



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERIA GEOLÓGICA**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
INGENIERO GEÓLOGO

TITULO:

**PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN
(CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA
GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS**

AUTOR:

RAFAEL ANTONIO ALCÍVAR AGUILERA

TUTOR:

PhD. KATTHY FERNANDA LÓPEZ ESCOBAR

GUAYAQUIL - ECUADOR

2018

Dedicatoria

A mis padres Damián Alcívar Escobar y Gloria Aguilera Loor

A mis hijos Mauricio Alcívar Monar, Raffaela Alcívar Monar y a su madre María José

A mis hermanos, Guillermo, Josefina, Raffaela, José, Mariana, Cristina y Damar

A mi tíos Rafael, Julio, Pepe y Delia

A mis abuelos Julio Alcívar, Mariana Escobar, Francisco Aguilera y Gloria Loor

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Ciencias Geológicas y Ambientales, por darme la oportunidad de cursar mis estudios de pregrado.

A mis tutores Ing. Geol. Katthy Lopez PhD., e Ing, Geol. Jorge Alonso MSc., por sus oportunos consejos, sugerencias y guía, durante las diferentes etapas de este trabajo de investigación.

RESUMEN

El propósito del proyecto fue determinar la procedencia genética de los afloramientos del sector sur del “Cerro La Germania”, al norte de la ciudad de Guayaquil, los resultados se lograron a través de 21 muestras de roca fresca, las cuales fueron descritas macroscópicamente y microscópicamente. Se destinaron cuatro muestras para cortes de láminas delgadas y siete para análisis químico de roca total. La metodología se basó en la interpretación petrológica, junto con el análisis modal y relaciones de fenocristales versus masa fundamental, según el diagrama de Strekeisen. Para determinar la química de las rocas, se realizó el análisis multielemental por fusión con metaborato y espectrometría por emisión atómica y plasma en los laboratorios Inspectorate Services Perú. Se obtuvieron 7 resultados para óxidos mayores y elementos traza, se emplearon diagramas: tipo Harker, ternarios de Total Alkalís Sílica, discriminación tectónica y clasificación química normativa CIPW; se determinaron índices termodinámicos hipotéticos. Se identificaron 2 grupos de rocas; correspondiente a basaltos porfíricos con alteraciones cloríticas, sericíticas; enriquecidos en hierro y magnesio, con porcentaje de sílice de hasta 53% y dacitas porfíricas de composición ácida, de hasta 68% de sílice, ambas de series magmáticas toleíticas. Se identificaron 3 estructuras mineralizadas polimetálicas con alteración hidrotermal de baja temperatura. Para basaltos y dacitas, se interpretó un ambiente tectónico tipo E-MORB superior (enriquecido), con magma parental posiblemente contaminado por rocas corticales, originado por la interacción de una pluma de manto

Palabras claves: Formación Piñón, discriminación tectónica, E-MORB.

ABSTRACT

The goal of the investigation was to determine the genetic origin of the outcrops of the south of "Cerro la Germania", to the north of the city of Guayaquil, the results were achieved through 21 samples of fresh rock, which were macroscopically described and Microscopically. Four samples were allocated for thin-blade cuts and seven for total rock chemical analysis. The methodology was based on the petrological interpretation, along with modal analysis and relationships of phenocrysts versus fundamental mass, according to the diagram of Streckeisen. To determine the chemistry of the Rocks, the Multielemental analysis was performed, by fusion with Metaborate and spectrometry by atomic emission and plasma in laboratories Inspectorate Services Perú. Seven results were obtained for major oxides and trace elements, diagrams were used: type Harker, ternary of Total alkalis silica, tectonic discrimination and normative chemical classification CIPW; hypothetical thermodynamic indices were determined. Two groups of rocks were identified, corresponding to basalts porphyry with sericite-chlorite alterations; enriched in iron and magnesium, with a percentage of silica up to 53% and dacite porphyritic of acid composition, of up to 68% of silica, of tholeiitic origin. Three polymetallic mineralized structures were identified with hydrothermal alteration, of temperature low. For basalts and dacites, it was interpreted a tectonic environment type E-MORB (enriched), with magmas associated to rocks cortical contamination, probably originated by the interaction of a feather of mantle.

Keywords: Piñon Formation, tectonic discrimination, E-MORB.

ÍNDICE

CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Ubicación Del Área De Estudio	3
1.4 Antecedentes	5
1.5 Marco Geológico Regional	9
1.5.1 Introducción.....	9
1.5.2 Estratigrafía Regional	11
1.5.2.1 Formación Piñón (Turoniano - Coniaciano)	11
1.5.2.3 Miembro Las Orquídeas (Edad Indeterminada	13
1.5.2.4 Formación Cayo (Santoniano-Mastrichtiano).....	14
1.5.2.5 Intrusivos.....	14
1.5.2.6 Depósitos Aluviales (Holoceno).....	15
1.5.3. Características Estructurales.....	15
CAPITULO II	16
2. METODOLOGÍA	16
2.1 Etapa trabajo de gabinete	16
2.2 Etapa trabajo de campo	17
2.3 Etapa de laboratorio	17
CAPITULO III	20
3. RESULTADOS OBTENIDOS	20
3.1 Características geológicas de los afloramientos	22
3.2 Descripción petrográfica de láminas delgadas	32
3.3 Geoquímica de resultados para Óxidos Mayores y Elementos traza (REE) ...	41
3.4 Diagramas de variación tipo Harker.....	43
3.4.1 Diagramas de clasificación química según abundancia de óxidos mayores y elementos traza.....	45

3.4.2 Determinación de series magmáticas.....	46
3.5 Diagramas de normalización en Elementos Traza (REE).....	47
3.6 Asociación mineralógica según norma CIPW.....	53
3.7 Diagramas de discriminación tectónica.	55
CAPITULO IV.....	57
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	57
4.1 Características petrológicas de los afloramientos.....	57
4.2 Afinidad Geoquímica.....	58
4.3 Ambiente de formación.....	59
CAPITULO V.....	63
5. CONCLUSIONES.....	63
5.1 Recomendaciones.....	64
5.2 Referencias.....	65
5.3 Linkografía.....	71
ANEXO 1.....	72
ANEXO 2.....	94
ANEXO 3.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.3.1.	Coordenadas del área de estudio.	3
Tabla 3.2.1.	Análisis modal, de muestras M9-Rm-E1, M13-Rm4, M19-Rm5 y M21-Rm6.	32
Tabla 3.3.1.	Listado de muestras seleccionadas para ensayos de óxidos y elementos traza	41
Tabla 3.3.2.	Resultados de óxidos mayoritarios en % en peso.	42
Tabla 3.3.3.	Resultados de elementos traza en ppm.	42
Tabla 3.5.4.	Relaciones de Nb/U y Nb/Th.	51
Tabla 3.6.1.	Asociación mineralógica hipotética según normativa CIPW, de las Zonas 1, 2 y 3.	53
Tabla 3.6.2.	Índices termodinámicos hipotéticos, según normativa CIPW, de las Zonas 1, 3 y 3.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.3.1.	Mapa de Ubicación Regional del Sector Sur Cerro La Germania	4
Figura 1.4.1.	Imagen con zonas estudiadas para la Formación Piñón en lugares cercanos a la zona de estudio	5
Figura 1.4.2.	Unidades Tectonoestratigráficas del antearco ecuatoriano	8
Figura 1.5.1.1.	Configuración Tectónica Regional	9
Figura 1.5.1.2.	Estratigrafía del Bloque Piñón. Antearco costero sur	10
Figura 1.5.2.1.	Mapa de la Geología Regional.	12
Figura 3.1.	Mapa General de Ubicación de Puntos de Muestreos.	21
Figura 3.1.1.	Mapa de Ubicación de Afloramientos y muestras en Corte de Cantera. Zona 1	23
Figura 3.1.2.	Afloramiento de muestra M3-Rm-E2	22
Figura 3.1.3.	Muestra M3-Rm-E2	24
Figura 3.1.4.	Afloramiento de muestra M4-Dq	24
Figura 3.1.5.	Afloramiento de muestra de roca M9-Rm-E1	25
Figura 3.1.6.	Muestra M9-Rm-E1	26
Figura 3.1.7.	Afloramiento y muestra de roca M13-Rm4	26
Figura 3.1.8.	Mapa de Ubicación de Afloramientos y muestras en Corte Trasvase Daule-Peripa. Zona 2	27
Figura 3.1.9.	Corte en Trasvase Daule-Chongón	28
Figura 3.1.10.	Afloramiento de roca M19-Rm5, b) Muestra de roca sana M19-Rm5 (Rm)	28
Figura 3.1.11.	Afloramiento de muestra M20-Rm5, b) Muestra de mano M20-Rm5 (Rm)	29

Figura 3.1.12.	Mapa de Ubicación de Afloramiento y muestra en Corte Vía Chorrillo. Zona 3	31
Figura 3.1.13.	Afloramiento de muestra M21-Rm6, b) Muestra de mano M21-Rm6 (Rm)	30
Figura 3.2.1.	Microfotografía M9-Rm-E1. X20	34
Figura 3.2.2.	Microfotografía M9-Rm-E1. X40.	34
Figura 3.2.3.	Microfotografía M13-Rm4. X20	36
Figura 3.2.4.	Microfotografía M13-Rm4. X40	36
Figura 3.2.5.	Microfotografía M19-Rm5.- X20.	38
Figura 3.2.6.	Microfotografía M19-Rm5.X40.	38
Figura 3.2.7.	Microfotografía M21-Rm6.X20.	40
Figura 3.2.8.	Microfotografía M21-Rm6.X40.	40
Figura 3.4.1.	Diagramas tipo Harker, correlación de SiO_2 vs óxidos mayores.	44
Figura 3.4.2.	Clasificación TAS (Bas. 1986) y b) Clasificación (Jensen 1976).	45
Figura 3.4.2.1.	Diagramas de clasificación AFM, a) según (Irvine and Baragar 1971) y b) según (Hastie et al. 2007).	46
Figura 3.5.1.	a) Diagrama normalizado de (LREE y HREE) en manto primitivo (McDonough and Sun 1995), b) Diagrama normalizado en E-MORB (McDonough and Sun 1989), c) Diagrama normalizado de (REE) en manto primitivo (McDonough and Sun 1995), d) Diagrama normalizado de (REE), en N-MORB (McDonough and Sun 1989).	49
Figura 3.5.2.	a) Diagramas normalizado en HSFE, para MORB según (Pearce 1996), b) Diagrama normalizado en condrito de (Boynton 1984)	50
Figura 3.5.3.	Relación Zr/Y vs Zr, b) Relación Ba/Sr, c) Relación Rb/Sr vs Rb, d) Relación Ba vs Rb, e) Rb/Ba vs Rb, Zr/Nb vs Zr.	52
Figura 3.7.1.	Diagrama de discriminación tectónica de (Wood 1980)	55

Figura 3.7.2.	Diagrama de discriminación tectónica Nb/Yb – TiO ₂ / Yb de (Pearce 2008)	56
Figura 4.2.1.	Modelo de ambiente tipo de MORB, del área circundante a la zona estudio.	60

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AFM	A = óxidos alcalinos, F= óxidos de hierro, M= óxidos de magnesio
CAB	Margen continental activo
CC	Cordillera Central
CCC	Cordillera Chongón colonche
CCF	Falla Colonche
CIPW	Cross, Iddings, Pirsson and Washington
Cl	Clorita
CL	Tierras bajas Ecuatoriales
CODIGEM	Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico – Minero - Metalúrgica
EC	Cordillera Este
E-MORB	Basaltos de dorsales media oceánica, enriquecido
Fm	Formación
GAL	Islas Galápagos
GF	Falla Guayaquil
GO	Isla Gorgona
GRA	Antillas
Hbl	Hornblenda
HFSE	Elementos de alto radio iónico, baja carga, móviles
HREE	Elementos de tierras raras pesadas
IAT	Isla de arco transicional
ICP-OES	Análisis multielemental por Fusión con Metaborato y Espectrometría de emisión atómica y plasma
IGM	Instituto geográfico militar del Ecuador
Kg	Kilogramos
Km	Kilómetros

LFSE ó LILE	Elementos de bajo radio iónico, alta carga, inmóviles
LOI	Perdida por ignición en %
LREE	Elementos de tierras raras livianas
m	metros
Ma	Millones de años
MORB	Basaltos de dorsales media oceánica
N-MORB	Basaltos de dorsales media oceánicas, normal
Opc	Minerales opacos
Pa.s	Pascal - segundo
PCF	Falla Puerto Cayo
Pl	Plagioclasa
Px	Piroxeno
REE	Elementos traza, elementos de tierras raras
Ser	Alteración sericítica
TAS	Total Alkalis Sílica
UTM	Universal Trasverso de Mercator
WC	Cordillera Oeste

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

Este trabajo de titulación resulta un aporte de interés a la comunidad geológica e incluso a las instituciones de gobiernos locales como aporte a su desarrollo científico, económico y social. El trabajo de titulación, se realizó en el área norte de la Ciudad de Guayaquil – Ecuador y comprende el estudio petrogenético de los afloramientos ubicados en la zona sur del Cerro La Germania. El estudio contiene cinco capítulos que están divididos de la siguiente manera. El capítulo 1 contiene los objetivos, antecedentes del contexto geológico cercano al área de estudio, desde la perspectiva de la petrogénesis, la ubicación de la zona en estudio. El capítulo 2, describe los procesos metodológicos que se utilizan para el desarrollo de la investigación, los cuales se dividen en trabajo de campo, laboratorio y gabinete.

El capítulo 3, contiene los resultados obtenidos en campo, las descripciones macroscópicas de las rocas, aspectos estructurales, y la microscopia de las relaciones texturales de las rocas. Presenta los resultados referentes a la geoquímica de roca total de óxidos mayores y elementos traza; así como también, los diferentes diagramas usados para interpretación de series magmáticas, composición química, diagramas de normalización, discriminación de ambiente tectónico y clasificación normativa.

El capítulo 4, presenta la discusión de los resultados, en las que se interpretó los datos obtenidos, se determinó analogías entre estudios previos de otros autores y lo obtenido en el presente proyecto de investigación. Por último en el capítulo 5, se sugirieron las conclusiones del trabajo de investigación, recomendaciones y las citas bibliográficas.

El estudio de la petrogenesis de las rocas, nos ayuda a entender la procedencia genética de los magmas que formaron a las rocas, coadyuvando a comprender la interpretación geológica del área de estudio. En el área de estudio se desarrollan diversas actividades antrópicas, principalmente la del aprovechamiento de recursos naturales no renovables. Los resultados de esta investigación podrían ser usados en la aplicación del uso sostenible y sustentable de dichos recursos.

1.1 Objetivo General

Definir la procedencia genética y composición de la fuente magmática de las rocas ígneas en los afloramientos del sector sur “Cerro La Germania”, ubicados entre los kilómetros 17 al 20, vía Daule, Provincia del Guayas.

1.2 Objetivos Específicos

- a. Identificar, describir y mapear los afloramientos, comprendidos entre los kilómetros 17 y 20, de la Vía Daule.
- b. Clasificar petrográficamente según la metodología de Strekeisen, las muestras de rocas ígneas.
- c. Definir series magmáticas de los afloramientos identificados mediante el análisis químico en muestras de roca total, a través del estudio de elementos mayores-menores y elementos traza.
- d. Interpretar el ambiente tectónico de los afloramientos de la zona sur del Cerro la Germania

1.3 Ubicación Del Área De Estudio

El área de estudio se encuentra ubicada a 17 kilómetros al noroeste de la Ciudad de Guayaquil, en el sector sur “Cerro La Germania” y corresponde a una superficie aproximada de 110 hectáreas. En el área existen senderos, laderas naturales y actividades antrópicas, donde se hicieron las prospecciones de afloramientos objeto del estudio.

Al sitio de investigación, se llega por una carretera de primer orden asfaltada (Vía Guayaquil – Daule). La zona de prospección de afloramientos estuvo emplazada en las siguientes coordenadas UTM, ver tabla 1.3.1 y figura 1.3.1

Tabla 1.3.1.- Coordenadas del área de estudio. Elaborado por: R. Alcívar. 2018

COORDENADAS UTM		
DATUM: WGS-84. ZONA 17 S		
PUNTOS	ESTE	OESTE
P - 1	617019	9773847
P - 2	615526	9773847
P - 3	615526	9774588
P - 4	616996	9774599
Superficie del área de estudio: 110 Hectáreas		

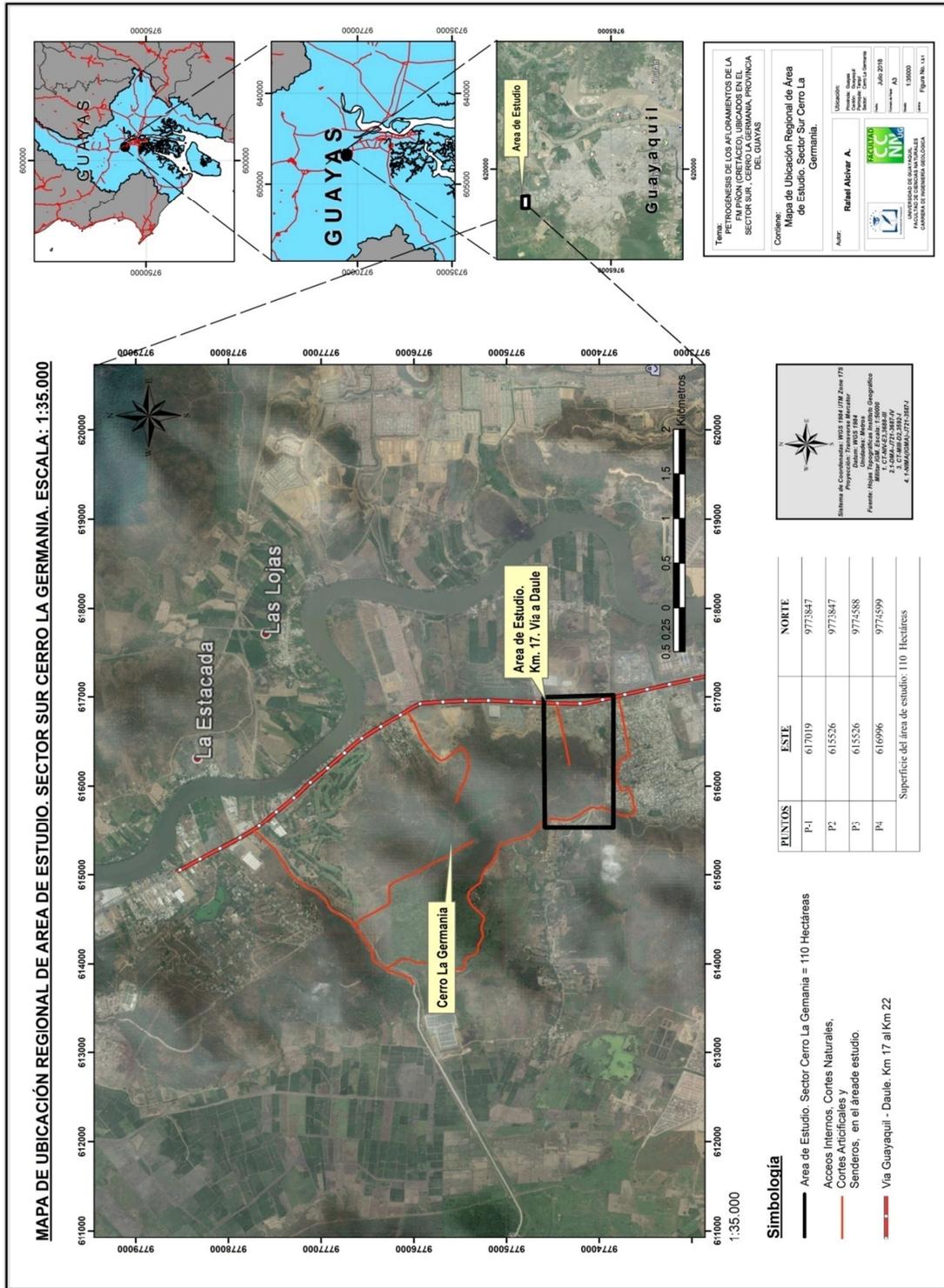


Figura 1.3.1.- Mapa de Ubicación Regional del Sector Sur Cerro La Germania. Elaborado por: R. Alcívar. 2018

1.4 Antecedentes

Este capítulo, se enfoca a la revisión los estudios y aportes científicos de rocas ígneas de la Formación Piñón, próximos a la zona de estudio, en el ámbito de la petrología y ambiente tectónico, ver figura 1.4.1



Simbología Temática

Aportes Geológicos a la Fm. Piñón

- ▲ Gossens (1973). Harzburgita, Jurásico Medio- Cretáceo. Sector Pascuales
- ▲ Gossens (1977). Afinidad Toleítica, MORB. Sector Pascuales
- ▲ Feininger y Bristow (1980), Segmento de Piso Oceánico. Complejo Igneo de la Costa
- ▲ Benítez (1995), Argilitas silíceas, intruidas por Sills Doleríticos. Sector Nobol
- ▲ Benítez (1995), Intrusiones Ultrabásicas. Harzburgita. Sector Pascuales
- ▲ Benítez (1995), Intrusiones Ultrabásicas. Peridotitas. Cerro Madope
- ▲ Reynaud et al., (1999), Basaltos con microlitos de plagioclasa con poca Augita. Toleitas de Placa Oceanica. Edad.: 92-88 Ma. Sector Petrillo
- ▲ Luzieux et al., (2006). Lavas, Gabbros, Microgabbros. Wehrlites. Edad 89 Ma. Bloque Piñón. Cordillera Chongon Colonche

Figura 1.4.1.- Mapa de Ubicación de las zonas estudiadas para la Formación Piñón en lugares cercanos a la zona de estudio. Hojas topográficas escala 1:50:000 del IGM: Daule (1987), Chongón (1994), Pascuales (1987), Isidro Ayora (1986). Realizado por: R. Alcívar. 2018

Tschopp introdujo el término “Piñón” en 1948, para denominar a rocas volcánicas ubicadas al norte de Guayaquil; posteriormente, geólogos de la *International Ecuadorian Petroleum Co*; denominaron Formación Piñón a formaciones cretácicas compuesta por material volcánico con intercalaciones de estratos marinos. Sauer (1965), definió a miembros de la Formación Piñón del Litoral como Formación Diabasa-Porfirita con una edad Jurásico Tardío a Cretácico Temprano.

(Goosens, 1973), en base a la composición química y determinación de edades, propuso denominar a “Formación Piñón”, como Complejo Ígneo Básico, constituido en el Sector Pascuales norte de Guayaquil, por Harzburguita, rocas ultrabásicas a intermedias de grano fino, que se emplazaron en algún momento después del Jurásico Medio y antes del final del Cretáceo.

(Goosens et al., 1977), sugirieron que probablemente los afloramientos del Norte de Guayaquil, corresponden a la unidad inferior del Complejo Ígneo Básico, esta unidad incluye cuerpos de andesita equigranular. La afinidad toleítica de los cuerpos estudiados indicaron que pudieron ser formados en un ambiente de arco de islas inmaduras; también, probablemente ser de dorsales medio-oceánicas, (por sus siglas en inglés *MORB*), desde entonces el término Fm. Piñón ha sido usado generalmente para designar a antiguas rocas máficas con características geoquímicas de *MORB* (Luzieux, 2007)

(Feininger and Bristow, 1980), Consideraron en base a estudio de óxidos mayores y elementos traza, al Complejo Ígneo Básico de la Costa, como un segmento de piso oceánico.

(Benitez, 1995), describe a la Formación Piñón *sensu strictu* (s.s), esencialmente constituida por basaltos afaníticos en almohadillas, describe intrusiones ultrabásicas de peridotitas en Cerro Madope (ver sector oeste de la figura 1.4.1) y Harzburguita en Cerro Colorado en la localidad de Pascuales; este autor también indica que afloramientos al norte de Guayaquil, cercano a Nobol en la Hacienda Pasadena, tienen una cobertura de argilitas silíceas (N 18°E, 30°S), intruídas por *sills* doleríticos.

En la localidad de Petrillo, a 6 kilómetros del norte del área de estudio (Reynaud, C, Jaillard, E., Lapierre, H., Mamberti, M. and Mascle, 1999), (Moreira, 2017), describen una litología de roca compuesta por basalto con microlitos de plagioclasas con poca augita; estos autores proponen que rocas de la Formación Piñón son geoquímicamente similares a las toleítas de las placas oceánicas de Nauru, Ontong Java y de las lavas de la placa oceánica del Caribe, asignadas al Cretáceo Superior (92-88 Ma).

(Luzieux et al., 2006), proponen una clasificación por bloques ígneos y asigna como término “Bloque Piñón” a los afloramientos ígneos del basamento de la Cordillera Chongón Colonche, con litologías de lavas en almohadillas, flujos de lava masivos, gabros, microgabros y wehrlites. (Luzieux, 2007), los estudios de este geólogo, determinaron que el Bloque Piñón ha rotado entre 50-70° en sentido de las manecillas del reloj y que es de polaridad magnética normal, con una edad aproximada de 89 Ma.

La zona sur oriental de la Cordillera Chongón Colonche (CCC), ha sido denominada por (Luzieux, 2007) como el antearco costero del Ecuador, indicando que forma parte del noroeste del margen de placa sur, en yuxtaposición con fragmentos de meseta oceánica, arco de isla y post sedimentos acrecionados. El origen del antearco costero refleja diferentes tiempos y ambientes de formación; contrastando a su vez con eventos de acreción.

En el antearco costero del Ecuador, se han identificado varias secuencias máficas cristalinas, con afinidad de meseta oceánica (Luzieux, 2007). El Antearco Ecuatoriano, comprende sucesiones de unidades tectonoestratigráficas denominadas “bloques”, la zona de estudio muestra características geológicas parecidas al Bloque Piñón, ver figura 1.4.2

El Bloque Piñón, se encuentra localizado al suroeste del Antearco Costero, está separado hacia el sur por la Falla Normal Colonche, al noroeste por la Falla Puerto Cayo, y al este por la Falla Guayaquil.

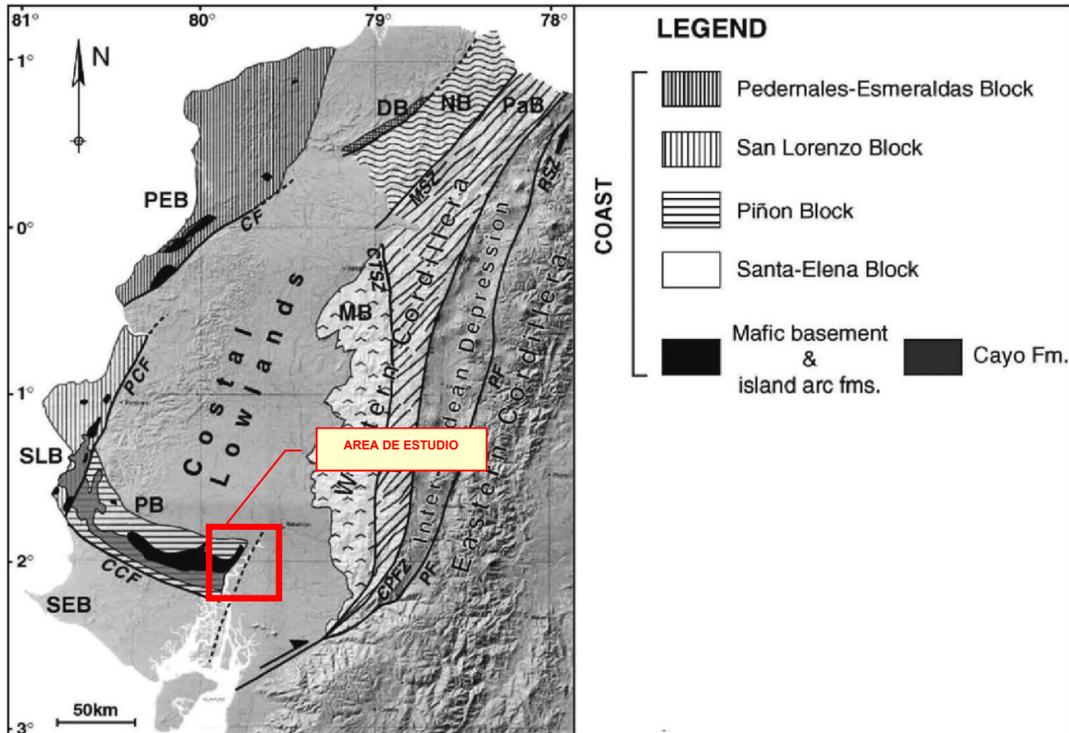


Figura 1.4.2.- Unidades Tectonoestratigráficas del antearco ecuatoriano. Abreviaciones: CCF, Falla Colonche; PCF, Falla Puerto Cayo; GF, Falla Guayaquil. Fuente: tomado de (Luzieux et al., 2006)

La Formación Piñón, es considerada por representar remanentes de N-MORB (Goosens., 1973; Juteau et al., 1977; Lebras et al., 1987), hasta que Reynaud et al., (1999), mostró mediante características geoquímicas que algunas rocas provenían de pluma de mantos eruptivos. Esta interpretación geoquímica corroboró la presencia de valores básicos altos, implicando que algunos de los bloques oceánicos que componen el antearco pueden derivarse de una gran provincia ígnea (Reynaud et al., 1999; Kerr et al., 2002).

