



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención de Título de Ingeniero Geólogo

TEMA:

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y CALCOCRÁFICA DEL
AFLORAMIENTO ÍGNEO, ASIGNADO AL JURÁSICO, UBICADO EN LA
PERIMETRAL DEL CANTÓN NOBOL, ECUADOR

AUTOR:

ALFREDO ROLANDO MOREIRA CHUYA

DIRECTOR DE TESIS:

Ph.D. KATTHY FERNANDA LÓPEZ ESCOBAR

Guayaquil - Ecuador

2017

© DERECHO DE AUTOR
ALFREDO ROLANDO MOREIRA CHUYA
2017



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

CERTIFICACIÓN

En calidad de Tutor de esta Tesis Certifico que el presente trabajo ha sido elaborado por el señor Alfredo Rolando Moreira Chuya, por lo que autorizo su presentación

PhD. KATTHY FERNANDA LÓPEZ ESCOBAR

DIRECTORA DE TESIS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

CALIFICACIÓN QUE OTORGA EL TRIBUNAL QUE RECIBE LA SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DEL TRABAJO INDIVIDUAL DE TITULACIÓN: TESIS DENOMINADA: “CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y CALCOCRÁFICA DEL AFLORAMIENTO ÍGNEO, ASIGNADO AL JURÁSICO, UBICADO EN LA PERIMETRAL DEL CANTÓN NOBOL, ECUADOR.”

AUTOR: ALFREDO ROLANDO MOREIRA CHUYA.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CALIFICACION (Números y Letras)

Ing. Glgo. Galo Salcedo Maridueña, Ph.D.

PRESIENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Glgo. Jorge Alonso Días, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Glgo. César Fuentes Campuzano, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DEL TRABAJO INDIVIDUAL DE TITULACIÓN
REALIZADA EN EL AUDITÓRIUM DE LA FACULTAD, EL DÍA _____
LO CERTIFICO

Abg. Jorge Solórzano Cabezas.

SECRETARIO DE LA FACULTAD
AGRADECIMIENTO

A mis profesores de la Facultad de Ciencias Naturales por las enseñanzas brindadas en todo tiempo de la carrera.

A mi directora de tesis Ph.D. Katthy López E. por sus conocimientos brindados y su ayuda desinteresada.

Al Ph.D. Edgar Berrezueta de por su colaboración en los ensayos e interpretación geoquímica de este trabajo.

A la Ph.D. Nora Rubistein, por sus revisiones petrográficas de este trabajo; asimismo aquellas personas, como Miguel García y Nadia Zavala que estuvieron participando en las salidas de campo y a todas las personas que de una u otra manera apoyaron en la elaboración de mi tesis.

DEDICATORIA

Dios Padre y su hijo Jesucristo por permitirme llegar a este momento, regando bendiciones en mi vida.

A mi madre y hermana por su ayuda, consejos, que me brindaron en toda mi etapa de estudiante.

A mis abuelos y tíos que ha sido un pilar fundamental para lograr todas las metas propuestas.

RESUMEN

La presente investigación a nivel de pregrado en Ingeniería Geológica tiene como objetivo el estudio detallado de un afloramiento volcánico empleando técnicas de petrografía y calcografía. El cuerpo ígneo estudiado es un afloramiento de roca fresca ubicado entre las localidades de los cantones Nobol y Daule, provincia de Guayas – Ecuador. Esta tesis de grado se orientó en una primera fase a realizar trabajo de campo que permitiera un conocimiento geológico general de la zona. Una segunda fase se enfocó a la descripción detallada de láminas transparentes y láminas opacas de muestras de rocas recolectadas en la zona de estudio.

A la descripción óptica de las muestras (mineralogía y textura) se aplicaron sistemáticas habitualmente utilizadas que permiten una clasificación específica de la muestra geológica. Así, se aplicaron el triángulo Q-A-P-F. Microscopía de Barrido (MEB) y Fluorescencia de Rayos X (FRX). Finalmente, en una tercera fase se desarrolló una cartografía temática detallada, relacionando los datos de campo preliminares con los resultados obtenidos en laboratorio.

La tarea de campo permitió en una fase inicial determinar datos generales de litologías aflorantes junto con datos estructurales. Además, se pudo planificar la etapa de muestreo con la cual poder definir adecuadamente la tipología de rocas. Se recolectaron en total 48 muestras de roca de mano de las cuales, 12 se destinaron a la elaboración de láminas transparentes, 4 para láminas opacas y 4 para FRX.

El análisis petrográfico permitió definir las siguientes rocas: Basalto, Basalto andesítico, Diorita y roca volcánica alterada (meteorizada). Además, se pudo relacionar estas con las descripciones presentadas en estudios previos. En particular, su relación con la Formación Piñón que es la predominante en la geología regional y local de la zona de estudio.

La cartografía geológica detallada desarrollada permitió generar una información base

importante a la hora de estimar potenciales usos industriales del afloramiento.

SUMMARY

The present investigation on at the undergraduate level in Geological Engineering has as objective the detailed study of a volcanic outcrop using techniques of petrography and chalcography. The body igneous studied is an upwelling of fresh rock located between the towns of the Cantons Nobol and Daule, Guayas province - Ecuador. This degree thesis was oriented in a first phase to perform field work that allowed a general geological knowledge of the area. A second phase focused on the detailed description of transparent sheets and opaque sheets of rock samples collected in the study area.

To the optical description of the samples (mineralogy and texture) systematics were applied habitually used that allow a specific classification of the geological sample. So, the Q-A-P-F triangle was applied. Scanning microscopy (MEB) and X-ray fluorescence (FRX). Finally, in a third phase a detailed thematic cartography was developed, relating the preliminary field data to the results obtained in the laboratory.

The field task allowed in an initial phase to determine general data of emerging lithologies along with structural data. In addition, it was possible to plan the sampling stage with which to properly define the typology of rocks. A total of 48 samples of hand rock were collected, of which 12 were destined for the elaboration of transparent sheets, 4 for opaque sheets and 4 for FRX.

The petrographic analysis allowed the following rocks to be defined: basalt, andesitic basalt, diorite and altered volcanic rock (weathered). In addition, these were related to the descriptions presented in previous studies. In particular, its relation with the sprocket formation which is the predominant in the regional and local geology of the study area.

Detailed geological cartography developed allowed to generate an important baseline information at the time of estimating potential industrial outliers applications.

Tabla de contenido

CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 INFORMACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
1.2.1 Localización y Acceso	3
1.2.2 Clima y Vegetación	6
1.3 OBJETIVOS	7
1.3.1 Objetivo General	7
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 MATERIALES Y METODOLOGÍA	8
1.4.1 Actividades en campo	9
1.4.2 Actividades en Laboratorio	11
1.4.3 Actividades en Gabinete	14
CAPÍTULO II	22
MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	22
2.1 FORMACIÓN PIÑÓN (JURÁSICO - ALBIANO)	11
2.1.1 Historia	11
2.1.2 Litología y Petrología	29
2.1.3 Atribución estratigráfica	30
2.1.4 Correlación	31
2.2 FORMACIÓN CALENTURA (CONIACIANA - SANTONIANA)	32
2.2.1 Historia	32

2.2.2	Ocurrencia	32
2.2.3	Litología	32
2.2.4	Ambiente de deposición	33
2.3	FORMACIÓN LAS ORQUÍDEAS	35
2.3.1	Historia.....	35
2.3.2	Litología y petrología.....	35
2.3.3	Atribución estratigrafía	36
2.4	FORMACIÓN CAYO (MAASTRICHTIAN - PALEOCENE)	37
2.4.1	Historia.....	37
2.4.2	Litología	37
2.4.3	Ambiente de deposición	38
2.5	FORMACIÓN GUAYAQUIL (MAASTRICHTIANO).....	40
2.5.1	Historia.....	40
2.5.2	Litología	40
2.5.3	Atribución estratigráfica.....	41
CAPÍTULO III		42
GEOLOGIA LOCAL		42
3.1	RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE CAMPO.....	42
3.2	IDENTIFICACIÓN DE ROCAS	51
3.2.1	Estudio y caracterización petrográfico.....	51
3.2.2	Estudios geoquímicos complementarios	53
3.2.3	Estudios mineralógicos-geoquímicos complementarios.....	56
3.2.4	Tipos de rocas en el cuerpo volcánico	59
3.3	ESFUERZO DE COMPRESIÓN UNIAxIAL DE LAS ROCAS.....	59

3.4 MINERALIZACIONES.....	60
3.5 CARTOGRAFÍA.....	64
CAPÍTULO IV	67
IMPLICACIONES GENÉTICAS.....	67
4.1 DISCUSIONES.....	67
CAPÍTULO V	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1 CONCLUSIONES.....	72
5.2 RECOMENDACION	76
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	77
LINKOGRÁFIA.....	86
ANEXOS	87
ANEXOS 1: MUESTRAS DEL AFLORAMIENTO EN PROSPECCIÓN.....	87
ANEXOS 2: PROPIEDADES ÓPTICAS	90
ANEXOS 3: ENSAYOS EN MEB – EDAX	96
ANEXOS 4: EQUIPOS USADOS EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS Y TRABAJO DE CAMPO	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Partes del microscopio de polarización.....	15
Figura 1.2	Diagrama de Streckeisen para rocas volcánicas.....	19
Figura 1.3	A) Fichas técnicas para conteo de mineral. B) Malla para conteo.....	20
Figura 2.1	Mapa de unidades tectonoestratigráficas.....	26
Figura 2.2	Columnas estratigráficas compuesta de los bloques Costeros y de las cuencas neogénicas sobrepuesta.....	27
Figura 2.3	El bloque de Piñón, y de Guayaquil en el antebrazo costero sur.....	28
Figura 2.4	Litología de la Fm. Calentura., Río Guaraguau.....	34
Figura 3.1	Ubicación de Perfiles fotográficos.....	43
Figura 3.2	Imágenes de minerales de los tipos de roca Identificados mediante microscopio óptico.....	52
Figura 3.3	Imágenes de minerales alterados de roca Identificados mediante microscopio óptico.....	53
Figura 3.4	Interpretación de los datos del FRX.....	55
Figura 3.5	Diagrama de Streckeisen, 1976 con clasificación Modal de una roca volcánica.....	55
Figura 3.6	Imágenes MEB.....	58
Figura 4.1	Origen simplificado de los distintos magmas formadores d.roca.....	70
Figura 4.2	Minerales de alteración común en sistemas hidrotermales....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Coordenadas del área de estudio	4
Tabla 1.2	Uso del cantón Nobol con la vegetación.....	7
Tabla 1.3	Propiedades ópticas con nicoles paralelo.....	16
Tabla 1.4	Propiedades ópticas con nicoles cruzado	17
Tabla 1.5	Parámetros para uso del diagrama de streckeisen	19
Tabla 3.1	Ubicación de muestras de mano. Coordenadas en sistema UTM WGS-84, Zona 17 Sur.....	50
Tabla 3.2	Análisis por Fluorescencia de rayos X y Absorción Atómica (Sodio).....	53
Tabla 3.3	Tipos de rocas, textura, mineralogía principal y accesorio	59
Tabla 3.4	Estimación del esfuerzo de compresión Uniaxial de las rocas.....	60

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1.1	Láminas petrográficas para luz transmitida	12
Foto 1.2	Proceso de las láminas opacas	13
Foto 3.1	Fotografía panorámica del Perfil A	44
Foto 3.2	Fotografía panorámica del perfil B	44
Foto 3.3	Fotografías panorámicas de la zona meteorizada	45
Foto 3.4	Vista de los diques en el afloramiento	45
Foto 3.5	Muestra P-001.....	47
Foto 3.6	Muestra P-004.....	47
Foto 3.7	Muestra P-006.....	48
Foto 3.8	Muestra P-011.....	48
Foto 3.9	Muestra P-012.....	49
Foto 3.1.1	Láminas opacas de la muestra PI 005.....	61
Foto 3.1.2	Láminas opacas de la muestra PI 048.....	62
Foto 3.1.3	Láminas opacas de la muestra PI 014, PI 046, PI 009.....	63

