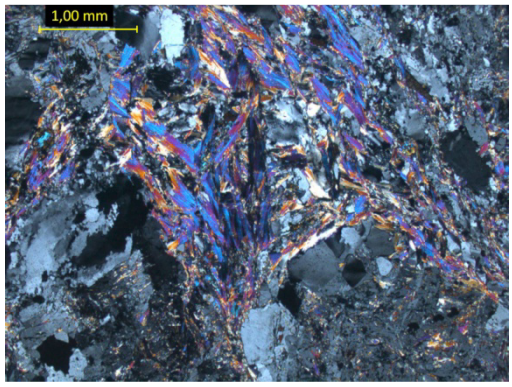


Fig. 337. Cristales de moscovita y de sericita, NX.

Punto de observación: 95
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.210 **N** 1.307.368
Observaciones de campo: Contacto este entre el cuerpo félsico y las máficas volcánicas, en la carretera hacia la antena telefonía.

Fotografía:



Fig. 338. Contacto este en la vía a la antena telefonía.

Punto de observación: 96
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.360 **N** 1.307.220
Observaciones de campo: Aflora unidad máfica en el corte de carretera, se tomó muestra OCH53.
Mediciones: Diaclasas: N32E72S (12/m), N25W32N (6/m).

Fotografía:



Fig. 339. Vista del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH53: Color fresco verde, color meteorizado verde amarillento. Roca de grano muy fino, en parte afanítica, aunque se logran diferenciar algunos cristales de plagioclasa, epidoto y minerales máficos sin diferenciar (posiblemente anfíbol). La muestra presenta cristalización de pirolusita en una de sus superficies meteorizadas. Se puede llamar como meta- basalto.



Fig. 340. Muestra OCH53.

Punto de observación: 97
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.185 **N** 1.307.195
Observaciones de campo: Punto de contacto en la parte inferior de la ladera sur del cerro Walker, se unen dos quebradas que parten de la cresta del cerro.

Punto de observación: 98
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.066 **N** 1.307.196
Observaciones de campo: Punto de contacto en la ladera sur del cerro Walker, al suroeste de la antena de telefonía. Se observa un enclave de lavas almohadilladas dentro del cuerpo félsico, de 4 m de ancho por 10 m de largo. Presenta foliación gruesa y la orientación del cuerpo máfico es paralela a la misma.
Mediciones: Foliación y dirección del cuerpo máfico: N70E72N. Diaclasas: N25W85N (18/m), N30E72N (9/m).

Fotografía:

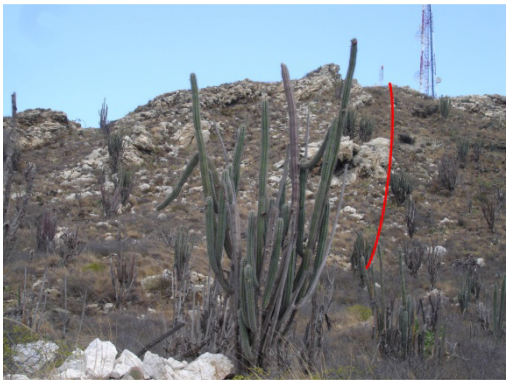


Fig. 341. Vista del contacto en la ladera sur del cerro Walker.

Punto de observación: 99
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.007 **N** 1.307.214
Observaciones de campo: Afloramiento de roca granítica (meta- tonalita), se observó una red de diques verticales a sub-verticales.
Mediciones: Orientaciones de los diques: N80E, N80W, N75W, E-W, N30W, N25W, N15W.

Fotografías:



Fig. 342. Vista general del afloramiento.



Fig. 343. Vista a detalle de la red de diques.

Descripción de muestra de mano:

OCH54: Color fresco blanco grisáceo, color meteorizado gris. La muestra presenta cierta foliación gnéisica, grano medio, textura fanerítica, con cristales de cuarzo y plagioclasa. También se observan pequeños cristales de epidoto. La roca presenta un dique de aplita de 1 cm de espesor. Puede llamarse como meta- tonalita.



Fig. 344. Muestra OCH54.

Descripción Petrográfica:

OCH54: Meta- tonalita. Roca de grano muy fino, compuesta por cuarzo y plagioclasa en general. La plagioclasa (45% An) muestra un maclado tipo Carlsbad en la mayoría de sus cristales. La muestra presenta epidotización, además de pequeños cristales de anfíbol en forma de agujas. Se aprecia una textura simplectítica entre cristales de anfíbol y plagioclasa. El anfíbol es de incoloro a verde pálido (actinolita). El tamaño de los granos en va de 0,05 mm a 0,1 mm, mientras que algunos cristales son de 0,5 mm en promedio. De minerales accesorios se observan titanita y opacos (limonita).

La muestra presenta un dique de aplita (meta-microtrondhjemita) de 1 cm de espesor, cuyos bordes de contacto son de 1 mm de espesor y están formados por cuarzo policristalino. El dique se compone de cuarzo, plagioclasa (algunos cristales zonados) y microclino.

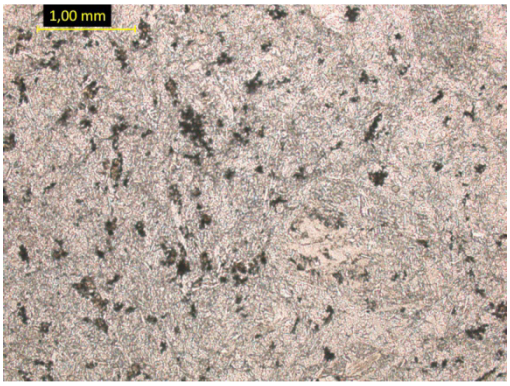


Fig. 345. Vista general de la muestra NP.

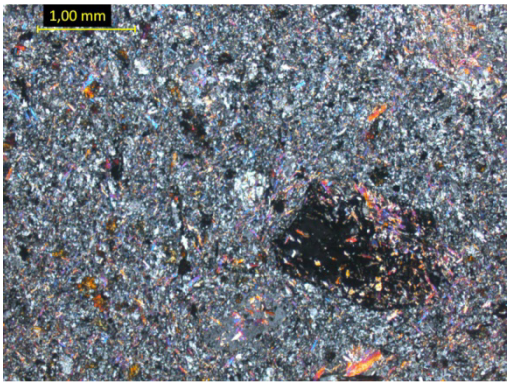


Fig. 346. Vista general de la muestra NX.

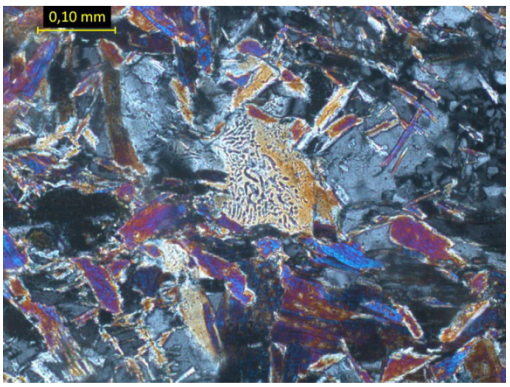


Fig. 347. Textura simplectítica de cristal de anfíbol y plagioclasa, NX.

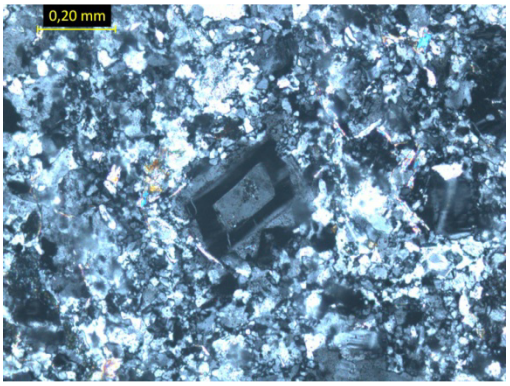


Fig. 348. Cristal zonado de plagioclasa perteneciente al dique, NX.

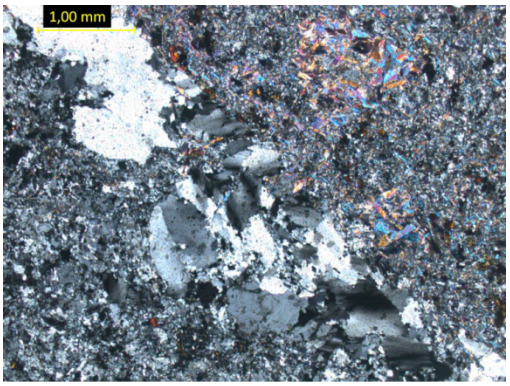


Fig. 349. Borde de contacto entre el dique y la roca caja, NX.

Punto de observación: 100
Unidad:
Coordenadas UTM: E 805.949 **N** 1.307.286
Observaciones de campo: Roca de aspecto gnéisico con foliación muy gruesa (OCH55). Presenta varios patrones de diques. Se observó un xenolito en la roca granítica, elíptico, de eje mayor de 12 cm y eje menor de 7cm.

Mediciones: Foliación: N80W85S. Diaclasas: N10E65N (4/m), N62W75N (3/m). Diques: N55E70S (2 cm), N60E74S (2,5 cm), E-W50S (5 cm), N78W83S (1 cm), N55W55N (12 cm).

Fotografías:



Fig. 350. Vista de la red de diques.



Fig. 351. Vista del xenolito máfico.

Descripción de muestra de mano:
OCH55: Color fresco blanco grisáceo, color meteorizado marrón claro. La muestra presenta grano grueso y cierta foliación gnéisica. Se observan pórfidos de plagioclasa de 4 mm, la matriz está compuesta mayormente de cuarzo y en segundo lugar se observan pequeños cristales de anfíbol y epidoto. La roca se denomina meta- tonalita.



Fig. 352. Muestra OCH55.

Punto de observación: 101
Unidad:
Coordenadas UTM: E 805.696 **N** 1.307.329
Observaciones de campo: Aflora roca granitoide de grano muy grueso (OCH56A), se observan varios enclaves con mayor índice de color o más máficos (OCH56B). La roca presenta foliación gnéisica muy gruesa. Presenta xenolitos que varían de 10 cm a 60 cm y tienen forma elíptica.
Aflora un nivel pegmatítico con cristales de plagioclasa y cuarzo. El intersticio está compuesto por cuarzo, epidoto y clorita (OCH56C).
Se tomó fotografía tipo mosaico de sur a norte y se tomo una muestra de roca con mayor índice de color que las anteriores (OCH56D).
Mediciones: Foliación E-WPv. Diaclasas: N10W78S (3/m), N70W75N (3/m).

Fotografías:



Fig. 353. Vista de un xenolito.

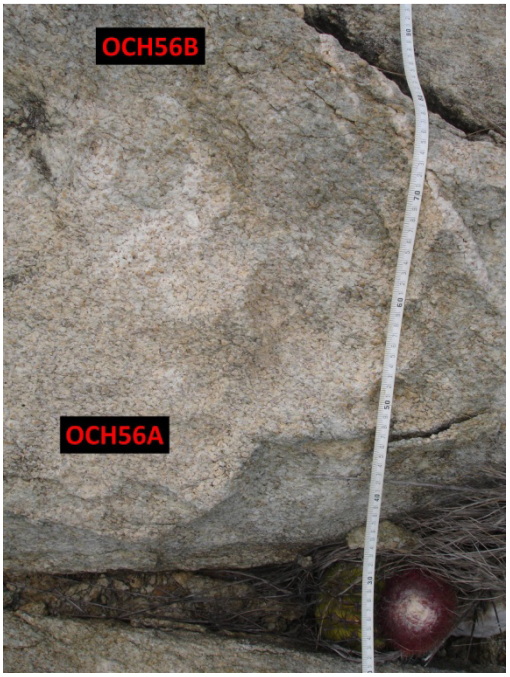


Fig. 354. Vista del afloramiento.



Fig. 355. Vista del afloramiento.



Fig. 356. Vista del nivel pegmatítico.



Fig. 357. Vista a detalle del nivel pegmatítico.

Descripción de muestras de mano:

OCH56A: Color fresco blanco grisáceo, color meteorizado gris verdoso. Roca de grano grueso con foliación gnéisica gruesa. Presenta cristales de plagioclasa, cuarzo, epidoto, biotita y mica blanca. La roca puede llamarse como gneis tonalítico.



Fig. 358. Muestra OCH56A.

OCH56B: Color fresco gris, color meteorizado gris oscuro. Roca fanerítica de grano grueso y con índice de color de 15% aproximadamente. Presenta cristales de cuarzo, plagioclasa, biotita, mica blanca, anfíbol y epidoto. Los cristales de plagioclasa están en forma de pórfidos. La roca puede llamarse como meta- tonalita.



Fig. 359. Muestra OCH56B.

OCH56C: Color fresco blanco grisáceo, color meteorizado blanco verdoso. Roca de grano muy grueso, con textura panidiomórfica. Presenta fenocristales de plagioclasa euhedrales de 2 cm. la matríz está compuesta de cuarzo, anfíbol, biotita, epidoto y clorita. La roca es una meta- tonalita- pegmatítica.



Fig. 360. Muestra OCH56D.

OCH56D: Color fresco gris, color meteorizado gris oscuro. Roca de textura porfídica, con cristales subhedrales de plagioclasa de 1 cm. La muestra presenta alto índice de color (25% aproximadamente), la matríz está compuesta de cuarzo, anfíbol y biotita. Se puede llamar como meta- tonalita.



Fig. 361. Muestra OCH56D.

Descripciónes Petrográficas:

OCH56A: Meta- tonalita. Muestra con textura cataclástica. Presenta fenocristales de plagioclasa (10% An). Los cristales de plagioclasa presentan sericitización. También se observan cristales de mica blanca, biotita cloritizada (pleocróica de pardo a incolora o verde pálido), anfíbol color verde pálido con poco pleocroísmo (actinolita) y epidoto. El tamaño de los cristales promedio es de aproximadamente 2,5 mm. Los minerales accesorios que se observan son titanita, apatito y opacos (pirita).

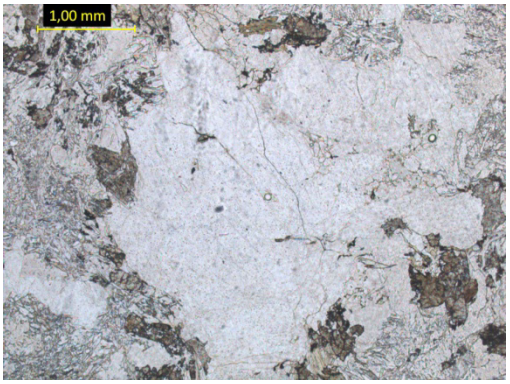


Fig. 362. Cristal de cuarzo fracturado NP.