Posteriormente, el término Formación Piñón se usó para designar las rocas máficas expuestas a lo largo del antearco ecuatoriano costero, que se extruyó sobre una pluma del manto. Los estudios de esta unidad geológica se iniciaron en la década de los cincuenta y ha sido estudiada por diversos autores, en diferentes localidades, los mismos que han aportado hasta definir su ambiente de formación. Sin embargo, estas zonas están mapeadas a escalas regionales, donde a escalas locales se desconocen detalles petrográficos y geoquímicos.

Este trabajo de investigación aporta información al conocimiento de la petrografía y geoquímica del bloque denominado Piñón, en el sector sur del Cerro La Germania, que permitirá interpretar la procedencia genética y composición de la fuente magmática de dichos afloramientos.

1.5 Marco Geológico Regional

1.5.1 Introducción

La geodinámica costera en el Ecuador ha estado influenciada por la subducción de la placa oceánica y la placa sudamericana, en este proceso probablemente parte de los terrenos oceánicos se acrecionaron al continente. Los cuales han sido expuestos a elevación tectónica, posteriormente se han erosionado y expuestos en latitudes ecuatoriales configurando el relieve costero y el oeste de la Cordillera Central, ver figura 1.5.1.1

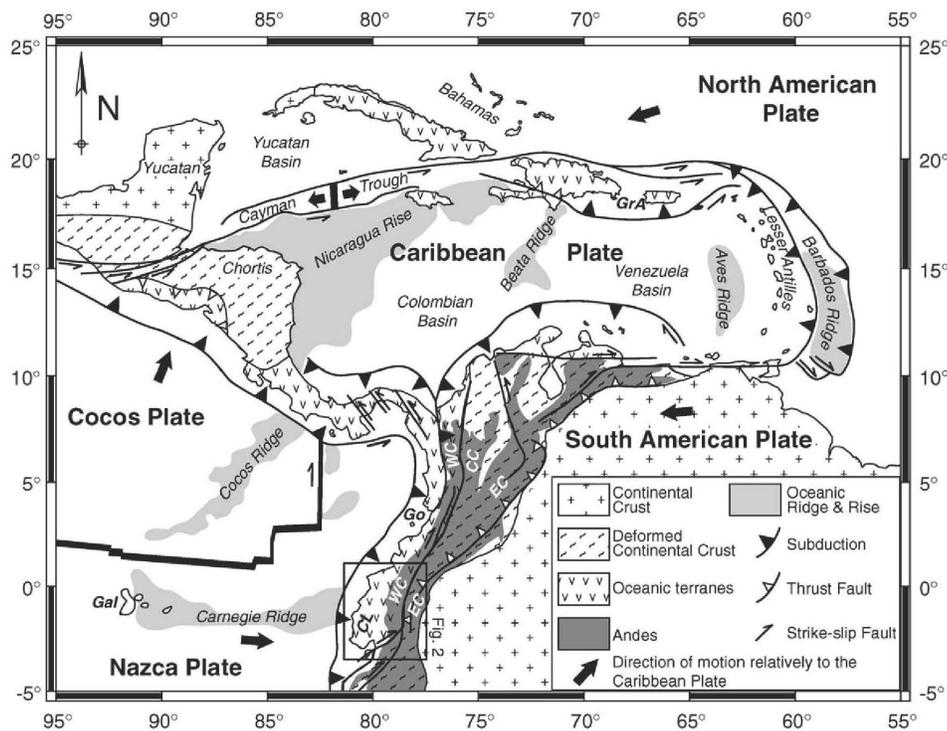


Figura 1.5.1.1.- Configuración Tectónica Regional. Abreviaciones: CC, Cordillera Central; CL, Tierras Bajas Ecuatoriales; EC, Cordillera Este; Gal, Islas Galápagos; Go, Isla Gorgona; GrA, Antillas, WC, Cordillera Oeste. Fuente: tomado de (Luzieux et al., 2006)

La estratigrafía típica en la zona sureste de la CCC, está representada en la columna estratigráfica de la figura 1.5.1.2 que elaboró (Luzieux, 2007), en este trabajo se realiza una breve descripción de las Formaciones geológicas subyacentes y sobreyacentes de la Formación Piñón, Cayo y Miembro Las Orquídeas identificada como un miembro de la Formación Piñón por (Benitez, 1995).

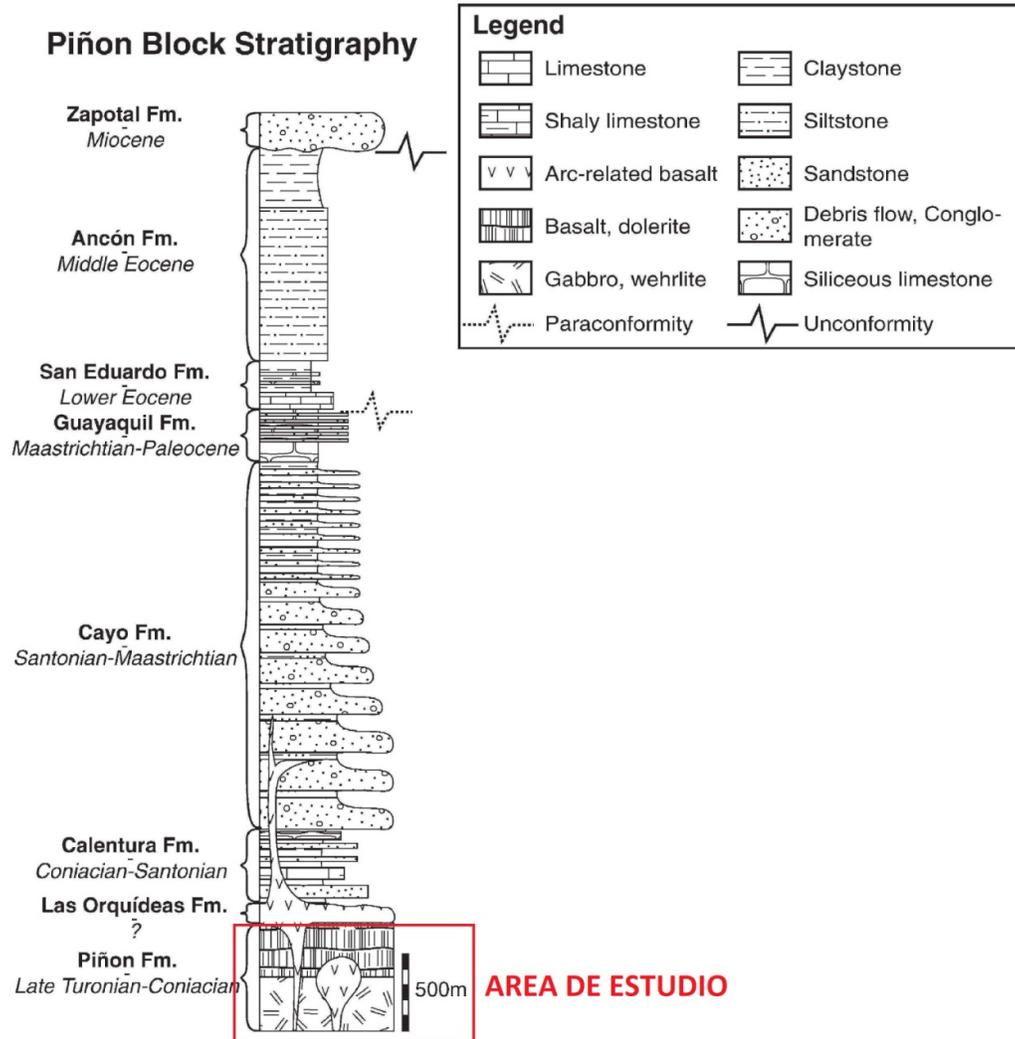


Figura 1.5.1.2.- Estratigrafía del Bloque Piñón. Antearco costero sur. Escala métrica vertical para espesores. Se basa en compilaciones de Benítez (1995) y Luzieux (2006). Fuente: (Luzieux, 2007)

1.5.2 Estratigrafía Regional. Figura 1.5.2.1

1.5.2.1 Formación Piñón (Turoniano - Coniaciano)

La Formación Piñón está representada por un amplio rango de litologías máficas, incluyendo wehrlitas, gabros, flujo de lavas, almohadillas y basaltos columnares. Las rocas en ocasiones se presentan metamorfoseadas en facies de bajo grado en zeolitas y prenitapumpelita (Raharijohana, 1980; Lebrat, 1985; Reynaud et al., 1999).

Afloramientos expuestos de la Formación Piñón en el Bloque San Lorenzo, presentan litologías de basaltos y doleritas compuestas por plagioclasas, clinopiroxeno glomeroporfídico agregados e incrustados en una masa de vidrio. En pocos casos puede observarse la presencia de ortopiroxeno, puede ser visto en ocasiones remplazado por esmectita y clorita. Afloran gabros que están compuestos por piroxeno y plagioclasa, raramente junto a hornblendas; forman estructuras subhedrales. Las wehrlitas muestran textura poliquilítica, con olivino euhedral incluidos en varias ocasiones en piroxeno.

Se ha asignado edad con un rango de cristalización para la Formación Piñón, entre Jurásico y Albiano (Thalman, 1946; Marks, 1956; Faucher and Savoyat, 1973; Jaillard et al., 1995), estos autores se basaron en edades radiométricas de K / Ar y correlaciones bioestratigráficas.

Algunos afloramientos rocosos del basamento, han sido datados por el método de roca total por K / Ar, con rangos de edades entre 50 y 120 Ma (Goosens, 1973; Pichler, H. and Aly, S, 1983; Wallrabe, 1990). (Luzieux, 2007), obtuvo en una hornblenda de plateau (meseta oceánica) para $40\text{Ar}/39\text{Ar}$, edad de 88.1 ± 1.6 Ma (Coniaciano a Santoniano), de un gabro localizado cerca la localidad de Nobol (Coordenadas UTM 610094; 9787726, WGS-84. Diagramas normalizados en elementos trazas, son similares a un espectro para rocas de pluma de manto en Ecuador, según a (Reynaud et al., 1999; Kerr et al., 2002).

1.5.2.3 Miembro Las Orquídeas (Edad Indeterminada)

De acuerdo a la revisión bibliográfica, en la actualidad no existen publicaciones oficiales de la cartografía geológica del Miembro Las Orquídeas, sin embargo existen estudios y publicaciones que recomiendan denominarla como Miembro y/o Formación Geológica (Benítez, 1995; Luzieux, 2007), expuesto lo anterior, para este estudio se propuso denominarla como Miembro.

El término “Miembro Las Orquídeas”, fue reportado por Benítez (1995), para rocas volcánicas encontradas en el noroeste de Guayaquil, este miembro correspondería al componente efusivo de la Formación Cayo. Posteriormente, Reynaud et al., (1999), demostró que estas rocas poseen una característica geoquímica con afinidades a arcos de isla, diferenciándose de una pluma de manto interpretado para rocas magmáticas de la Formación Piñón; (Luzieux, 2007), sugirió que la Formación Cayo, debe referirse estrictamente a rocas sedimentarias y por lo tanto las rocas volcánicas ubicadas cerca a Guayaquil, deberían ser asignadas al Miembro Las Orquídeas.

El Miembro Las Orquídeas está compuesto por intrusivos de microgabros y basaltos en almohadillas. Basaltos y microgabros muestran una textura porfírica con fenocristales de piroxeno reemplazadas frecuentemente por cloritas y esmectitas. La matriz se encuentra enriquecida en plagioclasa parcialmente reemplazada por esmectita y clorita. Diques máficos y sills intruyen en la parte basal de la Formación Cayo (Benitez, 1995).

El Miembro Las Orquídeas, es solo conocido en el norte de Guayaquil, los afloramientos tipo descritos por Benítez (1995) y Reynaud et al. (1999), actualmente no existen a causa de la actividad antrópica. Sin embargo, otros afloramientos pueden ser identificados a lo largo de la Vía Guayaquil - Daule, en Pascuales (Coordenadas UTM: 618993; 9765280, WGS84) y en Petrillo (Coordenadas UTM: 609698; 9784622, WGS84). Según (Reynaud, C, Jaillard, E., Lapierre, H., Mamberti, M. and Mascle, 1999; Luzieux, 2007).

1.5.2.4 Formación Cayo (Santoniano-Mastrichtiano)

La Formación Cayo, asignado por Ollson (1942) a facies marinas de rocas sedimentarias expuestas en la localidad de Puerto Cayo, similar litologías en la ciudad de Guayaquil, son también asignadas a la Formación Cayo (Thalman, 1946; Bristow, 1976). Las formaciones Orquídeas y Calentura han sido incluidas por trabajos anteriores como miembros de la Formación Cayo (Luzieux, 2007)

La Formación Cayo consiste típicamente en secuencias volcans sedimentarias de color verde olivo, derivados de flujos de detritos volcánicos y turbiditas silicificadas (Luzieux, 2007). Muestran una distribución bimodal del tamaño grano de lutitas y arenas. El espesor máximo de la Formación Cayo se estima en aproximadamente 2400 m, el mismo que disminuye gradualmente al noroeste.

Asociaciones de plancton foraminífero y dinocysts, indicaron una edad del Santoniano Tardío a Mastrichtiano. Para estratos superiores de la Formación Cayo (Thalman, 1946; Bristow, 1976; Gamber et al., 1990; Romero, 1990) microfósiles a lo largo del Río Bachillero, datan Campaniano Tardío entre 71.5-70.0 Ma.

1.5.2.5 Intrusivos

Localmente, se presentan cuerpos graníticos indiferenciados, al este de la zona de estudio en el sector La Aurora, afloran cuerpos intrusivos con litología de granodioritas, con porcentajes de minerales félsicos de hasta 78% y máficos de hasta 23% (Mora, 2014). Cartográficamente en la hoja geológica Guayaquil escala 1.100.000, en las zonas oeste y norte del área de estudio; se ubican cuerpos intrusivos interpretados como rocas graníticas indiferenciadas.

Según (Hall and Calle, 1982), a poca distancia del norte de Guayaquil, la Formación Piñón, esta intruída por una granodiorita en Pascuales, con una edad de aproximadamente 75 a 56 Ma, esta edad sugiere que el intrusivo podría estar relacionado con un pulso magmático tardío en la Formación Piñón, aunque su composición es considerablemente ácida, este intrusivo se localiza bastante distante de intrusivos de arcos de islas como para compartir una relación genética con este tipo de ambiente.

1.5.2.6 Depósitos Aluviales (Holoceno)

Se trata de depósitos constituidos por lodos y limos alrededor de los ríos que forman el drenaje del Río Guayas; cubren grandes partes del Este y Sur de la zona de estudio. La parte noroeste posee terrazas de arcillas y arenas ligeramente compactadas. La potencia posiblemente es de 500 m, en las zonas circundantes al área de estudio.

1.5.3. Características Estructurales

El área de estudio se enmarca en un rasgo geomorfológico, estructural y tectónico denominado Cordillera Chongón Colonche (CCC), con una dirección preferencial regional de noroeste – sureste, que inicia desde las localidades de Puerto Cayo – Orón – Montecristi – Cerro Bellavista, hasta unas colinas bajas en el Cerro Las Cabras y Cerro Grande, ubicados en la localidad de Durán, provincia del Guayas.

En general la CCC, corresponde a una estructura homoclinal (N 110° E, 17° S) constante en toda su longitud de aproximadamente 90 km; presenta una evolución estructural y estratigráfica del Cretácico – Eoceno, presentando dos discordancias, una en la parte superior del Paleoceno y la base del Eoceno y la otra post Eoceno (Benítez, 1995). La CCC, limita al sur por la Falla Normal Colonche, al noroeste por la Falla Puerto Cayo, y al este por la Falla Guayaquil (Vallejo, 2007).

De acuerdo a la hoja geológica Guayaquil, a escala 1:100.000, la Formación Piñón, en la parte norte y sur del área estudio, la cual corresponde a la zona sur del Cerro La Germania, existen 2 fallas geológicas con una dirección preferencial de este – oeste, de longitud aproximada de 4 kilómetros respectivamente. Al norte y noroeste del área de estudio, presentan una fallas con direcciones noroeste – suroeste respectivamente.

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

El proceso metodológico se basó en los siguientes criterios: a) La Recopilación bibliográfica, análisis y sistematización de estudios anteriores, b) El estudio de texturas, morfología y estructura cristalina mediante petrografía, c) el reconocimiento de las composiciones químicas de las rocas para determinar su ambiente tectónico y d) Análisis de concentraciones de elementos traza (ERR), el cual imprime un patrón característico en el espectro de elementos mayores y elementos traza, útil para determinar junto con otros parámetros petrográficos, la evaluación genética de un conjunto de rocas (Hernández-Bernal, 1997).

Estos procesos se utilizan de manera general para este tipo de trabajos; así como, lo indica (Toselli, 2013) las series de magmas son fundamentales para poder entender la petrogénesis y el ambiente tectónico.

Las actividades se dividieron en tres etapas, las cuales se trabajaron paralelamente: etapa de gabinete, etapa de campo y etapa de laboratorio.

2.1 Etapa trabajo de gabinete

Esta etapa consistió en:

- Recopilación de bibliografía existente referente al área de estudio,
- Revisión y análisis de la bibliografía existente tales como: (fecha y autor del reporte geológico, datos bibliográficos, hojas geológicas del Instituto Geográfico Militar a escala 1:50.000; así como también, recopilación de la cartografía geológica a escala 1:100.000, estudios anteriores, resúmenes, tesis tanto a nivel nacional como internacional, etc.), cuyo objetivo es de plantear detalladamente el marco teórico-metodológico referencial.
- Se planificó el trabajo de campo, para este propósito se elaboró un mapa base a escala 1:10.000 del área de estudio.

2.2 Etapa trabajo de campo

Esta etapa consistió en el levantamiento de información de campo donde se identificaron afloramientos, cortes artificiales y naturales, que permitieron levantar a detalle y describir las características geológicas, indicadores cinemáticos, datos estructurales y cambios de facies ígneas.

El muestreo aleatorio se realizó de acuerdo a la disponibilidad de laderas naturales, senderos, afloramientos y actividades antrópicas (cortes en vía, tajos abiertos), la geolocalización del muestreo aleatorio se realizó con un equipo de geoposicionamiento satelital, configurado en proyección Universal Transversa de Mercator, referidas al Datum: WGS-84. Se muestreo un aproximado de 5 kg por muestra, con la finalidad de realizar el cuarteo y destinar un grupo de rocas al análisis macroscópico, microscópico y el otro grupo de rocas al análisis químico total de roca. Cada muestra fue etiquetada con códigos y breve descripción litológica.

2.3 Etapa de laboratorio

En esta etapa se trabajó sobre las muestras de mano para la descripción macroscópica tomando en consideración textura, color y características de los minerales observables. También se prepararon las muestras para enviar a elaborar las láminas delgadas al Departamento de Geología de la Universidad Politécnica Nacional. Posteriormente, se procedió a la descripción microscópica, tomando como referencia los minerales principales constituyente de la roca, tipo de alteraciones y características texturales.

Para rocas de textura porfídica se calculó las proporciones modales estableciendo relación entre porcentajes de fenocristales y la masa fundamental. Con la finalidad de clasificar petrográficamente, se aplicó la técnica de clasificación modal mediante el conteo de especie mineral, posteriormente se plotearon los porcentajes minerales en el Diagrama de Strekeisen (1978).

Para el estudio petrográfico se seleccionaron 4 muestras para láminas delgadas transparentes, considerando su disposición espacial y cambio textural. Para los ensayos de roca total en óxidos mayores y elementos traza (ERR), se seleccionaron un total de 7 muestras, equivalente a 14 ensayos químicos. Las muestras seleccionadas para el estudio petrográfico fueron de igual manera incluidas para los ensayos de roca total antes mencionados.

Las muestras que se cuartearon para el análisis químicos de roca total, se enviaron al Perú, a los laboratorios Inspectorate Services Perú SAC-División de Metales y Minerales, con acreditación internacional norma ISO 17025:2005, Se realizaron ensayos de análisis multielemental por fusión con metaborato y Espectrometría de Emisión Atómica y Plasma (ICP-OES), de los cuales se obtuvieron resultados para óxidos mayores y elementos traza: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO, Cr₂O₃, BaO, SrO Ni, Be, Sc, Sn, V, W, Y, Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu.

Los datos de la geoquímica de las rocas fueron ploteados en diferentes diagramas de clasificación de rocas ígneas como son: TAS (Total Alkalís Sílice), diagrama ternario AFM (A= óxidos alcalinos, F= óxidos de hierro, M= óxido de magnesio), diagramas multielemental normalizados en elementos traza para diferentes ambientes tectónicos, diagramas de discriminación tectónica (ambiente de formación) y diagramas binarios tipo Harker (SiO₂ / óxidos mayores).

Todos los datos obtenidos de la geoquímica de óxidos mayores y elementos trazas, tanto en la clasificación de rocas, como en los diagramas usados en la propuesta de ambiente de formación, se usaron para el ploteo y análisis de los datos geoquímicos el software petrológico versión libre *GCDKIT 3.5.1*, (<http://www.gcdkit.org/download>), usado únicamente para estudio de rocas ígneas. Los valores reportados con respecto a LOI (perdida por ignición) y su relación con los resultados de óxidos, fueron recalculados por el software.

Los resultados de la geoquímica, de óxidos mayores, se ingresaron en una hoja excel de acceso libre, [https:// webcache. googleusercontent. com/search?q=cache:iFXIVT_3eUgJ:https://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/other_files/norm4.xls+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iFXIVT_3eUgJ:https://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/other_files/norm4.xls+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec), la cual permite obtener una asociación hipotética de minerales estándares conocido como Cálculo de Normalización Cross, Iddings, Pirsson and Washington (CIPW); Así como también, permite obtener datos de la densidad de la roca, índice de diferenciación, temperatura de magma, índice de viscosidad de magma, entre otros. Este método tiene como finalidad contrastar los resultados de la petrografía y la clasificación de tipo de roca obtenida en los diferentes diagramas.

Como parte final de esta etapa de trabajo se sugirió un modelo hipotético del ambiente de formación, posteriormente se prosiguió a la redacción del estudio, revisión de la escritura y corrección de las observaciones. Los mapas se realizaron en software libre QGIS, que es un sistema de Información Geográfica de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android.

CAPITULO III

3. RESULTADOS OBTENIDOS

En el área de estudio se observó actividad antrópica en los macizos rocosos, la cual ha generado cortes artificiales, permitiendo la exposición del macizo, facilitando la identificación, mapeo y muestreo de especies de roca fresca. El muestreo se realizó en función de la geología y la disponibilidad de afloramientos y acceso a los mismos. La primera zona se encuentra en la cavidad de una cantera (E 616474, N 9774038), la segunda zona en un corte realizado por la construcción del Tránsito Daule – Peripa (E 615722, N 9773950) y la tercera zona en la parte norte del Cerro La Germania, cercano a la vía al Chorrillo (E 615722, N 9773950), donde existe un corte realizado para realizar mantenimiento a unas antenas. Las zonas con disponibilidad de acceso a los afloramientos se indican en la figura 3.1.

La geología local de la zona de estudio la conforma casi en su totalidad, la Formación Piñón; al este del área de estudio existe un intrusivo de acuerdo a la carta geológica Guayaquil 1:100.000, sin embargo en el recorrido de campo, el mapeo de afloramientos en la zona 2, permitió constatar que las rocas en aquellos afloramientos macroscópicamente corresponden a rocas volcánicas, contrario a lo propuesto por la geología regional. Tanto en las zonas 1 y 2, se mapearon afloramientos donde se constató la presencia de estructuras mineralizadas, las cuales hasta en la actualidad no han sido objeto de estudio y tampoco se ha registrado la presencia de este tipo de cuerpos mineralizados, en esta localidad de la Formación Piñón.

Con el objeto de definir la litología, composición química y ambiente tectónico tipo de la Formación Piñón y según lo que sugiere la metodología para definir procedencia genética, se analizaron petrográficamente aquellas rocas más representativas y con la menor presencia de mineralización. En total se muestrearon 21 rocas, de las cuales se obtuvieron aproximadamente de 2 a 8 kg, por cada una. Las rocas muestreadas en las estructuras mineralizadas, no se programaron en los cortes de láminas delgadas, ni en los análisis de la geoquímica solo fueron descritas en el apartado del anexo 1, al igual que el resto de rocas.

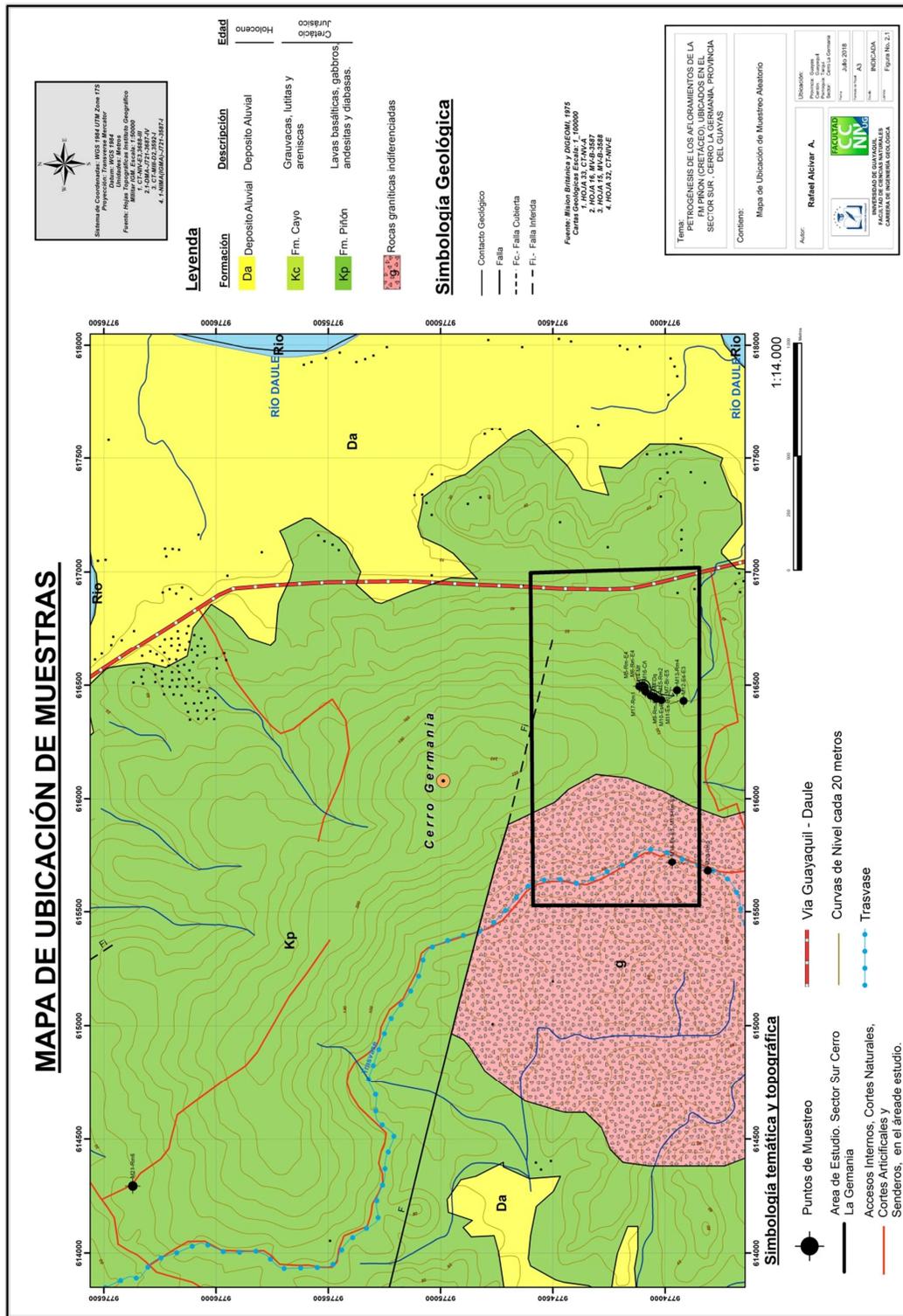


Figura 3.1.- Mapa General de Ubicación de Puntos de Muestreos. Elaborado por: R. Alcívar. 2018

3.1 Características geológicas de los afloramientos

Zona 1.- Corte en cantera. Figura 3.1.1

Punto de muestreo: M3-Rm-E2 - Ubicación: E 616.645; N 9'774.406

Corresponde a la región central principal del frente de explotación ubicado en el sur oeste del Cerro La Germania. Se observa en la figura 3.1.2 a), en casi su totalidad el afloramiento está fuertemente diaclasado, el color de la roca es color gris claro. La estructura denominada E2 está marcada en líneas de color amarillo y tiene dirección $216^{\circ}/85^{\circ}$, espesor promedio 0.20 m, con continuidad vertical de hasta 20 m. Los minerales que contiene la estructura son sulfuros masivos de pirita y calcopirita y secundarios de bornita y malaquita. En el contacto con la roca que la encaja (Rg) marcada en color verde, se observa vetillas de calcita de hasta 8 mm, ver la figura 3.1.2 b).