ÍNDICE DE MAPA

Mapa 1.1	Localización del área de estudio	5
Mapa 1.2	Puntos de ubicación de muestras	10
Mapa 2.1	Geología del Bloque Piñón, al sur se Reconoce el área de estudio.....	23
Mapa 3.1	Mapa geológico y de proyección del área de estudio.....	65
Mapa 3.2	Mapa geomorfológico o del área de estudio	67

ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

Págs.	Páginas
IEPC	International Ecuatorian Petroleum Company
NO	NorOeste
SE	SurEste
ONO	Oeste noroeste
NNO	Norte noroeste
ESE	Este sureste
COP	Colombia Ocean Plateau
km	Kilómetros
Fm	Formación
Fms.	Formaciones
m	Metros
CCC	Cordillera Chongón Colonche
HCl	Ácido clorhídrico
CBI	Complejo Básico ígneo
Ma.	Millones de años
mm	Milímetros
cm	Centímetro
MORB	Basaltos de las Dorsales Medio-Oceánico
MOP	Microcopia Óptica Polarizada
MEB	Microscopia Electrónica de Barrido
EDAX	Análisis Químico en Microscopia
FRX	Fluorescencia de Rayos X

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo geológico es una tesis de grado, para recibirse de Ingeniero Geólogo en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

Los trabajos corresponden a análisis de láminas transparentes y opacas, ciencia conocida como petrografía de luz polarizada transmitida y reflejada, respectivamente.

El sector fue seleccionado porque en la localidad de Nobol (Guayas, Ecuador) debido a que la prefectura del Guayas construyó en el 2016 la perimetral que une los cantones Nobol y Daule, atravesando el cerro San José, dejó en exposición roca fresca. Estos cortes permiten tener roca fresca para estudios de este tipo.

En este sector y con material de este cuerpo de rocas ígneas también se desarrolla una cantera de materiales de agregados de asfalto, aportando a la economía de los cantones aledaños. Las rocas ígneas son los principales agregados de materia prima para los asfaltos y Ecuador ha desarrollado, en la última década, un gran avance en la construcción de carreteras de primer nivel, permitiendo el crecimiento económico de todas las industrias.

Mediante la petrografía de las rocas ígneas presentes en este cuerpo volcánico, se determina el tipo de minerales. Utilizando la clasificación de Streckeisen se reconoce la denominación de cada una de las rocas.

La petrografía es importante para definir las propiedades ópticas de los minerales, se utiliza un microscopio de luz polarizado y cortes de hasta 4mm de espesor para ser observados y reconocer los minerales. En el desarrollo del trabajo se reconoció minerales opacos y por tal razón se le realizó calcografía a las muestra de roca, que consistió en usar un portaobjetos y agregarle resina con la finalidad de ya secado la muestras de roca llegar a pulir una parte de la superficie y reconocer las propiedades con luz reflejada.

Para verificar y tener información más certera de la mineralización presente en la zona de estudio se realizaron análisis químicos de óxidos mediante Fluorescencia de rayos X y caracterización de minerales mediante microscopia electrónica.

Con la ayuda de la información obtenida de los minerales determinados en el afloramiento y con la clasificación del tipo de rocas se realiza un mapa litológico, determinando zonas favorables para la explotación, esto con la finalidad de que sólo se use materiales necesarios y se realice un buen manejo de recursos no renovables.

1.2 INFORMACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.2.1 Localización y Acceso

El área de estudio se encuentra localizada entre los cantones Nobol y Daule en la provincia del Guayas, a 33 km de la ciudad de Guayaquil, entre un ramal de la Cordillera de Chongón Colonche y la ribera del río Daule.

Las observaciones geológicas de campo se las realizaron en la carretera y en las vías secundarias que limitan al afloramiento conocido como loma SAN JOSÉ, cuya georeferenciación se observa en la tabla 1.1 y mapa 1.1.

El afloramiento está limitado:

Norte: Con el Cantón Durán

Sur: Con el Cantón Guayaquil

Este: Con Río Daule

Oeste: Con Isidro Ayora y Lomas de Sargentillo

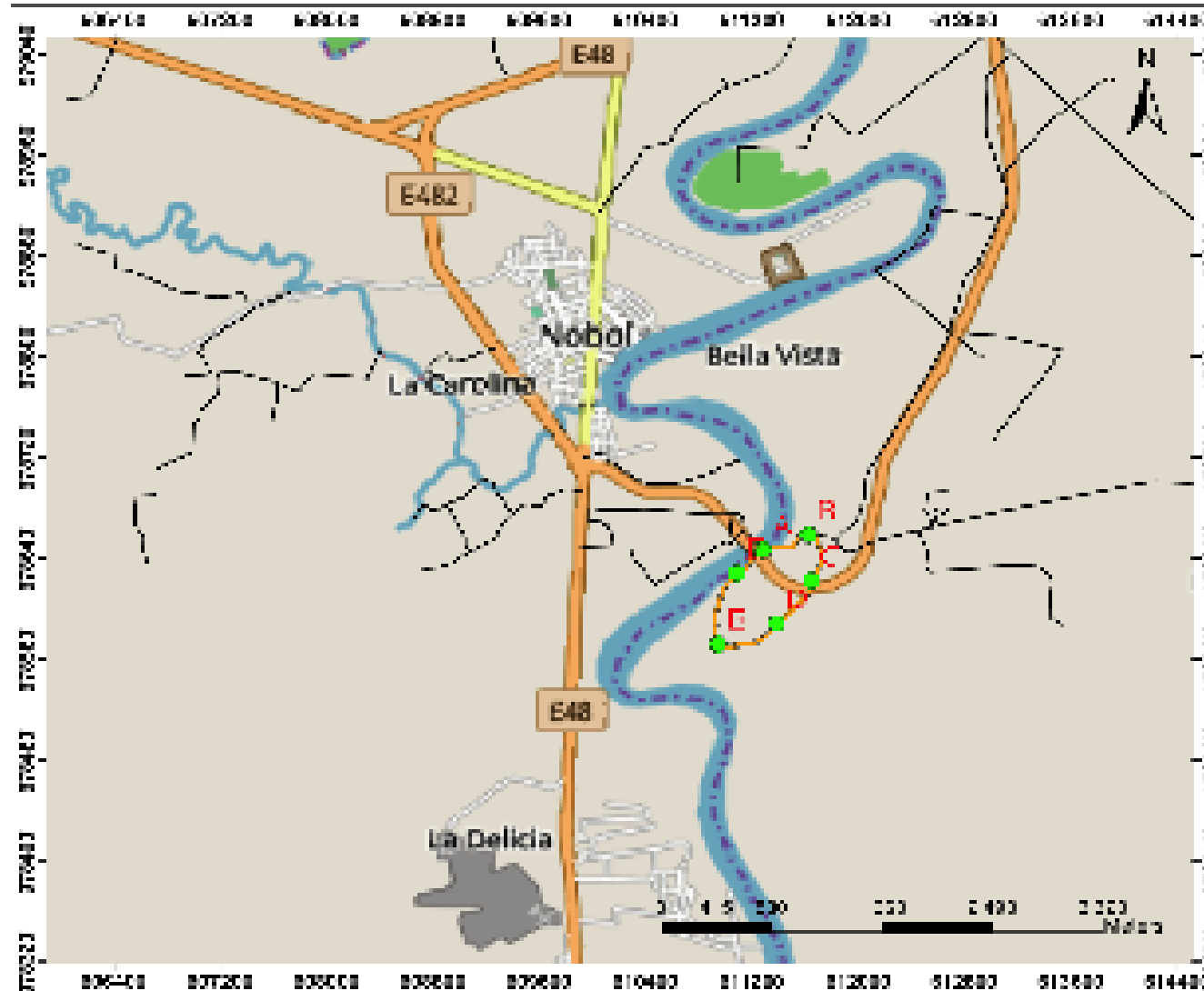
El acceso a la zona de estudio mediante vía terrestre se inicia desde Guayaquil por la vía Daule (E48) con dirección al noroeste, recorriéndose 32 km hasta llegar al redondel del cantón Nobol, desde allí se gira a la derecha y se cruza el puente sobre el río Daule para finalmente situarse en el punto de exploración.

Tabla 1.1 Coordenadas del área de estudio.

Puntos	Coordenadas		
	Datum: UTM-WGS 84. Zona 17S		
	X	Y	Cota (m)
A	611280	9786465	766
B	611631	9786583	772
C	611648	9786222	1101
D	611388	9785884	1101
E	610950	9785719	1100
F	611092	9786281	1097

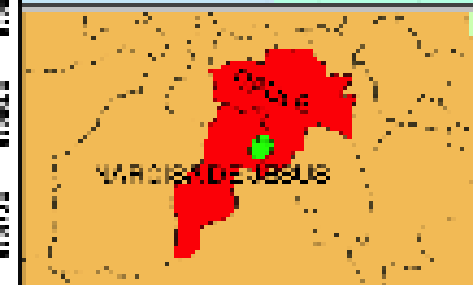
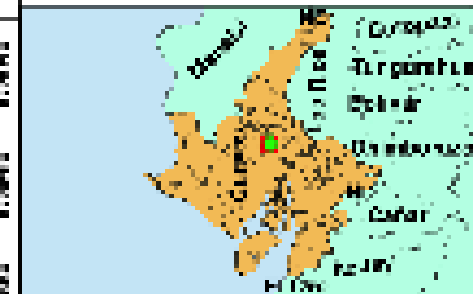
Fuente: Datos tomados por Autor, noviembre , 2016

MAPA DE UBICACION



Mapa 1. Ubicación geográfica de estudio. Fuente: Dirección de Estudios Geográficos, MITEC, Google Earth.

DETALLE A TERCER NIVEL



LEYENDA



ACOTACIONES

Coordenadas: UTM 18Q UTM 18Q UTM 18Q
Escala: 1:100,000
Fecha: 2010

Proyecto: Estudio de la zona de estudio
Elaborado por: [Nombre del autor]
Revisado por: [Nombre del revisor]

Proyecto: Estudio de la zona de estudio
Elaborado por: [Nombre del autor]
Revisado por: [Nombre del revisor]

Proyecto: Estudio de la zona de estudio
Elaborado por: [Nombre del autor]
Revisado por: [Nombre del revisor]

Proyecto: Estudio de la zona de estudio
Elaborado por: [Nombre del autor]
Revisado por: [Nombre del revisor]

Proyecto: Estudio de la zona de estudio
Elaborado por: [Nombre del autor]
Revisado por: [Nombre del revisor]

1.2.2 Clima y Vegetación

Según el PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTON NOBOL, 2014-2019. (PDyOT - Cantón Nobol 2014-2019). El Cantón se encuentra compartiendo dos zonas climáticas, una zona de clima Tropical Megatérmico Húmedo y una zona tropical Megatérmica Semi-Húmeda, con temperaturas diarias de 24 a 27°C, y precipitaciones anuales de 700 a 1100 mm.

En su territorio se encuentran zonas de déficit hídrico para actividades agrícolas con precipitaciones de 500 a 700 mm con zonas de evapotranspiración potencial, precipitaciones de 1500 a 1600 mm que varía incrementándose desde oriente a occidente. El número medio de días secos anuales varía desde 150 a 180, periodo que va de julio a diciembre. El número de días del período vegetativo favorable para la agricultura va de 140 a 150 entre enero a junio.