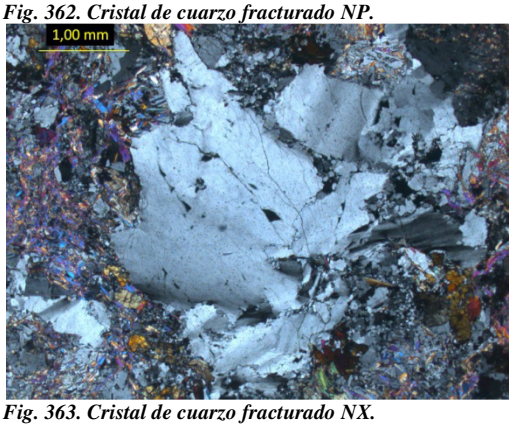


Fig. 363. Cristal de cuarzo fracturado NX.

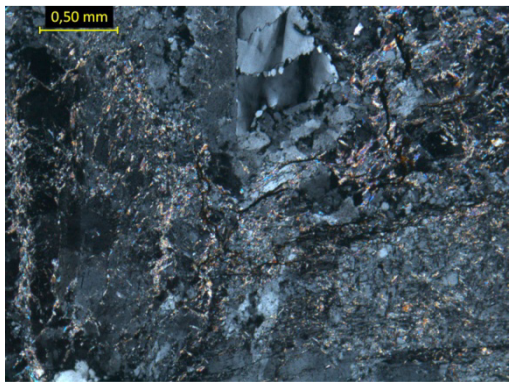


Fig. 364. Vista de la sericitización en la plagioclasa NX.

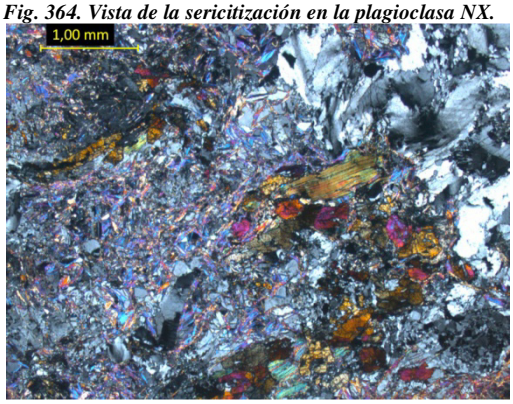


Fig. 365. Se observan cristales de moscovita, biotita cloritizada y epidoto, NX.

OCH56B: Meta- tonalita. Muestra de textura cataclástica. Presenta cristales que van de 2 mm hasta 3 mm, los corresponden a cuarzo policristalino y plagioclasa (10% An). Algunos cristales de plagioclasa tienen cierta textura pertítica. El resto se compone de cuarzo, plagioclasa, moscovita, biotita cloritizada, actinolita y epidoto. El tamaño de grano en los cristales mas pequeños es de aproximadamente 0,05 mm a 0,3 mm. Las plagioclasas presentan sericitización. De minerales accesorios se observan titanita, apatito y opacos (pirita).

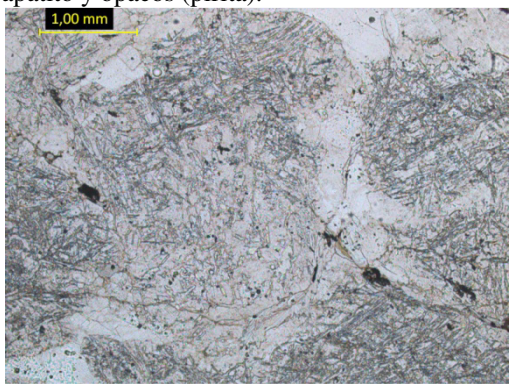


Fig. 366. Vista general de la muestra NP.

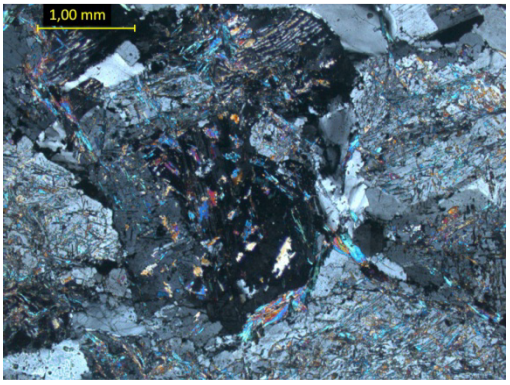


Fig. 367. Vista general de la muestra NX.

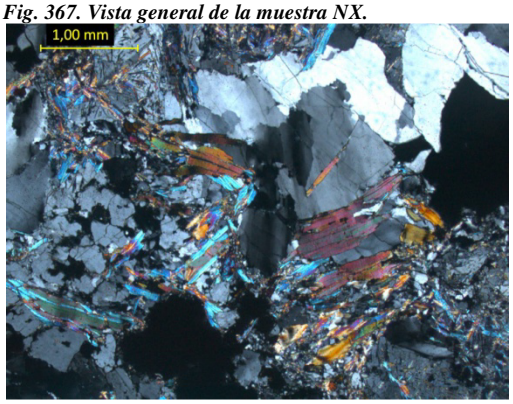


Fig. 368. Cristales de biotita y de moscovita NX.

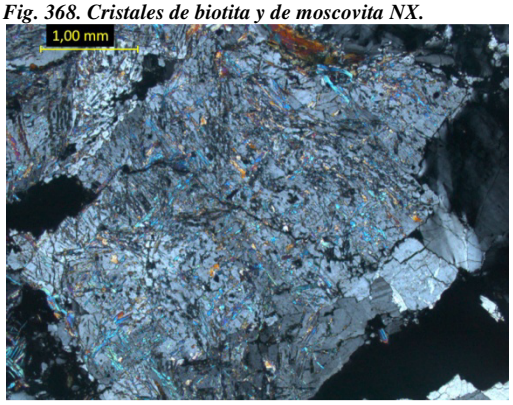


Fig. 369. Pórfido de plagioclasa con sericitización NX.

OCH56C: Meta- tonalita pegmatítica. Roca pegmatítica, con textura cataclástica. Los cristales de plagioclasa (10% An) son euhedrales y en la sección fina llegan a los 2 cm aproximadamente, presentando zonación y sericitización además de maclado tipo periclina en los cristales más grandes. Los cristales más pequeños son de cuarzo policristalino (aproximadamente 0,8 mm). La matriz intersticial se compone de cuarzo, plagioclasa, moscovita, anfpibol y biotita cloritizada y los tamaños de los cristales son menores a 0,05 mm. También se observa epidotización. De minerales accesorios se observa titanita, apatito y opacos (pirita).

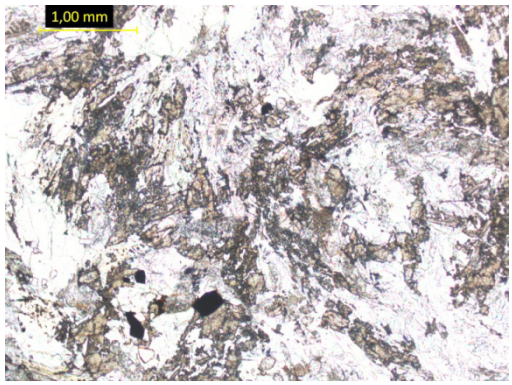


Fig. 370. Vista de la matriz intersticial NP.

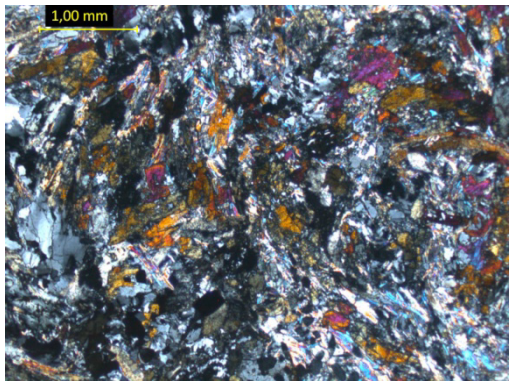


Fig. 371. Vista de la matriz intersticial NX.

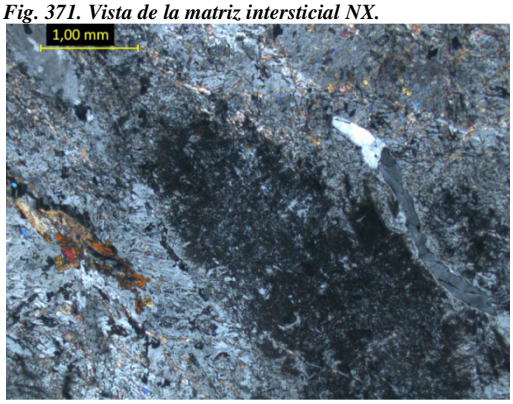


Fig. 372. Cristal de plagioclasa con zonación y sericitización.

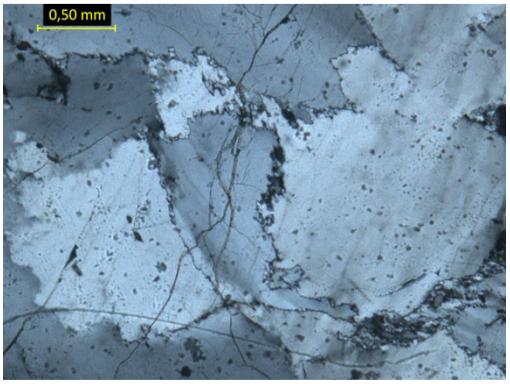


Fig. 373. Cristal de cuarzo fracturado NX.

OCH56D: Meta- tonalita. Roca de textura cataclástica. Los cristales son de 7 mm en promedio, los mismos son de cuarzo policristalino y en su mayoría de plagioclasa (10% An). Los cristales de plagioclasa presentan sericitización. La matriz intersticial tiene un tamaño menor a 0,2 mm y se compone de cuarzo, plagioclasa, moscovita, anfíboles (actinolita y hornblenda), biotita cloritizada y epidoto. De minerales accesorios se observa titanita, apatito y opacos (pirita).

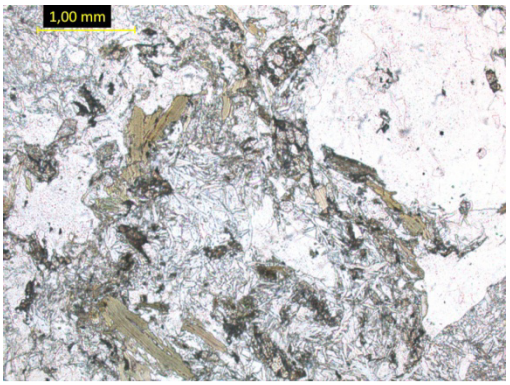


Fig. 374. Vista de la matriz intersticial NP.

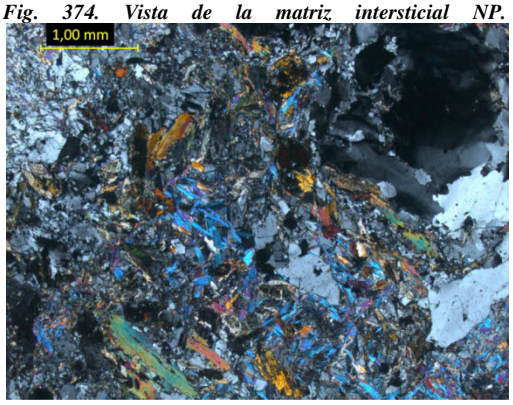


Fig. 375. Vista de la matriz intersticial NX.

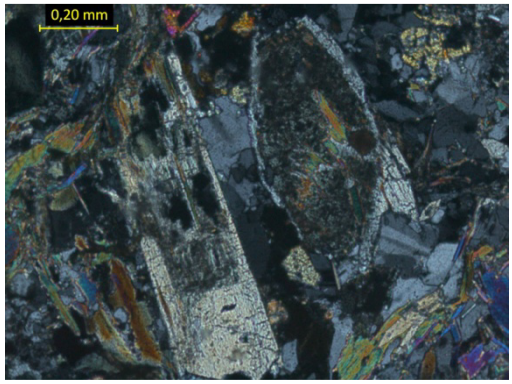


Fig. 376. Cristal de anfíbol zonado NX.

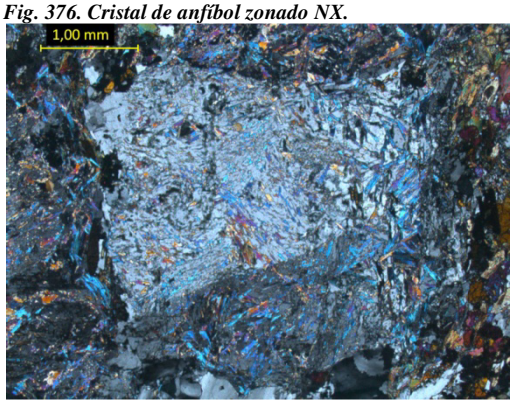


Fig. 377. Cristal de plagioclasa con sericitización NX.



Fig. 378. Cristal de cuarzo fracturado NX.

Punto de observación: 102
Unidad:
Coordenadas UTM: E 805.548 **N** 1.307.332
Observaciones de campo: Punto de control. Se observa fragmento de cuarzo de 1 m por 1 m, presenta cristales oscuros al parecer óxidos, se tomaron para futuro análisis por DRX (OCH57).

Fotografía:

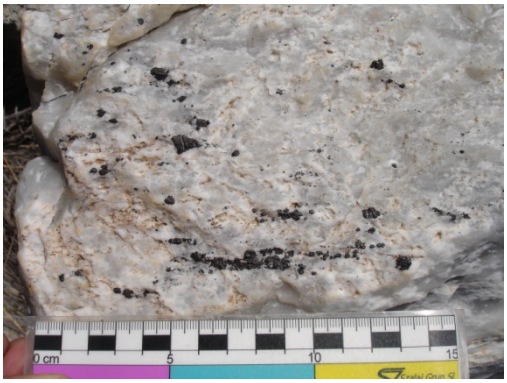


Fig. 379. Vista del bloque de cuarzo a detalle.

Punto de observación: 103
Unidad:
Coordenadas UTM: E 805.332 **N** 1.307.398
Observaciones de campo: Se aprecia mayor foliación en la roca, aparentemente tiene la misma composición tonalítica pero el tamaño de grano es más fino y posee textura de esquistosa a gnéisica. Sólo es un intervalo, hacia el oeste se observa nuevamente grano grueso.
Mediciones: Foliación: E-W18S. Diaclasas: N05E78S (9/m), N80E88S (3/m).

Fotografías:



Fig. 380. Vista general del intervalo gnéisico- esquistoso.



Fig. 381. Vista a detalle del afloramiento.

Descripción de muestra de mano:
OCH58: Color fresco verde pálido, color meteorizado verde a marrón. Roca de grano muy fino con foliación esquistosa. Presenta cristales de anfíbol, plagioclasa, epidoto y clorita, además de cristales alargados de cuarzo. La roca puede llamarse como esquisto cuarzo plagioclásico anfibólico epidótico.



Fig. 382. Muestra OCH58.