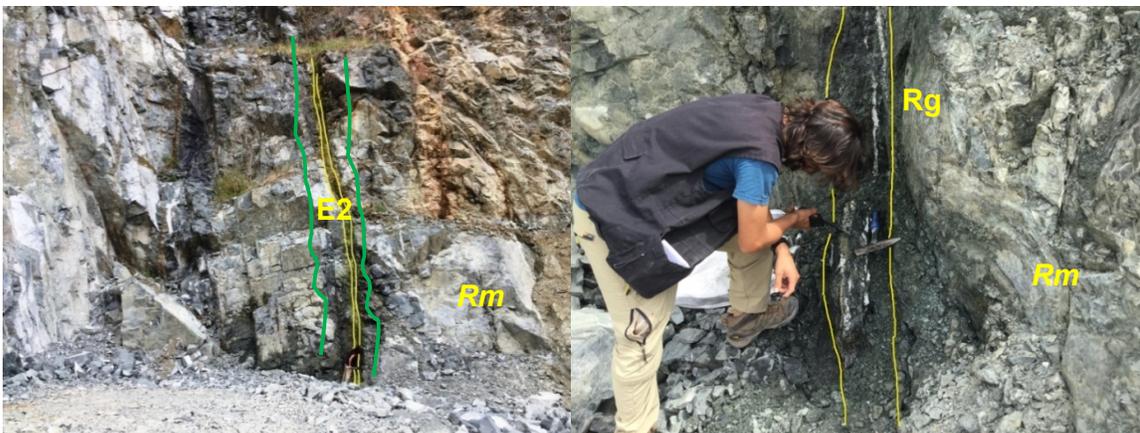


Figura 3.1.2.- a) Afloramiento de muestra M3-Rm-E2., estructura (E2), de dirección $216^{\circ}/85^{\circ}$ de hasta 20 m de longitud (líneas amarillas), b) roca encajante de la estructura (Rg líneas verdes) y roca matriz (Rm)

La muestra M3-Rm-E2 es parte de la Rm y se selecciona para este estudio por ser la más representativa de la Formación Piñón. La roca es de color gris claro, de textura afanítica, holocristalina, homométrica, con presencia aislada de sulfuros de pirita en forma de diseminado de hasta 1 mm, ver la figura 3.1.3 a). En la figura b) se presenta la roca de la Rg, la misma que está diseminada por calcopirita y calcita, roca tipo basalto.

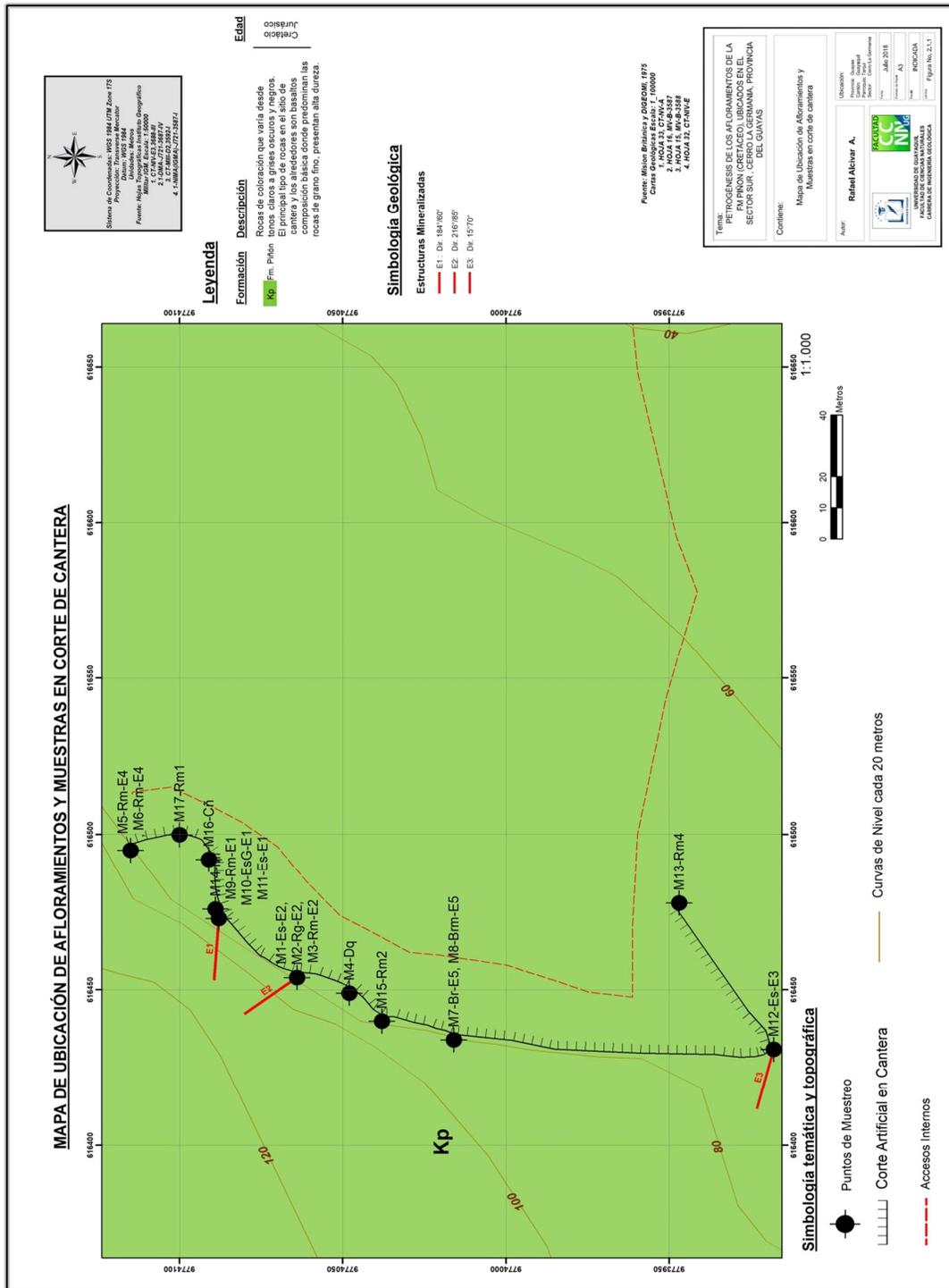


Figura 3.1.1.- Mapa de Ubicación de Afloramientos y muestras en Corte de Cantera. Zona 1
Elaborador por: R. Alcívar. 2018



Figura 3.1.3.- a) Muestra M3-Rm-E2, (Rm) roca matriz b) Muestra de roca encajante de la estructura (E2) y roca matriz

Punto de muestreo: M4-Dq.- Ubicación: E 616.449; N 9'774.048

Hacia el sur del mismo frente de explotación de la labor minera de pétreos y áridos hay una estructura en forma de dique acuñaado, con un espesor aproximado de 0.20 m y dirección de $15^{\circ}/71^{\circ}$, ver Figura 3.1.4.a). La roca es de color gris claro, textura afanítica, homométrica, con presencia de vetillas de calcita de 1 mm de espesor. La roca muestra bajo grado de meteorización, roca tipo diabasa gris claro, ver figura 3.1.4 b)



Figura 3.1.4.- a) Afloramiento de muestra M4-Dq, b) Muestra de mano M4-Dq

Punto de muestreo: M9-Rm-E1.- Ubicación: E 616.473; N 9'774.088

La exploración continúa hacia el sur en frente de cantera. Se observa en la figura 3.1.5 a) en la parte central una estructura mineralizada E1, marcada con líneas color amarillo, de espesores variable hasta 0.50 m, presenta adelgazamiento y estrangulamiento al tope, presenta una mineralización de calcopirita, bornita y magnetita, con dirección de $184^{\circ}/60^{\circ}$. En contacto con la roca que la encaja en líneas color verde, ver la figura 3.1.5 b).



Figura 3.1.5.- a) Afloramiento de muestra M9-Rm-E1. Estructura de dirección $184^{\circ}/60^{\circ}$ (E1), de hasta 15 m de longitud (líneas amarillas), b) roca encajante de la estructura (Rg líneas verdes) y roca matriz (Rm)

El afloramiento rocoso presenta una estructura masiva, La muestra M9-Rm-E1, es parte de Rm corresponde a una roca de color gris verdoso de textura afanítica tipo basalto pobremente diseminada, ver figura 3.1.6 a). En la figura 3.1.5 b) se observa la muestra Rg, contiene mineralización en forma de vetillas y sulfuro milimétrico aislado. No presenta mineralización en la matriz, los sulfuros se presentan en forma de vetillas y diseminados corresponden a marcasita, calcopirita y óxido de hierro (magnetita)



Figura 3.1.6.-a) Muestra de roca M9-Rm-E1, b) Roca encajante de la estructura (Rg)

Punto de muestreo: M13-Rm4.- Ubicación: E 616.478; N 9'774.947

El afloramiento se encuentra ubicado en el oeste del frente de cantera. Se ubica al 100 metros de la muestra M9-Rm-E1, en general el macizo rocoso presenta una estructura masiva, con diaclasamiento de frecuencia entre 1 metro aproximadamente, ver figura 3.1.7 a). En la figura 3.1.7 b) se observa la roca M13-Rm4, de color gris oscuro, textura afanítica homométrica, tipo basalto.



Figura 3.1.7.- a) Afloramiento de roca M13-Rm4, b) Muestra de roca (Rm)

Zona 2.- Corte Trasvase Daule – Peripa.

Durante el recorrido de campo y mapeo de afloramientos, se observó en campo que la litología correspondiente a rocas graníticas indiferenciadas sugerida en la carta geológica 1:100.000 para la zona 2, no corresponde a intrusiones. En contraste se observaron rocas volcánicas de colores oscuros a claros. Por tal motivo el contacto geológico de la Formación Piñón con el intrusivo, fue representado cartográficamente como contacto inferido, ver figura 3.1.8.

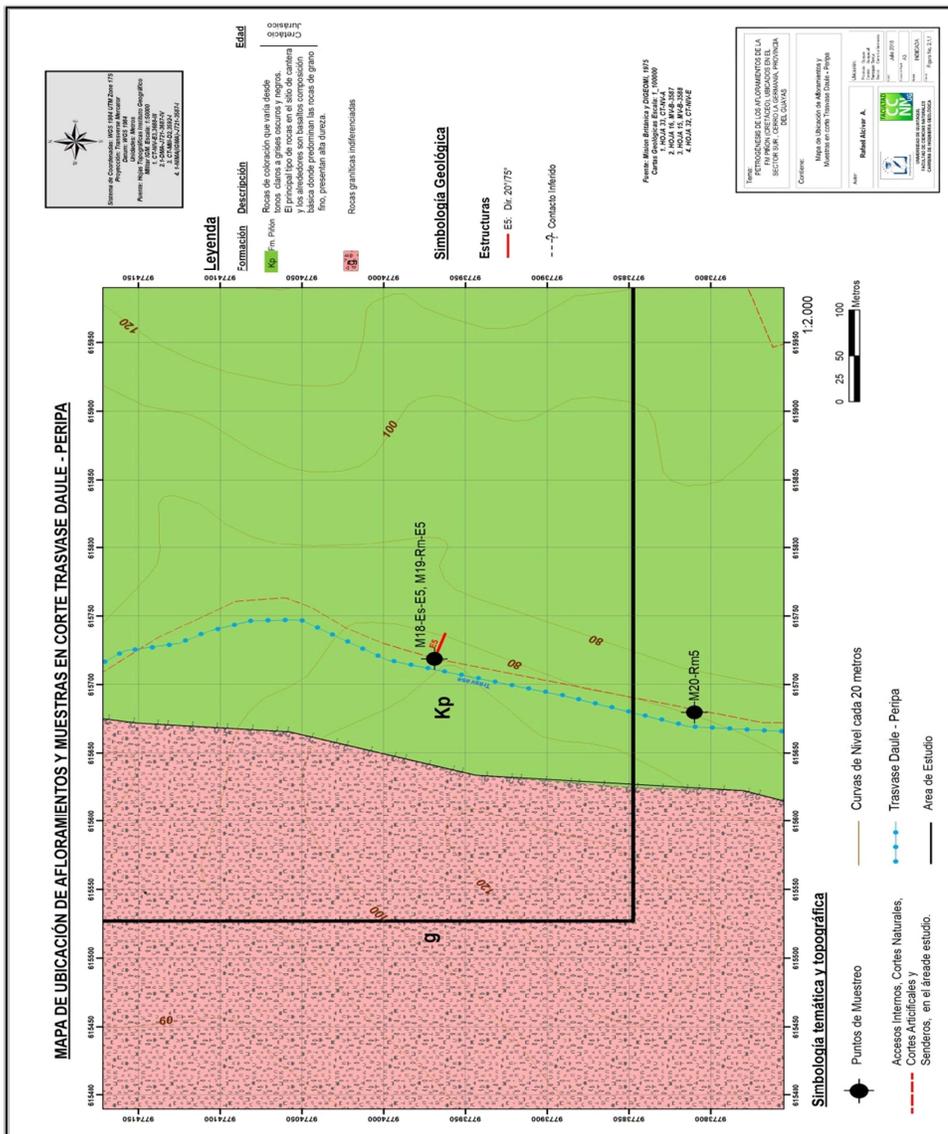


Figura 3.1.8.- Mapa de Ubicación de Afloramientos y muestras en Corte Trasvase Daule-Peripa. Zona 2. Elaborado por: R. Alcívar. 2018

Punto de muestreo: M19-Rm5.- Ubicación: E 615.719; N 9'773.969

Se programó con rumbo oeste la exploración, ubicando un corte artificial del Trasvase Daule – Peripa, ubicado hacia el oeste en 750 metros, figura 3.1.9.



Figura 3.1.9.-Corte en Trasvase Daule-Chongón.

En general el afloramiento rocoso presenta una estructura masiva, con diaclasamiento de frecuencia entre 0.50 metro aproximadamente, con direcciones preferenciales de $345^{\circ}/80^{\circ}$, ver figura 3.1.10 a). La roca M19-Rm5 corresponde a una roca de color gris verdoso de textura hipocristalina, heterométrica, se observa fenocristales de ferro-magnesianos (anfíboles ó piroxenos) de hasta 3 mm, tipo basalto porfírico, no se observó estructuras mineralizadas adyacentes, ver en la figura 3.1.10 b)



Figura 3.1.10.- a) Roca M19-Rm5, b) Muestra de roca M19-Rm5 (Rm)

Punto de muestreo: M20-Rm6.- Ubicación: E 614.680; N 9'773.810

El afloramiento se encuentra ubicado en un corte artificial del Trasvase Daule – Chongón, ubicado hacia el norte en 750 metros de la roca M19, en la parte central una estructura mineralizada con espesores variables de 0.50 m y 0.40 m, con dirección $20^{\circ}/75^{\circ}$, presenta adelgazamiento y estrangulamiento al tope, la mineralización presenta sulfuros masivos de pirita y óxidos de hierro ver figura 3.1.10 a). El macizo rocoso presenta una estructura masiva, con diaclasamiento de frecuencia de 0.20 m, la roca M20-Rm5, corresponde a una roca de color gris claro, de textura hipocristalina, heterométrica, con fenocristales de anfíboles de hasta 3 mm, tipo andesita porfírica ver la figura 3.1.11 b).



Figura 3.1.11.- a) Afloramiento de muestra M20-Rm5, b) Muestra de mano M20-Rm5 (Rm)

Zona 3.- Vía Chorrillo. Figura 3.1.12

M21-Rm5.- Ubicación: E 614.294; N 9'776.372

La muestra se encuentra ubicada aproximadamente a 3 km hacia el norte, de la zona del Cerro La Germania, ubicada en un corte cercano a la Vía Chorrillo, se observa en la figura 3.1.13 a), un camino realizado para dar mantenimiento a las torres de alta tensión, en el corte de la vía existe un afloramiento, donde se observó y muestreo una roca fanerítica, homométrica, de color gris claro, de estructura masiva, tipo basalto, ver la figura 3.1.13 b).

Esta roca fue muestreada con el propósito de establecer una analogía con afloramientos de la zona sur del Cerro La Germania, no se observó estructura mineralizadas adyacentes al afloramiento.



Figura 3.1.13.- a) Afloramiento de muestra M21-Rm6, b) Muestra de mano M21-Rm6 (Rm)

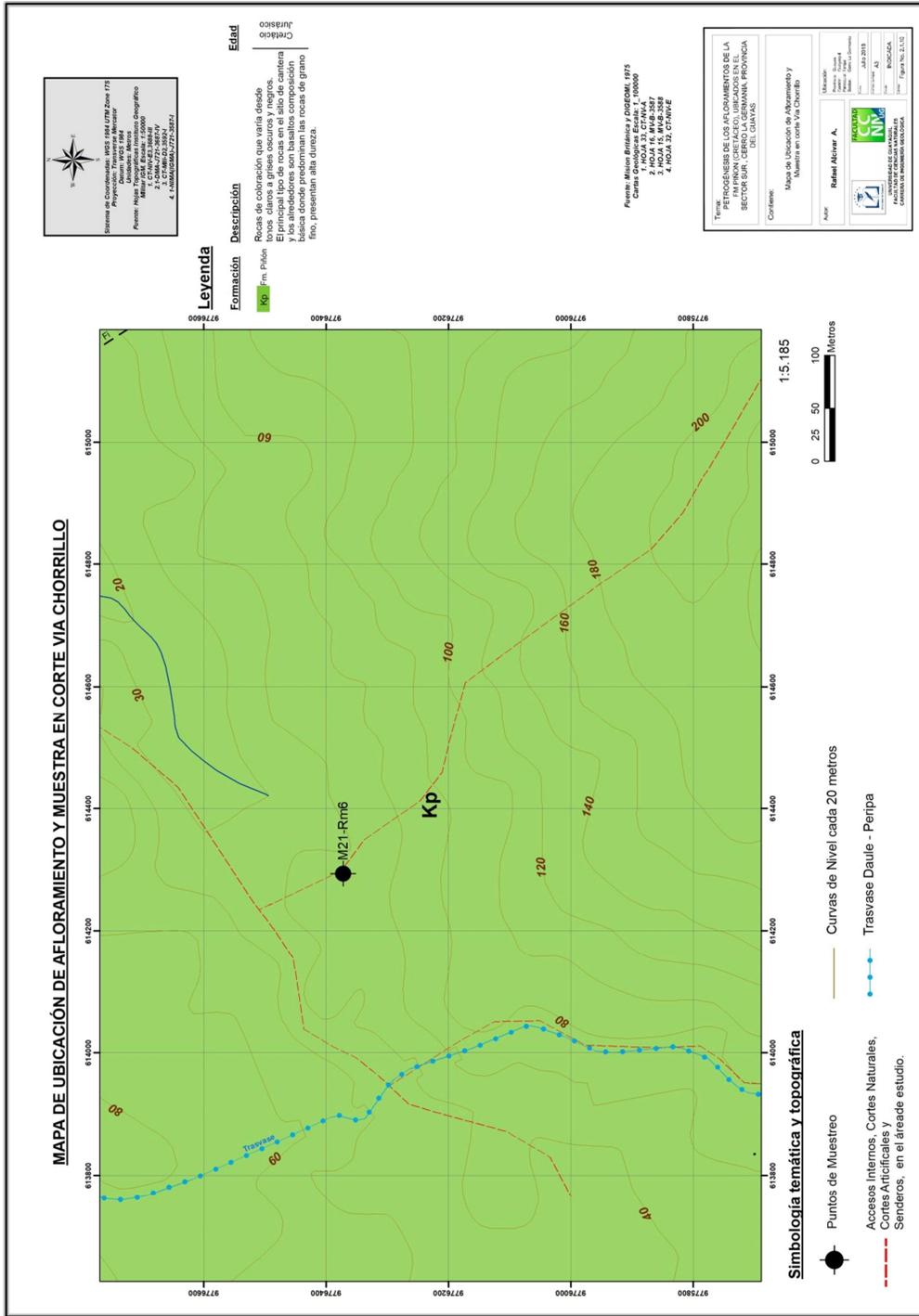
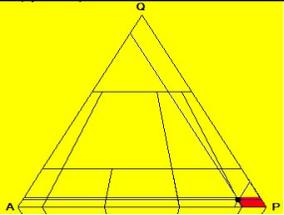
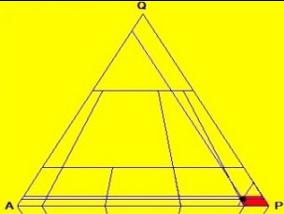
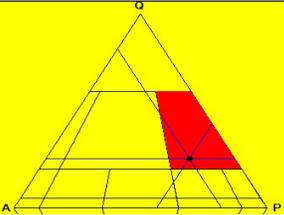
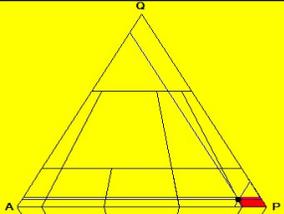


Figura 3.1.12.- Mapa de Ubicación de Afloramiento y muestra en Corte Vía Chorrillo, Zona 3
Elaborador por: R. Alcívar. 2018

3.2 Descripción petrográfica de láminas delgadas

Para la descripción petrográfica se seleccionaron las muestras: M9-Rm-E1, M13-Rm4, M19-Rm5 y M21-Rm6. Las cuales demostraron características texturales diferentes entre sí. El análisis modal de la paragénesis de los minerales se realizó mediante el conteo de puntos, se establecieron proporciones modales de fenocristales y matriz. Posteriormente la clasificación litológica se realizó mediante el ploteo de los percentiles minerales en el diagrama de Strekeisen (1978). En la tabla 3.2.1, se muestran al análisis modal de las muestras seleccionadas.

Tabla 3.2.1. Análisis modal, de muestras M9-Rm-E1, M13-Rm4, M19-Rm5 y M21-Rm6. Elaborado por: R. Alcívar. 2018

Muestra	Fenocristales	%	Masa Fundamental	%	Clasificación Strekeisen QAPF (1978)
M9-Rm-E1	Plagioclasas Hornblenda Piroxeno Opacos Total	10 25 5 3 60	<u>Microlítica</u> Plagioclasas Hornblenda Piroxenos Opacos Total	5 10 20 5 40	 Basalto
M13-Rm4	Plagioclasas Anfíbol Piroxeno Clorita Total	35 20 5 15 75	<u>Fragmentos Líticos</u> Plagioclasa Anfíbol Minerales de alteración Total	10 5 5 25	 Basalto
M19-Rm5	Plagioclasa Anfíbol Piroxeno Total	30 10 5 45	<u>Felsítica-Fragmento Líticos</u> Plagioclasa Anfíbol Clorita Opacos Total	25 10 15 5 55	 Dacita
M21-Rm6	Plagioclasas Anfíboles Piroxeno Total	40 10 5 55	<u>Fragmentos Líticos</u> Plagioclasas Anfíboles Clorita Opacos Total	20 10 10 5 45	 Basalto

Descripción petrográfica muestra: M9-Rm-E1.

Textura porfirítica, intergranular, con cristales inequigranulares, granuda hipodimórfica, en zonas se observa ferro magnesianos (anfíboles) dispersos, algunos fenocristales de plagioclasas alterados y otros presentan rasgos de maclas polisintéticas, se observa alto porcentaje de minerales de alteración sericitados, ver figuras 3.2.1 y 3.2.2

Plagioclasas.- Corresponden a anortitas, son de formas alargadas de diferentes tamaños, constituyen la masa fundamental microlítica, algunas presentan fracturadas y rellenas por sílice y trazas de sericita, se ha identificado por tener maclados polisintéticos desarrollados, gran parte de los fenocristales presentan sus bordes alterados, en la matriz se observa fino-granulares subidiomórficos, asociados a los ferro-magnesianos. El relieve de estos minerales es moderado-alto, algunos cristales tienen un ángulo extinción inclinado y se observan con sericita. Algunos fenocristales indican trazas de plagioclasas zonadas son característicos de rocas extrusivas.

Ferro- magnesianos: Corresponden a hornblendas y gran parte de los cristales no se observan con formas cristalinas bien desarrolladas, son idiomórficas, color café claro y verdoso en luz natural, tienen relieve moderado - alto, y la mayoría de los cristales con su exfoliación poco definido, se observan augitas, presentan maclado característico y colores de birrefringencia de segundo orden.

Minerales de alteración: Se observa principalmente clorita en la matriz, opacos y cuarzo secundario relleno de poros de variados tamaños, sericita en los bordes de las plagioclasas, clorita, trazas de carbonatos.

La roca petrográficamente, podría clasificarse como un basalto porfirítico con hornblenda.

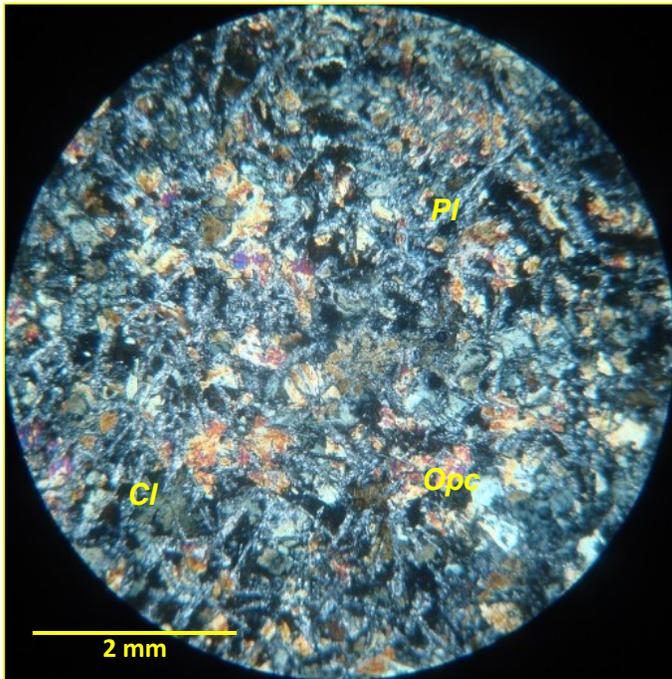


Figura 3.2.1.- Microfotografía M9-Rm-E1. X20 Se puede observar textura porfírica, con fenocristales de plagioclasa microlítica (anortita) y alteradas en sus bordes a minerales finogranulares con birrefringencia de segundo orden, en las plagioclasas se puede identificar rasgos de los maclados, los fenocristales de plagioclasas están dispersos de formas sub-hedrales con sus bordes alterados, en la parte inferior, los minerales alargados son de hornblenda con colores fuertes de birrefringencia, se observa poros relleno por opacos, alguno ferro-

magnesianos (anfíboles) se encuentran alterados a clorita con enbahiamientos, trazas de opacos de formas cuadradas son identificados. Magnificación X20

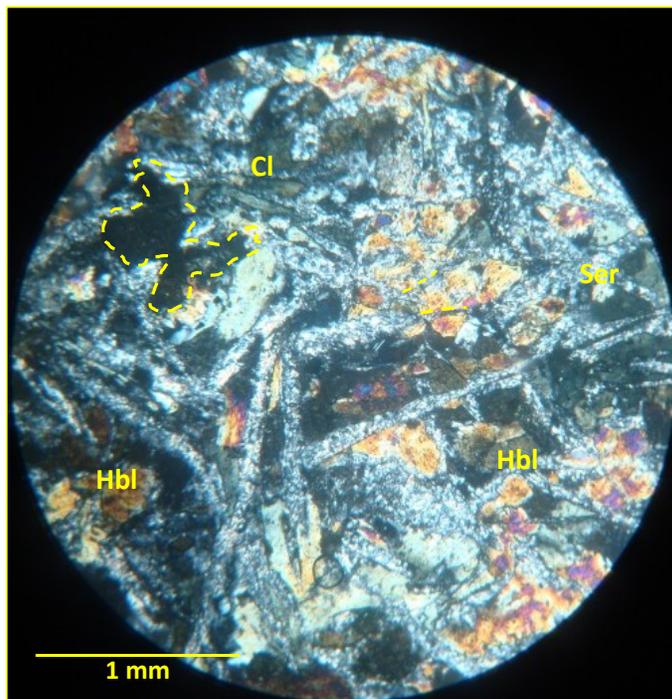


Figura 3.2.2.- Microfotografía M9-Rm-E1. X40.- Hornblendas demostrando doble clivaje, colores fuertes de birrefringencia, alterados a clorita y asociado a opacos engolfado, con textura enrejada microlítica de plagioclasa alterada. Magnificación X40

Descripción petrográfica muestra: M13-Rm4

Textura porfírica, holocristalina, inequigranular, granuda hipidiomórfica, en zonas se observa pocos ferro magnesianos (anfíboles) cloritizados y dispersos, algunos fenocristales de plagioclasas son zonadas alterados y otros presentan rasgos de maclas polisintéticas, los opacos-sulfuros están asociados a los fenocristales cloritizados, ver figuras 3.2.3 y 3.2.4

Plagioclasas.- Corresponden a anortitas, en formas alargadas de diferentes tamaños, algunos presentan fracturas rellenas con sílice, otras están alteradas, se ha identificado por tener vestigios de maclados polisintéticos desarrollados, gran parte de los fenocristales presentan sus bordes indentaciones, en la matriz se observa plagioclasas asociados a la sílice y cloritas. El relieve de estos minerales es moderado, algunos cristales tienen un ángulo extinción inclinado y se observan con sericita.