Dentro de la división hidrográfica de la Cuenca, la mayor parte del cantón está inmerso en la subcuenca del Río Daule, y un 12.3% se encuentra en drenajes menores.

La categoría agrícola (cultivos anuales, semipermanentes y permanentes) con 6.695,44 hectáreas que representan el área predominante en el uso de la tierra del cantón, correspondiente al 48,65%; la categoría conservación y protección (vegetación natural) tiene una extensión 6.023,07

hectáreas lo que significa un 43,77%. (Ver tabla 1.2)

Las cinco categorías de uso restantes: pecuario, agropecuario mixto, antrópico, forestal y agua, con una extensión de 1.042,97 hectáreas representan tan solo el 7,58 % del total de la superficie del Cantón Nobol. (PDOT - Cantón Nobol 2014-2019).

Tabla 1.2 Uso del cantón Nobol con la vegetación.

CATEGORIAS DE USO DEL CANTON NOBOL		
USO	ÁREA Ha.	%
AGRICOLA	6.695,44	48,65
PECUARIO	186,56	1,36
AGROPECUARIO MIXTO	36,99	0,27
ANTROPICO	366,26	2,66
CONSERVACION Y PROTECCIÓN	6.023,07	43,77
FORESTAL	291,34	2,12
AGUA	161,82	1,18
TOTAL	13.761,48	100,00

Fuente: <https://www.goo.gl/XVDLZJ>

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Determinar los tipos de rocas en función de la mineralogía del cuerpo ígneo para definir litologías y aportar a la génesis de la unidad geológica estudiada.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir la composición mineralógica y tipo de roca mediante cortes petrográficos y calcográficos, análisis químicos (MEB-EDS) y fluorescencia de rayos X.
- Estimar la génesis y paragénesis de la roca mediante comparación de otros estudios realizados en el basamento ígneo de la Costa del Ecuador.
- Determinar áreas productivas de calidad de roca para la industria de agregados de asfalto, por presencia de minerales.

1.4 MATERIALES Y METODOLOGÍA

La metodología al estudio que se utilizó fue la recopilación de información sobre rocas ígneas, petrografía de minerales. Para la cartografía se utilizó un Sistema de Información Geográfico (SIG), programa Quantum-Gis (Q-GIS). Para el desarrollo del proyecto se requirió de los implementos geológicos necesarios para el campo, laboratorio y gabinete. Para la primera actividad se utilizó:

- Martillo geológico
- Combo
- Brújula Brunton
- Lupa x 10 y x20 aumentos
- Lápiz de dureza con imán

- Ácido Clorhídrico
- Libreta de campo
- Posicionador Satelital (GPS)

Las muestras fueron preparadas en el laboratorio y se requirió de los siguientes materiales:

- Portaobjetos de vidrio de 0,05mm de espesor de 5x4cm
- Resina Epoxy
- Polvo de carburo de silíceo
- Glicerol
- Agua destilada

En gabinete se trabajó en el laboratorio de Petrografía y Mineralogía se utilizó el siguiente equipamiento:

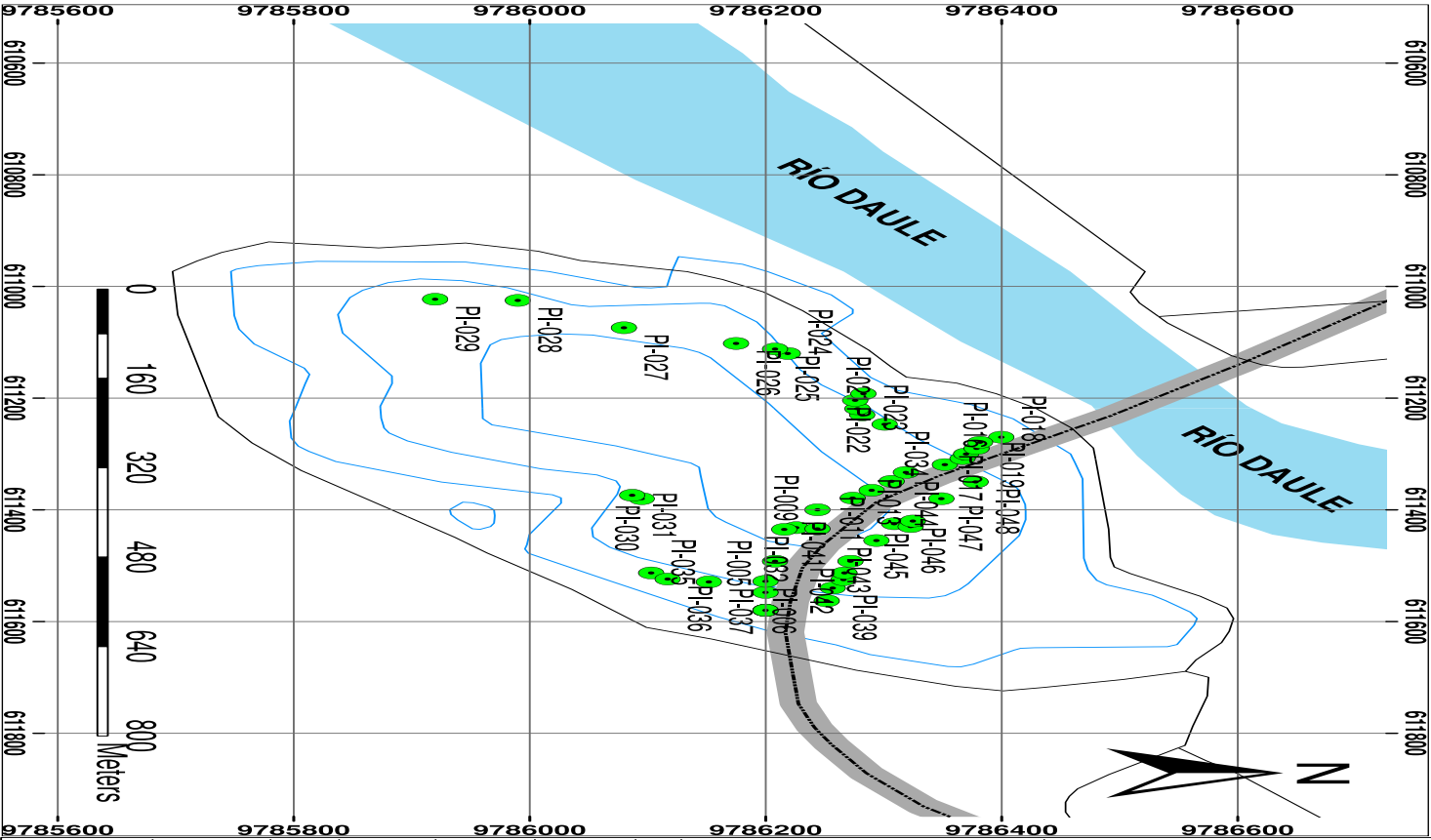
- Estereomicroscopio
- Estereomicroscopio digital
- Muestras de mano
- Láminas delgadas y opacas de rocas
- Microscopio petrográfico de luz transmitida y reflejada
-

1.4.1 Actividades en campo

Las muestras fueron recolectadas mayormente en el afloramiento expuesto a la vía por el corte que han realizado para la construcción de la vía perimetral Nobol – Daule.

Las muestras se tomaron cada 20 metros o en un punto donde se observaba alguna alteración (ver mapa 1.2). El total es de 48 muestras, 12 se ensayaron para petrografía de minerales transparentes y 5 muestras para minerales opacos. En 4 muestras se realizaron Fluorescencia de rayos X (FRX), así como su descripción en microscopio electrónico (MEB) con análisis químico (EDAX).

MAPA DE UBICACIÓN DE MUESTRAS



Área de Trabajo			
Leyenda			
Símbolo			
● Muestras Recolectadas			
Caminos			
— Vía			
— CARRETERA			
— Curvas de Nivel			
Drenaje			
■ Río Daule			
Geodesia			
Coordenadas System: WGS1984 UTM Zona 17S			
Proyección: Transversa Mercator			
Datum: WGS 1984			
Unidad: Meter			
PROYECTO DE TESIS			
CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y CALCOGRAFÍA DE ALCORNAMENTO (AREN) ASIGNADO AL JURASICO UBICADO EN LA PENINSEL DEL CANTON NOBOL-ECUADOR			
CONTEXTO			
PUNTOS DE MUESTREO			
DATOS GEOLOGICOS			
FORMACIÓN AREL.	ESCALA	COORDENADAS	FECHA
A3	1:5.000		SEP/2017
AUTORES			
Alfredo Rolando Moreira Chuyra			

Mapa 1.2 Puntos de ubicación de muestra, vista de planta. Fuente: Autor

1.4.2 Actividades en Laboratorio

Los cortes de rocas primario se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Este primer corte es necesario para que las muestras puedan ser procesadas en cortes petrográficos para láminas delgadas.

El corte secundario consiste en seleccionar las caras más interesantes de las rocas, por contener minerales. Esta cortadora se denomina máquina de corte abrasivo METACUT 251, y pertenece al laboratorio de Petrografía de la Facultad de Ciencias de la Tierra (FICT) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), tiene cuchillas de tungsteno con un medidor de espesores para definir el ancho del corte petrográfico. Posteriormente, se sigue el siguiente proceso:

- Se adhiere la cara de interés de la roca al portaobjetos de vidrio con resina epoxy, ya cuando se ha secado, cerca de 60 minutos en la plancha secadora eléctrica.
- Se procede al siguiente corte.
- El corte es pulido con la preparación de carburo de silíceo y glicerol hidratado que es dosificado en la máquina pulidora metalográfica FORCIPOL 2V.

Todos estos procedimientos deben ser verificados mediante la observación en el microscopio petrográfico de luz transmitida, para evitar que la resina deje ingresar burbujas de aire, y en cuanto al pulimento, hay que tratar de evitar perder los minerales y sus formas (foto 1.1).



Foto 1.1 Láminas petrográficas para luz transmitida. **Fuente:** autor.

Las microfotografías fueron tomadas mediante una cámara digital de 13 Mega Pixel.

Las láminas opacas, se realizaron en el laboratorio de la petrografía de la FICT de la ESPOL en un total de 4 muestras (foto 1.2) y también se elaboraron 2 muestras en Departamento de Investigación en Recursos Geológicos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Universidad de Oviedo en España (UNIOVI). Posteriormente, se sigue el siguiente proceso:

- Cortar la roca de 3x2 cm
- Lubricar los moldes.
- Mezcla de la resina poliéster y el endurecedor y agitar durante un 1 minuto aproximadamente.
- Poner la muestra de roca en el molde.
- Colocar la resina hasta que cubra en su totalidad la muestra, no agitar demasiado para evitar la formación de burbujas.
- Luego se lo lleva al plato caliente.
- Se lo debe dejar 24 horas para su endurecimiento.