Punto de observación: 104
Unidad:
Coordenadas UTM: E 804.989 **N** 1.307.328
Observaciones de campo: Cumbre occidental del cerro Walker. Se observa gran veta de cuarzo en el gnéis- esquisto tonalítico, es similar al esquisto del punto 103, pero la textura es de cizalla, tipo milonita. La foliación es cataclástica.
Mediciones: Foliación: N50W45S. Diaclasas: N22E80N (2/m), N70E75S (3/m).

Fotografías:



Fig. 383. Vista al este desde la cumbre occidental del cerro Walker.



Fig. 384. Vista de la textura de cizalla tipo milonita en el afloramiento.

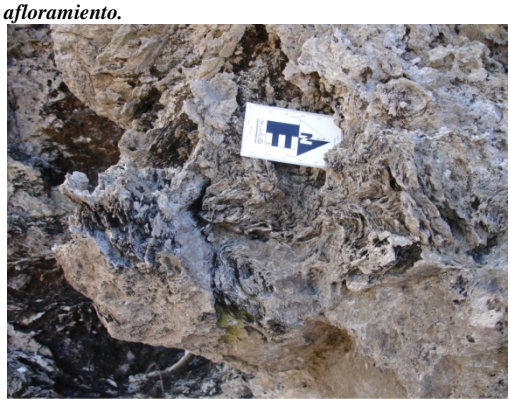


Fig. 385. Vista de la textura tipo milonita.

Descripción de muestra de mano:

OCH59: Color fresco blanco, color meteorizado blanco amarillento a verdoso. Roca altamente cizallada de tamaño de grano muy fino no se diferencia bien la mineralogía, aparentemente está compuesta de cuarzo y plagioclasa. Se puede nombrar como milonita.



Fig. 386. Muestra OCH58.

Punto de observación: 105
Unidad:
Coordenadas UTM: E 805.090 **N** 1.307.431
Observaciones de campo: Afloran xenolitos de roca máfica. Se observa una especie de ensilladura en la roca granitoide de grano grueso.
Mediciones: Diaclasas: N-SPv (2/m), N35E72N (2/m).

Fotografías:



Fig. 387. Vista de la morfología de ensilladura.



Fig. 388. Vista de xenolito máfico en la roca granitoide.

Punto de observación: 106
Unidad:
Coordenadas UTM: E 805.171 **N** 1.307.286
Observaciones de campo: Vuelve a aflorar la meta- tonalita pegmatítica del punto 101.
Mediciones: Diaclasas: N70W72S (7/m), N20E85S (5/m).

Punto de observación: 107
Unidad:
Coordenadas UTM: E 805.115 **N** 1.307.247
Observaciones de campo: Aflora la meta-tonalita pegmatítica del punto 101, parecida a la muestra OCH56D. Presenta foliación gruesa.
Mediciones: Foliación: N70E20S. Diaclasas: N80W57N (3/m), N45W82S (3/m).

Punto de observación: 108
Unidad:
Coordenadas UTM: E 805.095 **N** 1.307.225
Observaciones de campo: Aflora nivel esquistoso (OCH60), intercalado con la meta-tonalita pegmatítica.
Mediciones: Foliación: N80W45N. Diaclasa: N20W75N (8/m).

Fotografías:



Fig. 389. Vista del nivel esquistoso.



Fig. 390. Vista del nivel pegmatítico.

Descripción de muestra de mano:
OCH60: Color fresco blanco verdoso, color meteorizado marrón. Roca de grano fino y foliación esquistosa. La mineralogía está compuesta por plagioclasa, cuarzo, epidoto, clorita y aparentemente jadeíta. Presenta cristal de hematita de 2 mm, post tectónico. Puede llamarse como esquisto plagioclásico cuarzo epidótico clorítico (tonalítico).



Fig. 391. Muestra OCH60.

Reconocimiento de la ladera suroeste del cerro Walker, sector occidental de la isla La Orchila. (23/03/2015)

Punto de observación: 109
Unidad:
Coordenadas UTM: E 805.032 **N** 1.307.184
Observaciones de campo: Punto de control para reinicio del recorrido de la ladera suroeste del cerro Walker.

Punto de observación: 110
Unidad:
Coordenadas UTM: E 804.776 **N** 1.307.250
Observaciones de campo: Aflora gneis con textura "augen" de grano grueso, alternado con otra textura más esquistosa, ambos con la misma composición meta- tonalítica de la zona.
Es la zona de costa oeste del cerro Walker, se logra apreciar la discordancia entre la roca granítica y la terraza carbonática.
Mediciones: Foliación: N75W45S. Diaclasas: N10E85N (3/m), N45W72N (4/m).

Fotografías:



Fig. 392. Vista del afloramiento de la roca gnéisica.



Fig. 393. Vista al sur desde la costa oeste del cerro Walker.



Fig. 394. Vista del contacto discordante entre la terraza coralina y la roca granítica.



Fig. 395. Vista de la terraza coralina.



Fig. 396. Vista general de la ladera oeste del cerro Walker.

Reconocimiento de la ladera sureste del cerro Walker, sector occidental de la isla La Orchila. (23/03/2015)

Punto de observación: 111
Unidad:
Coordenadas UTM: E 807.186 **N** 1.307.159
Observaciones de campo: Frente de voladura al sureste del cerro Walker. Se observa dique color gris, con micas y plagioclasas, de aproximadamente 60 cm de espesor. La roca caja presenta foliación, es aparentemente una roca meta- volcánica color verde, masiva y presenta enclaves de roca máfica más oscura.
Se observó un plano de falla en un bloque suelto, el cuál presenta estrías.
Mediciones: Foliación de roca caja: N75E75N. Orientación del dique: E-W56N. Diaclasas: N10W72N (3/m), N42W82S (5/m).

Fotografías:



Fig. 397. Vista general del dique.



Fig. 398. Vista a detalle del dique.

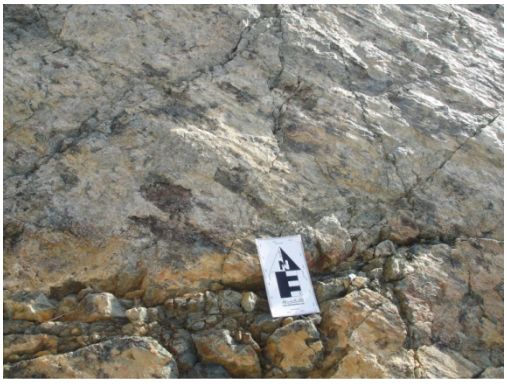


Fig. 399. Vista del plano de falla en el bloque suelto.

Punto de observación: 112
Unidad:
Coordenadas UTM: E 807.077 **N** 1.307.092
Observaciones de campo: Se tomo una muestra de roca suelta, color verde, aparentemente volcánica, con cristales de pirolusita.
Mediciones: Diaclasas: N12E65S (12/m), N70E55N (4/m).

Descripción de muestra de mano:
OCH61: Color fresco verde, color meteorizado verde amarillento. Roca de textura blasto porfídica, con matriz afanítica compuesta por minerales máficos y plagioclasas. Los fenocristales de anfíbol no son mayores a 1 mm la muestra presenta cristales de pirolusita en una de sus superficies. Se puede llamar como metalamprófido.



Fig. 400. Muestra OCH61.

Descripción petrográfica:
OCH61: Metalamprófido (Spessartita). La muestra presenta textura blasto porfídica, los fenocristales están formados por anfíbol pleocróico de incoloro a verde pálido (actinolita ó tremolita). En algunos cristales de anfíbol se observa crecimiento de clorita dentro del cristal. La matriz se compone de plagioclasa, pequeñas agujas del anfíbol descrito y cuarzo. Se observa algo de epidotización y sericitización. El tamaño de grano en la matriz es menos a 0,08 mm y los pórfidos van de 0,2 mm hasta 1,7 mm. De minerales accesorios se observan opacos (hematita y limonita), titanita y apatito.



Fig. 401. Vista general de la muestra NP.

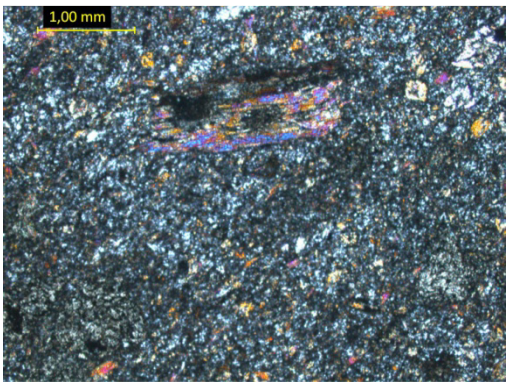


Fig. 402. Vista general de la muestra NX.

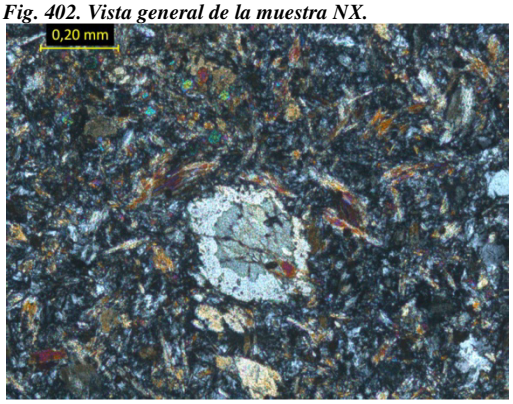


Fig. 403. Cristal de anfíbol zonado, NX.

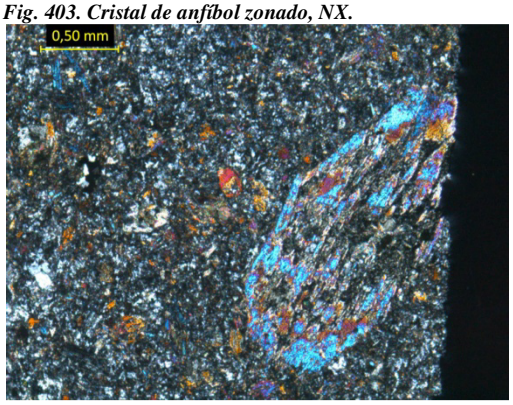


Fig. 404. Anfíbol esqueletal, presenta inclusiones de cristales de clorita, NX.

Punto de observación: 113
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.943 **N** 1.307.021
Observaciones de campo: Aflora meta-tonalita al sureste del cerro Walker. Se observa grano grueso, parecido a las muestras OCH56, con zonas con cristales euhedrales de plagioclasa de hasta 2 cm. Se tomará para desgaste los ángeles por su cercanía a la carretera.
Mediciones: Diaclasas: N30W55N (2/m), N30E82S (4/m).

Fotografías:



Fig. 405. Vista general del afloramiento.



Fig. 406. Vista a detalle del afloramiento.

Punto de observación: 114
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.710 **N** 1.307.057
Observaciones de campo: Aflora roca máfica (meta- diabasa), con foliación poco prominente.
Mediciones: Foliación: N80E85N. Diaclasas: N40W80S (7/m), N17E75N (6/m).

Punto de observación: 115
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.492 **N** 1.306.960
Observaciones de campo: Punto de observación y medición de afloramiento máfico (meta- diabasa).
Mediciones: Diaclasas: N30E78N (13/m), N70E85N (7/m).

Punto de observación: 116
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.497 **N** 1.306.960
Observaciones de campo: Punto de observación y medición de afloramiento máfico (meta- diabasa).

Mediciones: Diaclasas: N09E75N (12/m), N70E85N (4/m).

Reconocimiento del sector sur de la isla La Orchila. (23/03/2015)

Punto de observación: 117
Unidad:
Coordenadas UTM: E 809.662 **N** 1.304.987
Observaciones de campo: Aflora la terraza arrecifal, se observa afloramiento de la sección, fragmentos de coral y conchas.

Fotografías:



Fig. 407. Vista general de la terraza arrecifal.



Fig. 408. Vista de la terraza arrecifal.

Punto de observación: 118
Unidad:
Coordenadas UTM: E 810.852 **N** 1.302.761
Observaciones de campo: Punto al sur de la isla conocido como playa Rosada.

Fotografía:



Fig. 409. Vista de la playa Rosada.

Punto de observación: 119
Unidad:
Coordenadas UTM: E 809.849 **N** 1.305.432
Observaciones de campo: Aflora pequeña elevación formada por peridotita, al sur del cerro Los Pájaros. Posee unos 16 m de diámetro aproximadamente.

Fotografías:



Fig. 410. Vista de la pequeña elevación.



Fig. 411. Vista del afloramiento de peridotita.

Descripción de muestra de mano:
OCH63: Color fresco marrón y negro, color meteorizado marrón. Roca altamente meteorizada. Presenta minerales máficos sin diferenciar, además tiene un alto porcentaje de serpentinización y posibles cristales de ópalo. Se puede llamar como peridotita serpentinizada.



Fig. 412. Muestra OCH63.

Reconocimiento de la ladera oeste del cerro El Chivo, sector oriental de la isla La Orchila. (24/03/2015)

Punto de observación: 120
Unidad:
Coordenadas UTM: E 813.919 **N** 1.307.144
Observaciones de campo: Se comenzó el recorrido de la ladera oeste del cerro El Chivo. En éste punto se observó un afloramiento de gneis y esquisto anfibólico.
Mediciones: Foliación: N80E72S. Diaclasas: N20E82N (7/m), N60W68S (3/m).

Punto de observación: 121
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.047 **N** 1.307.310
Observaciones de campo: Contacto entre el dique mayor félsico y el esquisto anfibólico. Se tomaron medidas en la parte félsica, en la cual se observaron diaclasas rellenas de epidoto de hasta 1 cm de espesor.
Mediciones: Foliación: N65WPv. Diaclasas: N18EPv (6/m), N65E60S (4/m).

Fotografías:


Fig. 413. Vista del contacto entre el dique mayor félsico y el esquisto anfibólico.


Fig. 414. Vista a detalle de la parte félsica con vetas de epidoto.

Punto de observación: 122
Unidad:
Coordenadas UTM: E 813.942 **N** 1.307.437
Observaciones de campo: Contacto entre el dique mayor félsico y el esquisto anfibólico plagioclásico. Se realizaron mediciones en la unidad máfica.
Mediciones: Foliación: N80E67S. Diaclasas: N40W40N (17/m), N30E75N (12/m).

Fotografías:


Fig. 415. Vista de la zona de contacto.



Fig. 416. Vista del esquisto anfibólico plagioclásico.

Punto de observación: 123
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.203 **N** 1.307.371
Observaciones de campo: Contacto triple entre zona de derrubios, dique mayor félsico y gneis y esquisto anfibólico. Se midió en la roca máfica. En el dique mayor félsico (meta-tonalítico) se observó un nivel granatífero y se tomaron muestras de granate (OCH64).
Mediciones: Foliación: N75E50S. Diaclasas: N10E78N (5/m), N30W68S (3/m).