Ferro magnesianos: Gran parte de los micro-cristales, granuda xenomorfa, por su alteración, los anfíboles (hornblendas) por su forma y relieve, son de color café claro y verdoso en luz natural, tienen relieve moderado - alto, y la mayoría de los cristales con su exfoliación poco definido, algunos cristales conservan sus formas bien desarrolladas y alargadas, están cloritizados, junto a los que se encuentran opacos.

Minerales de alteración.- Se identifica con refringencia anómala azulada la clorita junto a ferromagnesianos y espacios intersticiales, las plagioclasas en sus bordes están corroídas se observa rasgos de sericita, y sílice relleno de fracturas discontinuas

La roca tiene componentes ferro-magnesianos (hornblendas) identificados por su forma y relieve, gran parte de estos minerales están cloritizados y se identifican en la matriz de la roca.

La roca por su composición y textura, se clasifica en un basalto porfírico cloritizado.

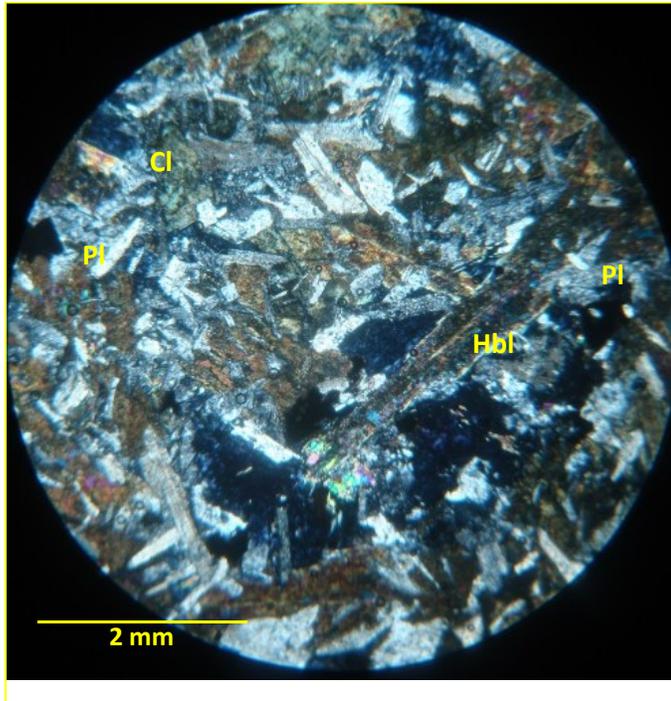


Figura 3.2.3.- M13-Rm4. X20- Se puede observar en secciones maclas de plagioclasa (anortita) bien desarrolladas, y ferromagnesianos (hornblendas) cloritizados, las plagioclasas están afectados por microfisuramiento alterados y rellenados por sericita y en los ferromagnesianos se observa trazas de clorita y epidota. Los opacos de formas cuadradas (sulfuros - pirita), junto a las zonas de mayor alteración. Magnificación X20

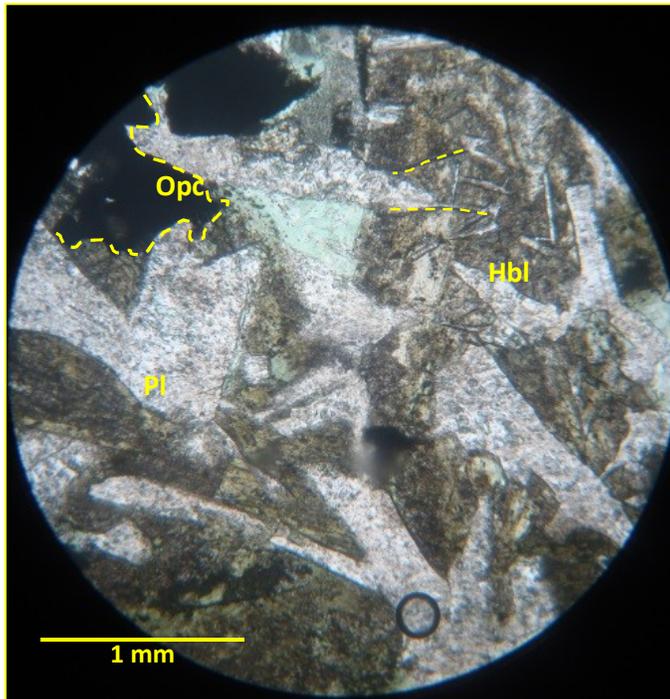


Figura 3.2.4.- M13-Rm4. X40.- Cristales bien desarrollados, incoloros y con relieve moderado corresponde a las plagioclasas (anortita), en los ferro-magnesianos (hornblenda) se observa de mejor manera el relieve y clivaje, relieve bien marcado; las mismas que presentan fracturación. De color oscuro o negro en las dos imágenes, en la parte superior izquierda se observa opacos con enbahiamiento. Magnificación X40

Descripción petrográfica muestra: M19-Rm5.

Textura porfirítica, holocristalina, inequigranular, granuda hipidiomórfica, se observó ferro magnesianos gran parte cloritizados, algunos fenocristales de plagioclasas presentan zonación y alteración a los largo de sus bordes, los anfíboles están corroídos en sus bordes, ver figuras 3.2.5 y 3.2.6

Plagioclasas.- Corresponden a sanidinas, presentan zonación, con texturas idiomórficas, inequigranulares, maclados polisintéticos, en la matriz se observa fino-granulares dispersos y asociados a los ferro-magnesianos cloritizados. Se observa rasgos de fenocristales de plagioclasas zonadas, algunos minerales presentan doble maclado.

Ferro magnesianos.- En la matriz gran parte de parte cristales alotriomorfos, los anfíboles tienen características de hornblenda, presenta colores de birrefringencia de segundo, con doble clivaje característico, tienen relieve moderado - alto, y la mayoría de los cristales están cloritizados, algunos piroxenos se presentan maclados (augitas).

Minerales de alteración: En los bordes de los ferromagnesianos se observa cloritización y asociados a las plagioclasas trazas de sericita, se observa concentración escaso de cuarzo junto a zonas de alteración en conjunto con opacos (sulfuros y magnetitas?). Se observa finas vetillas rellenas de sílice.

La roca tiene pocos componentes ferro-magnesianos (hornblendas) en la matriz los mismos que están alterados, junto a estos minerales se observa opacos cuadráticos (pirita y magnetita?). Los ferro-magnesianos (trazas de augitas y hornblendas) gran parte de estos minerales están ligeramente cloritizados.

La roca es de composición intermedia ácida, clasificándose en una dacita porfirítica, hornblendica.

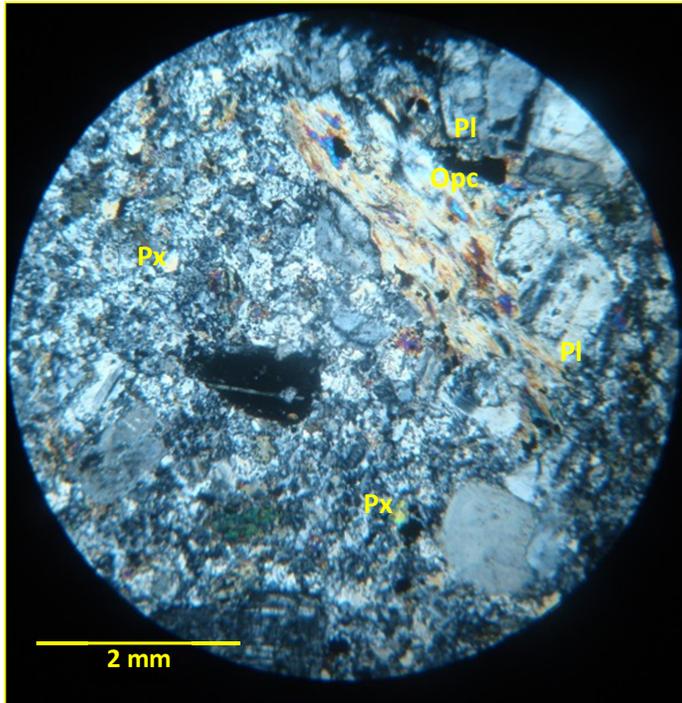


Figura 3.2.5.- M19-Rm5.- X20.- Se observan fenocristales de plagioclasas (sanidina) sub-hedrales y zonado, presentan zonación y rasgos de maclado, los ferro-magnesianos están cloritizados, en la matriz cristales de las plagioclasas y pocos anfíboles (hornblendas) y trazas de piroxenos (augitas), en la parte superior se identifica trazas de opacos de formas irregulares, característico de sulfuros. Con tinte marrón, verdoso en la matriz son característicos de ferro-magnesianos cloritizados, algunas plagioclasas se observa

en sus bordes alterados con minerales de birrefringencia de segundo orden.: Magnificación X20

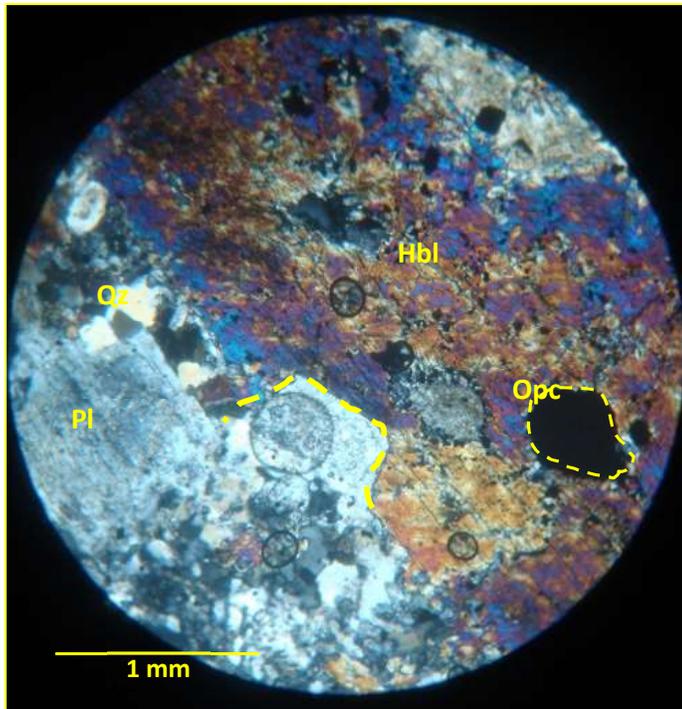


Figura 3.2.6.- M19-Rm5.X40.- Se observa cristales alargados de hornblenda (2mm) en la parte superior con colores fuertes de birrefringencia junto a opacos como inclusión, y en la parte inferior plagioclasas con colores de primer orden, algunas plagioclasas presentan sus bordes alterados, por sus colores de birrefringencia de segundo orden. La hornblenda presenta indentación por plagioclase. Magnificación X40

Descripción petrográfica muestra: M21-Rm6.

Textura porfirítica, holocristalina, inequigranular, granuda subidiomórfica, en zonas se observa ferro magnesianos (anfíboles) dispersos, algunos fenocristales de plagioclasas son zonadas y otros presentan maclas polisintéticas, los anfíboles (hornblenda), con texturas hipidiomórfica, ver figuras 3.2.7 y 3.2.8

Plagioclasas.- Corresponden a anortitas, de formas alargadas de diferentes tamaños, algunos presentan fracturas, y están alterados presentan maclados polisintéticos desarrollados, gran parte de los fenocristales presentan sus bordes corroídos, en la matriz se observa fino-granulares, asociados a los ferro-magnesianos. El relieve de estos minerales es moderado, algunos cristales tienen un ángulo extinción inclinado.

La roca tiene componentes ferro-magnesianos (horblendas) gran parte de estos minerales alterados asociados a clorita, los opacos y en su mayoría conforman la matriz de la roca.

Se identifica en la lámina un porcentaje importante de plagioclasas como fenocristales y en la matriz, están asociados con los ferro-magnesianos. En la matriz las plagioclasas están ligeramente alteradas, se identifica hornblenda con tinte verdoso cloritizadas.

La roca es de composición básica, clasificándose en basalto porfirítico.

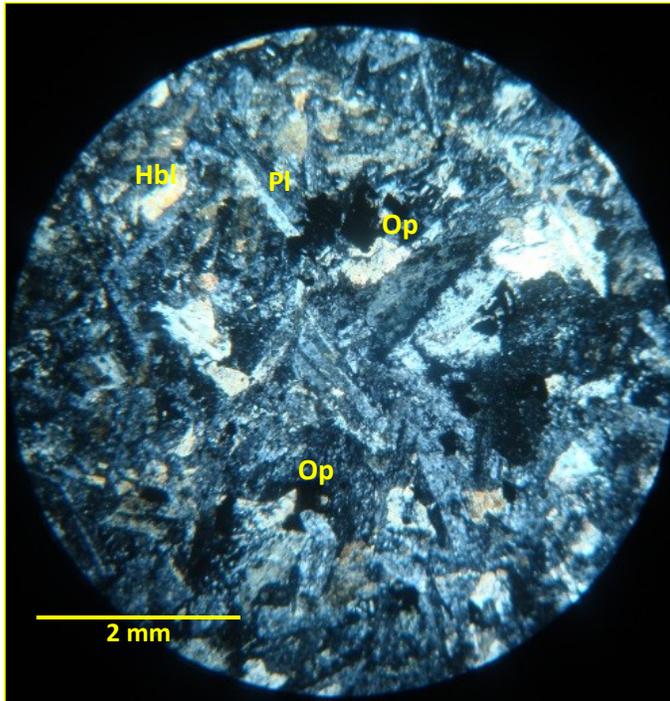


Figura 3.2.7.- M21-Rm6.X20.- Se observa fenocristales dispersos y maclados de plagioclasas (anortita) euhédricos a sub-hedrales con sus bordes y a lo largo del clivaje alterados e inclusiones de opacos y algunas presentan zonación, y en la parte central - superior pocos ferro-magnesianos (anfíboles), en la matriz de plagioclasas alteradas, trazas de opacos de formas cuadradas (sulfuros). Con tinte marrón-verdoso en la matriz son característicos de ferro-magnesianos (hornblendas) alterados. Magnificación X20

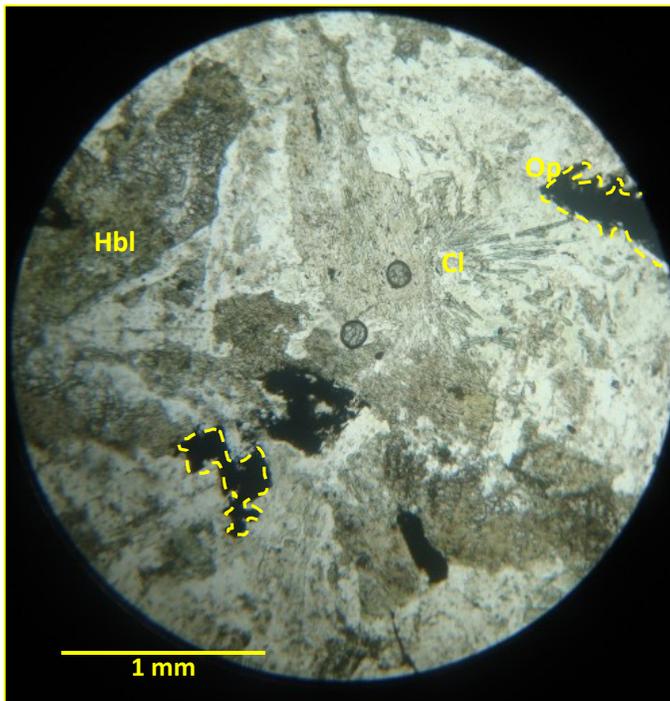


Figura 3.2.8.- M21-Rm6.X40.- Cristales incoloros y con relieve moderado corresponde a las plagioclasas y los ferro-magnesianos con relieve bien marcado de color marrón y tonalidad verdosa son cloritizados y de color negro en las dos imágenes corresponde a los opacos que presentan enbahiamentos, se observa en la parte superior junto a ferromagnesianos minerales prismático alargado (acicular) corresponde a clorita. Magnificación X40

3.3 Geoquímica de resultados para Óxidos Mayores y Elementos Traza (REE)

Las muestras que se tomaron en consideración para los ensayos de roca total fueron las siguientes, ver en tabla 3.3.1

Tabla 3.3.1.- Listado de muestras seleccionadas para ensayos de óxidos y elementos traza.

Elaborado por: R. Alcívar. 2018

Zonas de Muestreo	Muestras
Zona 1.-Corte artificial de labores mineras	M3-Rm-E2 M4-Dq M9-Rm-E1 M13-Rm4
Zona 2.- Sector del Traspase Daule – Peripa	M19-Rm5 M20-Rm6
Zona 3.- Vía Chorrillo	M21-Rm6

Se realizaron en total 14 de análisis multielemental por fusión con metaborato y Espectrometría de Emisión Atómica y Plasma, de los cuales siete fueron realizados por emisión atómica y los restantes por inducción de plasma. Las muestras fueron pesadas, secadas, trituradas y tamizadas en malla n°150. Todo este proceso se realizó en los laboratorios de Inspectorate S.A.

Se obtuvieron los siguientes datos para óxidos mayores y elementos traza como se indica en las Tablas 3.3.2 y 3.3.3. Los resultados de laboratorio, certificado de acreditación internacional y demás detalles se encuentran en el (anexo 2) , la muestrea M4-Dq, presenta un valor de LOI > 3.3 %, existe la posibilidad de que la geoquímica observada sea producto de una meteorización (Dávila-Alcocer et al., 2013), las rocas interpretadas corresponden a las menos meteorizadas, por lo tanto para el procesamiento geoquímico solo se consideraron las muestras con LOI, menos a 3.3%.

Tabla 3.3.2.- Resultados de óxidos mayoritarios en % en peso. Fuente: R. Alcívar. 2018////

Muestra	M3-Rm-E2	M4-Dq	M9-Rm-E1	M13-Rm4	M19-Rm5	M20-Rm6	M21-Rm5
Coordenadas UTM WGS-84	E 616454 N 9774064	E 616449 N 9774048	E 616473 N 9774088	E 616478 N 9773947	E 615719 N 9773969	E 615680 N 9773810	E 614294 N 9776372
	(% en peso)						
SiO ₂	50,34	45,19	50,63	52,35	66,08	70,26	51,86
TiO ₂	1,38	1,44	1,17	1,28	0,27	0,25	1,12
Al ₂ O ₃	13,21	13,81	13,99	13,51	14,18	14,51	14,41
Fe ₂ O ₃	13,51	12,74	13,26	14	6,68	4,23	13
MnO	0,13	0,16	0,1	0,23	0,05	0,04	0,18
MgO	7,56	8,64	8	7,35	4,07	3,52	8,5
CaO	9,25	8,59	9,24	8,75	4,78	5,16	11,38
Na ₂ O	2,56	2,55	1,84	3,63	3,73	4,04	2,06
K ₂ O	1,02	0,19	1,33	0,29	0,24	0,12	0,13
P ₂ O ₅	0,09	0,1	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06
Cr ₂ O ₃	0,014	0,013	0,02	0,006	0,016	0,011	0,028
BaO	0,1	0,004	0,013	0,006	0,013	0,011	0,03
SrO	0,012	0,005	0,016	0,011	0,033	0,032	0,012
LOI	2,25	7,17	2,14	2,02	0,5	0,99	1,55
TOTAL	101,426	100,602	101,829	103,513	100,692	103,234	104,32

*LOI = Perdida por ignición - % en peso

Tabla 3.3.3.- Resultados de elementos traza en ppm. Fuente: R. Alcívar. 2018

Muestra	M3-Rm-E2	M4-Dq	M9-Rm-E1	M13-Rm4	M19-Rm5	M20-Rm6	M21-Rm5
Coordenadas UTM WGS-84	E 616454 N 9774064	E 616449 N 9774048	E 616473 N 9774088	E 616478 N 9773947	E 615719 N 9773969	E 615680 N 9773810	E 614294 N 9776372
	(ppm)						
Sn	44	42	46	47	18	17	48
Ba	78	28	107	46	96	82	252
Co	33,7	31,2	36,5	40,9	16,8	22	48,1
Cs	0,09	0,1	0,1	0,09	0,09	0,09	0,5
Ga	17,3	14,6	16,7	15,6	14,7	14,1	15,7
Hf	1,8	4,6	1,5	2	1,7	2	1,4
Nb	4,6	5,2	3,8	3,8	1,5	1,4	3,3
Rb	18,9	2,9	35,9	4,3	3,1	1,1	4,2
Sr	98,3	36,9	149,1	82,8	306,8	274,7	99,1
Ta	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,09	0,1
Th	0,3	0,4	0,2	0,3	0,6	0,6	0,2
U	0,3	0,4	0,4	0,1	0,2	0,3	0,09
V	382	343	360	350	116	11	336
W	1,1	1,1	1	1	0,7	0,8	0,6
Zr	60,8	162,8	55,5	53,1	56,3	64,4	46,8
Y	22,4	27	19,9	19,5	6,1	5,9	18,1
La	6,1	4,1	4,8	4	3,5	2,3	4,7
Ce	10,4	7	8,6	7,5	6,7	4,2	9,4
Pr	1,59	1,15	1,31	1,29	1,03	0,73	1,41
Nd	7,8	6,3	7,1	6,8	4,4	3,9	6,9
Sm	2,68	2,35	2,45	1,99	1,11	0,97	2,27
Eu	1,07	1,02	1,1	0,83	0,36	0,35	0,77
Gd	3,34	3,97	3,18	2,76	1,29	1,05	3,1
Tb	0,65	0,78	0,61	0,55	0,23	0,17	0,57
Dy	4,51	5,09	3,92	3,8	1,17	1,1	3,62
Ho	0,98	1,18	0,81	0,86	0,23	0,22	0,84
Er	3,03	3,51	2,43	2,52	0,63	0,57	2,35
Tm	0,44	0,48	0,33	0,32	0,1	0,09	0,37
Yb	2,97	3,05	2,24	2,19	0,59	0,54	2,18
Lu	0,45	0,51	0,4	0,39	0,11	0,09	0,36

3.4 Diagramas de variación tipo Harker.

Los diagramas de tipo Harker permiten determinar químicamente la evolución del magma; son relaciones de entre óxidos mayores y el SiO_2 como se muestra en la figura 3.4.1

En los resultados en los diagramas binarios tipo Harker, para las rocas de la zona 2, se observó correlación negativa en TiO_2 , FeO , K_2O , CaO , MgO , P_2O_5 , para Na_2O y Al_2O_3 , demuestran una correlación positiva.

En los resultados para las rocas de las zonas 1 y zona 3, la correlación fue positiva en TiO_2 , MgO , CaO , P_2O_5 , FeO ; para K_2O , Na_2O , mostró correlación negativa solo para M13-Rm-R2 con enriquecimiento en Na_2O . Respecto a TiO_2 , en todas las rocas se observó dispersión positiva progresiva.

Los patrones asociados de SiO_2 han permitido dividir en dos grupos, que son las rocas de la zona 2 entre 66 y 70.2%; y las rocas de la zona 1 y 3 entre 45.1 y 52.3%, es decir un sector con valores superiores y otros inferiores al 54% de SiO_2 .

Todas las rocas presentan alto contenidos de Al_2O_3 entre 13.2 y 14.5 %; para Fe_2O_3 entre 13.2 y 14.5%. En la zona 2 los valores de Fe_2O_3 presentan valores entre 4.2 - 6.6 %.

Para TiO_2 los valores en todas las rocas se encuentran entre 0.25 y 1.44%, MgO entre 3.5 y 8.6 %, para CaO entre 4.7 y 11.3 %, para Na_2O entre 1.8 y 4 %, en K_2O entre 0.12 y 1.3%, para P_2O_5 entre 0.05 y 0.1 %.

Multiple plot of SiO_2 vs. TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , FeO

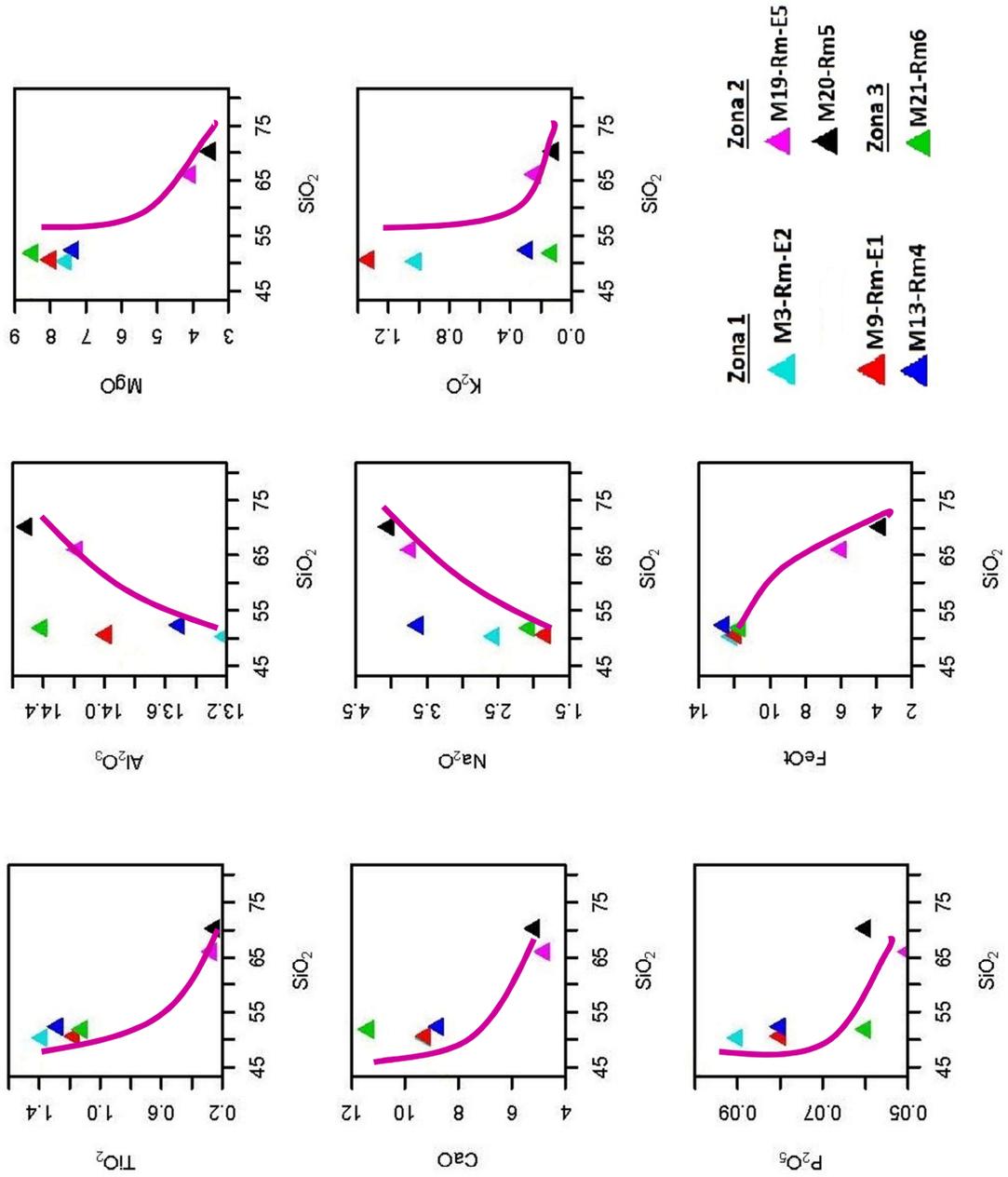


Figura 3.4.1.- Diagramas tipo Harker, correlación de SiO_2 vs óxidos mayores. Elaborado por: R. Alcívar. 2018

3.4.1 Diagramas de clasificación química según abundancia de óxidos mayores y elementos traza.

Las descripciones macroscópicas y petrológicas de las muestras permiten definir a las muestras como rocas volcánicas, en función de sus texturas y análisis modal. Se plotearon en los diagramas de clasificación para tipos de rocas ígneas TAS (Total Alkalies Silica) volcánicas.