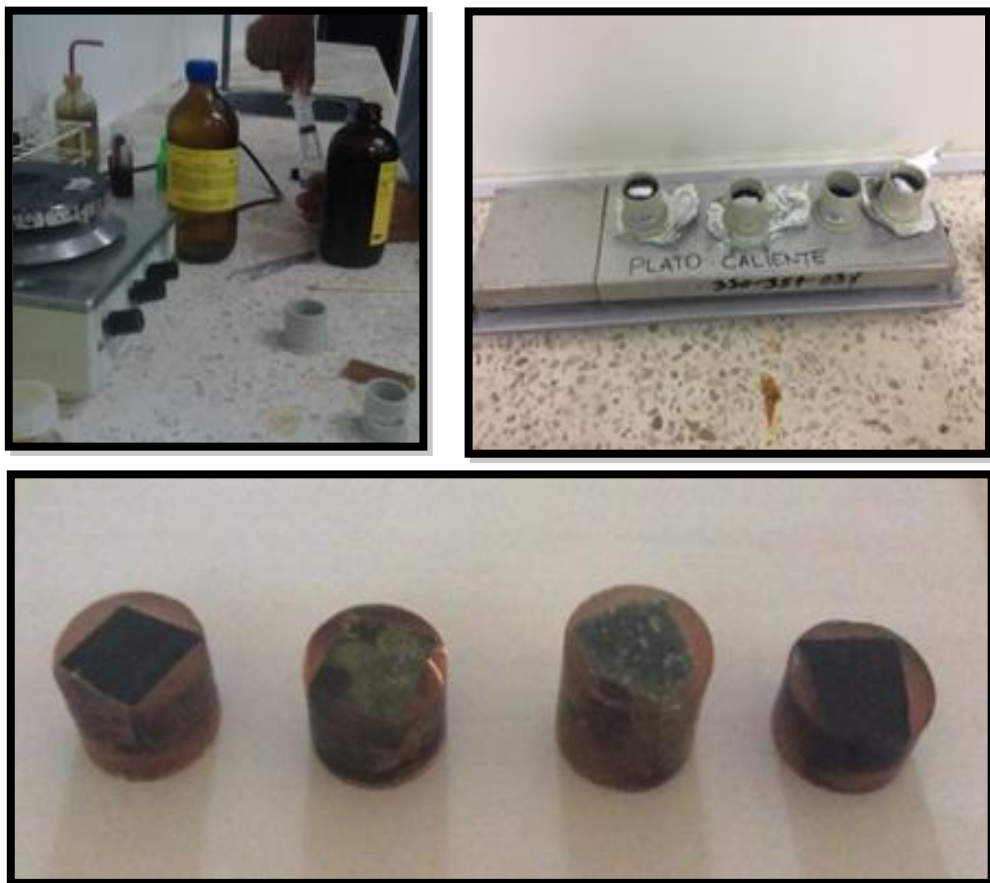


Foto 1.2.- Proceso de las láminas opacas. **Fuente:** Autor.

Como complemento a los estudios realizados en la Universidad de Guayaquil se estudiaron un número limitado de muestras (4) en el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Estos estudios consistieron en la descripción de cuatro láminas delgadas y 2 probetas pulidas mediante MOP y MEB. Además, se realizó un análisis químico mediante FRX de las cuatro muestras de roca en los Laboratorios de la Universidad de Oviedo (UNIOVI). Los resultados obtenidos fueron interpretados y relacionados con los descritos en Ecuador e incorporados conjuntamente en la memoria.

- MEB: JEOL 6010 PLUS/LA Touchscope con Filamento termoiónico de W, voltaje hasta 30 Kv (rango de 0,5-30 Kv) en 43 pasos. Corriente de sonda de 1 pA a 1 mA.
- MOP: (luz transmitida y Luz reflejada). Leica DM 6000. Motorizado-Automatizado.

1.4.3 Actividades en Gabinete

La metodología que se sigue para reconocer las propiedades de los minerales es mediante el uso del microscopio de luz polarizada y luz reflejada, en un microscopio petrográfico como se indica en la figura 1.1. Luego se realiza un conteo de los minerales para utilizar los diagramas ternarios que permiten reconocer el tipo de roca.

La luz que utiliza el microscopio es la luz natural que atraviesa un

polarizador que hace que la luz ya no vibre en todas las direcciones, sino que vibra en un solo plano. Este consta de 2 dispositivos que polarizan la luz.

- a) Polarizador
- b) Analizador

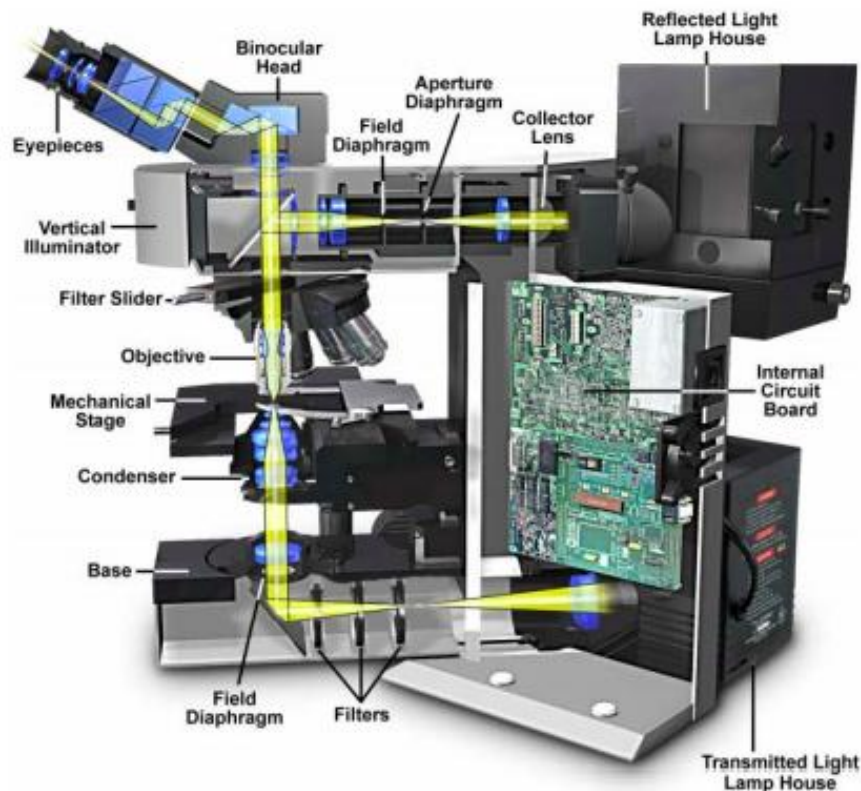
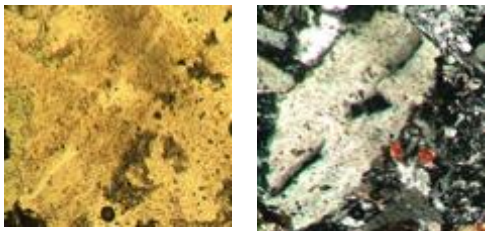
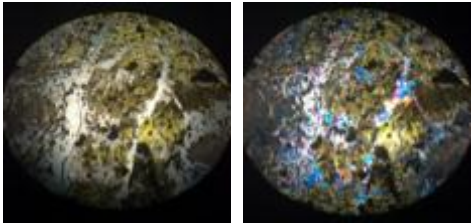
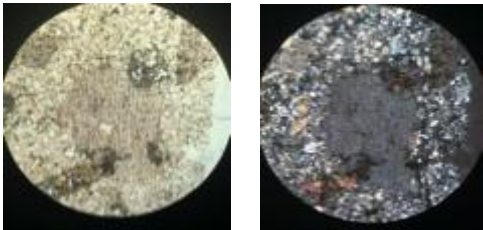


Figura 1.1 Partes del microscopio de polarización. **Fuente:** Davidson, MW, y Abramowitz, M. (2002)

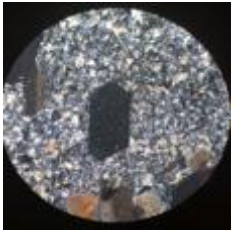
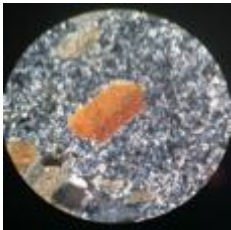
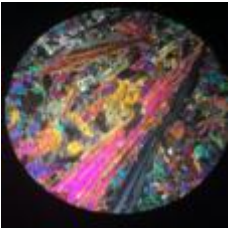
Las láminas delgadas o transparentes fueron observadas en microscopios petrográficos de luz polarizada de marca CARL ZEISS JENA con lentes de aumentos 4/0,10 - 10/0,25 – 32/0,10, pertenecientes a la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil y a la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Las propiedades ópticas de los minerales que se estudian para reconocer la presencia de los mismos son: (Rengel, 1999)

Tabla 1.3 Propiedades ópticas con nicoles paralelo.

Propiedades ópticas con Nicoles Paralelo		
Relieve	 Relieve bajo en plagioclasas de muestras PI 027 la amarilla	El relieve según se destaque en el campo visual se clasifica en relieve bajo, relieve moderado, relieve alto o fuerte.
Pleocroísmo	 Foto corresponde a la epidota muestra PI 019	En el caso de los minerales Isótropos, el color permanece constante al girar la platina; pero los minerales anisótropos presentan una propiedad especial y al girar la platina cambian los tonos de su color, este efecto se conoce como Pleocroísmo.
Exfoliación o clivaje	 Muestra PI 007 de la muestra una Foto de olivino y plagioclasea con habitos típicos	Es la tendencia que muestran los minerales a fracturarse según planos regulares. Estos planos corresponden a direcciones privilegiadas de la estructura cristalina. Son planos reticulares con una alta densidad de átomos, fuertemente unidos por enlaces.

Fuente: Autor

Tabla 1.4 Propiedades ópticas con nicoles cruzado.

Propiedades ópticas con Nicoles Cruzado		
Extinción	  Muestra PI 008. Extinción oblicua en plagioclasa 45°	Extinción Paralela: cuando ocurre en la dirección vertical u horizontal, paralela a la dirección de polarización de los nicoles. Extinción Oblicua: cuando ocurre con cierto ángulo de desviación de la dirección vertical u horizontal. Extinción Simétrica: ocurre en los minerales con clivaje rómbico, cuando las diagonales de los rombos son paralelas a la dirección de los nicoles.
Birrefringencia	 Muestra PI 015. La variación de colores de interferencia	Propiedad que controla la aparición de los colores de interferencia.
Maclas		Las maclas son asociaciones de cristales de la misma naturaleza regidas según leyes geométricas precisas ligadas a los elementos de simetría del sistema cristalino considerado. Una macla se puede desarrollar por contacto de una cara definida o por interpenetración de cristales.

Fuente: Autor.

En el caso de minerales opacos, la técnica empleada para su caracterización fue la microscopía de reflexión. Esta técnica permite el reconocimiento de las fases minerales presentes en una sección pulida a través de la identificación de sus propiedades ópticas al microscopio, con luz reflejada. El interés de esta técnica en el desarrollo de una mineralogía analítica aplicada está basado en su capacidad de competir con la química analítica, en problemas específicos (Berrezueta *et al.*, 2002; Castroviejo *et al.*, 2009).

La descripción de las propiedades cualitativas observables al microscopio (color, pleocroísmo, dureza, anisotropismo, reflexiones internas, etc.), separa estas propiedades según sean observadas con nicols paralelos (sin analizador) o con nicols cruzados (con analizador) en el microscopio óptico de reflexión.

Para clasificar una roca ígnea en base a su moda, se utilizan el diagrama ternario de Streckeisen, 1976 (figura 1.2), en los que se representan los contenidos de minerales primarios.

El diagrama utiliza los parámetros que se indican en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Parámetros para uso del diagrama de streckeisen

Q	Polimorfos de SiO ₂	Típicamente cuarzo, aunque también tridimita y cristobalita en algunas rocas ígneas cristalizadas a altas temperaturas
A	Feldespatos alcalinos	Incluyendo feldespato potásico (sanidina, ortosa y/o microclina) y albita (término de la serie de las plagioclasas con porcentajes molares de anortita entre 0 y 5 %)
P	Plagioclasas	Todos los términos de la serie de las plagioclasas con porcentajes molares de anortita entre 95 y 100 % y escapolita.
F	Feldespatoides	Leucita, pseudoleucita, nefelina, analcima, sodalita, noseana, kalsilita, haiiyina, cancrinita
M	Minerales máficos	Micas, anfíboles, piroxenos, olivino), minerales opacos en luz transmitida (magnetita, ilmenita), epidota, allanita, granate, melilita, monticellita, carbonatos primarios y accesorios (citrón, apatito, titanita, etc.).