Fotografías:

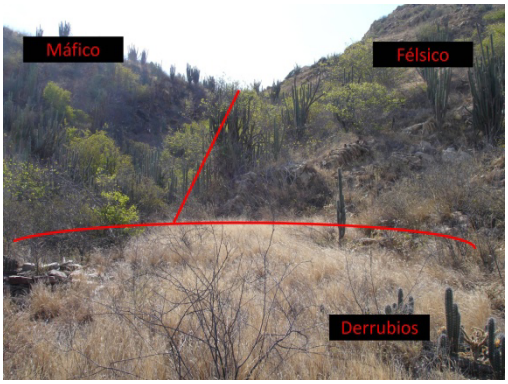


Fig. 417. Vista del contacto triple.



Fig. 418. Vista de los cristales de granate.

Punto de observación: 124
Unidad:
Coordenadas UTM: E 814.217 **N** 1.307.442
Observaciones de campo: Aflora pliegue isoclinal, pegmatítico, paralelo a la foliación, de 10 cm a 60 cm de espesor, dentro del esquisto anfibólico. Se trata de una pegmatita feldespática simple. Posible orogénesis hersiniana.
Se observó un suelto de gneis cianítico granatífero levantado en el punto 16, muestra OCH05.
Mediciones: Foliación: N70E65S.

Fotografías:



Fig. 419. Pliegue pegmatítico isoclinal.



Fig. 420. Vista del suelto de gneis cianítico granatífero.

Descripción de muestra de mano:
OCH65: Color fresco blanco, color meteorizado amarillo y marrón. Roca de grano muy grueso, con cristales de plagioclasa que conforman más del 80% de la roca y el resto formado por cuarzo. Se puede llamar como pegmatita plagioclásica.



Fig. 421. Muestra OCH65.

Reconocimiento de la ladera centro-norte del cerro Walker, sector occidental de la isla La Orchila. (25/03/2015)

Punto de observación: 125
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.459 **N** 1.307.480
Observaciones de campo: En la ladera norte del cerro Walker, en su parte central, se encuentra una playa conocida como Pantaleta. Este punto corresponde con el extremo este de la playa.
Aflora una complejidad de diques y vetas, y la roca caja son lavas almohadilladas con evidencias de cizallamiento (fracturadas y elongadas).
El primer set de diques presenta rocas intermedias de grano grueso (OCH66A) y vetas de cuarzo.
El segundo set de diques presenta una roca máfica afanítica (OCH66B).
Mediciones: Orientación de los diques; primer set: N70E80S; segundo set: N10E32S.

Fotografías:



Fig. 422. Vista hacia la zona oeste de la playa.



Fig. 423. Vista del afloramiento de diques.



Fig. 424. Vista de dique y veta de cuarzo.



Fig. 425. Vista general del afloramiento.

Descripción de muestras de mano:
OCH66A: Color fresco blanco grisáceo, color meteorizado marrón claro. Roca con textura porfídica e índice de color de 12% aproximadamente. Presenta cristales de cuarzo, plagioclasa, biotita y anfíbol. Se puede denominar como meta-andesita.



Fig. 426. Muestra OCH66A.

OCH66B: Color fresco verde oscuro, color meteorizado de marrón a verde. Roca de grano muy fino, en parte afanítica, compuesta por plagioclasa, anfíbol, minerales máficos, epidoto y clorita. Se puede llamar como lamprófido.



Fig. 427. Muestra OCH66B.

Descripción petrográfica:

OCH66A: Meta-andesita porfídica. Muestra de textura blasto porfídica. Los fenocristales están formados por plagioclasa con textura pertítica en algunos casos. En menor cantidad y de menor tamaño se observan fenocristales de cuarzo policristalino y biotita. La matriz se compone de cuarzo, plagioclasa y mica blanca. Presenta epidoto y escasos cristales de clorita. Algunos cristales de moscovita presentan textura simplectítica con la plagioclasa. Los anfíboles que se observan aparentan ser actinolita. Los pórfidos van de 0,4 mm hasta 3 mm, mientras que la matriz es menor a 0,4 mm de tamaño de grano. De mineral accesorio se observa titanita.

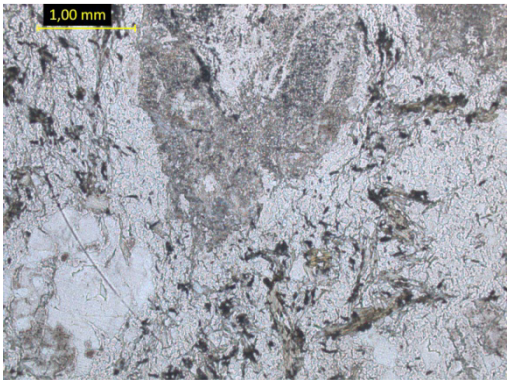


Fig. 428. Vista general de la muestra NP.

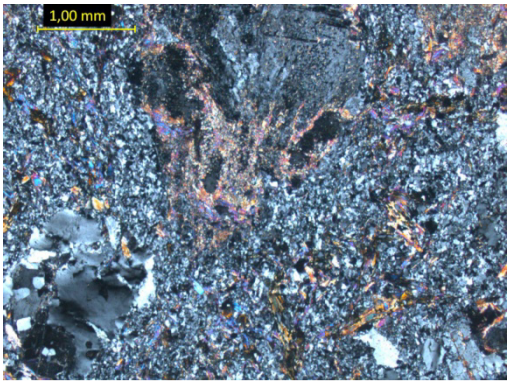


Fig. 429. Vista general de la muestra NX.

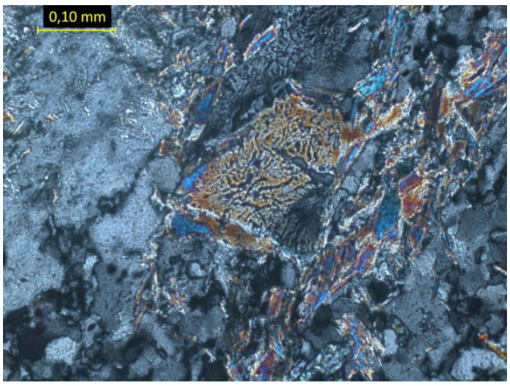


Fig. 430. Textura simplectítica entre cristal de moscovita y plagioclasa, NX.

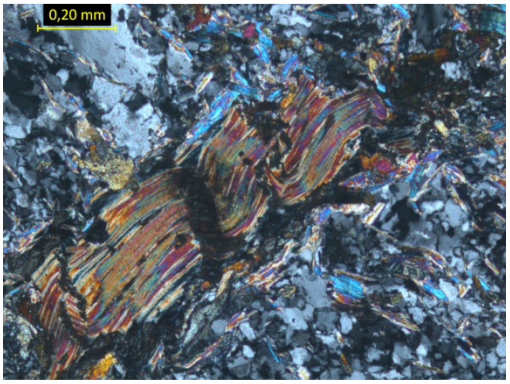


Fig. 431. Cristal de biotita plegado, NX.

OCH66B: Metalamprófido (spessartita). Muestra de textura blasto porfídica. Los fenocristales están formados por cristales euhedrales de anfíbol pleocróico de pardo oscuro a pardo claro, posiblemente lamprobolita (hornblenda basáltica). La matriz se compone de plagioclasa y otro anfíbol incoloro a verde pálido (actinolita) de hábito acicular. También presenta algo de clorita en la matriz y epidotización en general. Se observan estructuras tipo ocelo. Los tamaños de grano en los fenocristales van de 0,2 mm hasta 1,3 mm, y en la matriz es menor a 0,04 mm. De minerales accesorios se observa titanita y opacos (hematita).

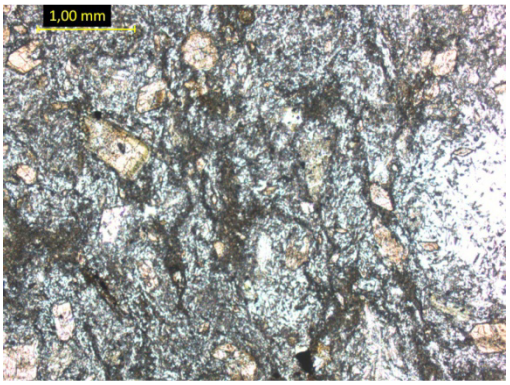


Fig. 432. Vista general de la muestra NP.

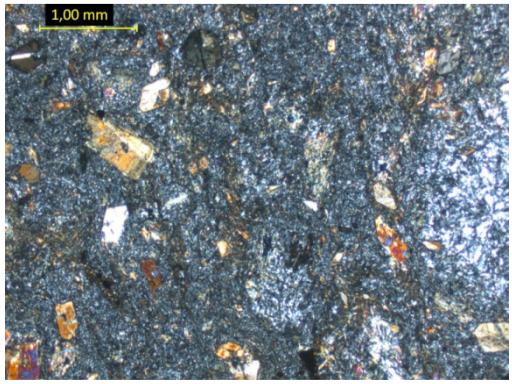


Fig. 433. Vista general de la muestra NX.

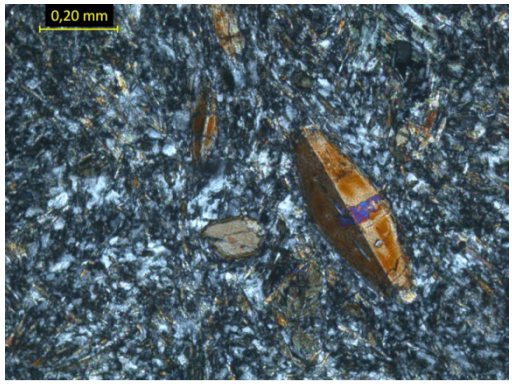


Fig. 434. Cristales de anfíbol maclados, NX.

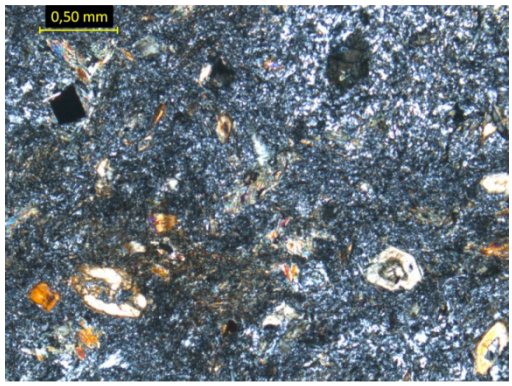


Fig. 435. Cristales de anfíbol zonados.

Punto de observación: 126
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.376 **N** 1.307.485
Observaciones de campo: En éste punto se encontró la entrada de una cueva en playa Pantaleta, ladera norte del cerro Walker. Se logró diferenciar una superficie de falla rumbo vertical.
Mediciones: Plano de falla: N75E58N. Pitch 40°.

Fotografías:



Fig. 436. Vista de la entrada a la cueva.

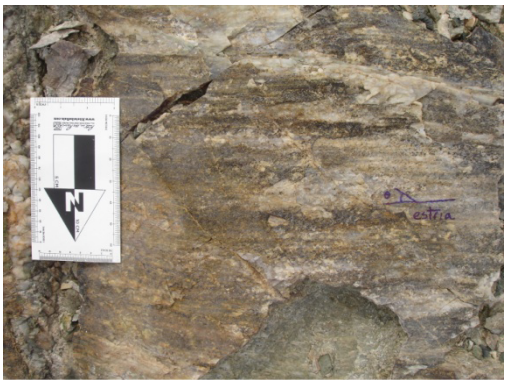


Fig. 437. Vista de la superficie de falla.

Punto de observación: 127
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.324 **N** 1.307.527
Observaciones de campo: Contacto de falla entre unidad granitoide y lavas almohadilladas. Se tomó muestra de la unidad granitoide.

Fotografía:



Fig. 438. Vista del contacto de falla.

Descripción de muestra de mano:
OCH67: Color fresco blanco verdoso, color meteorizado blanco y verde oscuro. Roca de grano grueso, presenta foliación gnéisica, se observan cristales de plagioclasa, cuarzo, clorita y epidoto. La roca puede llamarse como meta- tonalita.



Fig.439. Muestra OCH67.

Punto de observación: 128
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.422 **N** 1.307.421
Observaciones de campo: Contacto de falla al centro- norte del cerro Walker. Se observan lavas almohadilladas fracturadas, elongadas y epidotizadas. En rocas de granulometría gruesa se observa una foliación gruesa y débil.
Mediciones: Foliación: N60E62S. Diaclasas: N35E87S (7/m), N22E78S (12/m). Plano de falla: N-S72W.

Fotografías:



Fig. 440. Vista de la zona de falla.

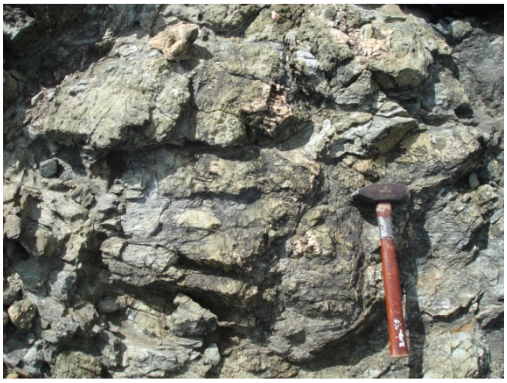


Fig. 441. Vista de lavas almohadilladas fracturadas.

Punto de observación: 129
Unidad:
Coordenadas UTM: E 806.410 **N** 1.307.361
Observaciones de campo: Se tomó muestra de un dique de 1,5 m de ancho, con cristales euhedrales de hornblenda. Se realizaron mediciones en la roca caja de carácter máfico.
Mediciones: Foliación: N35E58S. Diaclasas: N50W80S (4/m), N10EPv (9/m). Orientación del dique: N40EPv.

Fotografía:



Fig. 442. Vista general del dique.

Descripción de muestra de mano:
OCH68: Color fresco verde, color meteorizado marrón claro y verde claro. Roca de grano medio, con pórfidos anhedrales de plagioclasa de 1 mm a 2 mm y cristales de hornblenda euhedrales de hasta 5 mm. La matriz es afanítica, compuesta por minerales máficos sin diferenciar, epidoto y clorita. La roca se puede llamar como meta-andesita.



Fig. 443. Muestra OCH68.

Descripción petrográfica:
OCH68: Meta-andesita porfídica. Muestra de textura blasto porfídica. Los fenocristales van de 0,5 mm hasta 3 mm, y están formados por plagioclasa (6% An) y por cristales euhedrales y subhedrales de hornblenda. La hornblenda es pleocróica de verde a pardo. La matriz está formada por plagioclasa, cuarzo y actinolita, la cuál es abundante y pleocróica de verde pálido a verde, además de presentar cierta orientación preferencial. Se observa cierta epidotización. Los minerales accesorios que se observan son titanita, apatito y opacos (hematita).