De acuerdo a la clasificación TAS, según el diagrama (Bas, 1986) las rocas se dividen en dos grupos de rocas de composición química diferente, para las rocas de la zona 2, composiciones ácidas tipo dacitas, y para las rocas de la zona 1 y zona 3, composiciones más básicas tipo basálticas, ver figura 3.4.2 a).

De acuerdo al diagrama ternario de clasificación química de Fe+Ti, Al y Mg, de Jensen (1976), las rocas de las zona 1 y 3 se proyectaron en campos de basaltos toleíticos de alta temperatura enriquecidos en hierro; las rocas de la zona 2, presentan composición química tipo andesítica, ver figura 3.4.2 b).

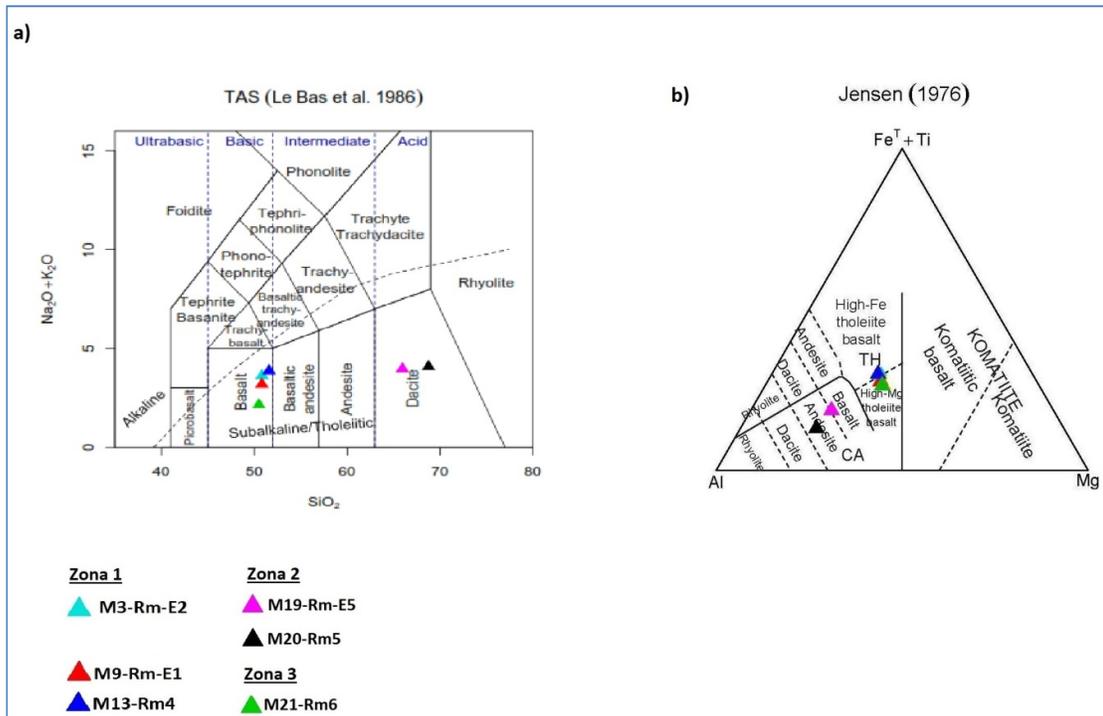


Figura 3.4.2.- a) Clasificación TAS (Bas, 1986) y b) Clasificación (Jensen 1976): Elaborado por: R. Alcívar. 2018

3.4.2 Determinación de series magmáticas.

Para la determinación de las series magmáticas se plotearon en los diagramas AFM (A= óxidos alcalinos, F= óxidos de hierro, M= óxido de magnesio), de (Irvine and Baragar, 1971), y el diagrama de elementos traza Thorio y Cobalto, de (Hastie et al. 2007), comúnmente usados para la clasificación de rocas volcánicas. Estos diagramas permitieron sugerir las series magmáticas o familias de magmas a las que pertenecen las rocas muestreadas, ver figura 3.4.2.1 a) y b)

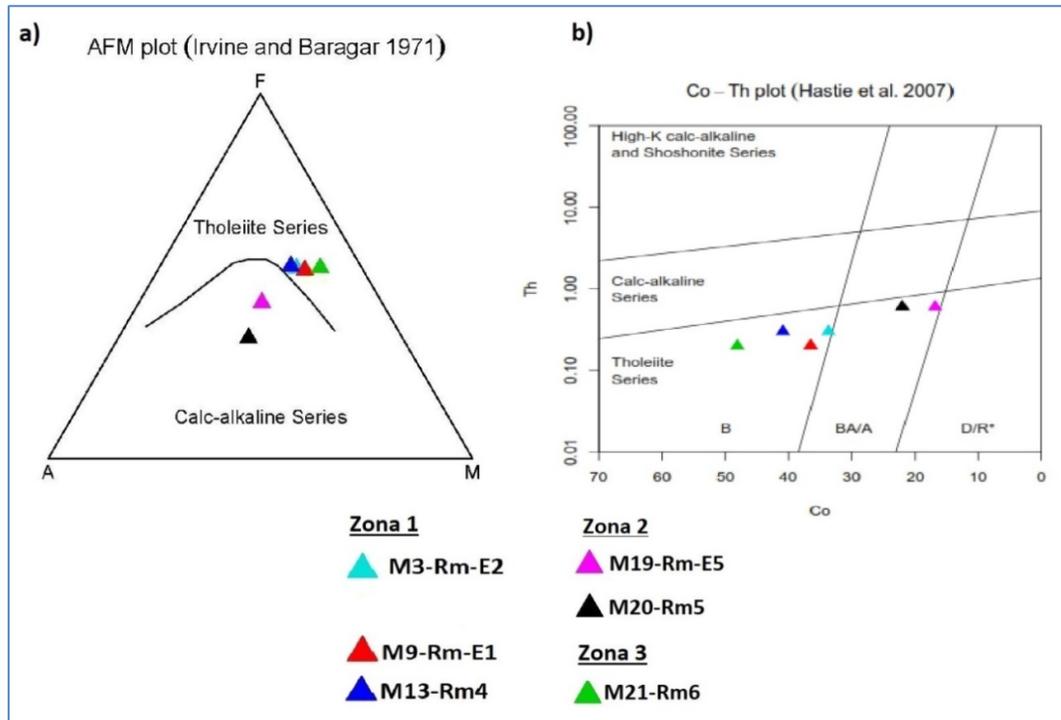


Figura 3.4.2.1.- Diagramas de clasificación AFM, a) según (Irvine and Baragar, 1971) y b) según (Hastie et al. 2007). Elaborado por: R. Alcívar. 2018

En la figura 3.4.2.1 a), el diagrama de (Irvine and Baragar, 1971), las rocas de la zona 2, se proyectaron en la serie magmática calc-alkalina; las rocas de la zona 1 y 3, se proyectaron en la serie magmática toleítica. Sin embargo, en el diagrama de elementos traza de (Hastie et al. 2007), usado para la clasificación de rocas volcánicas frescas y alteradas en ambientes volcánicos de islas oceánicas; todas las rocas se proyectaron en el campo de la serie magmática toleítica, ver figura 3.4.2.1 b); coincidiendo con el ambiente de formación tipo MORB, para la zona circundante al área de estudio, sugerido en el subcapítulo de antecedentes geológicos.

3.5 Diagramas de normalización en Elementos Traza (REE)

Los diagramas multielementales normalizados en elementos traza, han permitido establecer e interpretar composiciones químicas del magma parental; así como también, permitió identificar el ambiente formacional de los magmas. Diagramas propuestos por McDonough and Sun 1995, 1989, Pearce 1996 y Boynton 1984 normalizados en elementos trazas de manto primitivo, condrita, MORB normal y enriquecido E-MORB, y N-MORB, permitieron identificar anomalías geoquímicas en ppm.

Para el diagrama de manto primitivo normalizados en elementos traza livianos y pesados de (McDonough and Sun 1995), los resultados para (LREE), en las rocas de la zona 1 y 3, se mostraron ligeramente empobrecidos, mientras que para trazas pesados (HREE), las rocas de la zona 2, están totalmente empobrecidas, ver figura 3.5.1 a).

La normalización de elementos trazas, para E-MORB fueron los siguientes: para La varían entre 2,3 y 6.1 ppm, para Ce varían entre 4.2 y 10.4 ppm, para Pr varían entre 0.73 y 1.5 ppm, para Nd varían entre 3.9 y 7.8 ppm, Sm varían entre 0.9 y 2.68 ppm, Eu varían entre 0.35 y 1.1 ppm, para Gd varían entre 1 y 3.9 ppm, elementos (HFSE), presentan anomalías positivas en Rb, K, Sr, para las rocas de la zona 2. Respecto a Cs, todas presentan un enriquecimiento homogéneo con excepción de la roca M21-Rm6. El empobrecimiento en (LREE), es significativo para las rocas de la zona 2. Para los elementos Cs, Th, Ta, La, Pr, P, Sm, Ba, Ce y Zr, todas las rocas presentan homogeneidad en sus concentraciones, ver figura 3.5.1 b).

Para elementos traza, normalizados en manto primitivo según (McDonough and Sun 1995). El comportamiento de elementos (HREE), presentan anomalías positivas en Rb, Ba, Sr, U, para las rocas de las zonas 2 y 3, con excepción de Sr, en la roca M21-Rm6. Para los elementos La, Ce, Pr, Ba, Th, U, K, Nd, P, Zr, Sm, todas las rocas presentan homogeneidad en sus concentraciones; con excepción de las rocas de la zona 2, mostrando estas rocas; anomalías negativas en elementos livianos (LREE), ver figura 3.5.1 c).

De acuerdo al N-MORB, normalizado de (McDonough and Sun 1995), los resultados para (LFSE ó LILE), presentan anomalías positivas en Cs, Ba, K, anomalías negativas se presentaron en Rb, Nb y Tl. Los elementos traza livianos (LREE), en las rocas de la zona 1 y 3, presentan un comportamiento normal, sin embargo para rocas de la zona 2, los (LREE), se encuentran empobrecidos, ver figura 3.5.1 d).

Según el diagrama normalizado a MORB, propuesto por (Pearce 1996), las rocas de la zona 2, muestran anomalías negativas en Nb, Ti, Y, y Ce (elementos HSFE), presenta anomalías positivas en Th. Las rocas de la zona 1 y 3, presentan un comportamiento homogéneo en sus concentraciones, ver figura 3.5.2 a).

Las concentraciones de elementos trazas, en el diagrama normalizado en condrita para elementos (LREE y HREE), de (Boynton 1984), mostraron en rocas de la zona 1 y 3, comportamientos homogéneos en sus concentraciones. Para las rocas de la zona 2, el enriquecimiento es homogéneo en LREE, sin embargo para elementos HREE, mostraron empobrecimientos, ver figura 3.5.2 b).

En los resultados obtenidos de Vanadio, las concentraciones en las rocas de la zona 1 y 3, fueron entre 382 y 336 ppm. Para las rocas de la zona 2, la concentración de Vanadio mostró un empobrecimiento, en relación a las rocas de las zonas 1 y 3.

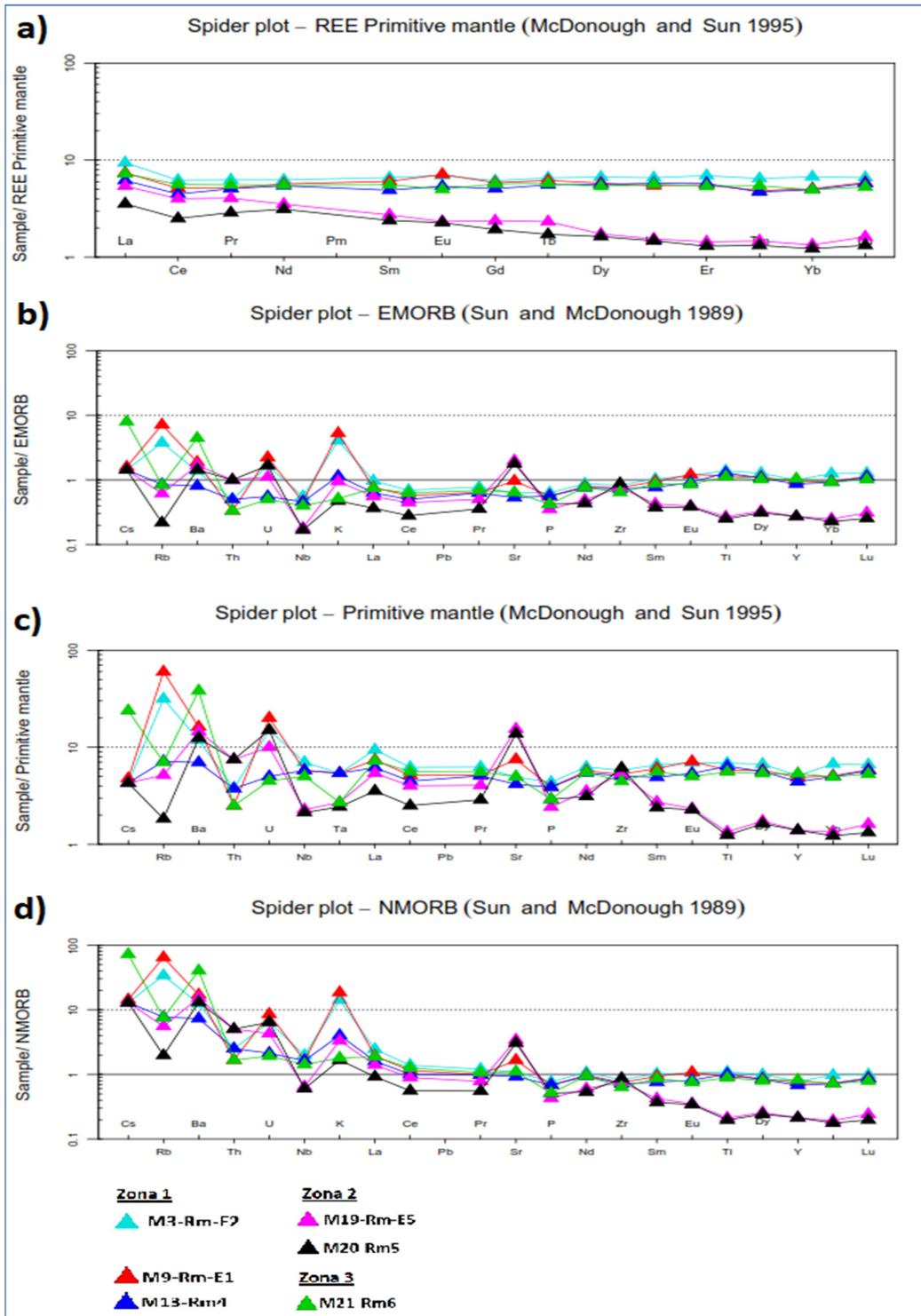


Figura 3.5.1.- a) Diagrama normalizado de (LREE y HREE) enmanto primitivo (McDonough and Sun 1995), b) Diagrama normalizado en E-MORB (McDonough and Sun 1989), c) Diagrama normalizado de (REE) en manto primitivo (McDonough and Sun 1995), d) Diagrama normalizado de (REE), en N-MORB (McDonough and Sun 1989). Elaborado por: R. Alcívar. 2018

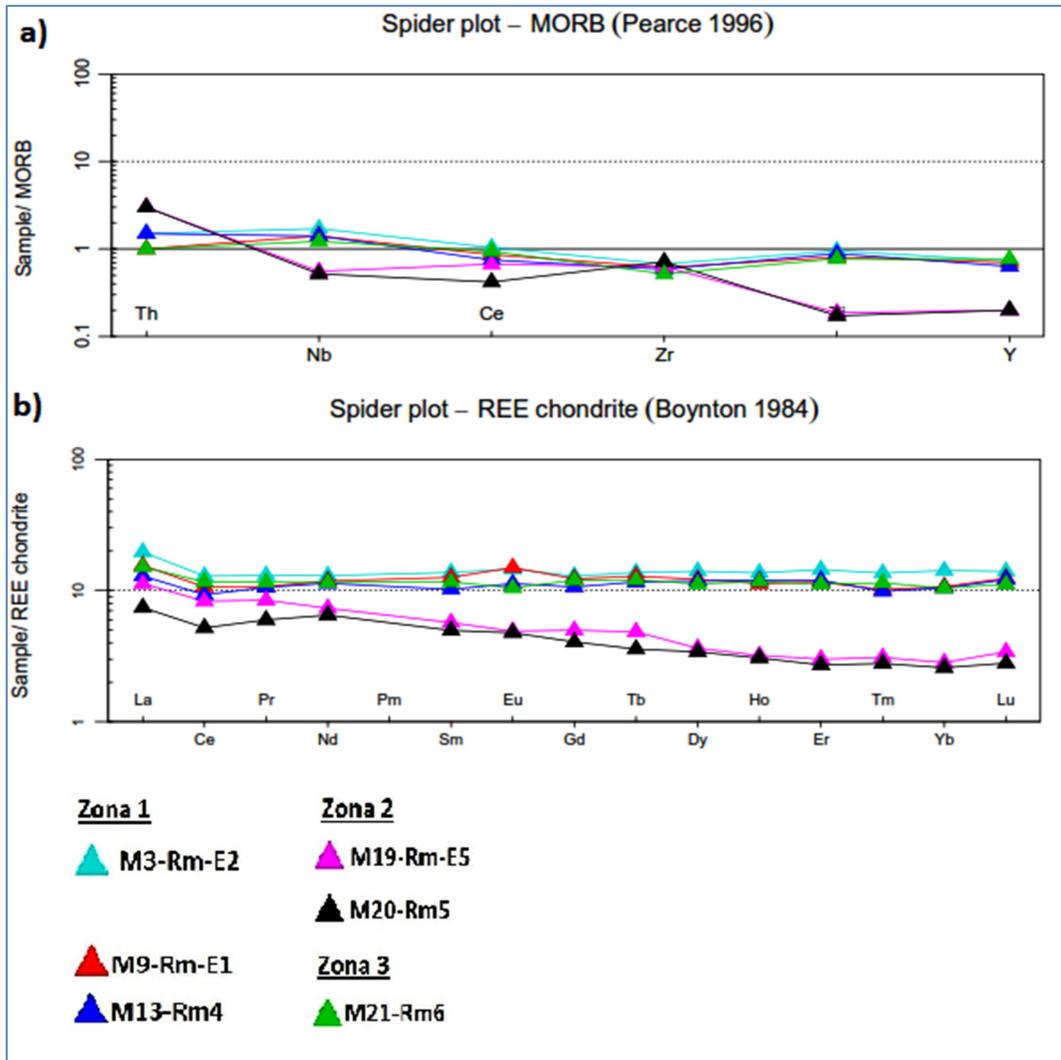


Figura 3.5.2- a) Diagramas normalizado en HSFE, para MORB de (Pearce 1996), b) Diagrama normalizado en condrito de (Boynton 1984), Elaborado por: R. Alcívar. 2018

Los diagramas normalizados muestran anomalías en elementos tales como: Ba, Sr, Rb, Y, tales anomalías podrían corresponder a procesos contaminación cortical de magmas. Para estos casos anómalos se graficaron las siguientes relaciones en diferentes diagramas de variación: Zr/Y vs Zr, Zr/Nb vs Zr, Rb/Ba vs Rb/Sr vs Rb, Ba vs Sr, Ba vs Rb, ver figura 3.5.3 c)

La relaciones entre Zr/Y vs Zr y Zr/Nb vs Zr, mostraron un aumento en la relación Zr/Y y Zr/Nb, para las rocas de la zona 2, se distinguen dos trends dispersos, ver figura 3.5.3 a), y f).

Las relaciones de Rb/Sr vs Rb y Rb/Ba vs Rb, mostraron correlaciones positivas, solo en las rocas M9-Rm-E2 y M13-Rm-E1, correspondientes a la roca matriz de las dos estructuras mineralizadas ubicadas en la zona 1; en estas se observaron dos trends dispersos, ver figura 3.5.3 c) y e). Las relaciones Ba vs Rb y Ba vs Sr, muestran trends dispersos, en todos los casos, ver figura 3.5.3 b) y d).

Los valores anómalos correspondientes a Nb, U y Th, muestran variaciones significativas indicativas de posibles procesos de contaminación cortical a magmas (Concha and Macía, 1995) ver tabla 3.5.4

Tabla 3.5.4.- Relaciones de Nb/U y Nb/Th. Elaborado por: R. Alcívar. 2018

	Basaltos de la Zona 1 y 3				Dacitas de la Zona 2	
	M3-Rm-E2	M9-Rm-E1	M13-Rm4	M21-Rm5	M19-Rm5	M20-Rm6
Nb/U	15,33	9,50	38,00	7,50	4,67	36,67
Nb/Th	15,33	19,00	12,67	2,50	2,33	16,50

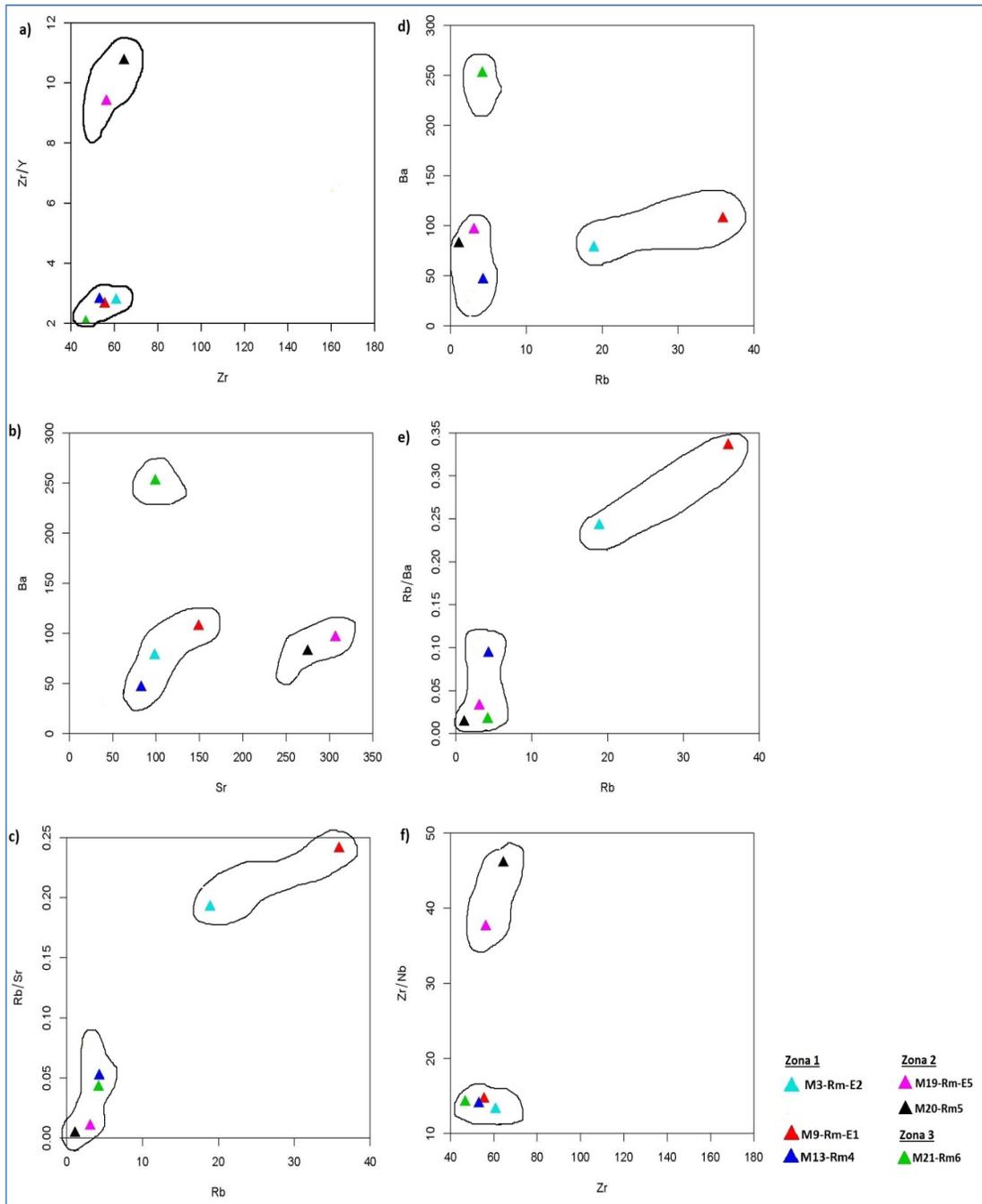


Figura 3.5.3- a) Relación Zr/Y vs Zr, b) Relación Ba/Sr, c) Relación Rb/Sr vs Rb, d) Relación Ba vs Rb, e) Rb/Ba vs Rb, Zr/Nb vs Zr. Elaborado por: R. Alcívar. 2018

3.6 Asociación mineralógica según norma CIPW

La clasificación CIPW, mediante el uso de la hoja excel libre (https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iFXIVT_3eUqJ:https://minerva.union.edu/hollochkc_petrology/other_files/norm4.xls+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec); (anexo 3), se calculó hipotéticamente en base a resultados de óxidos mayores la siguiente asociación mineral en % de peso, ver tabla 3.6.1

Tabla 3.6.1.- Asociación mineralógica hipotética según normativa CIPW, de las Zonas 1, 2 y 3.

Elaborado por: R. Alcívar. 2018

SECTOR	MUESTRAS	ASOCIACION MINERAL HIPOTETICA
ZONA 1 y ZONA 3	M3-Rm-E2:	Albita (22 %) – Anortita (21 %) – Orthoclasa (6 %) – Piroxeno (39 %) – Ilmenita (2.68 %) – Magnetita (2.42%)
	*M4-Dq:	Albita (24 %) – Anortita (28 %) – Orthoclasa (1 %) – Piroxeno (34 %) – Olivino (4 %)
	M9-Rm-E1	Cuarzo (0.09 %) - Albita (15 %) – Anortita (26 %) – Orthoclasa (8 %) – Piroxeno (44 %) – Ilmenita (2.2 %) – Magnetita (2.3%) – Apatito (0.19 %) – Zircon (0.01%)
	M13-Rm4	Albita (30.6 %) – Anortita (19.6 %) – Orthoclasa (1.7 %) – Diopsido (19 %) – Hiperstena (17.5 %) – Olivino (6 %) – Ilmenita (2 %) – Magnetita (2%) – Apatite (0.1 %)
	M21-Rm-E5	Cuarzo (0.78 %) – Albita (17.1 %) – Anortita (29.1 %) – Orthoclasa (0.8 %) – Diopsido (21.3 %) – Hiperstena (26.2 %) – Ilmenita (2 %) – Magnetita (2.2 %) – Apatite (0.1 %)
ZONA 2	M19-Rm-E5	Cuarzo (23 %) – Albita (31.7 %) – Anortita (21 %) – Orthoclasa (1.4 %) – Diopsido (1.8 %) – Hiperstena (17.9 %) – Ilmenita (0.5%) – Magnetita (1.1%) – Apatite (0.1 %)
	M20-Rm-E5	Cuarzo (28 %) – Albita (33 %) – Anortita (20 %) – Orthoclasa (0.7 %) – Diopsido (3.3 %) – Hiperstena (12.2 %) – Ilmenita (0.4 %) – Magnetita (1.1%) – Apatite (0.1 %)

Mediante la clasificación normativa CIPW, se obtuvieron índices hipotéticos, relacionados con la viscosidad del magma, estimación de la temperatura del magma e índice de diferenciación. Se observó un rango de índice de diferenciación entre 48.0 y 54.2 %, para las rocas de las zonas 1 y 3; para las rocas de la zona 2, se calcularon variaciones de diferenciación entre 78.3 y 83.3 %.