Fuente: <https://www.goo.gl/79N1UP>.

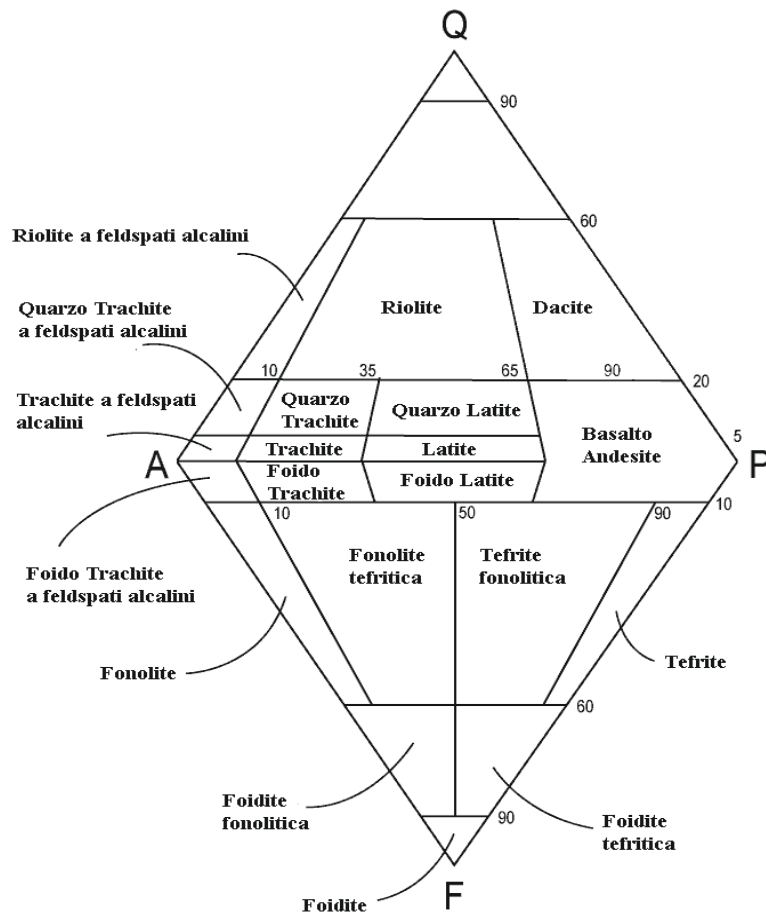


Figura 1.2 Diagrama de Streckeisen para rocas volcánicas. **Fuente:** <https://www.goo.gl/TafWGo>.

El conteo de minerales en rocas ígneas de textura afanítica es arduo, y se sigue la siguiente metodología (figura 1.3 A).

- Se realiza una foto digital de la muestra.
- Se sobrepone una malla de 12 por 12 líneas.
- Se analiza los minerales que se encuentran bajo de las intersecciones.

Por medio de un listado estadístico de todas las intersecciones se calcula los porcentajes totales y normados. Los datos obtenidos van en la ficha de la Figura 1.3 B

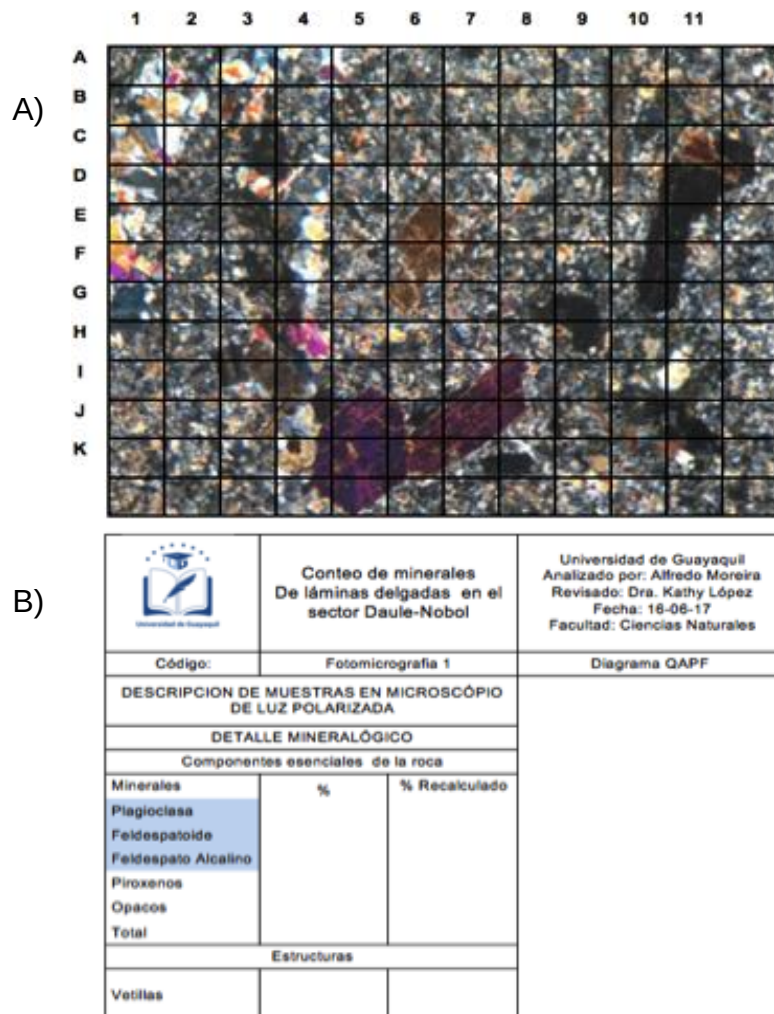


Figura 1.3 A). Malla para conteo B) Fichas técnicas para conteo de mineral. **Fuente:** Autor.

Una vez identificadas las tipologías de rocas mediante el estudio petrográfico se procedió al desarrollo de una cartografía en detalle del cuerpo ígneo. La caracterización geológica del cuerpo ígneo se plasmó mediante cortes geológicos y una cartografía a escala 1: 1000 donde, además de la información recolectada en el campo se incorporó la obtenida mediante análisis petrográficos. La cartografía se realizó en un Sistema de Información Geográfica (SIG) de acceso libre como Quantum SIG, que permitió determinar una cartografía temática más específica sobre zonas con uso potencial en la industria. La elaboración de esta cartografía temática se sustentó en las propiedades de las rocas definidas mediante petrografía y en las valoraciones que se dan en la literatura científica sobre las propiedades de las rocas según su tipología.

CAPÍTULO II

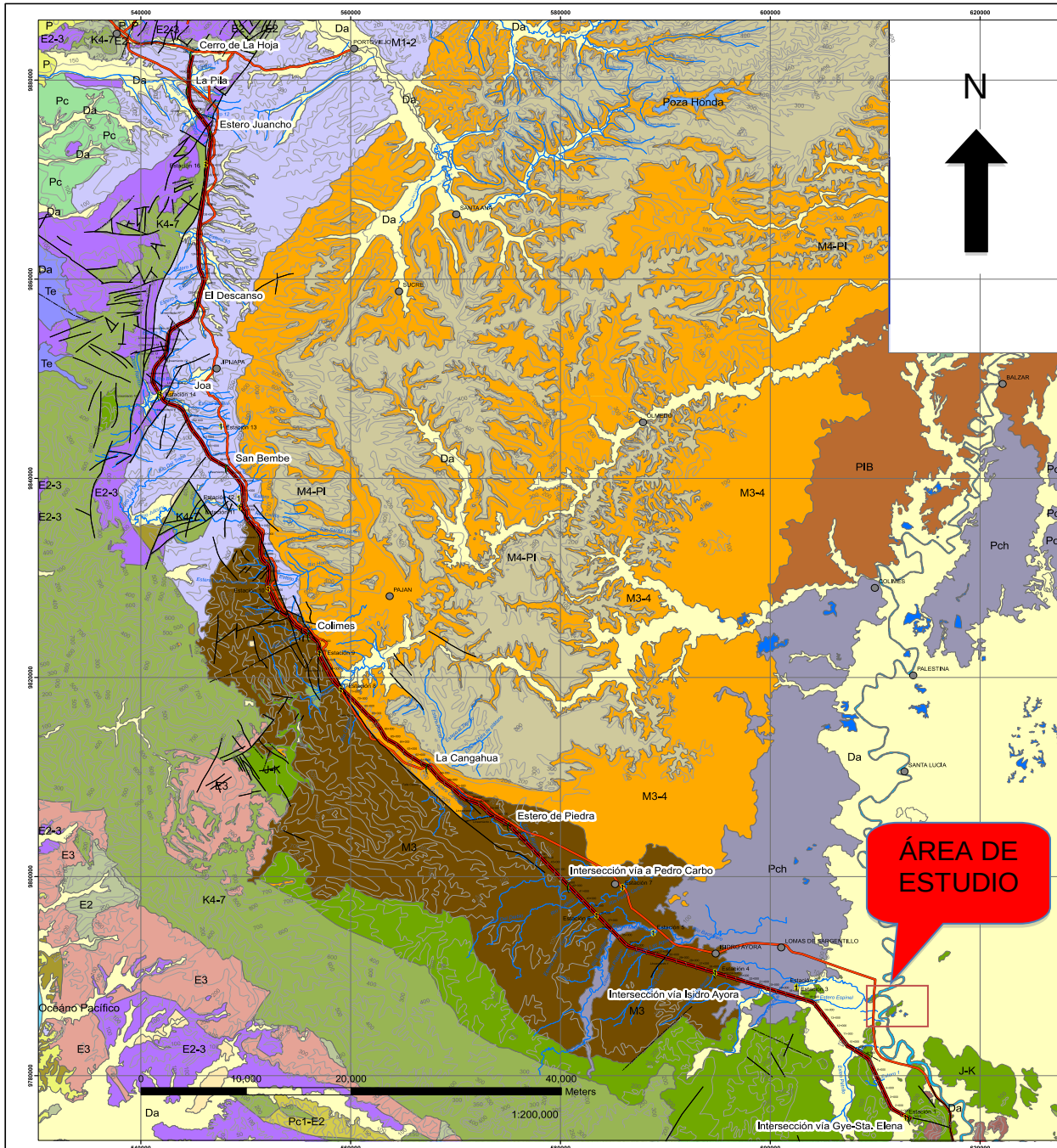
MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Las descripciones de la geología regional de este trabajo están enfocadas principalmente en el complejo ígneo de la Formación Piñón, de manera especial en el Bloque Piñón de Guayaquil, ubicado al Sur del Bloque Costero, como se indica en la mapa 2.1.

Esta zona inferior está limitada al Oeste por una cadena montañosa costera entrecortada (conocidas como las montañas de Jama-Mache, Cerro de Manta y Cordillera Chongón Colonche), compuesta de núcleos de rocas volcánicas y sedimentarias del Mesozoico, superpuesta por sedimento terciarios. Estas montañas y la estrecha zona costanera en le margen del Pacífico, específicadamente en la península de Santa Elena, tiene un clima sedimentario, excepto en las regiones Norteñas (Esmeraldas) y Sureñas (Guayaquil-Machala). (Baldock, 1982, p.12)

Las descripciones litológicas y estratigráficas que se hacen para la cobertura sedimentaria de este trabajo, son solo informativas, pues esta investigación está únicamente caracterizando una localidad puntual de material asignado inicialmente a la Fm. Piñón, por tal razón se citan descripciones breves de la Fm. Calentura, Fm. Cayo y Fm. Guayaquil.