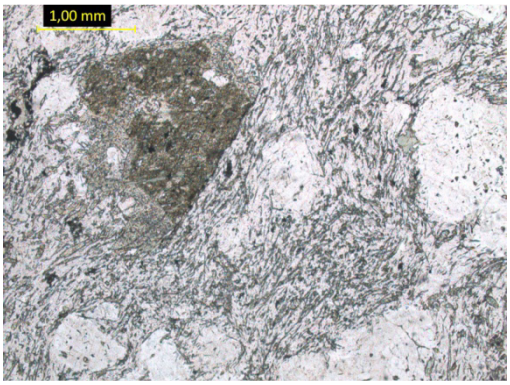


Fig. 444. Vista general de la muestra NP.

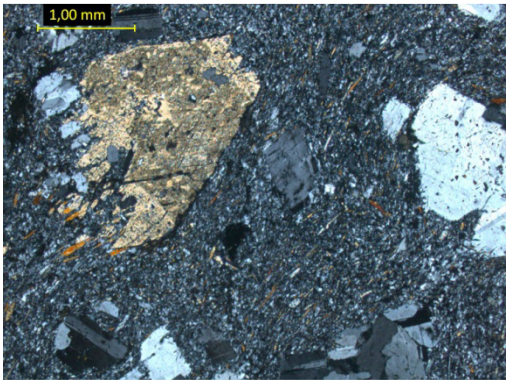


Fig. 445. Vista general de la muestra NX.

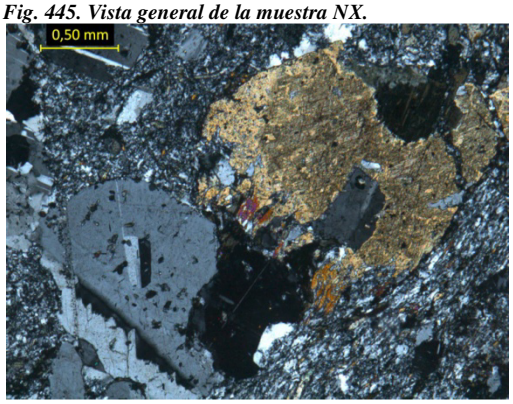


Fig. 446. Cristal de plagioclasa y corte basal de cristal de anfíbol, NX.

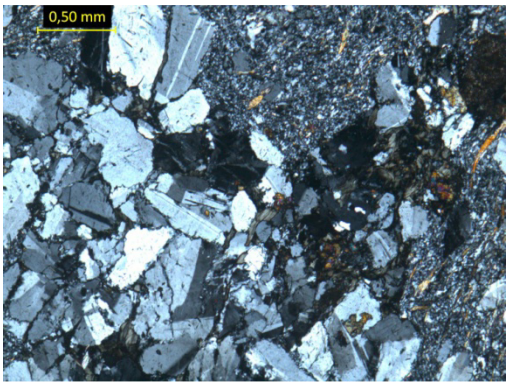


Fig. 447. Cristales de plagioclasa, clorita y epidoto, NX.

APÉNDICE B

TABLAS DE PORCENTAJES DETERMINADOS EN EL ANÁLISIS PETROGRÁFICO Y COMPOSICIÓN EN MUESTRAS DE MANO

I. CERRO ANGOLA Y CABECERA:

Tabla N° 1: Composición porcentual del Esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera

	Composición mineralógica (%)										
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Hbl	Act	Grt	Chl	M. A.	Nombre
OCH19A	3	30	4		5	50	6		1	<1	Gneis hornbléndico plagioclásico epidótico
OCH20B	4	29	2		3	61				1	Esquisto hornbléndico plagioclásico cuarzo epidótico
OCH23	8	23	3	9	3	43		9		1	Esquisto hornbléndico plagioclásico biotítico granatífero
	5	27	3	3	4	52	2	3	<1	<1	Esquisto y gneis hornbléndico plagioclásico
Máximo	8	30	4	9	5	61	6	9	1	1	
Mínimo	3	23	2	0	3	43	0	0	0	<1	

Tabla N° 2: Composición porcentual del Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera

	Composición mineralógica (%)											
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Hbl	Grt	Mc	Chl	Cal	M. A.	Nombre
OCH44	66	16	1	13	0,5		2	0,5			1	Gneis cuarzo plagioclásico biotítico granatífero
OCH45	49	25	16	1	6		1	1			1	Gneis cuarzo plagioclásico muscovítico epidótico
OCH01	58	34	6		1						<1	Gneis cuarzo plagioclásico micáceo
OCH46	41	24	15	1	9				6	3	1	Gneis cuarzo plagioclásico micáceo epidótico
OCH14A	33	31	10	15	9				1		1	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico epidótico
OCH17	48	30	5	8	4			4			1	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico granatífero
OCH20A	46	41		2	3	3	1		2		2	Esquisto cuarzo plagioclásico granatífero
OCH25	43	17	3		5	23	8				1	Esquisto cuarzo anfibólico plagioclásico granatífero
OCH26	44	36	2	7	3			7			1	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico
OCH27	36	35	15	7	5					1	1	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico
	46	29	7	6	5	3	1	1	1	<1	<1	Esquisto y gneis cuarzo plagioclásico micáceo
Máximo	66	41	15	15	9	23	8	7	6	3	2	
Mínimo	33	16	0	0	0,5	0	0	0	0	0	<1	

Tabla N° 3: Composición porcentual de los diques encontrados en las unidades del cerro Cabecera

	Composición mineralógica (%)							
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Ep	Amp	Mc	M. A.	Nombre
OCH16B	40	49	5	4	0	1	1	Aplita (micro metatonalita)
OCH21	8	27	2	2	60	0	1	Meta- gabro

Tabla N° 4: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas del Esquisto hornbléndico plagioclásico del cerro Cabecera

	Minerales presentes en muestra de mano									
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Amp	Grt	Chl	M. A.	Nombre
OCH19A	x	x	x		x	x		x	x	Gneis anfibólico plagioclásico epidótico
OCH19B		x			x	x		x		Anfibolita
OCH20B	x	x	x		x	x			x	Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico
OCH23	x	x	x	x	x	x	x		x	Esquisto anfibólico plagioclásico biotítico granatífero
	5	27	3	3	4	54	3	<1	<1	Esquisto y gneis anfibólico plagioclásico
Máximo	8	30	4	9	5	61	9	1	1	
Mínimo	3	23	2	0	3	43	0	0	<1	

Tabla N° 5: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas del Esquisto cuarzo plagioclásico del cerro Cabecera

	Minerales presentes en muestra de mano											
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Amp	Grt	Mc	Chl	Cal	M. A.	Nombre
OCH42A	x	x	x	x			x					Gneis cuarzo plagioclásico micáceo granatífero
OCH42B	x	x	x	x								Esquisto cuarzo plagioclásico micáceo
OCH43	x	x	x	x		x						Gneis plagioclásico cuarzo anfibólico micáceo
OCH44	x	x	x	x	x		x	x			x	Gneis cuarzo plagioclásico biotítico granatífero
OCH45	x	x	x	x	x		x	x			x	Gneis cuarzo plagioclásico muscovítico epidótico
OCH01	x	x	x		x						x	Gneis cuarzo plagioclásico micáceo
OCH46	x	x	x	x	x				x	x	x	Gneis cuarzo plagioclásico micáceo epidótico
OCH14A	x	x	x	x	x				x		x	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico epidótico
OCH15	x	x		x	x	x						Gneis cuarzo plagioclásico biotítico anfibólico
OCH16A	x	x	x	x	x	x			x			Gnéis cuarzo plagioclásico micáceo
OCH17	x	x	x	x	x		x	x			x	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico granatífero
OCH18	x	x		x		x						Esquisto cuarzo plagioclásico anfibólico biotítico
OCH20A	x	x		x	x	x	x		x		x	Esquisto cuarzo plagioclásico granatífero
OCH22	x	x	x	x		x	x					Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico granatífero
OCH25	x	x	x		x	x	x				x	Esquisto cuarzo anfibólico plagioclásico granatífero
OCH26	x	x	x	x	x			x			x	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico
OCH27	x	x	x	x	x					x	x	Esquisto cuarzo plagioclásico biotítico
	46	29	7	6	5	3	1	1	1	<1	<1	Esquisto y gneis cuarzo plagioclásico micáceo
Máximo	66	41	15	15	9	23	8	7	6	3	2	
Mínimo	33	16	0	0	0,5	0	0	0	0	0	1	

Tabla N° 6: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas de los diques encontrados en las unidades del cerro Cabecera

	Minerales presentes en muestra de mano								
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Amp	Mc	M. A.	Nombre
OCH14B	x	x	x						Pegmatita (meta- tonalita)
OCH16B	x	x	x		x		x	x	Aplita (micro metatonalita)
OCH21	x	x	x		x	x		x	Meta- gabro
OCH24	x	x		x		x			Esquisto anfibólico plagioclásico (nivel máfico)

II. CERRO EL CHIVO:

Tabla N° 7: Composición porcentual del Esquisto cuarzo granatífero cianítico del cerro El Chivo

	Composición mineralógica (%)								
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Grt	Ky	M. A.	Nombre
OCH05	47	3	19	1	1	18	10	1	Esquisto cuarzo micáceo granatífero cianítico

Tabla N° 8: Composición porcentual del Esquisto barroisítico plagioclásico del cerro El Chivo

	Composición mineralógica (%)										
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Ep	Grt	Hbl	Act	Bar	Chl	M. A.	Nombre
OCH04A	5	13	4	5	10	0	2	60	0	1	Gneis anfibólico plagioclásico granatífero
OCH33	13	26	0	8	0	0	2	49	1	1	Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico
OCH36A	10	26	0	8	0	1	2	50	2	1	Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico
OCH39	38	25	4	3	0	19	0	10	0	1	Gneis cuarzo anfibólico plagioclásico
	16	23	2	6	3	5	2	42	<1	<1	Gneis y esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico
Máximo	38	26	4	8	10	19	2	60	2	1	
Mínimo	5	13	0	3	0	0	0	10	0	1	

Tabla N° 9: Composición porcentual del Gneis tonalítico del cerro El Chivo

	Composición mineralógica (%)									
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Ep	Grt	Hbl	Bar	Chl	M. A.	Nombre
OCH07A	41	30	3	9	13	0	0	6	1	Gneis cuarzo plagioclásico granatífero epidótico
OCH09B	52	35	3	6	0	0	0	3	1	Gnéis cuarzo plagioclásico epidótico micáceo
OCH11	52	34	2	2	0	9	0	0	1	Gneis cuarzo plagioclásico anfibólico
OCH35	50	40	2	5	0	0	0	2	1	Meta- trondhjemita
OCH37	46	40	0	6	1	0	5	1	1	Gneis cuarzo plagioclásico epidótico granatífero
	48	36	2	5	3	2	1	2	1	Gneis cuarzo plagioclásico epiótico (tonalítico)
Máximo	52	40	3	9	13	9	5	6	1	
Mínimo	41	30	0	2	0	0	0	0	1	

Tabla N° 10: Composición porcentual de los diques encontrados en las unidades del cerro El Chivo

	Composición mineralógica (%)							
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Ep	Act	Chl	M. A.	Nombre
OCH12A	70	19	1	9	0	0	1	Meta- tonalita (dique)
OCH30A	4	52	0	30	4	9	1	Esquisto plagioclásico epidótico clorítico (esquisto diabásico) (cuerpo)

Tabla N° 11: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas del Esquisto barroisítico plagioclásico del cerro El Chivo

	Minerales presentes en muestra de mano								
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Ep	Grt	Amp	Chl	M. A.	Nombre
OCH04A	x	x	x	x	x	x		x	Gneis anfibólico plagioclásico granatífero
OCH06	x	x	x			x	x		Esquisto anfibólico plagioclásico
OCH09A	x	x		x		x			Esquisto diorítico
OCH10	x	x		x		x		x	Esquisto anfibólico plagioclásico
OCH12B	x	x	x			x	x		Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo micáceo
OCH13A	x	x	x			x	x		Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo micáceo
OCH32	x	x	x	x		x	x		Esquisto plagioclásico anfibólico micáceo
OCH33	x	x		x		x	x	x	Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico
OCH36A	x	x		x		x	x	x	Esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico
OCH39	x	x	x	x		x		x	Gneis cuarzo anfibólico plagioclásico
	16	23	2	6	3	49	<1	<1	Gneis y esquisto anfibólico plagioclásico cuarzo epidótico
Máximo	38	26	4	8	10	62	2	1	
Mínimo	5	13	0	3	0	29	0	1	

Tabla N° 12: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas del Gneis tonalítico del cerro El Chivo

	Minerales presentes en muestra de mano								
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Ep	Grt	Amp	Chl	M. A.	Nombre
OCH07A	x	x	x	x	x		x	x	Gneis cuarzo plagioclásico granatífero epidótico
OCH09B	x	x	x	x			x	x	Gnéis cuarzo plagioclásico epidótico micáceo
OCH11	x	x	x	x		x		x	Gneis cuarzo plagioclásico anfibólico
OCH30B	x	x	x		x		x		Gneis cuarzo plagioclásico micáceo granatífero
OCH34	x	x	x			x	x		Meta- tonalita
OCH35	x	x	x	x			x	x	Meta- trondhjemita
OCH37	x	x		x	x	x	x	x	Gneis cuarzo plagioclásico epidótico granatífero
OCH40A	x	x	x			x	x		Gneis cuarzo plagioclásico anfibólico micáceo
OCH41	x	x	x		x	x	x		Gneis cuarzo plagioclásico anficolico micáceo granatífero
	52	32	2	5	3	3	2	1	Gneis cuarzo plagioclásico epiótico (tonalítico)
Máximo	58	40	3	9	13	9	6	1	
Mínimo	41	28	0	2	0	0	0	1	

Tabla N° 13: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas de los diques encontrados en las unidades del cerro El Chivo

	Minerales presentes en Mdm								
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Ep	Amp	Chl	M. A.	Nombre	
OCH04B	x	x	x	x				Meta- tonalita (dique)	
OCH12A	x	x	x	x			x	Meta- tonalita (dique)	
OCH12C	x	x	x	x		x		Meta- tonalita (dique)	
OCH13B	x	x	x		x			Gneis plagioclásico cuarzo micáceo (cuerpo)	Cerros al Norte del cerro el Chivo
OCH13C	x	x	x		x			Brecha de falla	
OCH30A	x	x		x	x	x	x	Esquisto plagioclásico epidótico clorítico (cuerpo)	Cuerpo
OCH07B		x		x	x	x		Meta gabro (lente)	
OCH09C	x	x	x				x	Aplita (micro metatrondhjemita)	
OCH31				x	x	x	x	Meta- basalto (lente)	
OCH36B	x	x	x		x	x		Meta- diorita (dique)	
OCH40B				x				Diques de epidosita	
OCH65	x	x						Pegmatita plagioclásica	Cerro el Chivo