La temperatura estimada del magma, presenta rangos entre 1173 y 1203 °C, para rocas de las zonas 1 y 3. Para la zona 2, mostraron variaciones entre 866 y 914 °C. La viscosidad del magma para la zona 1 y 3 varía entre 0.21 y 0.24 Pa.s. Para las rocas de la zona 2 varía entre 0.54 y 0.76 Pa.s, ver la tabla 3.6.2

Tabla 3.6.2.- Índices termodinámicos hipotéticos, según normativa CIPW, de las Zonas 1, 2 y 3.
Elaborado por: R. Alcívar. 2018

Índices Termodinámicos hipotéticos, según norma CIPW				
Sectores y Muestras		Índice de Diferenciación %	Viscosidad Pa.s	Temperatura Estimada de Magma en °C
Zona 1 y 3	M3-Rm-E2	50.3	0.23	1188
	*M4-Dq:	54.2	0.21	1203
	M9-Rm-E1	50.3	0.23	1188
	M13-Rm4	52.0	0.24	1173
	M21-Rm-E5	48.0	0.23	1194
Zona 2	M19-Rm-E5	78.3	0.54	914
	M20-Rm-E5	83	0.76	866

3.7 Diagramas de discriminación tectónica.

Para interpretar el ambiente tectónico de los alforamientos de la zona sur del “Cerro La Germania” se usaron diagramas de discriminación tectónica, los cuales sugieren un ambiente tectónico de formación, mediante relaciones de óxidos mayores y elementos trazas como indicadores petrogenéticos. La geoquímica de elementos trazas, corresponde a una metodología usada por diferentes autores en diversas publicaciones, tanto para rocas frescas como para rocas mineralizadas de acuerdo a (Ossa-meza and Concha-perdomo, 2007), (Lafliche et al., 1992) (Dávila-alcocer et al., 2013), (Pinilla Ocampo, 2013), (Piña, 2006), (Carreño, 2016); sin embargo, para aquellas rocas que se encuentran en las cercanías de las estructuras mineralizadas identificadas, los resultados pudieran influir en la interpretación.

Los diagramas triangulares de Th-Hf-Ta-Zr-Nb, de Wood (1980), mostraron los siguientes resultados: las rocas de las zonas 1 y 3, se proyectaron entre los campos E-MORB y N-MORB (basaltos de dorsales medio-oceánicas, normales y enriquecidos). Mientras que las dacitas de la zona 2 se proyectaron entre los campos IAT (arco de isla transicional) y CAB (margen continental activo), zonas geodinámicamente asociadas a regiones de subducción, las mismas que no guardan correspondencia con el ambiente sugerido a la Formación Piñón, en el caso de las rocas de la zona 2, ver figura 3.7.1 a)

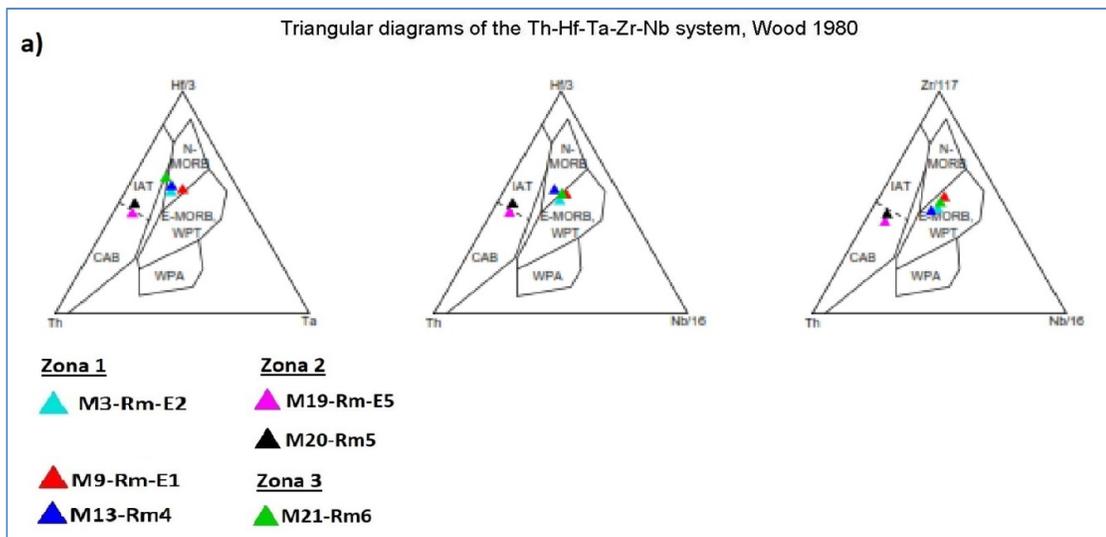


Figura 3.7.1.- a) Diagrama de discriminación tectónica de (Wood 1980). Elaborado por: R. Alcívar. 2018

Sin embargo, en los diagramas de discriminación tectónica de óxidos de titanio y elementos traza, las relaciones entre Nb/Yb y TiO_2 / Yb de (Pearce 2008); en todas las rocas de las zonas 1, 2 y 3 respectivamente, se proyectaron en ambientes entre tipo N-MORB y N-MORB, correspondiente al ambiente tipo para la Formación Piñón, ver figura 3.7.2. a).

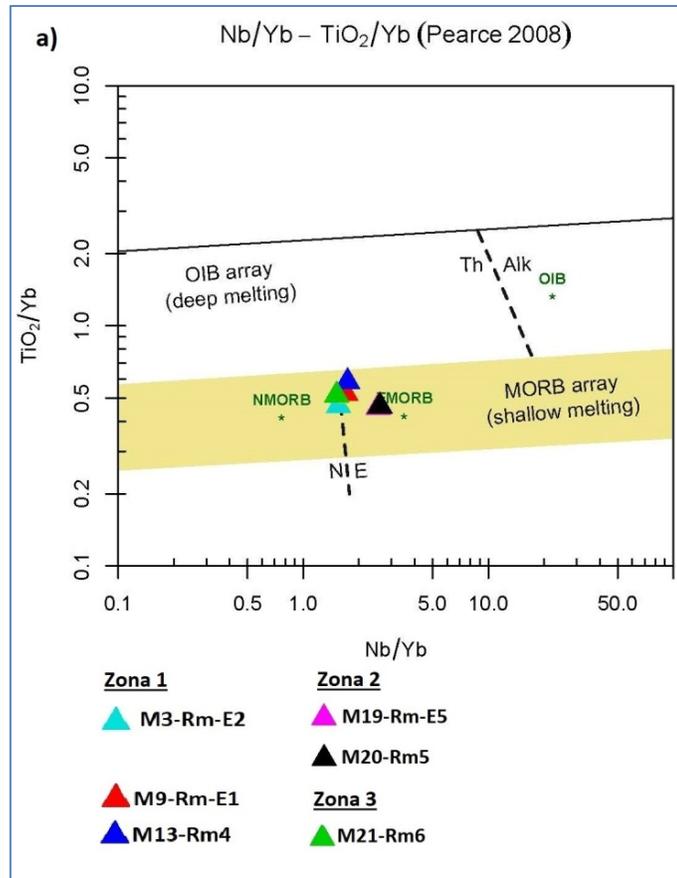


Figura 3.7.2.- a) Diagrama de discriminación tectónica $Nb/Yb - TiO_2 / Yb$ de (Pearce 2008).

Elaborado por: R. Alcívar. 2018

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Características petrológicas de los afloramientos

La exploración de los afloramientos en la zona sur del Cerro La Germania permitió definir tres zonas de roca aflorante, tales como: Cortes artificiales generados por actividades antrópicas, permitieron muestrear 21 especímenes de roca, logrando obtener resultados aceptables en corte de láminas delgadas y en geoquímica. Se identificaron tres estructuras principales mineralizadas E1, E2 y E5, de rumbos entre el rango N 50°O y N75°O, los buzamientos están entre 60° y 75° al suroeste y noroeste; y los espesores de hasta 0.50 m. Esto permite deducir que en profundidad podrían conectarse. La paragénesis que presentaron las estructuras mineralizadas correspondió a: calcopirita, pirita, marcasita bornita, malaquita y magnetita.

El macizo rocoso en general, presentó condiciones texturales que permitieron diferenciar varios tipos de roca. Las rocas de zona 2 presentaron un aspecto masivo con fracturamiento evidenciado por las presencias de diaclasas. Las rocas de las zonas 1 y 3. La presencia de vetillas de calcita, vetillas de cuarzo, y diseminados de sulfuros tanto en la zona 1 y 2, es indicativo de la alta actividad hidrotermal.

Microscópicamente todas las muestras mostraron texturas porfirítica, intergranular, holocristalinas. La relación correspondió entre 45-75% de fenocristales y 25-45% de masa fundamental. Las alteraciones minerales presentaron entre 5 y 10%, principalmente de cloritización y seritización correspondiendo a una asociación de alteración propilítica (Townley, 2001), sugiriendo definir las como productos de procesos hidrotermales de bajas temperaturas. .

Los fenocristales están constituidos por 10 y 40% de plagioclasa (sanidinas y anortitas), 20 y 10% de anfíbol (hornblenda) y piroxeno 3 – 5%.

La masa fundamental es de tipo microlítica solo para M9-Rm-E1. Las otras muestras ensayadas (M13-Rm4-, M19-Rm5- y M21-Rm5) tienen fragmentos líticos en la masa fundamental.

En términos texturales, modales, según el gráfico Strekeisen (1978), las rocas podrían considerarse como: M9-Rm-E1 un basalto porfirítico horbléndico, M13-Rm4 un basalto porfirítico cloritizado, M19-Rm5 una dacita porfirítica, hornblendica y M21-Rm6 como un basalto porfirítico.

La presencia de fracturas, la corrosión en los bordes, las estructuras de enbahiamiento, la indentación y zonación de los fenocristales de plagioclasas y hornblendas, es típico de rocas que han sufrido cambios bruscos de enfriamientos debido a variación en la profundidad litosférica (MacKenzie et al., 1996). La inclusión e intercrecimiento de minerales opacos en varios minerales corresponderían a la presencia de pulsos post magmáticos.

4.2 Afinidad Geoquímica

Los resultados de la geoquímica permitieron junto con la descripción petrológica definir el tipo de roca y la afinidad de las rocas con magmas tipos. La geoquímica presentó valores de LOI (Perdida por Ignición) entre 7.14 – 0,5 %, siendo el valor más alto de 7.14%, para la muestra M4-Dq, por esta razón se la descartó en el procesamiento geoquímico de las rocas. Para la interpretación de resultados se usó aquellas con LOI menores a 3%, este valor permite tener una idea del grado de meteorización de la roca, valores mayores a 3% no es recomendable su uso para interpretaciones geoquímicas (Dávila-Alcocer et al., 2013)

Mediante el empleo de los diagramas de clasificación TAS, según (Bas, 1986) se clasificaron dos grupos de roca con composiciones diferentes; los basaltos porfiríticos de la zonas 1 y 3, corresponden a basaltos enriquecidos en hierro-magnesio y basaltos subalcalinos, respectivamente. En contraste tenemos a las rocas de la zona 2 con una composición ácida tipo dacítica.

Los resultados de la geoquímica ploteados en los diagramas Harker, permitieron definir correlaciones entre SiO₂ vs óxidos mayoritarios. Para los basaltos de la zona 1 y 3, los diagramas presentaron correlaciones positivas, en óxidos de Fe, Mg, Ti, P, Ca y Na. Para las dacitas de la zona 2 fueron negativas, con excepción de los óxido de P, y Na; sin embargo, para los valores de óxido de Al, el diagrama presentó una dispersión progresiva en sus concentraciones. Las anomalías permitieron definir dispersiones, las cuales podrían corresponder a que el magma parental para ambas zonas 1 y 2, pudieron haberse originado en un sistema comagmático, que posteriormente podría haberse contaminado con rocas corticales ó por una posterior intrusión, ya que en la zona oeste del área de estudio se encuentra en cercanía de un cuerpo intrusivo.

La diferencia más notable en cuanto a la concentración de óxidos de SiO₂ se obtuvo en las dacitas de la zona 2 con valores altos entre 66 y 70 %; pudiendo tratarse de una fase del magma que presentó mayor diferenciación respecto al de los basaltos; sin embargo, según lo expuesto en el párrafo anterior este criterio no puede considerarse concluyente, ya que la presencia de un cuerpo intrusivo cercana a la zona de las dacitas, pudo haber originado un cambio en la composición química original de la roca.

Las series magmáticas determinadas, mediante el ploteo en el diagrama de tierras raras de (Hastie et al. 2017) permitió definir para los basaltos y las dacitas, una serie magmática tipo toleítica, típico de dorsales medias oceánicas, esta propuesta será discutida en el siguiente sub-capítulo.

4.3 Ambiente de formación

De acuerdo al contexto geológico regional y la revisión bibliográfica focalizada a estudios relacionados al ambiente de formación para rocas circundantes a la zona de estudio, se identificó que algunos autores tales como: Goosens 1973 y 1977, Feininger y Bristow 1980, Benítez 1995, Luzieux 2006 y 2007, en diversas publicaciones, propusieron en términos generales que la Formación Piñón, correspondía a Basaltos, Lavas y Wherlitas, provenientes de un segmento de piso con afinidad toleítica tipo N-MORB (basaltos de dorsal media oceánica normal),

Reynaud et al., (1999) mostró mediante características geoquímicas que algunas rocas de la Formación Piñón provenían de pluma de mantos eruptivos, ver figura 4.3.1.

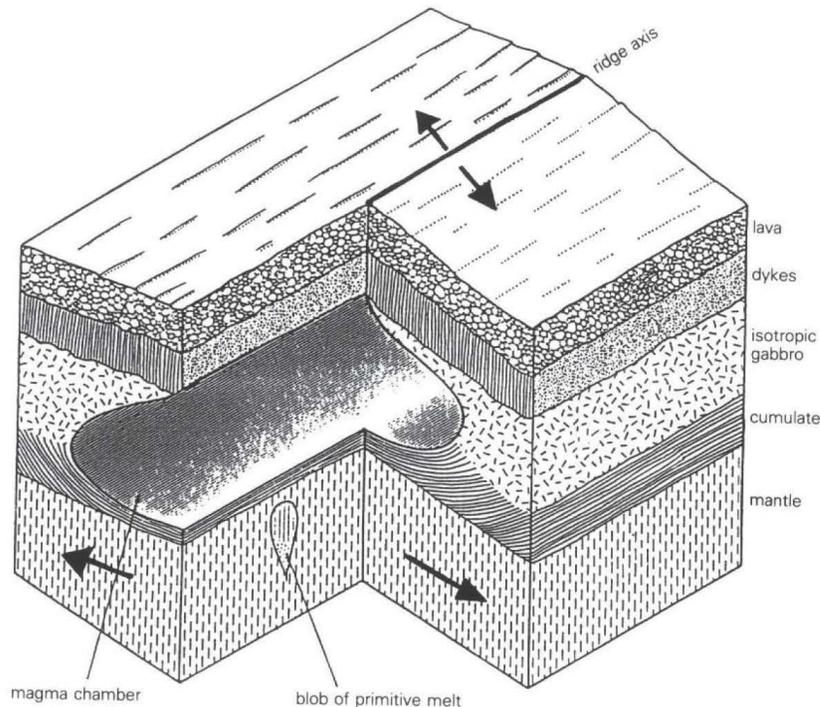


Figura 4.3.1.- Modelo de ambiente tipo de MORB, del área circundante a la zona estudio. tomado de (Wilson, 2007)

Los diagramas multielementales de elementos traza que se usaron en el estudio fueron normalizados en diagrama para elementos LILE y HFSE (Ba, Cs, Nb, K, Sr) para manto primitivo; N-MORB, E-MORB y condrita, propuesto por Pearce 1996, Boynton 1984 y McDonough and Sun (1995), obteniéndose en los diagrama de manto primitivos generalmente empobrecimiento de elementos traza para todas las muestras analizadas descartando la posibilidad de que el magma parental corresponda a zonas de manto profundo, Los diagramas normalizados E-MORB y N-MORB para todas las muestras indicaron valores anómalos positivos para tierras raras pesadas y elementos HFSE.

Se obtuvieron concentraciones homogéneas de elementos traza livianos (LREE) para los basaltos de la zona 1 y 3, mientras que para las dacitas de la zona 2 la tendencia se mostró negativa especialmente en Y, Ti, Yb, Th. Esto permitiría deducir que el magma parental de los basaltos no ha sufrido un cambio en la mineralización mientras que la porción de magma que originó las dacitas si tuvo una diferenciación ó fraccionamiento en el desarrollo de los minerales (Concha and Macía, 1995). Los valores anómalos positivos en K y Ba, solo fueron reportados en las muestras M13-Rm4 y M19-Rm5, lo que permite sugerir que estos valores se presentaron anómalos por ubicarse cercano a estructuras mineralizadas E1 y E3, donde se evidenció actividad hidrotermal.

Las bajas relaciones entre Nb/U y Nb/Th, como tanto en los basaltos de las zonas 1, 3 y las dacitas de la zona 2, reflejaron valores inferiores a 40 ppm; así como también las altas relaciones entre Zr/Y y Zr/Nb, permitieron sugerir que el magma que originó las rocas en el área de estudio, podrían asociarse petrogenéticamente a un magma parental toleítico, el cual posteriormente pudo ser afectado por la mezcla ó contaminación de otro sistema magmático, originado en la parte superficial de una secuencia E-MORB (Hofmann et al., 1986; Lafleche et al., 1992; Concha and Macía, 1995), (Pearce and Norry, 1979).

De acuerdo a las proyecciones realizadas en los diagramas de discriminación de ambiente tectónico de Wood (1980), los basaltos se proyectaron en un ambiente tectónico tipo MORB, (basaltos de dorsales medias oceánicas), y las dacitas un ambientes de isla de arco transicionales (IAT); sin embargo en contraste con esta sugerencia, tenemos que las proyecciones realizadas en el diagrama de Pearce (2008) nos permite sugerir tanto para basaltos y dacitas, que la fuente magmática corresponden a un mismo ambiente tipo MORB, lo cual representa una analogía con el ambiente de típico de la Formación Piñón. El quimismo ácido en las dacitas, permitiría sugerir que fue producto de un pulso magmático posterior, el cual modifico la composición original de la roca.

Los índices termodinámicos hipotéticos calculados según la norma CIPW, sugirieron temperaturas de ambiente para los basaltos de hasta 1200° y viscosidad de magma de hasta 0.24 Pa.s. Para las dacitas mostraron temperaturas entre 866° y 914°, viscosidad de magma de 0.54 y 0.76 Pa.s;

permitiendo sugerir que las dacitas correspondieron a un sistema magmático con menor movilidad, y una sistema magmático más móvil para los basaltos.

El planteamiento de que el magma parental corresponde a una zona de dorsal oceánica superior tipo E-MORB, se puede basar en el siguiente criterio: las zonas de grieta axiales en las dorsales medias oceánicas corresponden grandes volúmenes de basaltos toleíticos en forma de enjambres de fisuras, estos enjambres tienden a asociarse con complejos volcánicos donde la actividad volcánica es más alta, que las cámaras inferiores, permitiendo el fraccionamiento de basaltos parentales para producir diferencias silícicas significativas (Wilson, 2007).

De acuerdo a (Toselli, 2013), el E-MORB, podría interpretarse como ambientes superiores de pluma de mantos, para los afloramientos estudiados.

Este estudio tuvo como objetivo principal identificar la procedencia petrogenética de los afloramientos de la zona sur del Cerro La Germania, sin embargo durante el desarrollo del tema, los resultados demostraron la presencia de pulsos magmáticos posteriores al emplazamiento de la Formación Piñón, las conclusiones de este estudio corresponden a sugerencias y no a conclusiones categóricas.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

1.- Los afloramientos estudiados presentaron texturas afaníticas macroscópicamente en los basaltos e hipocristalina en las dacitas; microscópicamente porfiríticas, intergranulares, alotriomorfas e idiomórficas con fenocristales principalmente de plagioclasa, anfíboles y piroxenos, presentaron fracturación, enbahiamientos, indentaciones y corrosión especialmente en los bordes de fenocristales de plagioclasas en los bordes minerales opacos. La masa fundamental correspondió a estructuras microlíticas a líticas. Se definieron basaltos porfiríticos cloritizados para las zonas 1 y 3. En la zona 2 se determinó andesita porfirítica hornblendica. Las texturas observadas evidenciaron diferente ritmo de enfriamiento del magma.

2.- Los basaltos toleíticos con valores de sílice promedio de 53%, con enriquecimiento en Fe y Mg, y las dacitas con valores de sílice del 68%, fueron sugeridos a la serie magmática toleítica.

3.- Los Índices de diferenciación magmática entre 50% y 80%; las relaciones entre Nb, Th, Y, Zr, Ti, y U; sugieren para los basaltos y dacitas, que el magma parental podría estar relacionado petrogenéticamente a un ambiente tipo E-MORB, enriquecido, producto de una contaminación cortical por la interacción de una pluma de manto.

4.- Los indicios de estructuras mineralizadas ricas en sulfuros de hierro y cobre; evidenciados por la actividad hidrotermal de baja temperatura, podrían considerarse como los primeros registros de indicios minerales metálicos identificados en la Formación Piñón, ubicados en el flanco sureste de la cordillera Chongón Colonche, al norte de la Ciudad de Guayaquil.

5.- Las altas concentraciones de Vanadio en todas las muestras, abre la posibilidad de estudiar más a detalle dicho elemento, considerado a nivel mundial como un recurso de tipo estratégico.

5.1 Recomendaciones

1.- Con la finalidad de obtener una mejor comprensión del área de estudio, se recomienda realizar estudios relacionados de la evolución magmática, modelación tectónica y ambiente geodinámico a escala adecuada, con el propósito de lograr una mejor interpretación geológica del área de estudio.

5.2 Referencias

- Bas, L., 1986**, A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram: *Journal of Petrology* 27, p. 745–750.
- Benítez, S., 1995**, Évolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur - Tertiaire.: *Géology Alpine*, v. 71, p. 3–163, doi: 1995\r95 gre1 0071.
- Boynton, W.V., 1984**, Geochemistry of rare earth elements: Meteorite studies. In: Henderson, P. (ed), *Rare Earth Elements Geochemistry*, Elsevier Pub. Co., Amsterdam, 63-114.
- Bristow, C.R. 1976**, The age of the Cayo Formation, Ecuador. *Newsletters on Stratigraphy*, 4(3): 169-173.
- Carreño, J., 2016**, Petrogénesis de Xenolitos en un ambiente de Hot-Spot: Universidad De Chile, Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas, 1-105 p.
- Concha, A.E., and Macía, C., 1995**, Análisis Petrogenético de las Rocas Volcánicas de la Isla de Providencia en el Caribe colombiano: *Geología Colombiana*,.
- Dávila-Alcocer, V.M., Centeno-García, E., and Meriggi, L., 2013**, Caracterización y ambiente tectónico de las rocas máficas del complejo el chilar: Evidencias de un prisma de acreción pre-jurásico tardío en el centro de México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 65, p. 83–98, doi: 10.1371/journal.pone.0011683>8.
- Faucher, B. and Savoyat, E., 1973**, Esquisse géologique des Andes de l'Equateur, Numero special sur les Andes. *Revue de Geographie Physique et de Geologie Dynamique*. Masson, Paris, France, pp. 115-142.
- Feininger, T., and Bristow, C.R., 1980**, Cretaceous and Paleogene geologic history of coastal Ecuador: *Geologische Rundschau*, v. 69, p. 849–874, doi: 10.1007/BF02104650.

- Gamber, J.H., Barker, G.W., Stein, J.A., Carney, J.L., Geen, A.F., Krebs, A.F., Salomon, R.A., White, R.J., 1990**, Biostratigraphic report on Coastal Ecuador, Amoco, Guayaquil, Ecuador, 65 pp. Unpublished report.
- Goossens, P.J., 1973**, Chemical Composition and Age Determination of Tholeiitic Rocks in the Basic Igneous Complex, Ecuador: Geological Society of America Bulletin, v. 84, p. 1043–1052.
- Goossens et al., 1977**, Geochemistry of tholeiites of the Basic Igneous Complex of northwestern South America: Geological Society of America Bulletin, v. 88, p. 1711–1720.
- Hall, M.L., and Calle, J., 1982**, Geochronological Control for the Main Tectonic-MagmaUc Events of Ecuador: v. 18, p. 215–239.
- Hastie, A. R., Kerr, A.C., Pearce, J. A. & Mitchell, S. F., 2007**, Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th Co discrimination diagram. *Journal of Petrology* 48, 2341- 2357.
- Hernández-Bernal, et Al., 1997**, Geoquímica de elementos traza y su relación con la petrogénesis de rocas ígneas: modelos cuantitativos de procesos magmáticos. Parte I: Geos, Unión Geofísica Mexicana, v. 17, p. 14–22.
- Hofmann, A.W., Jochum, K.P., Seufert, M., and White, W.M., 1986**, Nb and Pb in oceanic basalts: new constraints on mantle evolution: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 79, p. 33–45.
- Irvine, T. N & Baragar, W. R.A., 1971**, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8, 523-548
- Jaillard, E., Ordoñez, M., Benítez, S., Berrones, G., Jiménez, N., Montenegro, G., Zambrano, I., 1995**, Basin development in an accretionary, oceanic-floored fore-arc setting; southern coastal Ecuador during Late Cretaceous-late Eocene time. In: J. Tankard Anthony, S. Soruco Ramiro and J. Welsink Herman (Editors), *Petroleum basins of South America*. AAPG Memoir. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, OK, United States. 615-631pp.

- Jensen, L. S., 1976,** A New Cation Plot Classifying Subalkalic Volcanic Rocks. Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 66.
- Juteau, T., Megard, F., Raharison, y L. Whitechurch, H., 1977,** Les assemblages ophiolitiques de l'occident équatorien; nature pétrographique et position structurale. Bulletin de la Société Géologique de France, 19(5): 1127-1132
- Kerr, A.C., Aspden, J.A., Tamey, J. and Pilatasig, L. F., 2002,** The nature and provenance of accreted oceanic terranes in western Ecuador; geochemical and tectonic constraints. Journal of the Geological Society of London, 159 Part 5: 577-594.
- Lafèche, M.R., Dupuy, C., and Dostal, J., 1992,** Tholeiitic volcanic rocks of the late Archean Blake River Group, southern Abitibi greenstone belt: origin and geodynamic implications: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 29, p. 1448–1458, doi: 10.1139/e92-116.
- Lebras, M., Mégard, F., Dupuy, C. and Dostal, J., 1987,** Geoquímica y ajuste tectónico de las rocas volcánicas del Cretácico y del Paleógeno. Geological Society of America Bulletin, 99: 569 - 578
- Lebrat, M., 1985,** Caractérisation géochimique du volcanisme anté-orogénique de l'occident équatorien; implications géodynamiques. Documents et Travaux - Centre Géologique et Géophysique de Montpellier, 6. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Centre Géologique et Géophysique, Montpellier, France, 132 pp
- Luzieux, L.D.A., Heller, F., Spikings, R., Vallejo, C.F., and Winkler, W., 2006,** Origin and Cretaceous tectonic history of the coastal Ecuadorian forearc between 1°N and 3°S: Paleomagnetic, radiometric and fossil evidence: Earth and Planetary Science Letters, v. 249, p. 400–414, doi: 10.1016/j.epsl.2006.07.008.
- Luzieux, 2007,** Origin and late Cretaceous-Tertiary evolution of the Ecuadorian forearc: Géologie, v. Doctor of, p. 196, doi: 10.3929/ethz-a-005348206.