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL



SIMBOLOGÍA

●	Cabeceras_cantonales	—	Trazado Guayaquil - Manta
1	Estación de exploración geológica	—	Via existente
(	Intercambiadores	—	Ríos
■	Mar	—	Falla Inversa
■	Lago	—	Falla Normal
■	Rio		
■	Poza Honda		

LEYENDA GEOLÓGICA

Formación	Descripción	Edad
Da	Depósito aluvial	Arcillas, arenas
Dc	Depósito coluvial	Conglomerados
P	Fm. Tablazo	Terrazas marinas bioclásticas
Pch	Fm. Pichilingue	Arenas, conglomerados, arcillas
PIB	Fm. Balzar	Arenas, conglomerados, arcillas
Pc	Fm. Canoa	Arenas, conglomerados, arcillas
M4-PI	Fm. Borbón	Areniscas tobáceas
M3-4	Fm. Onzole	Lutitas, limolitas
M3	Fm. Angostura	Coquina, areniscas, lodolitas
M1-2	Fm. Tosagua	Lutitas con intercalaciones de tobas
E3	Fm. Zapotal	Conglomerado, areniscas tobáceas, lutitas
Te	Fm. San Mateo	Turbiditas gruesas
E2-3	G. Ancón	Turbiditas, lutitas
E2	Fm. San Eduardo	Calizas, lutitas
Pc1-E2	Grupo Azúcar	Lutitas, areniscas, conglomerados
K4-7	Formación Cayo	Grauvacas, lutitas
J-K	Complejo Piñón	Lavas basálticas, tobas, brechas

PROYECTO DE TESIS:

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y CALCOGRÁFICA DEL AFLORAMIENTO IGNEO, ASIGNADO AL JURÁSICO, UBICADO EN LA PERIMETRAL DEL CANTÓN NOBOL-ECUADOR

AUTOR:

ALFREDO ROLANDO MOREIRA CHUYA

Mapa 2.1 Geología del Bloque Piñón, al sur se reconoce el área de estudio. **Fuente:** Hojas geológicas Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico del Ecuador INIGEMM



Escala:
1:200.000

Fecha:
SEP/2017



Mapa 2.1 Geología del Bloque Piñón, al sur se reconoce el área de estudio. **Fuente:** Hojas geológicas Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico del Ecuador INIGEMM

2.1 FORMACIÓN PIÑÓN (JURÁSICO - ALBIANO)

2.1.1 Historia

Se denomina a así a las rocas que constituyen el basamento máfico de los bloques costeros denominado Fm. Piñón. Originalmente, el término "Piñón" fue introducido por Tschopp (1948) para referirse a la Rocas volcánicas emplazadas en el norte de Guayaquil, y extendiéndose hacia el oeste hacia Nobol y Pedro Carbo. Los primeros trabajos propusieron una edad de cristalización Jurásico Tardío al Cretácico Temprano (Sauer, 1965; Tschopp, 1948), principalmente basado en ensamblajes bioestratigráficos alojados sobre la base de rocas sedimentarias (Thalmann, 1946).

Goossens and Rose (1973) propusieron que las rocas volcánicas oscuras y básicas en la costa, y más generalmente en los Andes septentrionales, debe ser llamado como el Complejo Básico Ígneo (CBI), implicando un origen común sobre una área extensa. Este término se utilizó en Ecuador hasta que Lebrat (1985) demostró que las rocas volcánicas del CBI constituyen tanto del MORB (Basaltos de dorsales mid-ocenáica) como de un arco de islas, que pueden ser identificadas a lo largo de la región costera. Desde entonces, el termino Fm. Piñón se aplica para designar sólo a las rocas máficas más antiguas, con características geoquímicas de MORB.

La Fm. Piñón se consideró que representaba un remanente de suelo oceánico normal (Goossens and Rose, 1973, Juteau *et al.*, 1977; Lebras *et al.*, 1987) hasta Reynaud *et al.*, (1999) demostraron que las rocas tienen

Características geoquímicas de rocas erupcionadas a partir de un *mantle-plumes*. Esta interpretación geoquímica corrobora la presencia de anomalías de un basamento grueso máfico que subyacente a la zona costera (Feininger y Seguin, 1983). Esto implica, que algunos de los bloques oceánicos que forman el antearco pudieron ser de una gran provincia ígnea (Reynaud *et al.*, 1999, Kerr *et al.*, 2002). Anteriormente la Fm. Piñón fue usada para designar a rocas máficas expuestas en el trasarco de la costa ecuatoriana, que extruyó sobre un *mantle-plume*.

La Fm. Piñón se extiende en todo el bloque costero del Ecuador, excepto en el bloque de Santa Elena, donde no ha sido posible distinguirlo. En los otros bloques (Mapa 2.1) no es fácil distinguir entre la Fm. Piñón y las rocas volcánicas de arco de islas que le sobreyace, y frecuentemente ambas unidades son mapeadas como Fm. Piñón (figura 2.1 y 2.2).

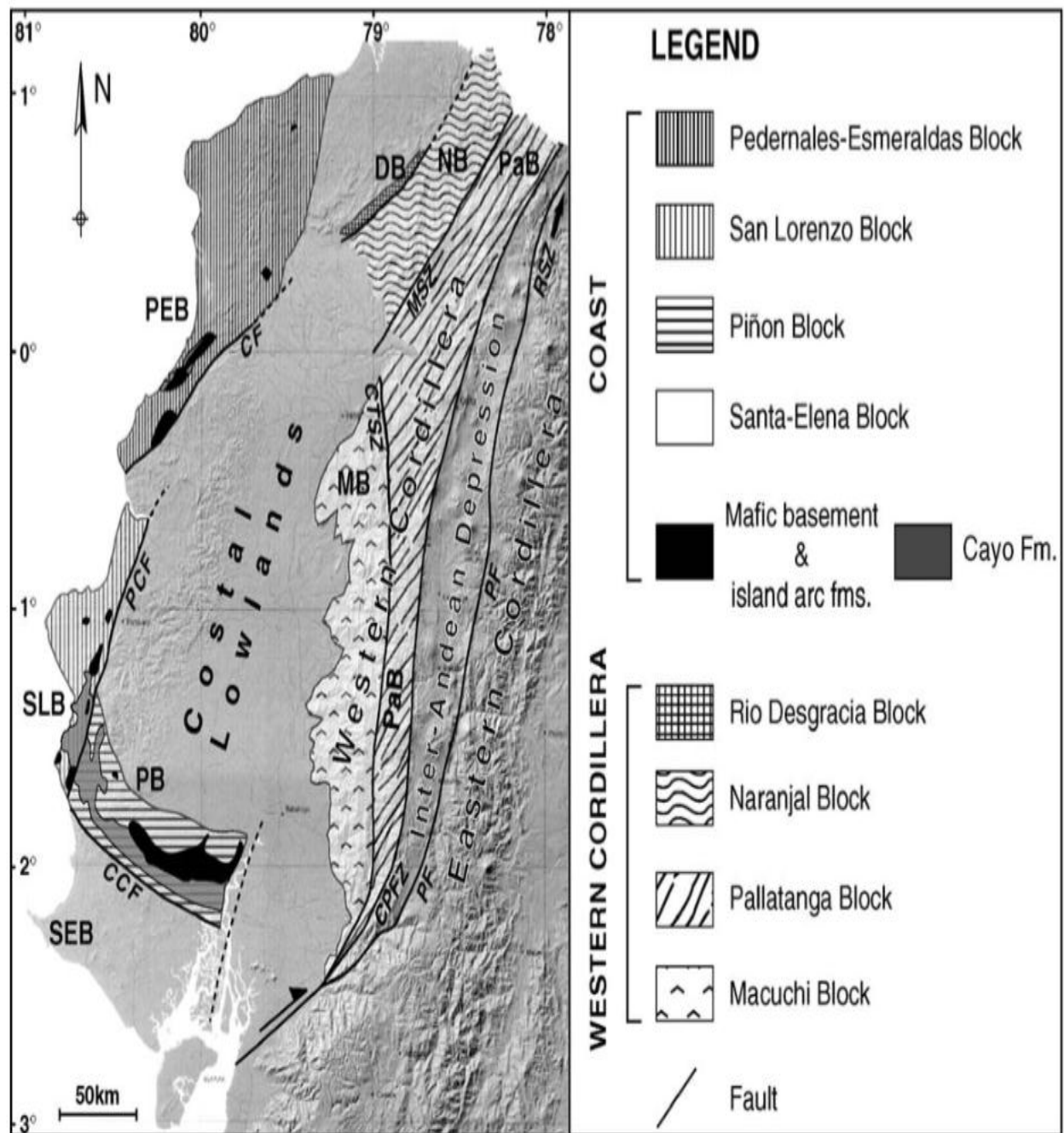


Figura 2.1 Mapa de unidades tectonoestratigráficas en el antebrazo ecuatoriano. Abreviaturas: CCF, falla Chongón-Colonche; CF, falla de Canandé; CTSZ, zona de corte Chimbo-Toachi; CPFZ, zona de falla Calacalí-Pujilí; DB, Bloque Desgracia; MB, bloque Macuchi; MSZ, Mulaute Shear Zone; NB, Bloque Naranjal; PaB, bloque Pallatanga; PB, Piñón Block; PEB, bloque Pedernales-Esmeraldas; PCF, falla Puerto Cayo; PF, Pallatanga Falla; RSZ, Romeral Suture Zone; SEB, bloque Santa-Elena; SLB, bloque San Lorenzo. La Falla de Pallatanga es la extensión ecuatoriana de la Zona de Falla Romeral. Plano de elevación digital de fondo de Souris. **Fuente:** (Luzieux *et al.*, 2006).