III. CERROS EL CENTRALES:

Tabla N° 14: Composición porcentual de la Peridotita serpentinizada de los cerros centrales

	Composición mineralógica (%)							
Muestra	Srp	Ol	Opx	Cpx	Opl	M. A.	Esp	Nombre
OCH28	52	23	14	8	1	<1	1	Lherzolita serpentinizada
OCH29	78	2	13	3	3	<1	1	Serpentinita (harzburgita o lherzolita)
	64	12	14	6	2	<1	1	Peridotita serpentinizada
Máximo	78	23	14	8	3	<1	1	
Mínimo	52	2	13	3	1	<1	1	

Tabla N° 15: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas de la Peridotita serpentinizada de los cerros centrales

	Minerales presentes en muestra de mano						
Muestra	Srp	Ol	Opx	Cpx	Opl	M. A.	Nombre
OCH28	x	x	x	x	x	x	Lherzolita serpentinizada
OCH29	x	x	x	x	x	x	Serpentinita (haarzburgita o lherzolita)
OCH63	x	x	x	x	x		Peridotita serpentinizada
	64	12	14	6	2	2	Peridotita serpentinizada
Máximo	78	23	14	8	3	2	
Mínimo	52	2	13	3	1	1	

IV. CERRO WALKER:

Tabla N° 16: Composición porcentual la Metadiabasa del cerro Walker

	Matriz (%)									
Muestra	Qtz	Pl	Ep	Act	Bar	Chl	Bt	Src	M. A.	Nombre
OCH03C	3	60	21	3	0	10	2	0	2	Meta- diabasa epidótica
OCH03D	7	57	22	0	0	9	3	0	2	Meta- basalto epidótico
OCH51A	3	33	4	26	4	26	3	0	1	Meta- diabasa
OCH52A	3	45	17	24	4	2	2	1	<1	Meta- diabasa
	4	50	14	15	2	12	2	<1	<1	Meta- diabasa
Máximo	7	60	22	26	4	26	3	1	2	
Mínimo	3	33	4	0	0	2	0	0	<1	

Tabla N° 17: Composición porcentual la Metatonalita del cerro Walker

	Matriz (%)								
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Act	Src	M. A.	Nombre
OCH52B	40	38	6	0	1	0	14	1	Gneis tonalitico
OCH54	37	39	5	0	5	2	11	1	Meta- tonalita
OCH56A	32	40	4	4	4	1	14	1	Meta- tonalita
OCH56B	28	40	6	8	2	1	14	1	Meta- tonalita
OCH56C	15	60	3	2	6	3	10	1	Meta- tonalita pegmatítica
OCH56D	30	33	13	9	6	2	6	1	Meta- tonalita
	30	42	6	4	4	2	11	1	Meta- tonalita
Máximo	40	60	13	9	6	3	14	1	
Mínimo	15	33	3	0	1	0	6	1	

Tabla N° 18: Composición porcentual de los diques encontrados en las unidades del cerro Walker

	Matriz (%)										Fenocristales (%)					
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Act	Chl	Src	Mc	M. A.	Bt	Chl	Pl	Qtz	Hbl	Nombre
OCH03A	39	36	9	0	3	1	0	0	0	1	6	5	0	0	0	Metalamprofido (kersantita)
OCH66A	30	15	4	0	11	1	1	11	0	1	4	0	15	7	0	Meta-andesita porfídica
OCH66B	5	51	0	0	11	13	4	0	0	1	0	0	0	0	12	Metalamprofido (spessartita)
OCH68	33	10	0	0	3	12	4	0	0	1	0	0	25	0	7	Meta-andesita porfídica
OCH61	4	54	4	24	0	8	0	1	0	1	0	0	0	0	5	Metalamprofido (spessartita)
OCH54	50	42	0	0	1	0	0	1	5	1	0	0	0	0	0	Aplita (micro metatonalita)

Tabla N° 19: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas de la Metadiabasa del cerro Walker

	Minerales presentes en muestra de mano							
Muestra	Qtz	Pl	Bt	Ep	Amp	Chl	M. A.	Nombre
OCH03B		x		x	x	x		Meta- diabasa
OCH03C	x	x	x	x	x	x	x	Meta- diabasa epidótica
OCH03D	x	x	x	x		x	x	Meta- basalto epidótico
OCH48		x		x	x	x		Meta- basalto
OCH49		x		x	x	x		Meta- diabasa
OCH50A		x		x	x	x		Meta- basalto epidótico
OCH51A	x	x	x	x	x	x	x	Meta- diabasa
OCH52A	x	x	x	x	x	x	x	Meta- diabasa
OCH53		x		x	x			Meta- basalto
	4	50	17	12	2	<1	<1	Meta- diabasa
Máximo	7	60	3	22	30	26	2	
Mínimo	3	33	0	4	0	2	1	

Tabla N° 20: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas de la Metatonalita del cerro Walker

	Minerales presentes en muestra de mano									
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Amp	Chl	Src	M. A.	Nombre
OCH52B	x	x	x		x			x	x	Gneis tonalitico
OCH54	x	x	x		x	x		x	x	Meta- tonalita
OCH55	x	x			x	x				Meta- tonalita
OCH56A	x	x	x	x	x	x		x	x	Meta- tonalita
OCH56B	x	x	x	x	x	x		x	x	Meta- tonalita
OCH56C	x	x	x	x	x	x		x	x	Meta- tonalita pegmatítica
OCH56D	x	x	x	x	x	x		x	x	Meta- tonalita
OCH58	x	x			x	x	x			Esquisto cuarzo plagioclásico anfibólico epidótico
OCH59	x	x								Milonita (esquisto tonalítico)
OCH60	x	x			x		x			Esquisto tonalítico
OCH67	x	x			x		x			Meta- tonalita
	30	42	6,2	3,8	4	1,5	<1	12	1	Meta- tonalita
Máximo	40	60	13	9	6	3	<1	14	1	
Mínimo	15	33	3	0	1	0	0	6	1	

Tabla N° 21: Composición mineralógica de las muestras de mano descritas de los diques encontrados en las unidades del cerro Walker

	Composición mineralógica (%)										
Muestra	Qtz	Pl	Ms	Bt	Ep	Amp	Chl	Mc	Src	M. A.	Nombre
OCH03A	x	x	x	x	x	x	x			x	Metalamprofido (kersantita)
OCH03E	x	x	x		x						Gneis tonalítico
OCH03F	x	x	x	x	x		x				Metalamprofido (kersantita)
OCH03G	x	x			x		x				Gneis tonalítico
OCH47	x	x		x		x					Meta- andesita
OCH50B	x	x		x	x		x				Metalamprofido (kersantita)
OCH51B	x	x		x	x						Metalamprofido (kersantita)
OCH66A	x	x	x	x	x	x	x		x	x	Meta- andesita
OCH66B	x	x			x	x	x			x	Meta- lamprofido (espesartita)
OCH68	x	x			x	x	x			x	Meta- andesita
OCH61	x	x	x		x	x	x			x	Metalamprofido (spessartita)
OCH54	x	x			x			x	x	x	Aplita (Micro metatonalita)

APÉNDICE C

RESULTADOS DE ENSAYOS GEOTÉCNICOS

I. DESGASTE LOS ÁNGELES

Ingenieros De Santis, C.A.
Rif. J-00255024-4

ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES

(Norma ASTM C-131-96 y Norma ASTM C-535-96)

Obra: La Orchila

Lugar: La Orchila, Dependencias Federales

Cliente:

Uso: Agregado para Concreto **Muestra:** OCH 03 - Piedra < 2"

Origen de la muestra:

Litología: **Fecha:** 24/07/2015

%		TIPO DE GRADACIÓN (gr.)						
Pasa	Ret.	A	B	C	D	E	F	G
3"	2½"							
2½"	2"							
2"	1½"						5.000	
1½"	1"						5.000	
1"	¾"							
¾"	½"							
½"	3/8"							
3/8"	¼							
¼	# 4							
# 4	# 8							
Esferas							12	
Rotaciones							1.000	

Peso total de la muestra (gr.)	10.000,00
Peso retenido en el tamiz Nº 12 (gr.):	6.140,00
Peso que pasa el tamiz Nº 12 (gr.):	3.860,00
% de desgaste:	**38,60**

Observaciones:

Realizado por:	Revisado por:
J.J. Niño	Ing.Feliciano De Santis

Ingenieros De Santis, C.A.
Rif. J-00255024-4

ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES

(Norma ASTM C-131-96 y Norma ASTM C-535-96)

Obra: La Orchila

Lugar: La Orchila, Dependencias Federales

Cliente:

Uso: Agregado para Concreto **Muestra:** OCH 11 - Piedra < 3"

Origen de la muestra:

Litología: **Fecha:** 27/07/2015

%		TIPO DE GRADACIÓN (gr.)						
Pasa	Ret.	A	B	C	D	E	F	G
3"	2½"						2.500	
2½"	2"						2.500	
2"	1½"						5.000	
1½"	1"							
1"	¾"							
¾"	½"							
½"	3/8"							
3/8"	¼							
¼	# 4							
# 4	# 8							
Esferas							12	
Rotaciones							1.000	

Peso total de la muestra (gr.)	10.000,00
Peso retenido en el tamiz Nº 12 (gr.):	5.624,00
Peso que pasa el tamiz Nº 12 (gr.):	4.376,00
% de desgaste:	**43,76**

Observaciones:

Realizado por:	Revisado por:
J.J. Niño	Ing.Feliciano De Santis

Ingenieros De Santis, C.A.

ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÀNGELES

(Norma ASTM C-131-96 y Norma ASTM C-535-96)

Obra: La Orchila

Lugar: La Orchila, Dependencias Federales

Cliente:

Uso: Agregado para Concreto **Muestra:** OCH 26- Piedra < 1/2"

Origen de la muestra:

Litologia: **Fecha:** 28/07/2015

%		TIPO DE GRADACIÓN (gr.)						
Pasa	Ret.	A	B	C	D	E	F	G
3"	2½"							
2½"	2"							
2"	1½"							
1½"	1"	1.250,0						
1"	¾"	1.250,0						
¾"	½"	1.250,0						
½"	3/8"	1.250,0						
3/8"	¼							
¼	# 4							
# 4	# 8							
Esferas		12						
Rotaciones		500						

Peso total de la muestra (gr.)	5.000,00
Peso retenido en el tamiz N° 12 (gr.):	3.210,00
Peso que pasa el tamiz N° 12 (gr.):	1.790,00
% de desgaste:	**35,80**

Observaciones:

Realizado por:	Revisado por:
J.J. Niño	Ing.Feliciano De Santis

Ingenieros De Santis, C.A.
Rif. J-00255024-4

ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES

(Norma ASTM C-131-96 y Norma ASTM C-535-96)

Obra: La Orchila

Lugar: La Orchila, Dependencias Federales

Cliente:

Uso: Agregado para Concreto **Muestra:** OCH 29 - Piedra < 2"

Origen de la muestra:

Litología: **Fecha:** 28/07/2015

%		TIPO DE GRADACIÓN (gr.)						
Pasa	**Ret.**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**
3"	2½"							
2½"	2"							
2"	1½"						5.000	
1½"	1"						5.000	
1"	¾"							
¾"	½"							
½"	3/8"							
3/8"	¼							
¼	# 4							
# 4	# 8							
Esferas							12	
Rotaciones							1.000	

Peso total de la muestra (gr.)	10.000,00
Peso retenido en el tamiz Nº 12 (gr.):	6.140,00
Peso que pasa el tamiz Nº 12 (gr.):	3.860,00
% de desgaste:	**38,60**

Observaciones:

Realizado por:	**Revisado por:**
J.J. Niño	Ing.Feliciano De Santis

Ingenieros De Santis, C.A.
Rif. J-00255024-4

ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES

(Norma ASTM C-131-96 y Norma ASTM C-535-96)

Obra: La Orchila

Lugar: La Orchila, Dependencias Federales

Cliente:

Uso: Agregado para Concreto **Muestra:** OCH 56 - Piedra < 3"

Origen de la muestra:

Litología: **Fecha:** 28/07/2015

%		TIPO DE GRADACIÓN (gr.)						
Pasa	**Ret.**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**
3"	2½"					2.500		
2½"	2"					2.500		
2"	1½"					5.000		
1½"	1"							
1"	¾"							
¾"	½"							
½"	3/8"							
3/8"	¼							
¼	# 4							
# 4	# 8							
Esferas						12		
Rotaciones						1.000		

Peso total de la muestra (gr.)	10.000,00
Peso retenido en el tamiz Nº 12 (gr.):	5.474,00
Peso que pasa el tamiz Nº 12 (gr.):	4.526,00
% de desgaste:	**45,26**

Observaciones:

Realizado por:	**Revisado por:**
J.J. Niño	Ing.Feliciano De Santis

II. COMPRESIÓN DE CUBOS DE ROCA

Ingenieros De Santis, C.A.

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE CUBOS DE ROCA

Proyecto:	La Orchila		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales		
Ensayado por:	Juan De Jesús Niño, Yesenia Rivas	**Calculado por:**	Yesenia Rivas
Fecha de ensayo:	26/05/2015	**Revisado por:**	Ing. Feliciano De Santis

Muestra	Tipo	Peso (g)	Altura. (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm^3)	Densidad (g/cm^3)	Area (cm^2)	Datos del ensayo			
									Deformación (mm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kgf/cm^2)	Módulo elasticidad (Kg/cm^2)
OCH 56 - 01	Cubo	670,10	6,52	6,34	6,44	266,21	2,517	40,83	0	0,00	0,00	0,00
									0,25	1.520	37,23	9.709,03
									0,50	3.490	85,48	11.146,23
									0,75	6.050	148,18	12.881,50
									1,00	9.960	243,94	15.904,93
									1,25	14.740	361,01	18.830,42
									1,50	17.590	430,81	18.726,09
									1,75	17.790	435,71	16.233,43



Muestra	Tipo	Peso (g)	Altura. (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm^3)	Densidad (g/cm^3)	Area (cm^2)	Datos del ensayo			
									Deformación (mm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kgf/cm^2)	Módulo elasticidad (Kg/cm^2)
OCH 03 - 02	Cubo	607,00	6,07	6,12	5,89	218,80	2,774	36,05	0	0,00	0,00	0,00
									0,25	1.930	53,54	12.999,88
									0,50	6.050	167,84	20.375,46
									0,75	10.860	301,28	24.383,19
									1,00	14.420	400,04	24.282,16

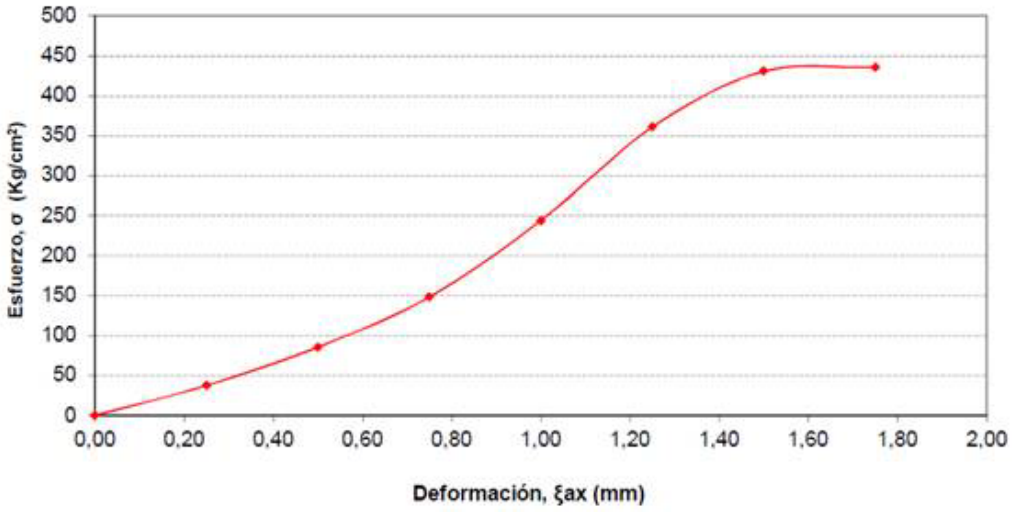


Ingenieros De Santis, C.A.