- MacKenzie, W.S., Donaldson, C.H., and Guilford, C., 1996**, Atlas De Rocas Y Sus Texturas: España, MASSON, S.A. Barcelona - España, 154 p.
- McDonough, W.F, and Sun, S.S., 1995**. The composition of the Earth, Chemical Geology, 120, 228p. WideWeb address: <http://www.jgeosci.org/detail/jgeosci.020/refs>
- Marks, J.G., 1956**, Pacific coast geologic province of Ecuador. In: W.F. Jenks (Editor), Handbook of South American geology; an explanation of the geologic map of South America. Geol. Soc. Am., Mem., pp. 277-288.
- Mora, E., 2014**, Análisis Textural y Petrográfico del Intrusivo Granítico de la Joya, Sector La Aurora - Parroquia Pascuales, Cantón Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 101 p.
- Moreira, A., 2017**, Caracterización Petrográfica y Calcográfica Del Afloramiento Ígneo, Asignado Al Jurásico, Ubicado En La Perimetral Del Cantón Nobol, Ecuador: Universidad de Guayaquil, 120 p. <http://repositorio.uq.edu.ec/handle/redug/153>.
- Olsson, A.A., 1942**, Tertiary deposits of northwestern South America and Panama. Proceedings of the 8th American Sciences Congress, 4: 231-287.
- Ossa-meza, C.A., and Concha-perdomo, A.N.A.E., 2007**, Petrogénesis de las rocas del Macizo Ofiolítico de Ginebra entre las veredas La Honda (Ginebra) y El Diamante: p. 97–110.
- Pearce, J.A., and Norry, J., 1979**, Petrogenetic implication of Ti, Y, Zr and Nb variations on volcanic rocks: Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 69, p. 69: 33-47.
- Pearce, J. A., 1996**, A user's guide to basalt discrimination diagrams. In: Wyman, D. A (ed.) Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration. Geological Association of Canada, Short Course Notes 12, 79-113.

- Pearce, J.A., 2008**, Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* 100, 14-48
- Pichler, H. and Aly, S., 1983**, Neue K-Ar-Alter plutonischer Gesteine in Ecuador. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 134(2): 495-506.
- Piña, R., 2006**, Geoquímica de elementos mayores y traza de las rocas ígneas asociadas a la mineralización de Ni-Cu-EGP de Aguablanca (Badajoz): *Macla*, v. 6, p. 363–365.
- Pinilla Ocampo, A., 2013**, Modelo del ambiente tectónico a partir de estudios petrográficos y geoquímicos de la riodacita de Ipapure - Cerro La Teta: 157 p., <http://www.bdigital.unal.edu.co/10653/>.
- Raharjohana, L., 1980**, *Pétrographie des roches volcaniques et antéorogéniques des Andes équatoriennes; contribution à l'étude de leurs paragenèses métamorphiques.*, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 166 pp.
- Reynaud, C, Jaillard, E., Lapiere, H., Mamberti, M. and Mascle, G.H., 1999**, Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: their place in the geodynamic evolution of northwestern South America: *International Journal Of Geotectonics And The Geology And Physics Of The Interior Of The Earth*, v. 307, p. 235–254.
- Romero, J., 1990**, Estudio estratigráfico detallado de los acantilados de Machalilla, Provincia de Manabí, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 259 pp
- Sauer, W., 1965**, *Geología del Ecuador*, Quito - Ecuador, Editorial del Ministerio de Educación.
- Streckeisen, A., 1978**, IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks: Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks; recommendation and suggestions. *Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Abhandlungen* 134, 1-14.

- Sun, S.S. McDonough, W.F., 1989**, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, en Saunders A.D., Norry M.J. (eds.), *Magmatism in ocean basins*: London, The Geological Society, Special Publication 42, 313-345
- Thalmann, H.E., 1946**, Micropaleontology of upper Cretaceous and Paleocene in western Ecuador. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 30(3): 337-347.
- Tschopp, H.J., 1948**, Geologische Skizze von Ekuador. *Bulletin der Vereinigung Schweizerisches Petroleum - Geologen und - Ingenieur*, 15(48): 14-45.
- Toselli, A., 2013**, Elementos Básicos de petrología IGNEA: *Journal of Chemical Information and Modeling*, v. 53, p. 1689–1699, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Townley, B.K., 2001**, *Metalogénesis : Hidrotermalismo y Modelos de Yacimientos*:
- Vallejo, C., 2007**, Evolution of the Western Cordillera in the Andes of Ecuador (Late Cretaceous-Paleogene): 126 p., doi: 10.3929/ethz-a-010782581.
- Wallrabe, A.H.J., 1990**, Petrology and geotectonic development of the western Ecuadorian Andes; the Basic Igneous Complex. *Tectonophysics*, 185(1-2): 163-182.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A., 1977**, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology* 20, 325-343.
- Wilson, M., 2007**, *Igneous Petrogenesis*: Department of Earth Sciences, University of Leeds, Springer. P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, 480 p.
- Wood, D.A., 1980**, The application of a Th–Hf–Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50: 11-30.

5.3 Linkografía

HOJA DE CALCULO NORMA CIPW

- [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iFXIVT_3eUgJ:https://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/other_files/norm4.xls+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec\)](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iFXIVT_3eUgJ:https://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/other_files/norm4.xls+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec)
- Software petrológico versión libre GCDKIT 3.5.1,
(<http://www.gcdkit.org/download>),

ANEXOS

ANEXO 1

Descripción macroscópica de 21 muestras

DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616.645	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'774.406	Junio 2018	M1-Es-E2	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Estructura mineralizada E2, con espesor de hasta 10 cm, presenta sulfuros masivos de pirita, calcopirita y minerales secundarios como magnetita y bornita, se observa paralela a la estructura mineralizada una vetilla de calcita con espesor de hasta 5 mm.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616.645	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'774.406	Junio 2018	M2-Rg-E2	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de textura con matriz afanítica, la cual se observa cristales de calcita de hasta 1 mm; así como también, vetillas de calcita con espesor de hasta 4 mm, existen presencia de vetillas y diseminados de sulfuros tales como: pirita y calcopirita.



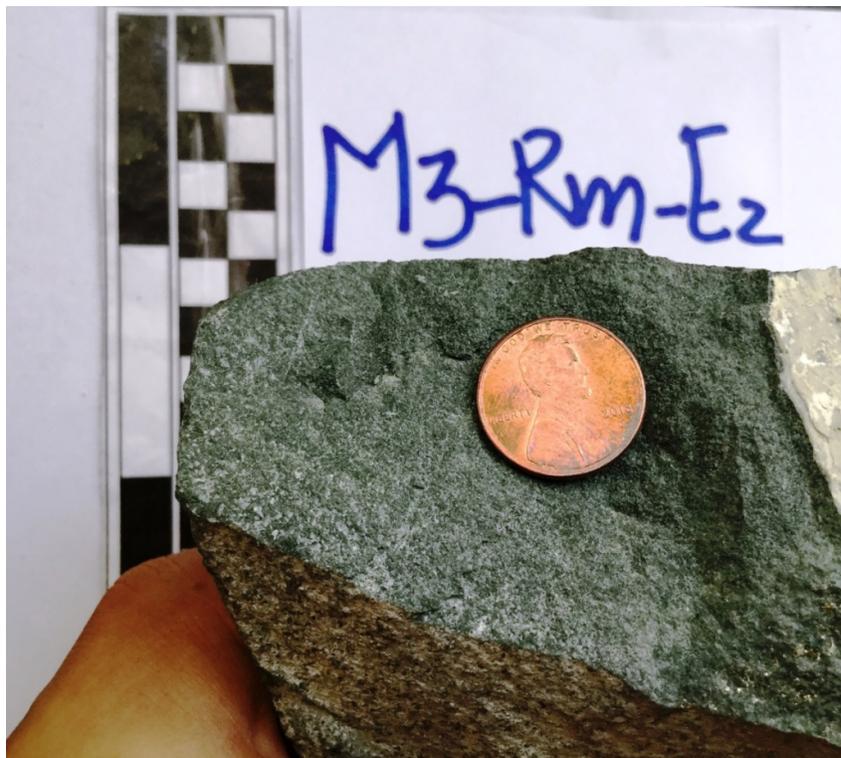
DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616.645	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'774.406	Junio 2018	M3-Rm-E2	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris de textura afanítica homométrica, con presencia asilada de diseminados de sulfuros de pirita con tamaños de hasta 1,5 mm

Definición petrográfica: Basalto porfirítico horblendico.

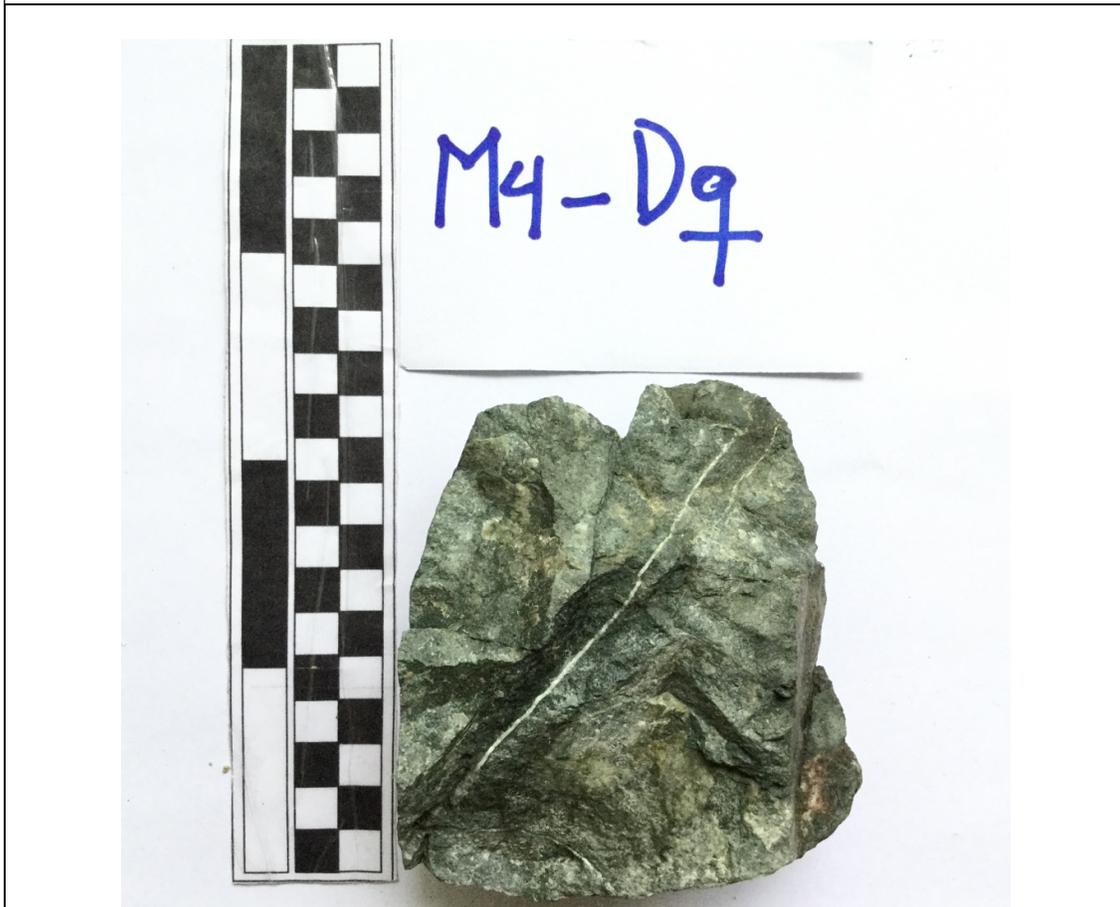


DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616.645	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'774.406	Junio 2018	M4-Dq	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris claro, con textura afanítica homométrica, con baja meteorización, se observa una vetilla de calcita de hasta 1 mm, de espesor.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616495	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9774115	Junio 2018	M5-Rm-E4	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca mineralizada con sulfuros de marcasita y pirita, se observa minerales secundarios y oquedades de lixiviados. Se observa alta oxidación.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616495	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9774115	Junio 2018	M6-Rm-E4	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris pardosa, de textura afanítica en la matriz, presenta gránulos y vetillas de sulfuros de calcopirita y pirita, junto a la pirita se observa minerales secundarios de malaquita en pequeña proporción, los cristales de sulfuros son de hasta 1.5 cm.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616434	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9774016	Junio 2018	M7-Br-E5	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Se observa una estructura en forma de brecha, compuesta por calcita con nódulos de fragmentos líticos de color negro posiblemente basalto. Esta estructura tiene un espesor de hasta 10 cm.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616434	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9774016	Junio 2018	M8-Brm-E5	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris oscura, de textura afanítica homométrica, esta roca se encuentra a 0.50 m, de la muestra M7-Br-E5



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616.473	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'774.088	Junio 2018	M9-Rm-E1	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roco de color gris verdoso, de matriz con textura afanítica. Presenta mineralización asilada en forma de diseminado, en el centro de la muestra de calcopirita, de hasta 1 mm.

Definición petrográfica: Basalto porfirítico cloritizado.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616.473	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'774.088	Junio 2018	M10-EsG-E1	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca mineralizada, con matriz afanítica de color gris oscura, se observa mineralizan en forma de vetilla y diseminados de sulfuros de pirita y calcopirita. Existen presencia minerales secundarios: malaquita, bornita y magnetita.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616.473	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'774.088	Junio 2018	M11-Es-E1	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Estructura mineralizada E1, se observa mineralización masiva de pirita, calcopirita, y minerales secundarios de bornita y malaquita. Esta estructura en el afloramiento tiene un espesor de hasta 0.40 m.

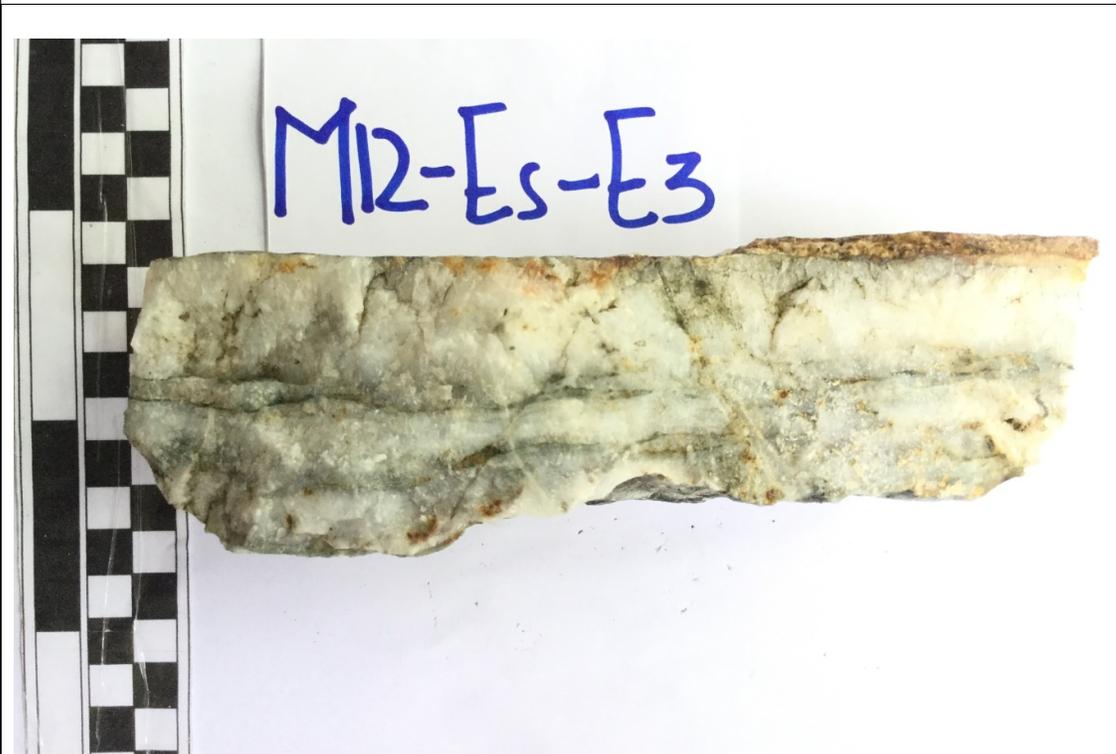


DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616431	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9773918	Junio 2018	M12-Es-E3	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Estructura mineralizada de cuarzo lechoso, presenta vetillas de óxidos y oquedades, dejadas por lixiviados. Presenta un espesor de hasta 0.10 m. Se encuentra a 10 metros al norte de la muestra M13-Rm4

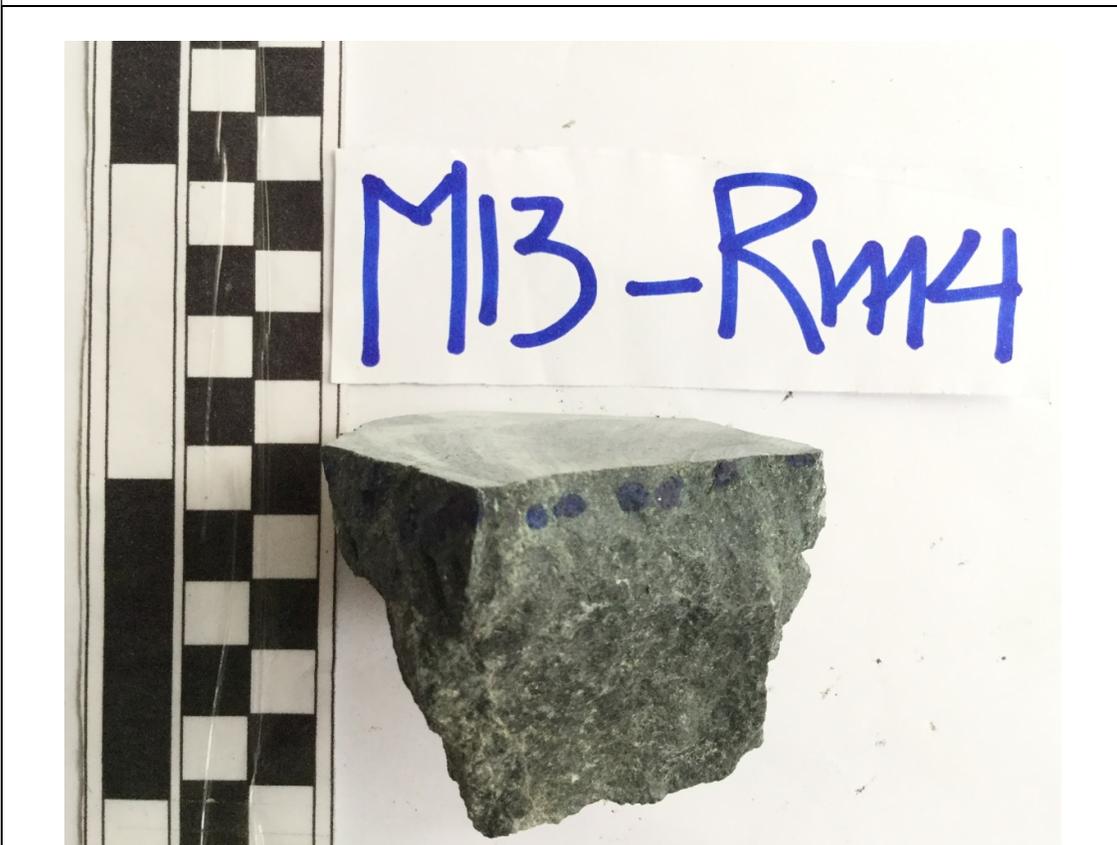


DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616.478	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'774.947	Junio 2018	M13-Rm4	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris oscuro, con textura afanítica homométrica, presenta superficialmente calcita recristalizada.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616476	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9774089	Junio 2018	M14-Rm4	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris oscuro de textura afanítica con calcita recristalizada en forma a de vetillas en ocasiones, presenta con poca presencia diseminado de sulfuro de pirita.

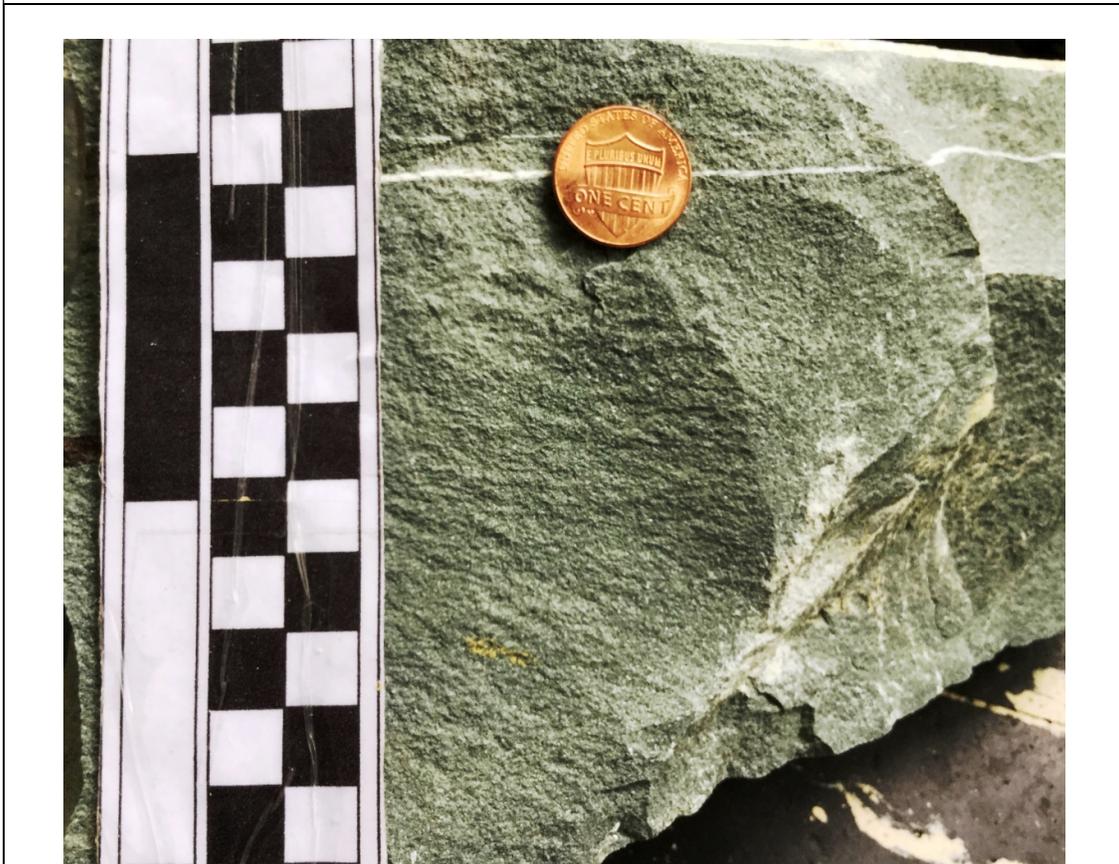


DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616440	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9774038	Junio 2018	M15-Rm2	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris claro, de textura afanítica homométrica, compacta y masiva, se observa en la parte superior una vetilla de calcita de hasta 2 mm de espesor.

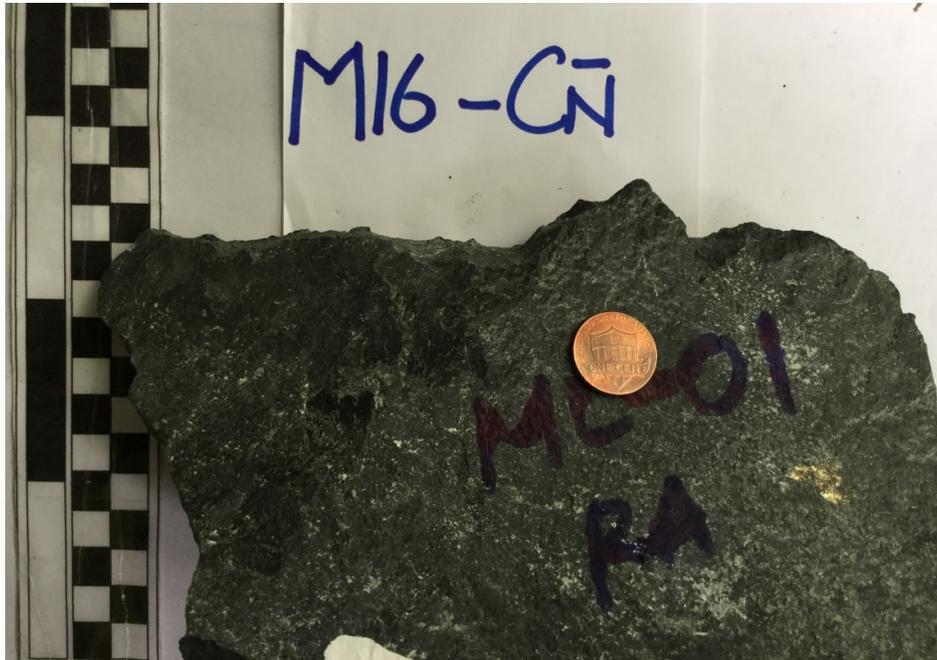


DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616492	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9774091	Junio 2018	M16-Cñ	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris oscura (negra), afanítica homométrica. Se observa en la parte central derecha sulfuro diseminado de calcopirita. De hasta 0.01 m

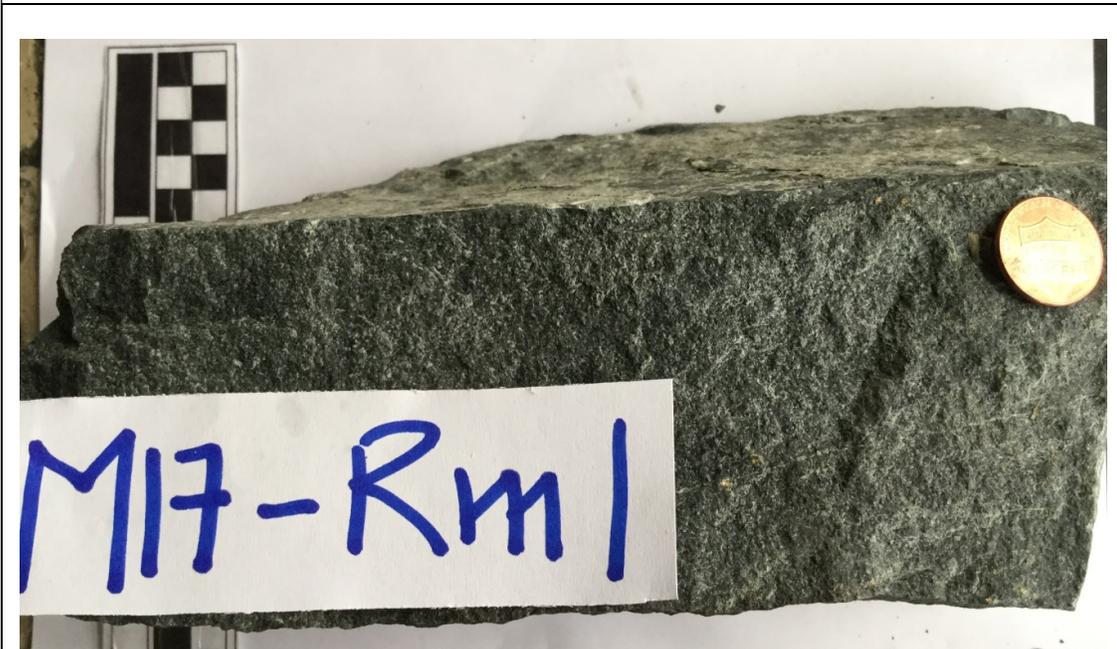


DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 616500	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9774100	Junio 2018	M17-Rm1	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris oscuro con textura afanítica heterométrica de grano fino, con presencia en la parte central diseminados y calcita recristalizada superficialmente.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 614.680	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'773.810	Junio 2018	M18-Es-E5	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca con alteración pervasiva de la roca original, se observa mineralización de cristales de marcasita y pirita, presenta óxidos de hierro en forma de vetillas. Esta estructura mineralizada posee un espesor de hasta 0.50 m



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 615.719	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'773.969	Junio 2018	M19-Rm-E5	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris, con textura hipocristalina, heterométrica de grano fino, con presencia de fenocristales de anfíboles (máficos), de hasta 3 mm.