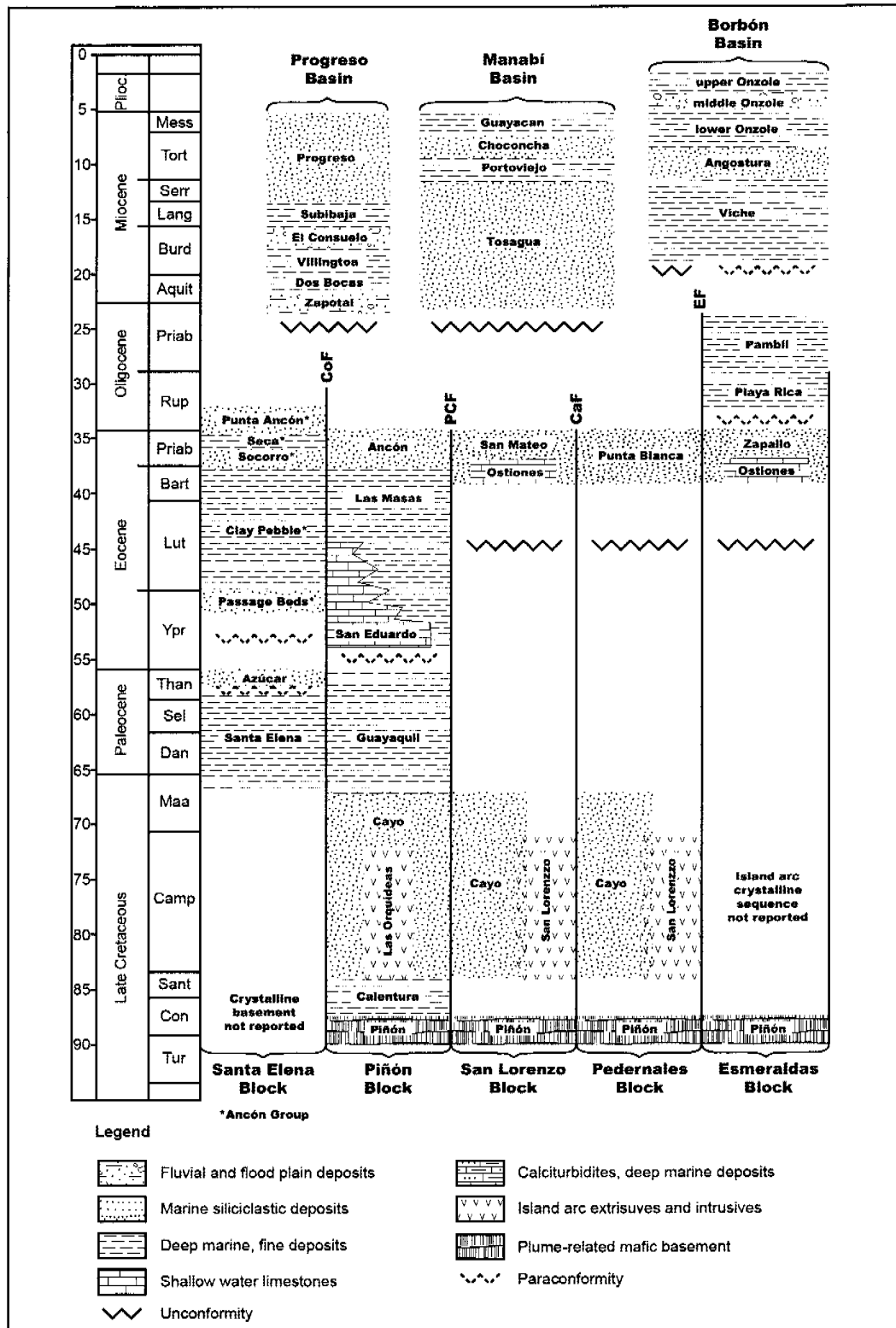


Figura 2.2 Columnas estratigráficas compuestas de los bloques costeros y de las cuencas neogénicas sobrepuestas. Abreviaturas: CoF, Falla de Colonche, PCF, Falla de Puerto Cava, CaF, Falla de Canande, EF, Esmeraldas Pauli Escala de tiempo de Gradstein *et al.*, (2004). Fuente: Luzieux 2007.

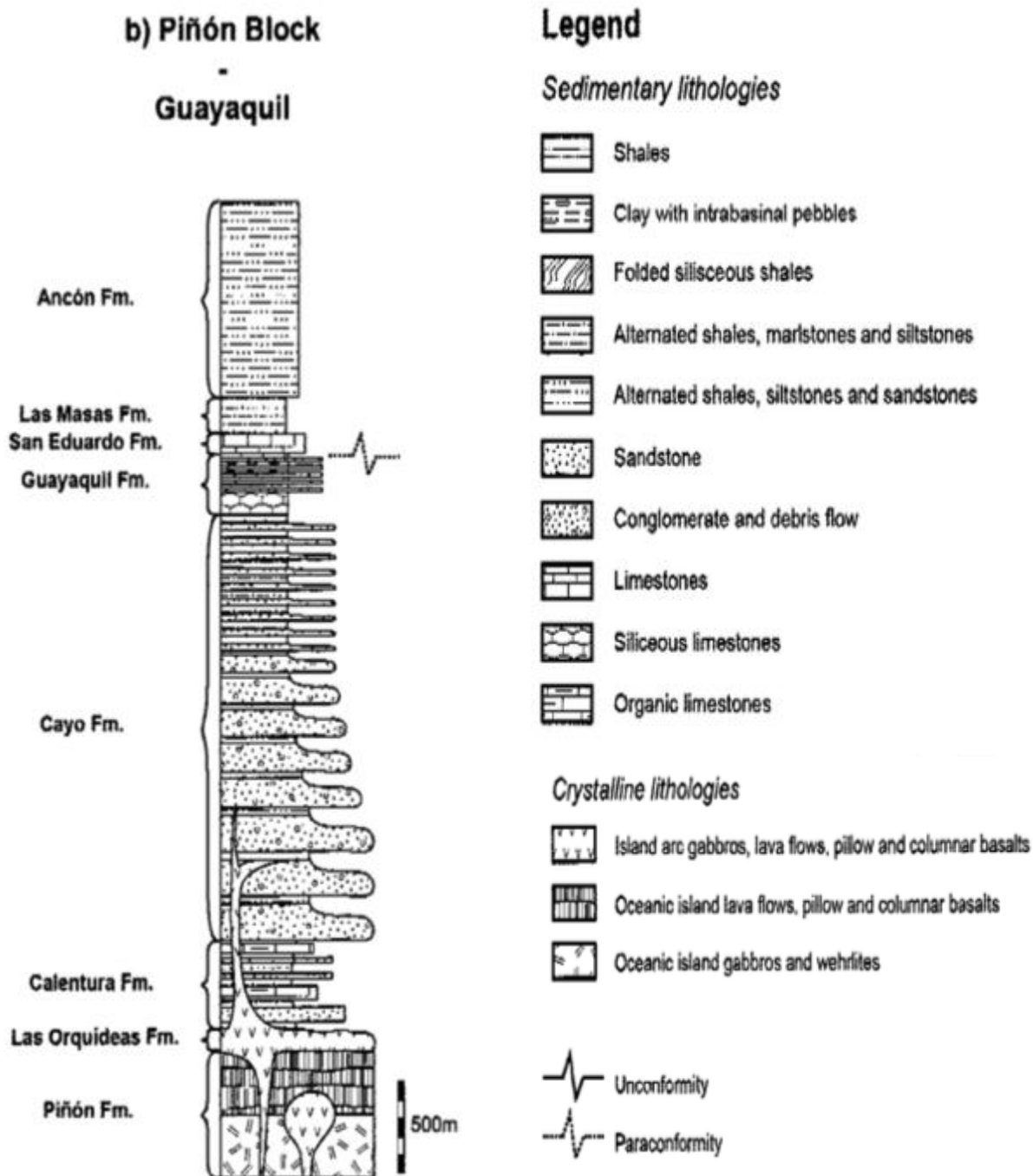


Figura 2.3 El bloque de Piñón, y de Guayaquil en el antebrazo costero sur. La escala métrica vertical se aplica para espesores de formación, no para camas individuales. Las compilaciones se basan en este trabajo y Benítez (1995). **Fuente:** Luzieux 2007

2.1.2 Litología y Petrología

La Fm. Piñón está representada por una amplia gama de litologías máficas, entre las que se incluyen las wehrlitas, los gabros, los flujos de lava, basaltos columnares y en almohadillas. Las rocas tienen metamorfismo de bajo grado representado por zeolita y facies de prehnita-pumpellyita (Raharijohana, 1980; Lebrat, 1985; Reynaud *et al.*, 1999).

En afloramientos al sur se localizan exposiciones de los bloques Piñón y San Lorenzo, y su litología es de basaltos y doleritas que contienen microlitos de plagioclasa y clinopiroxenos glomeroporfíricos que están incrustados en una matriz de vidrio pobre. En algunos casos, se puede observar la presencia de ortopiroxenos, pero han tenido un reemplazo principalmente por esmectita y clorita. Los gabros principalmente contienen piroxeno y plagioclasa (raramente se encuentra hornblenda), y tienen una estructura granular subeudrale. Las wehrlitas muestran una textura poikilitica, con cristales de olivino euhedral, a veces contenidos en grandes láminas de piroxenos.

Las exposiciones del Norte, que son los bloques Pedernales y Esmeraldas ambos, tienen en su litología basaltos en almohadilla en los que se distingue vidrio en almohadilla y hialoclastitas picríticas. Los basaltos almohadillados fíricos están compuestos por fenocristales de clinopiroxeno y plagioclasas sostenidos en una matriz de microlitos de plagioclasa y clinopiroxeno. Las hialoclastitas se componen de vidrio, el cual está

parcialmente reemplazado por palagonita, y contienen fragmentos picríticos y basálticos.

2.1.3 Atribución estratigráfica

Los autores que iniciaron las investigaciones en este complejo, asignaron una edad de cristalización que oscilaba entre el Jurásico y Albiano (Thalmann, 1946; Marks, 1956; Faucher and Savoyat, 1973; Jaillard *et al.*, 1995), basado en las relaciones radiométricas K / Ar y correlaciones bioestratigráficas.

Los intentos a la fecha del basamento por el método de K / Ar en roca total, revelaron edades entre 50 y 120 Ma (Goossens and Rose, 1973; Kennerley, 1980; Pichler and Aly, 1983; Wallrabe, 1990). Sin embargo, estas edades no son fiables, e indican dos razones, la primera porque no siempre está claro si las muestras analizadas son de la Fm. Piñón o son del arco de isla que le sobreyace, debido a que no hay datos geoquímicos para diferenciar entre estos dos tipos de rocas volcánicas, y segundo porque el rango amplio para estas edades permite sugerir que algunas rocas han experimentado la pérdida parcial de ^{40}Ar , que no puede ser cuantificada por el método K / Ar. Por lo tanto, estas edades no pueden utilizarse para proporcionar una medida cuantitativa exacta de la edad de la Fm. Piñón.

En las dataciones realizadas por Luzieux 2007 definieron una edad de 88.8 ± 1.6 Ma (2σ) en $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ de hornblenda, de un gabro localizado cerca de la ciudad de Nobol (coordenadas de UTM: 610094; 9787726, WGS 84).

Además, los análisis de datos geoquímicos para las tierras raras y otros elementos, son comparables a los datos previamente publicados en los que relacionan estas rocas con el *mantle-plume* en Ecuador (Reynaud *et al.*, 1999; Kerr *et al.*, 2002), confirmando la atribución estratigráfica de esta muestra para la Fm. Piñón (figura 2.3).

2.1.4 Correlación

El basamento máfico cristalino sería proveniente de un *mantle-plume* que está presente en los otros bloques a lo largo de la costa, incluyendo los bloques de San Lorenzo, Pedernales y Esmeraldas (Reynaud *et al.*, 1999; Kerr *et al.*, 2002), donde también se lo conoce como Fm. Piñón, esto a pesar de que no ha sido datada radiométricamente. Kerr and Tarney (2005) propusieron sobre los análisis geoquímicos que estas rocas pueden haber sido derivadas de dos puntos calientes oceánicos, con ubicaciones geográficas diferentes pero situados en la región del Pacífico. Sin embargo, Luzieux 2007 excluyen la posibilidad de que los remanentes de estas dos grandes provincias ígneas estén emplazados en toda la costa.

2.2 FORMACIÓN CALENTURA (CONIACIANA - SANTONIANA)

2.2.1 Historia

El término para Fm. Calentura fue introducido por primera vez por Thalmann (1946) refiriéndose al miembro basal de rocas volcanoclásticas de la Fm. Cayo. Este autor determinó que Biostratigráficamente correspondía a una edad Cenomanian-Turonian (100-90 Ma). Esta información también se ha utilizado para inferir la edad del complejo que la subyacente, Fm. Piñón. Sin embargo los actuales estudios bioestratigráficos, argumentan una edad Coniaciana a Santoniana.

2.2.2 Ocurrencia

La Fm. Calentura Se encuentra al norte de Guayaquil, y más generalmente al lado este Del Bloque Piñón. La Formación se adelgaza y finalmente se aprieta en la parte occidental del bloque. No se conocen afloramientos fuera del bloque Piñón, unos pocos afloramientos son fácilmente accesibles en los campos del Consorcio Las Iguanas, (Laboratorio de lixiviados y gases), Vía a Daule (km14.5), al norte de Guayaquil y la sección más completa se encuentra en el Río Guaraguau, al NW de Guayaquil.