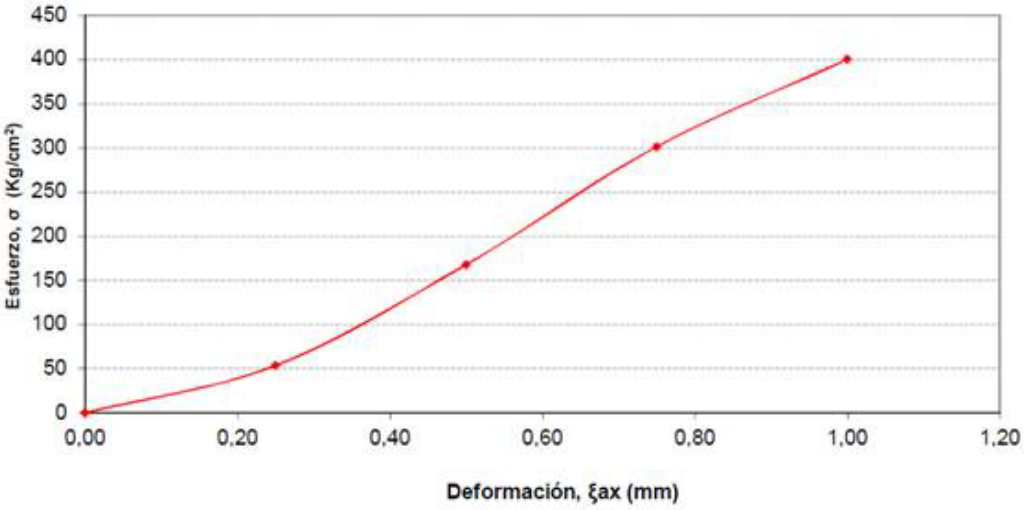
DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE CUBOS DE ROCA

Proyecto:	La Orchila		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales		
Ensayado por:	Juan De Jesús Niño, Yesenia Rivas	**Calculado por:**	Yesenia Rivas
Fecha de ensayo:	26/05/2015	**Revisado por:**	Ing. Feliciano De Santis

Curva Esfuerzo σ Vs Deformación ξax



Curva Esfuerzo σ Vs Deformación ξax

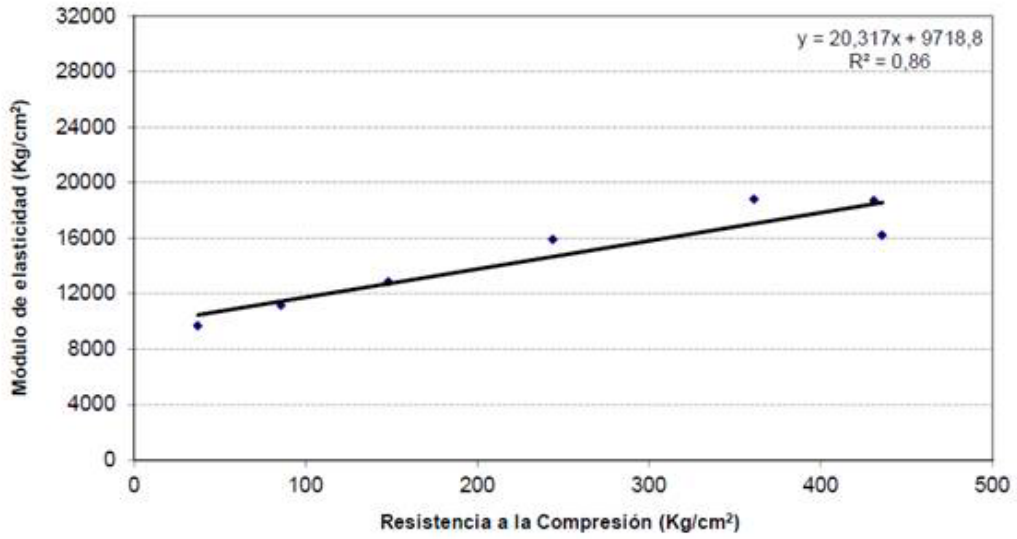


Ingenieros De Santis, C.A.

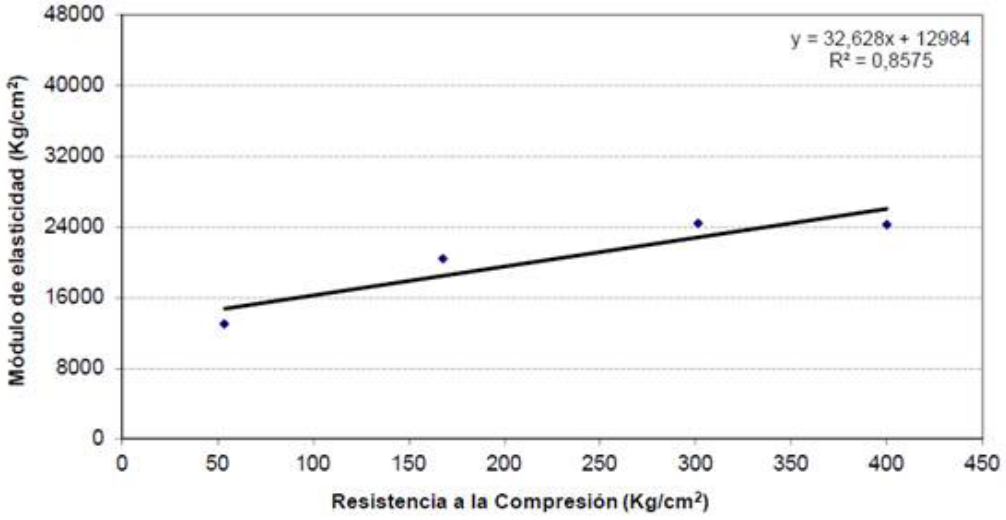
DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE CUBOS DE ROCA

Proyecto:	La Orchila		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales		
Ensayado por:	Juan De Jesús Niño, Yesenia Rivas	**Calculado por:**	Yesenia Rivas
Fecha de ensayo:	26/05/2015	**Revisado por:**	Ing. Feliciano De Santis

Relación resistencia a la compresión Vs Módulo de elasticidad secante



Relación resistencia a la compresión Vs Módulo de elasticidad secante



Ingenieros De Santis, C.A.

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE CUBOS DE ROCA

Proyecto:	La Orchila		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales		
Ensayado por:	Juan De Jesús Niño, Yesenia Rivas	**Calculado por:**	Yesenia Rivas
Fecha de ensayo:	26/05/2015	**Revisado por:**	Ing. Feliciano De Santis

Muestra	Tipo	Peso (g)	Altura. (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm^3)	Densidad (g/cm^3)	Area (cm^2)	Datos del ensayo			
									Deformación (mm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kgf/cm^2)	Módulo elasticidad (Kg/cm^2)
OCH 11 - 03	Cubo	642,00	6,45	6,36	6,76	277,31	2,315	42,99	0	0,00	0,00	0,00
									0,25	2.160	50,24	12.961,93
									0,50	5.610	130,48	16.832,51
									0,75	10.200	237,24	20.403,04
									1,00	16.340	380,06	24.513,65
									1,25	22.270	517,98	26.727,98
									1,50	27.790	646,38	27.794,14



Muestra	Tipo	Peso (g)	Altura. (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm^3)	Densidad (g/cm^3)	Area (cm^2)	Datos del ensayo			
									Deformación (mm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kgf/cm^2)	Módulo elasticidad (Kg/cm^2)
OCH 25 - 04	Cubo	723,80	6,25	6,56	6,29	257,89	2,807	41,26	0	0,00	0,00	0,00
									0,25	2.890	70,04	17.509,89
									0,50	10.260	248,65	31.081,57
									0,75	18.840	456,59	38.049,17
									1,00	22.450	544,08	34.004,93
									1,25	22.830	553,29	27.664,41

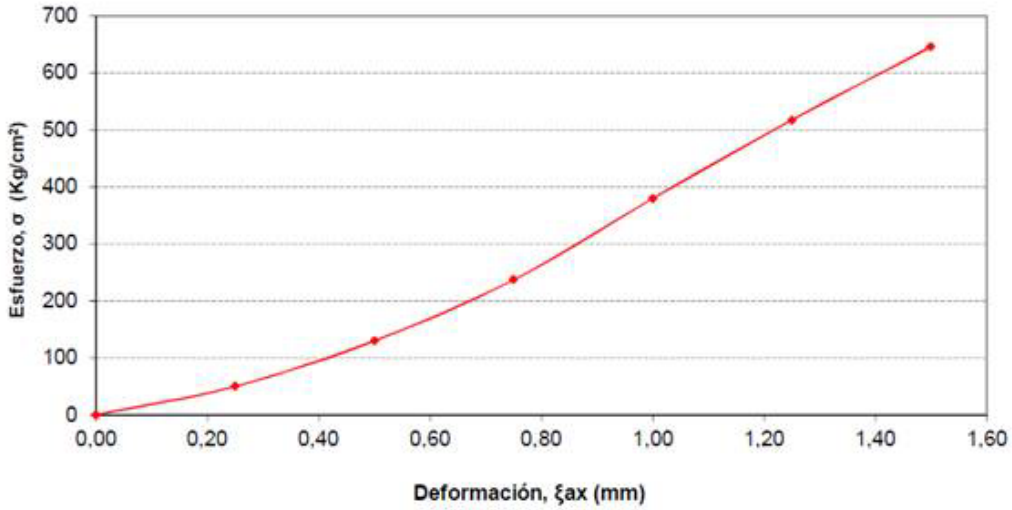


Ingenieros De Santis, C.A.

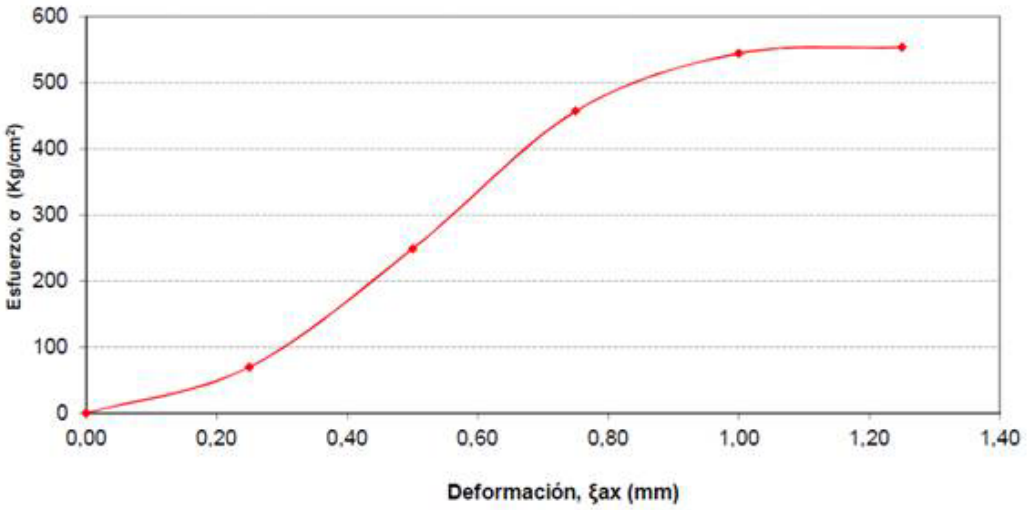
DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE CUBOS DE ROCA

Proyecto:	La Orchila		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales		
Ensayado por:	Juan De Jesús Niño, Yesenia Rivas	**Calculado por:**	Yesenia Rivas
Fecha de ensayo:	26/05/2015	**Revisado por:**	Ing. Feliciano De Santis

Curva Esfuerzo σ Vs Deformación ξax



Curva Esfuerzo σ Vs Deformación ξax

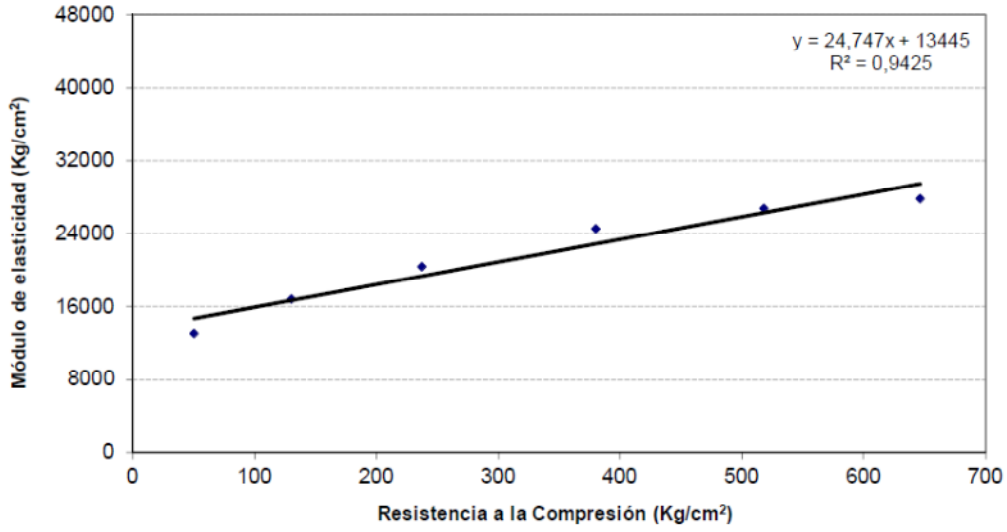


Ingenieros De Santis, C.A.