Definición petrográfica: Dacita porfírica horblendica

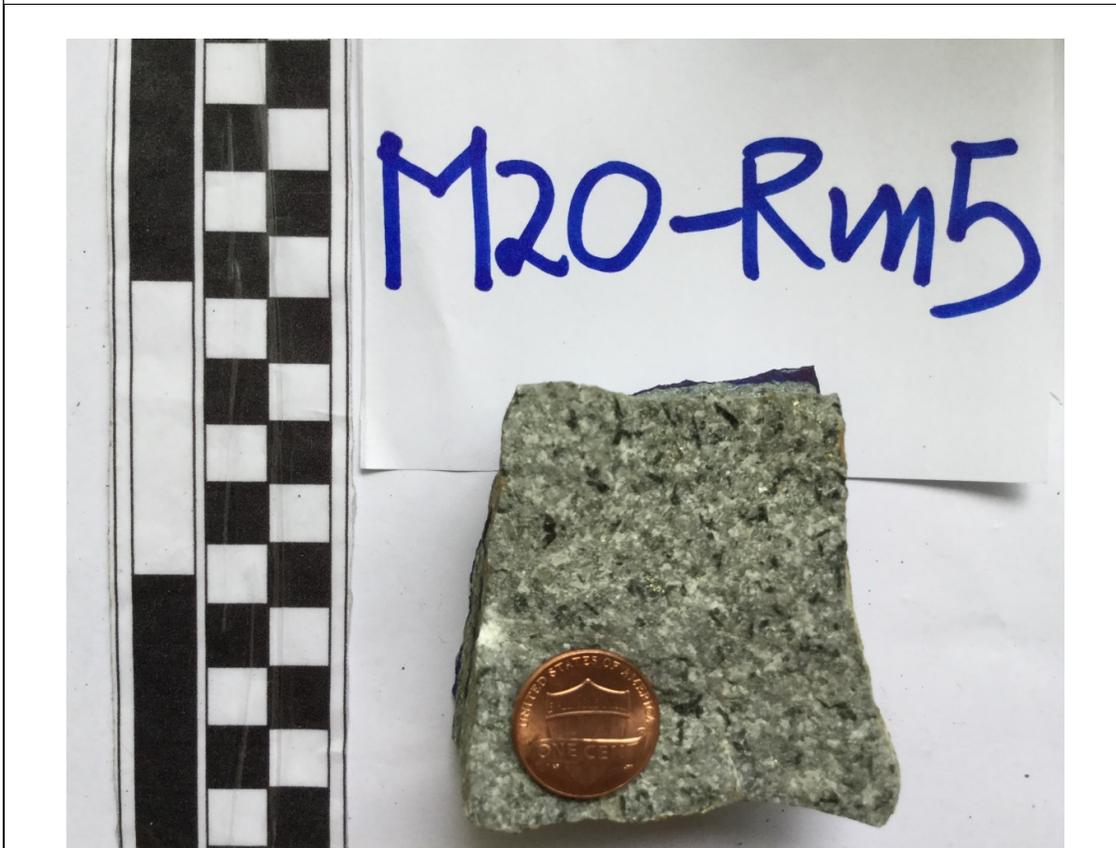


DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 614.680	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'773.810	Junio 2018	M20-Rm-E5	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris claro, de textura hipocristalina, heterométrica de grano medio, con presencia de plagioclasas y anfíbol, de hasta 3 mm, escasa presencia de cuarzo, presenta en toda la matriz diseminada de sulfuros.



DESCRIPCION MACROSCOPICA AFLORAMIENTOS. PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS

Coordenadas	E 614.294	Fecha:	Código:	Autor:	Tutor:
UTM – WGS-84	N 9'776.372	Junio 2018	M21-Rm-E5	Rafael Alcivar	PhD. Kathy López

DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

Roca de color gris claro, con textura afanítica, homométrica de grano fina, con estructura masiva y compacta, superficialmente, calcita recristalizada.

Definición petrográfica: Basalto porfirítico.



ANEXO 2

**Resultados de óxidos mayores y elementos traza, para las
muestras: M3-Rm-E2, M4-Dq, M9-Rm-E1, M13-Rm4, M19-Rm5,
M20-Rm6, M21-Rm6**



BUREAU VERITAS Peru
MINERAL LABORATORIES

www.bureauveritas.com/um

Inspectorate Services Peru S.A.C.
Av. Elmer Faucett N° 444, Prov. Const. del Callao Callao Callao 01 Peru
PHONE +51(1) 6138080

Client: **RAFAEL ANTONIO ALCIVAR AGUILERA**
CUENCA 1803 Y GARCIA MORENO
Guayaquil Guayas Ecuador

Submitted By: Rafael Antonio Alcivar Aguilar
Receiving Lab: BV - Quito, Ecuador
Received: June 13, 2018
Report Date: June 26, 2018
Page: 1 of 2

CERTIFICATE OF ANALYSIS

UJO18000123.1

CLIENT JOB INFORMATION

Project: None_Gliver
Shipment ID: WO- 628
P.O. Number: 7
Number of Samples: 7

SAMPLE DISPOSAL

STOR-PLP Store After 90 days Invoice for Storage
RTRN-RJT Return After 60 days

Bureau Veritas does not accept responsibility for samples left at the laboratory after 90 days without prior written instructions for sample storage or return.

Invoice To: **RAFAEL ANTONIO ALCIVAR AGUILERA**
CUENCA 1803 Y GARCIA MORENO
Guayaquil Guayas
Ecuador

CC: Rafael Antonio Alcivar Aguilar
Ivan Albuja

SAMPLE PREPARATION AND ANALYTICAL PROCEDURES

Procedure Code	Number of Samples	Code Description	Test Wgt (g)	Report Status	Lab
PRP90-250	7	Crush (>90%), split and pulverize 300g rock			UIO
LF306	7	Whole Rock Analysis by Fusion/ICP-LOI included	0.1	Completed	CLL
WR100	7	LIBOZ(L)2B4O7 fusion ICP-MS analysis	0.2	Completed	CLL
SHP01	7	Per sample shipping charges for branch shipments			UIO

ADDITIONAL COMMENTS



MAGALI VICHUAMAN
Supervisor de Laboratorio - Lima
01/06/2018

The results of this assay were based solely upon the content of the sample submitted. Any decision to invest should be made only after the potential investment value of the claim or deposit has been determined based on the results of multiple samples of geologic materials collected by the prospective investor or by a qualified person selected by him and based on an evaluation of all engineering data which is available concerning any proposed project. For our complete terms and conditions please see our website at page http://www.bureauveritas.com/wps/wcm/connect/bv_com/group/home/about-us/our-business/commodities/about-us/inspectorate-terms-and-conditions



BUREAU VERITAS MINERAL LABORATORIES
Peru

www.bureauveritas.com/um

Inspectorate Services Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett N° 444, Prov. Const. del Callao Callao 01 Peru
PHONE +51(1) 6138080

Client: RAFAEL ANTONIO ALCIVAR AGUILERA
CUENCA 1803 Y GARCIA MORENO
Guayaquil Guayas Ecuador

Project: None_Giver
Report Date: June 26, 2018

Page: 1 of 1 **Part:** 3 of 3

QUALITY CONTROL REPORT

UJO18000123.1

Method	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100	WR100
Analyte	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm			
MDL	0.1	0.1	0.1	0.02	0.3	0.05	0.02	0.05	0.01	0.05	0.02	0.03	0.01	0.05	0.01			
Pulp Duplicates																		
M19-Rm-E5	Rock	6.1	3.5	6.7	1.03	4.4	1.11	0.36	1.29	0.23	1.17	0.23	0.63	0.10	0.59	0.11		
REP M19-Rm-E5	QC	5.8	3.6	6.8	1.05	4.5	1.32	0.39	1.34	0.19	1.36	0.24	0.71	0.10	0.68	0.13		
M20-Rm5	Rock	5.9	2.3	4.2	0.73	3.9	0.97	0.35	1.05	0.17	1.10	0.22	0.57	0.09	0.54	0.09		
REP M20-Rm5	QC																	
Reference Materials																		
STD GIOP-43	Standard	16.7	13.6	21.6	2.77	11.2	2.08	0.75	2.24	0.33	2.65	0.51	1.76	0.24	1.70	0.27		
STD GIOP-43	Standard																	
STD GPO-01	Standard	40.2	35.4	48.7	6.90	27.7	5.76	1.16	5.61	0.81	5.68	1.22	3.73	0.48	3.26	0.50		
STD GPO-01	Standard																	
STD REE-1	Standard	5439.0	1677.8	3969.6	443.59	1447.0	367.35	24.39	427.14	104.52	845.52	209.24	706.57	105.91	680.82	92.92		
STD REE-1	Standard																	
STD WPR-1A	Standard	8.4	4.4	8.8	1.37	6.5	1.57	0.45	1.53	0.24	1.47	0.33	1.00	0.11	0.70	0.10		
STD WPR-1A	Standard																	
STD GIOP-43 Expected																		
STD GPO-01 Expected		8.39	4.04	9.69	1.362	1.617	0.497	1.76	0.269	1.624	0.322	0.886	0.126	0.79	0.121			
STD WPR-1A Expected		5480	1661	3960	435	1456	381	23.5	433	106.2	847	208	701	106	678	92.4		
STD REE-1 Expected																		
BLK	Blank	<0.1	0.1	<0.1	<0.02	<0.3	<0.05	0.03	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.03	<0.01	<0.05	<0.01		
BLK	Blank																	
Prep Wash																		
QUARTZ_UJO	Prep Blank	9.1	8.5	14.0	2.15	9.7	2.22	0.42	2.01	0.32	1.94	0.41	1.11	0.14	1.00	0.15		
QUARTZ_UJO	Prep Blank	9.4	7.7	14.5	2.10	9.0	2.36	0.33	2.03	0.31	2.10	0.38	1.14	0.15	0.94	0.13		

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

ANEXO 3

**Hojas de excel con Resultados de clasificación normativa CIPW,
en óxidos mayores, para las muestras: M3-Rm-E2, M4-Dq, M9-
Rm-E1, M13-Rm4, M19-Rm5, M20-Rm6, M21-Rm6**

Sample Number: M3-Rm-E2

Rock Analysis		Normalization Factors	Normalized Analysis	Normative Minerals	Weight % Norm	Volume % Norm
SiO2	50,34 %	Total=100%? Y/N	51,38	Quartz		
TiO2	1,38 %	Fe3+/(Total Iron)	1,41	Plagioclase	44,08	50,05
Al2O3	13,21 %		13,48	(Albite)	22,11	25,76
Fe2O3	13,61 %	Total Fe as FeO	1,67	(Anorthite)	21,97	24,30
FeO	%	Desired Fe2O3	11,00	Orthoclase	6,19	7,37
MnO	0,13 %	Desired FeO	0,13	Nepheline		
MgO	7,56 %	Weight corr. factor	7,72	Leucite		
CaO	9,25 %		9,44	Kalsilite		
Na2O	2,56 %		2,61	Corundum		
K2O	1,02 %		1,04	Diopside	20,01	18,20
P2O5	0,09 %	Zero values not shown	0,09	Hypersthene	19,72	17,15
CO2	%			Wollastonite		
SO3	%			Olivine	4,68	3,88
S	%			Larnite		
F	%	Norm calculation checks:		Aegirine		
Cl	%	Norm seems OK		K2SiO3		
Sr	98 ppm		0,01	Na2SiO3		
Ba	78 ppm		0,01	Rutile		
Ni	ppm	Not macro-enabled		Ilmenite	2,68	1,72
Cr	ppm			Magnetite	2,42	1,42
Zr	61 ppm		0,01	Hematite		
Total	99,15		100,00	Apatite	0,21	0,20
				Zircon	0,01	0,01
				Perovskite		
				Chromite		
				Titanite		
				Pyrite		
				Halite		
				Fluorite		
				Anhydrite		
				Na2SO4		
				Calcite		
				Na2CO3		
				Total	100,00	100,00
				Fe3+/(Total Fe) in rock	12,0	12,0
				Mg/(Mg+Total Fe) in rock	52,4	52,4
				Mg/(Mg+Fe2+) in rock	55,6	55,6
				Mg/(Mg+Fe2+) in silicates	60,1	60,1
				Ca/(Ca+Na) in rock	66,6	66,6
				Plagioclase An content	48,4	48,4
				Differentiation Index	50,3	57,4
				Aluminum Saturation Index	0,60	0,60
				Alkalinity Index	2,5	2,5
				Calculated density, g/cc	3,05	3,05
				Calculated liquid density, g/cc	2,70	2,70
				Calculated viscosity, dry, Pas	0,24	0,24
				Calculated viscosity, wet, Pas	0,23	0,23
				Estimated liquidus temp., °C	1188	1188
				Estimated H2O content, wt. %	0,48	0,48

This program was written by Kurt Hollocher, Geology Department, Union College, Schenectady, NY, 12308, hollochk@union.edu

Sample Number: M4-Dq

Rock Analysis		Normalization Factors		Normalized Analysis	Normative Minerals	Weight % Norm	Volume % Norm
SiO2	45,19 %	Total=100%? Y/N	y	50,60	Quartz		
TiO2	1,44 %	Fe3+/(Total Iron)	0,12	1,61	Plagioclase	52,90	59,84
Al2O3	13,81 %			15,46	(Albite)	24,16	28,11
Fe2O3	12,74 %	Total Fe as FeO	11,46	1,71	(Anorthite)	28,74	31,74
FeO	%	Desired Fe2O3	1,53	11,29	Orthoclase	1,27	1,51
MnO	0,16 %	Desired FeO	10,09	0,18	Nepheline		
MgO	8,64 %	Weight corr. factor	1,120	9,67	Leucite		
CaO	5,59 %			6,26	Kalsilite		
Na2O	2,55 %			2,86	Corundum		
K2O	0,19 %			0,21	Diopside	1,30	1,19
P2O5	0,10 %	Zero values not shown		0,11	Hypersthene	33,87	29,73
CO2	%				Wollastonite		
SO3	%				Olivine	4,81	4,04
S	%				Larnite		
F	%	Norm calculation checks:			Aegirine		
Cl	%	Norm seems OK			K2SiO3		
Sr	37 ppm			0,00	Na2SiO3		
Ba	28 ppm			0,00	Rutile		
Ni	ppm				Ilmenite	3,06	1,96
Cr	ppm	Not macro-enabled			Magnetite	2,48	1,45
Zr	163 ppm			0,02	Hematite		
Total	90,41			100,00	Apatite	0,26	0,25
					Zircon	0,04	0,02
					Perovskite		
					Chromite		
					Titanite		
					Pyrite		
					Halite		
					Fluorite		
					Anhydrite		
					Na2SO4		
					Calcite		
					Na2CO3		
					Total	100,00	100,00
					Fe3+/(Total Fe) in rock	12,0	12,0
					Mg/(Mg+Total Fe) in rock	57,3	57,3
					Mg/(Mg+Fe2+) in rock	60,4	60,4
					Mg/(Mg+Fe2+) in silicates	65,1	65,1
					Ca/(Ca+Na) in rock	54,8	54,8
					Plagioclase An content	52,9	52,9
					Differentiation Index	54,2	61,4
					Aluminum Saturation Index	0,96	0,96
					Alkalinity Index	3,1	3,1
					Calculated density, g/cc	3,05	3,05
					Calculated liquid density, g/cc	2,71	2,71
					Calculated viscosity, dry, Pas	0,22	0,22
					Calculated viscosity, wet, Pas	0,21	0,21
					Estimated liquidus temp., °C	1203	1203
					Estimated H2O content, wt. %	0,42	0,42

This program was written by Kurt Hollocher, Geology Department, Union College, Schenectady, NY, 12308, hollochk@union.edu

Sample Number: M9-Rm-E1

Rock Analysis		Normalization Factors	Normalized Analysis	Normative Minerals	Weight % Norm	Volume % Norm
SiO2	50,63 %	Total=100%? Y/N	51,40	Quartz	0,09	0,10
TiO2	1,17 %	Fe3+/(Total Iron)	1,19	Plagioclase	42,17	47,53
Al2O3	13,99 %		14,20	(Albite)	15,81	18,40
Fe2O3	13,26 %	Total Fe as FeO	1,62	(Anorthite)	26,36	29,13
FeO	%	Desired Fe2O3	10,66	Orthoclase	8,02	9,56
MnO	0,10 %	Desired FeO	0,10	Nepheline		
MgO	8,00 %	Weight corr. factor	8,12	Leucite		
CaO	9,24 %		9,38	Kalsilite		
Na2O	1,84 %		1,87	Corundum		
K2O	1,33 %	Zero values not shown	1,35	Diopside	16,19	14,74
P2O5	0,08 %		0,08	Hypersthene	28,74	25,06
CO2	%			Wollastonite		
SO3	%			Olivine		
S	%			Larnite		
F	%	Norm calculation checks:		Aegirine		
Cl	%	Norm seems OK		K2SiO3		
Sr	149 ppm		0,02	Na2SiO3		
Ba	107 ppm		0,01	Rutile		
Ni	ppm			Ilmenite	2,26	1,45
Cr	ppm	Not macro-enabled		Magnetite	2,34	1,37
Zr	56 ppm		0,01	Hematite		
Total	99,64		100,00	Apatite	0,19	0,18
				Zircon	0,01	0,01
				Perovskite		
				Chromite		
				Titanite		
				Pyrite		
				Halite		
				Fluorite		
				Anhydrite		
				Na2SO4		
				Calcite		
				Na2CO3		
				Total	100,00	100,00
				Fe3+/(Total Fe) in rock	12,0	12,0
				Mg/(Mg+Total Fe) in rock	54,4	54,4
				Mg/(Mg+Fe2+) in rock	57,6	57,6
				Mg/(Mg+Fe2+) in silicates	61,8	61,8
				Ca/(Ca+Na) in rock	73,5	73,5
				Plagioclase An content	61,1	61,1
				Differentiation Index	50,3	57,2
				Aluminum Saturation Index	0,66	0,66
				Alkalinity Index	3,1	3,1
				Calculated density, g/cc	3,05	3,05
				Calculated liquid density, g/cc	2,70	2,70
				Calculated viscosity, dry, Pas	0,24	0,24
				Calculated viscosity, wet, Pas	0,23	0,23
				Estimated liquidus temp., °C	1188	1188
				Estimated H2O content, wt. %	0,49	0,49

This program was written by Kurt Hollocher, Geology Department, Union College, Schenectady, NY, 12308, hollochk@union.edu

Rock Analysis		Normalization Factors		Normalized Analysis	Normative Minerals	Weight % Norm	Volume % Norm
SiO2	52,35 %	Total=100%? Y/N	y	52,22	Quartz		
TiO2	1,28 %	Fe3+/(Total Iron)	0,12	1,28	Plagioclase	50,29	57,22
Al2O3	13,51 %			13,48	(Albite)	30,64	35,57
Fe2O3	14,00 %	Total Fe as FeO	12,60	1,68	(Anorthite)	19,65	21,66
FeO	%	Desired Fe2O3	1,68	11,06	Orthoclase	1,73	2,05
MnO	0,23 %	Desired FeO	11,09	0,23	Nepheline		
MgO	7,35 %	Weight corr. factor	0,997	7,33	Leucite		
CaO	8,75 %			8,73	Kalsilite		
Na2O	3,63 %			3,62	Corundum		
K2O	0,29 %			0,29	Diopside	19,12	17,29
P2O5	0,08 %	Zero values not shown		0,08	Hypersthene	17,59	15,18
CO2	%				Wollastonite		
SO3	%				Olivine	6,22	5,10
S	%				Larnite		
F	%	Norm calculation checks:			Aegirine		
Cl	%	Norm seems OK			K2SiO3		
Sr	83 ppm			0,01	Na2SiO3		
Ba	46 ppm			0,01	Rutile		
Ni	ppm				Ilmenite	2,42	1,55
Cr	ppm	Not macro-enabled			Magnetite	2,43	1,42
Zr	53 ppm			0,01	Hematite		
Total	101,47			100,00	Apatite	0,18	0,18
					Zircon	0,01	0,01
					Perovskite		
					Chromite		
					Titanite		
					Pyrite		
					Halite		
					Fluorite		
					Anhydrite		
					Na2SO4		
					Calcite		
					Na2CO3		
					Total	100,00	100,00
					Fe3+/(Total Fe) in rock	12,0	12,0
					Mg/(Mg+Total Fe) in rock	51,0	51,0
					Mg/(Mg+Fe2+) in rock	54,2	54,2
					Mg/(Mg+Fe2+) in silicates	58,2	58,2
					Ca/(Ca+Na) in rock	57,1	57,1
					Plagioclase An content	37,7	37,7
					Differentiation Index	52,0	59,3
					Aluminum Saturation Index	0,61	0,61
					Alkalinity Index	2,1	2,1
					Calculated density, g/cc	3,04	3,04
					Calculated liquid density, g/cc	2,70	2,70
					Calculated viscosity, dry, Pas	0,25	0,25
					Calculated viscosity, wet, Pas	0,24	0,24
					Estimated liquidus temp., °C	1173	1173
					Estimated H2O content, wt. %	0,55	0,55

This program was written by Kurt Hollocher, Geology Department, Union College, Schenectady, NY, 12308, hollochk@union.edu

Sample Number: M19-Rm-E5

Rock Analysis		Normalization Factors	Normalized Analysis	Normative Minerals	Weight % Norm	Volume % Norm
SiO2	66,08 %	Total=100%? Y/N	66,35	Quartz	23,85	25,39
TiO2	0,27 %	Fe3+/(Total Iron)	0,27	Plagioclase	53,01	55,90
Al2O3	14,18 %		14,24	(Albite)	31,70	34,13
Fe2O3	6,68 %	Total Fe as FeO	0,80	(Anorthite)	21,31	21,78
FeO	%	Desired Fe2O3	5,31	Orthoclase	1,46	1,61
MnO	0,05 %	Desired FeO	0,05	Nepheline		
MgO	4,07 %	Weight corr. factor	4,09	Leucite		
CaO	4,78 %		4,80	Kalsilite		
Na2O	3,73 %		3,75	Corundum		
K2O	0,24 %	Zero values not shown	0,24	Diopside	1,87	1,57
P2O5	0,05 %		0,05	Hypersthene	17,99	14,47
CO2	%			Wollastonite		
SO3	%			Olivine		
S	%			Larnite		
F	%	Norm calculation checks:		Aegirine		
Cl	%	Norm seems OK		K2SiO3		
Sr	307 ppm		0,04	Na2SiO3		
Ba	96 ppm		0,01	Rutile		
Ni	ppm	Not macro-enabled		Ilmenite	0,51	0,31
Cr	ppm			Magnetite	1,17	0,63
Zr	56 ppm		0,01	Hematite		
Total	100,13		100,00	Apatite	0,12	0,10
				Zircon	0,01	0,01
				Perovskite		
				Chromite		
				Titanite		
				Pyrite		
				Halite		
				Fluorite		
				Anhydrite		
				Na2SO4		
				Calcite		
				Na2CO3		
				Total	100,00	100,00
				Fe3+/(Total Fe) in rock	12,0	12,0
				Mg/(Mg+Total Fe) in rock	54,7	54,7
				Mg/(Mg+Fe2+) in rock	57,8	57,8
				Mg/(Mg+Fe2+) in silicates	60,5	60,5
				Ca/(Ca+Na) in rock	41,5	41,5
				Plagioclase An content	38,8	38,8
				Differentiation Index	78,3	82,9
				Aluminum Saturation Index	0,95	0,95
				Alkalinity Index	2,2	2,2
				Calculated density, g/cc	2,82	2,82
				Calculated liquid density, g/cc	2,52	2,52
				Calculated viscosity, dry, Pas	0,65	0,65
				Calculated viscosity, wet, Pas	0,54	0,54
				Estimated liquidus temp., °C	914	914
				Estimated H2O content, wt. %	2,59	2,59

This program was written by Kurt Hollocher, Geology Department, Union College, Schenectady, NY, 12308, hollochk@union.edu

Sample Number: M20-Rm5

Rock Analysis		Normalization Factors	Normalized Analysis	Normative Minerals	Weight % Norm	Volume % Norm
SiO2	70,26 %	Total=100%? Y/N	68,97	Quartz	28,03	29,37
TiO2	0,25 %	Fe3+/(Total Iron)	0,25	Plagioclase	54,27	56,38
Al2O3	14,51 %		14,24	(Albite)	33,57	35,57
Fe2O3	4,23 %	Total Fe as FeO	0,50	(Anorthite)	20,70	20,83
FeO	%	Desired Fe2O3	3,29	Orthoclase	0,73	0,79
MnO	0,04 %	Desired FeO	0,04	Nepheline		
MgO	3,52 %	Weight corr. factor	3,46	Leucite		
CaO	5,16 %		5,07	Kalsilite		
Na2O	4,04 %		3,97	Corundum		
K2O	0,12 %		0,12	Diopside	3,37	2,81
P2O5	0,06 %	Zero values not shown	0,06	Hypsthene	12,26	9,87
CO2	%			Wollastonite		
SO3	%			Olivine		
S	%			Larnite		
F	%	Norm calculation checks:		Aegirine		
Cl	%	Norm seems OK		K2SiO3		
Sr	275 ppm		0,03	Na2SiO3		
Ba	82 ppm		0,01	Rutile		
Ni	ppm			Ilmenite	0,47	0,27
Cr	ppm	Not macro-enabled		Magnetite	0,72	0,39
Zr	64 ppm		0,01	Hematite		
Total	102,19		100,00	Apatite	0,14	0,12
				Zircon	0,01	0,01
				Perovskite		
				Chromite		
				Titanite		
				Pyrite		
				Halite		
				Fluorite		
				Anhydrite		
				Na2SO4		
				Calcite		
				Na2CO3		
				Total	100,00	100,00
				Fe3+/(Total Fe) in rock	12,0	12,0
				Mg/(Mg+Total Fe) in rock	62,2	62,2
				Mg/(Mg+Fe2+) in rock	65,2	65,2
				Mg/(Mg+Fe2+) in silicates	68,1	68,1
				Ca/(Ca+Na) in rock	41,4	41,4
				Plagioclase An content	36,8	36,8
				Differentiation Index	83,0	86,5
				Aluminum Saturation Index	0,91	0,91
				Alkalinity Index	2,1	2,1
				Calculated density, g/cc	2,78	2,78
				Calculated liquid density, g/cc	2,48	2,48
				Calculated viscosity, dry, Pas	0,76	0,76
				Calculated viscosity, wet, Pas	0,61	0,61
				Estimated liquidus temp., °C	866	866
				Estimated H2O content, wt. %	3,10	3,10

This program was written by Kurt Hollocher, Geology Department, Union College, Schenectady, NY, 12308, hollochk@union.edu

Rock Analysis		Normalization Factors		Normalized Analysis	Normative Minerals	Weight % Norm	Volume % Norm
SiO2	51,86 %	Total=100%? Y/N	y	51,04	Quartz	0,78	0,90
TiO2	1,12 %	Fe3+/(Total Iron)	0,12	1,10	Plagioclase	46,33	52,57
Al2O3	14,41 %			14,18	(Albite)	17,16	20,11
Fe2O3	13,00 %	Total Fe as FeO	11,70	1,54	(Anorthite)	29,18	32,46
FeO	%	Desired Fe2O3	1,56	10,13	Orthoclase	0,86	1,03
MnO	0,18 %	Desired FeO	10,29	0,18	Nepheline		
MgO	8,50 %	Weight corr. factor	0,984	8,37	Leucite		
CaO	11,38 %			11,20	Kalsilite		
Na2O	2,06 %			2,03	Corundum		
K2O	0,13 %			0,13	Diopside	21,36	19,61
P2O5	0,06 %	Zero values not shown		0,06	Hypersthene	26,21	23,09
CO2	%				Wollastonite		
SO3	%				Olivine		
S	%				Larnite		
F	%	Norm calculation checks:			Aegirine		
Cl	%	Norm seems OK			K2SiO3		
Sr	99 ppm			0,01	Na2SiO3		
Ba	252 ppm			0,03	Rutile		
Ni	ppm				Ilmenite	2,09	1,35
Cr	ppm	Not macro-enabled			Magnetite	2,23	1,31
Zr	47 ppm			0,01	Hematite		
Total	102,70			100,00	Apatite	0,14	0,13
					Zircon	0,01	0,01
					Perovskite		
					Chromite		
					Titanite		
					Pyrite		
					Halite		
					Fluorite		
					Anhydrite		
					Na2SO4		
					Calcite		
					Na2CO3		
					Total	100,00	100,00
					Fe3+/(Total Fe) in rock	12,0	12,0
					Mg/(Mg+Total Fe) in rock	56,4	56,4
					Mg/(Mg+Fe2+) in rock	59,5	59,5
					Mg/(Mg+Fe2+) in silicates	63,3	63,3
					Ca/(Ca+Na) in rock	75,3	75,3
					Plagioclase An content	61,6	61,6
					Differentiation Index	48,0	54,5
					Aluminum Saturation Index	0,60	0,60
					Alkalinity Index	4,1	4,1
					Calculated density, g/cc	3,07	3,07
					Calculated liquid density, g/cc	2,72	2,72
					Calculated viscosity, dry, Pas	0,24	0,24
					Calculated viscosity, wet, Pas	0,23	0,23
					Estimated liquidus temp., °C	1194	1194
					Estimated H2O content, wt. %	0,46	0,46

This program was written by Kurt Hollocher, Geology Department, Union College, Schenectady, NY, 12308, hollochk@union.edu