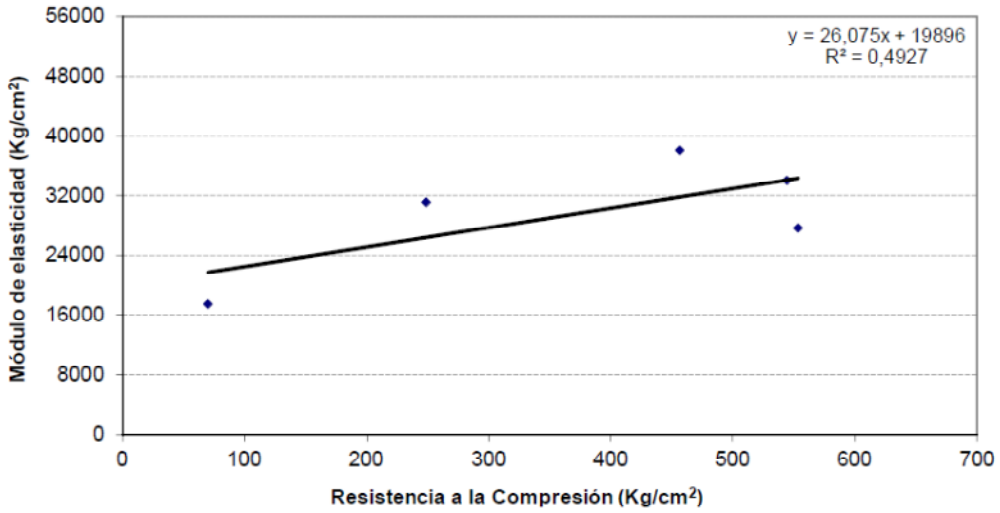
DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE CUBOS DE ROCA

Proyecto:	La Orchila		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales		
Ensayado por:	Juan De Jesús Niño, Yesenia Rivas	**Calculado por:**	Yesenia Rivas
Fecha de ensayo:	26/05/2015	**Revisado por:**	Ing. Feliciano De Santis

Relación resistencia a la compresión Vs Módulo de elasticidad secante
Muestra Arriba Talud



Relación resistencia a la compresión Vs Módulo de elasticidad secante
Muestra Panamericana (Punto 2)



Ingenieros De Santis, C.A.

DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE CUBOS DE ROCA

Proyecto:	La Orchila		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales		
Ensayado por:	Juan De Jesús Niño, Yesenia Rivas	**Calculado por:**	Yesenia Rivas
Fecha de ensayo:	26/05/2015	**Revisado por:**	Ing. Feliciano De Santis

Muestra	Tipo	Peso (g)	Altura. (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm^3)	Densidad (g/cm^3)	Area (cm^2)	Datos del ensayo			
									Deformación (mm)	Carga (kg)	Esfuerzo (kgf/cm^2)	Módulo elasticidad (Kg/cm^2)
OCH 29 - 05	Cubo	608,50	6,26	6,20	6,36	246,84	2,465	39,43	0	0,00	0,00	0,00
									0,25	3.960	100,43	25.146,68
									0,50	12.160	308,38	38.609,05
									0,75	17.240	437,21	36.492,32
									1,00	18.340	465,10	29.115,54

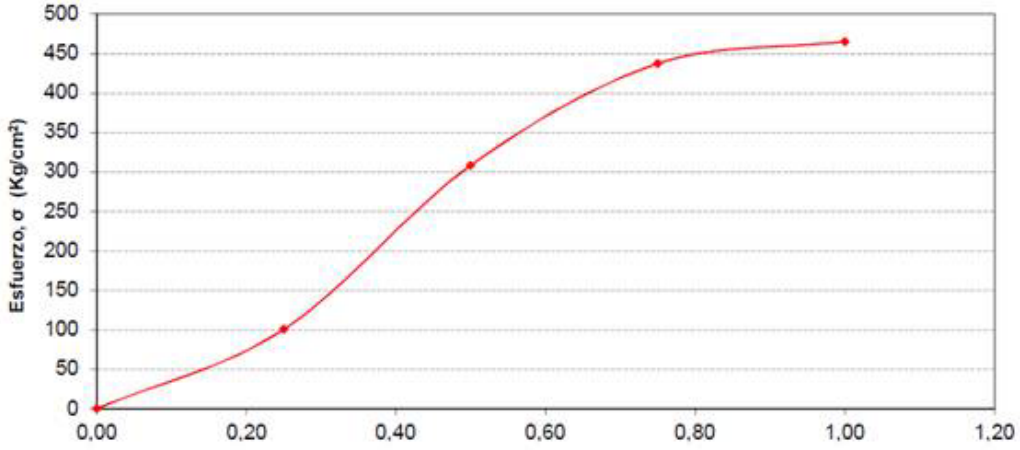


Ingenieros De Santis, C.A.

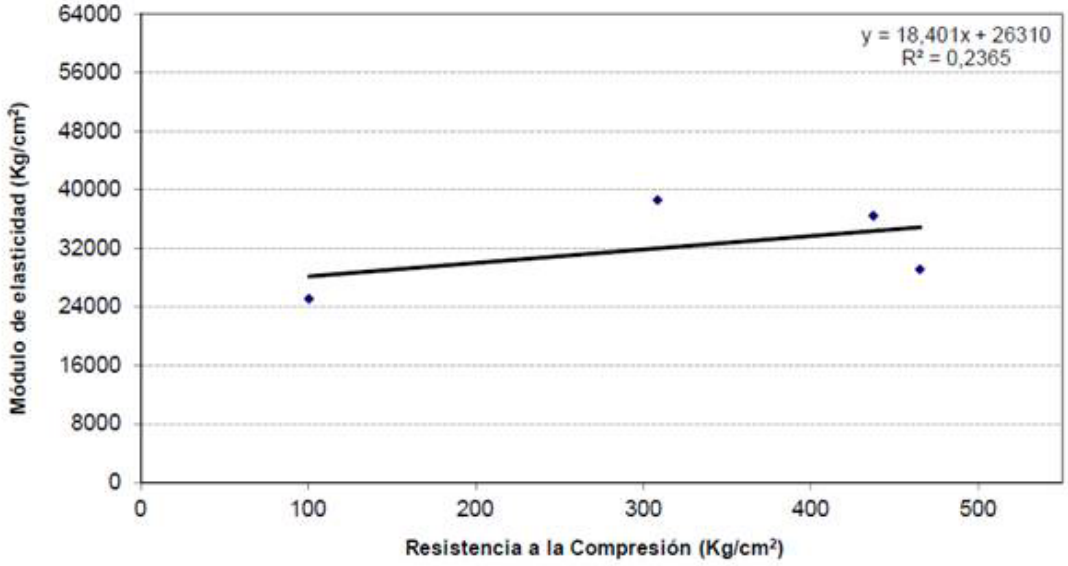
DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE CUBOS DE ROCA

Proyecto:	La Orchila		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales		
Ensayado por:	Juan De Jesús Niño, Yesenia Rivas	**Calculado por:**	Yesenia Rivas
Fecha de ensayo:	26/05/2015	**Revisado por:**	Ing. Feliciano De Santis

Curva Esfuerzo σ Vs Deformación ξax



Relación resistencia a la compresión Vs Módulo de elasticidad secante



III. COMPRESIÓN DE CUBOS DE ROCA

Ingenieros De Santis, C.A.
Rif. J-00255024-4

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS GRUESOS
(ASTM C 127 - 88)

Proyecto:	La Orchila		Ordenado por:		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales				
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Muestra	Cantera	Fecha
Ruben Acevedo	Yesenia Rivas	Feliciano De Santis	OCH 03		26/05/2015

	Muestra		
Peso Saturado Superficie Seca	OCH 03		
Tara Nº	1058	052	M002
Peso de la tara (g)	152,07	153,90	164,86
Peso tara + muestra (g)	719,98	672,77	610,23
Peso Sat. Superficie Seca "B" (g)	567,91	518,87	445,37

Peso Saturado en agua			
Peso Saturado en agua "C" (g)	371,19	341,36	291,85

Peso Seco			
Tara Nº:	1058	052	M002
Peso de la tara (g)	152,07	153,90	164,86
Peso tara + muestra (g)	716,29	668,27	607,25
Peso Seco "A" (g)	564,22	514,37	442,39

Peso Especifico Aparente, Gsa = A/(A-C)	2,923	2,973	2,939
Peso Especifico Bulk, Gsb = A/(B-C)	2,868	2,898	2,882
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	0,65	0,87	0,67

Valores Promedio

Peso Especifico Aparente, Gsa = A/(A-C)	**2,945**
Peso Especifico Bulk, Gsb = A/(B-C)	**2,882**
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	**0,734**

Ensayos aceptables:

Menos de 0,02 de diferencia entre los PE del mismo material

Menos de 0,5% para la absorción entre los ensayos del mismo material

Ingenieros De Santis, C.A.
Rif. J-00255024-4

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS GRUESOS
(ASTM C 127 - 88)

Proyecto:	La Orchila		Ordenado por:		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales				
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Muestra	Cantera	Fecha
Ruben Acevedo	Yesenia Rivas	Feliciano De Santis	OCH 11		26/05/2015

	Muestra		
Peso Saturado Superficie Seca	OCH 11		
Tara Nº	001	019	013
Peso de la tara (g)	167,16	165,34	165,85
Peso tara + muestra (g)	648,35	590,57	688,21
Peso Sat. Superficie Seca "B" (g)	481,19	425,23	522,36

Peso Saturado en agua			
Peso Saturado en agua "C" (g)	300,42	265,36	325,45

Peso Seco			
Tara Nº:	001	019	013
Peso de la tara (g)	167,16	165,34	165,85
Peso tara + muestra (g)	644,34	587,10	683,24
Peso Seco "A" (g)	477,18	421,76	517,39

Peso Específico Aparente, Gsa = A/(A-C)	2,700	2,697	2,696
Peso Específico Bulk, Gsb = A/(B-C)	2,640	2,638	2,628
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	0,84	0,82	0,96

Valores Promedio

Peso Específico Aparente, Gsa = A/(A-C)	2,697
Peso Específico Bulk, Gsb = A/(B-C)	2,635
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	0,875

Ensayos aceptables:

Menos de 0,02 de diferencia entre los PE del mismo material

Menos de 0,5% para la absorción entre los ensayos del mismo material

Ingenieros De Santis, C.A.

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS GRUESOS
(ASTM C 127 - 88)

Proyecto:	La Orchila		Ordenado por:		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales				
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Muestra	Cantera	Fecha
Ruben Acevedo	Yesenia Rivas	Feliciano De Santis	OCH26		26/05/2015

	Muestra		
Peso Saturado Superficie Seca	OCH 25		
Tara N°	005	035	PW
Peso de la tara (g)	164,08	168,05	113,73
Peso tara + muestra (g)	522,30	505,24	462,08
Peso Sat. Superficie Seca "B" (g)	358,22	337,19	348,35

Peso Saturado en agua			
Peso Saturado en agua "C" (g)	237,48	222,67	229,83

Peso Seco			
Tara N°:	005	035	PW
Peso de la tara (g)	164,08	168,05	113,73
Peso tara + muestra (g)	519,81	502,76	459,26
Peso Seco "A" (g)	355,73	334,71	345,53

Peso Especifico Aparente, Gsa = A/(A-C)	3,008	2,987	2,986
Peso Especifico Bulk, Gsb = A/(B-C)	2,946	2,923	2,915
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	0,70	0,74	0,82

Valores Promedio

Peso Especifico Aparente, Gsa = A/(A-C)	2,994
Peso Especifico Bulk, Gsb = A/(B-C)	2,928
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	0,752

Ensayos aceptables:

Menos de 0,02 de diferencia entre los PE del mismo material

Menos de 0,5% para la absorción entre los ensayos del mismo material

Ingenieros De Santis, C.A.

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS GRUESOS
(ASTM C 127 - 88)

Proyecto:	La Orchila		Ordenado por:		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales				
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Muestra	Cantera	Fecha
Ruben Acevedo	Yesenia Rivas	Feliciano De Santis	OCH 29		26/05/2015

	Muestra		
Peso Saturado Superficie Seca	OCH 29		
Tara Nº	RT - 1	038	014
Peso de la tara (g)	114,46	166,51	165,88
Peso tara + muestra (g)	436,85	424,47	396,88
Peso Sat. Superficie Seca "B" (g)	322,39	257,96	231,00

Peso Saturado en agua			
Peso Saturado en agua "C" (g)	193,65	154,12	139,48

Peso Seco			
Tara Nº:	RT - 1	038	014
Peso de la tara (g)	114,46	166,51	165,88
Peso tara + muestra (g)	426,69	415,25	389,32
Peso Seco "A" (g)	312,23	248,74	223,44

Peso Especifico Aparente, Gsa = A/(A-C)	2,633	2,629	2,661
Peso Especifico Bulk, Gsb = A/(B-C)	2,425	2,395	2,441
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	3,25	3,71	3,38

Valores Promedio

Peso Especifico Aparente, Gsa = A/(A-C)	2,641
Peso Especifico Bulk, Gsb = A/(B-C)	2,421
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	3,448

Ensayos aceptables:

Menos de 0,02 de diferencia entre los PE del mismo material

Menos de 0,5% para la absorción entre los ensayos del mismo material

Ingenieros De Santis, C.A.

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS GRUESOS
(ASTM C 127 - 88)

Proyecto:	La Orchila		Ordenado por:		
Ubicación:	La Orchila, Dependencias Federales				
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Muestra	Cantera	Fecha
Ruben Acevedo	Yesenia Rivas	Feliciano De Santis	OCH 56		26/05/2015

	Muestra		
Peso Saturado Superficie Seca	OCH 56		
Tara Nº	0091	057	A011
Peso de la tara (g)	164,80	155,20	162,68
Peso tara + muestra (g)	684,23	658,44	784,33
Peso Sat. Superficie Seca "B" (g)	519,43	503,24	621,65

Peso Saturado en agua			
Peso Saturado en agua "C" (g)	321,83	311,18	381,20

Peso Seco			
Tara Nº:	0091	057	A011
Peso de la tara (g)	164,80	155,20	162,68
Peso tara + muestra (g)	677,73	651,61	777,22
Peso Seco "A" (g)	512,93	496,41	614,54

Peso Especifico Aparente, Gsa = A/(A-C)	2,684	2,680	2,634
Peso Especifico Bulk, Gsb = A/(B-C)	2,596	2,585	2,556
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	1,27	1,38	1,16

Valores Promedio

Peso Especifico Aparente, Gsa = A/(A-C)	2,666
Peso Especifico Bulk, Gsb = A/(B-C)	2,579
Absorción (%) = 100*(B-A)/A	1,267

Ensayos aceptables:

Menos de 0,02 de diferencia entre los PE del mismo material

Menos de 0,5% para la absorción entre los ensayos del mismo material

8. ANEXO I: MAPA GEOLÓGICO DE LA ISLA LA ORCHILA