2.2.3 Litología

El Fm Calentura se compone de capas decimétricas de lútitas negras que están intercaladas con turbiditas calcáreas, calizas orgánicas, margas y radiolaritas (figura 2.4). Hacia la parte superior de la formación, hay aproximadamente 5 metros de estratos decimétricas de areniscas y limolitas

(Río Guaraguau, coordenadas UTM: 595636; 9775610, WGS84). La sección de Río Guaraguau es de unos 70 m sin embargo, la Formación podría estar más desarrollada en otros lugares, ya que Benítez reporta un espesor de 400 m en Guayaquil. (Benítez, 1995).

La Fm. Calentura se superpone a la Fm. Piñón (Figuras 2.1a y 2.1b), aunque el contacto no ha sido observado. Los nuevos datos radiométricos y bioestratigráficos presentados en por Luzieux 2007 indican que existe un contacto entre ambas formaciones. La transición entre la Fm. Calentura y la Fm. Cayo es gradual, con un aumento del material clástico hacia la parte superior.

2.2.4 Ambiente de deposición

Las lútitas negras, calizas, margas y radiolaritas indican un ambiente marino de tipo deposicional hemipelágico.

En secciones delgadas, Luzieux 2007 reconocen calizas con una composición dominante de *mudstone*. Ocasional se observan los wackestones, donde los bioclastos están rotos y flotan en una matriz dominada por materia orgánica fina. Los bioclastos incluyen piezas de briozoos, foraminíferos pelágicos, bentónicos y aglutinados. Los Packstones son escasos y se formaron por deposición de lagunas de foraminíferos. Ocasionalmente se observa trazas de actividad bacteriana. La abundancia de materia orgánica en la matriz, indica un ambiente deposicional tipo anóxico. El escaso desarrollo

de los restantes foraminíferos pelágicos y los pequeños tamaños indican que el ambiente disódico en el que vivieron fue, por razones desconocidas, bastante hostiles.

Las areniscas graduadas y las limolitas, que aparecen en la parte superior de la formación, contienen clastos derivados de rocas volcánicas (piroxenos, hornblendes y vidrio volcánico), que fueron transportados a al ambiente hemipelágico, a través de flujos turbidíticos.

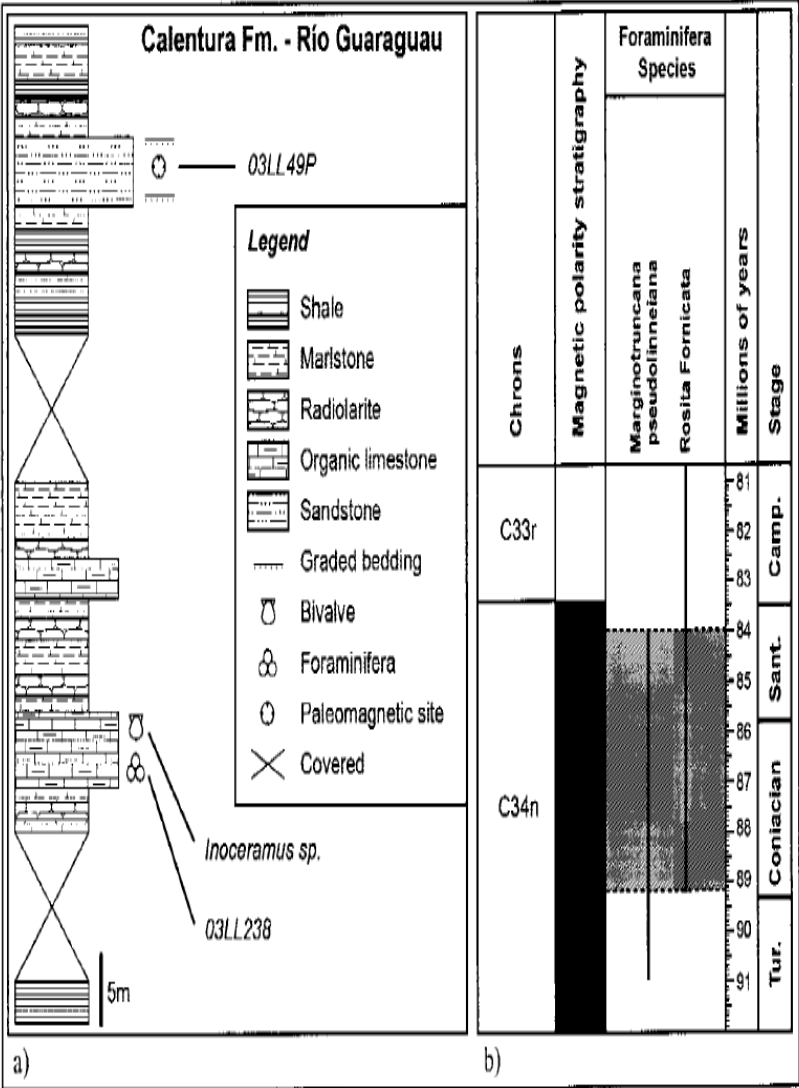


Figura 2.4 (A) litología de la Fm. Calentura., Río Guaraguau. (B) Biozonas de la fauna foraminífera planctónica en la muestra 03LL230, Fm. Calentura Río Guaraguau. Escala de tiempo después de Gradstein *et al.* (2004), escala bioestratigráfica después de Premoli Silva and Verga (2004) y escala de polaridad magnética después de Cande and Kent (1995). **Fuente:** Luzieux 2007

2.3 FORMACIÓN LAS ORQUÍDEAS

2.3.1 Historia

El término " miembro Las Orquídeas " fue introducido por primera vez por Benítez (1995) para rocas volcánica que se encuentran en los suburbios del norte de Guayaquil, quien la propuso para representar el componente volcánica efusivo de la Fm. Cayo. Más tarde, Reynaud *et al.* (1999) demostraron que las rocas geoquímica hacen distinguibles con una isla oceánica de afinidad, distinguiendo en de la *pluma mantle*-relacionados a rocas magmáticas de la Fm. Piñón por otra parte, se sugiere que la Fm. Cayo debe constituir estrictamente a las rocas sedimentarias y por lo tanto las rocas volcánicas proximal situado a Guayaquil están asignados a la Fm. Las Orquídeas.

2.3.2 Litología y petrología

La Fm. El Orquídeas se compone de microgabbros intrusivos y basaltos que forman estructuras de almohada. Basaltos y textura porfídica tiene microgabbros muestran con fenocristales de piroxeno con frecuencia que sustituyó por clorita y esmectita. La masa fundamental es rica en plagioclasa, y esta parte sustituido por esmectita y clorita.

La naturaleza de los contactos entre los volcánica de Fm. Las Orquídeas el clástico de la Fm. Cayo Subyacente y Fm. Calentura no se entiende completamente, porque no es posible identificarlo en el afloramiento sin embargo, diques máficos invaden la parte basal del Fm. Cayo (Benítez, 1995)

lo que sugiere que un componente de la Fm. Las Orquídeas son coetáneas o más jóvenes que la Fm. Calentura.

2.3.3 Atribución estratigrafía

La asignación de la estratigrafía Fm. Las Orquídeas principalmente están sin restricciones. Reynaud *et al.* (1999) sostiene la localidad, ya no existe (por lo tanto impidiendo su localidad), basaltos de almohada de la Fm. Las Orquídeas están concordantemente cubierta por la Fm. Calentura sin embargo, un estudio previo por Stalin Benítez (1995) afirma que no estaban presentes almohadas en los tipos de localidad (Stalin Benítez, comunicación personal, este archivo persona muestras los administrados analizados en Reynaud *et al.* 1999). En consecuencia, las muestras contempladas por Reynaud *et al.* (1999) de mayo-have archivo terminado el juego Gestionado de un cuerpo intrusivo, y por desgracia el resultado nunca será resuelta debido a la destrucción del afloramiento.

Aunque se requieren observaciones de datación radiométrica y / o nuevo campo para determinar las filas estratigráficas de la Fm. Las Orquídeas revirtieron la magnetización Grabado en el Fm. Las Orquídeas implica que la formación volcánica esta parcialmente más joven que la Fm. Calentura que está confirmada por relaciones intrusivas. Sin embargo, Luzieux 2007 prefieren asignar a las lavas y a las mayorías de rocas intrusivas como un equivalente del Fm. San Lorenzo, basado en los datos geoquímica de un arco de Islas en los datos paleomagnéticos.

2.4 FORMACIÓN CAYO (MAASTRICHTIAN - PALEOCENE)

2.4.1 Historia

Olsson (1942) asignó a la Fm. Cayo inferior a las facies marinas de rocas sedimentarias expuestas en los acantilados de Puerto Cayo (ubicado en el Bloque San Lorenzo), esta tiene litologías similares en el área de Guayaquil que también fueron asignadas a la Fm. Cayo (Thalmann, 1946; Bristow, 1976). Romero (1990) incluyó a Las Orquídeas y Calentura, como miembros de la Fm. Cayo, este autor presenta estudios más detallados sobre la formación del Bloque San Lorenzo y Benítez (1990) sobre el Bloque Piñón.

2.4.2 Litología

La Fm. Cayo consiste típicamente de secuencias repetitivas y delgadas de estratos de color verde oliva claro, flujos de escombros volcánicos y turbiditas silicificadas.

El espesor máximo de la Fm. Cayo Se estima en Guayaquil (a lo largo de la sección de circunvalación), aproximadamente 2400m. El espesor de la formación disminuye gradualmente hacia el noroeste, y la formación desaparece en la zona de Portoviejo - Manta. La sección reportada en el Bloque Pedernales tiene un espesor máximo de unos pocos cientos de metros.

La Fm. Cayo es generalmente más silicificado en el Bloque Piñón que en otros lugares y contiene sólo unos pocos clastos de piedra pómez, que se observan comúnmente en exposiciones más septentrionales.

Fm. Cayó sobreyace a la Fm. Calentura en el Bloque Piñón. El contacto no puede ser observado, pero estratos regionales similares observados en ambas formaciones indican una naturaleza concordante a para-concordante. La Fm. Cayo está en concordancia por debajo de la Fm. Guayaquil, la que fue depositada durante el Maastrichtian-Paleocene (Keller *et al.*, 1997).

En los bloques San Lorenzo y Pedernales, la Fm. Cayo descansa en la Fm. Piñón o en la Fm. San Lorenzo. La naturaleza del contacto no se ha caracterizado porque no se ha observado. Las Fms. San Mateo y Punta Blanca del Eoceno están por sobre Fm. Cayo en una discordancia angular (Romero, 1990; Benítez, 1995).

2.4.3 Ambiente de deposición

La parte inferior de la serie está compuesta principalmente de clastos volcánicos angulares a subangulares, incrustados en una matriz de fragmentos volcánicos más pequeños de Orto y clinopiroxeno, hornblenda, Plagioclasa, óxidos y vidrio volcánico.

La Fm. Cayo se hace más fina hacia su parte superior, que va acompañada de un aumento gradual de la fracción de bioclastos que se vuelven dominantes en la parte superior de la formación. Las espículas de esponja y los esqueletos radiolarianos son los principales responsables de la cementación silíceo en la parte superior del Fm. Cayo también están presentes los foraminíferos bentónicos y plantónicos. Los foraminíferos plantónicos tienen

pruebas anormalmente finas, que a menudo se rompen y se aprietan debido a la compactación del sedimento. La abundancia de microcavidades de mm a cm de ancho hacia la parte superior de la formación es indicativa de una actividad significativa de la bioturbación.

La tendencia al alza general de la melladura observada en el tamaño de grano y el espesor de la cama probablemente refleja la erosión progresiva del área volcánica de la fuente. Sin embargo, la profundización de la cuenca debido al hundimiento general (son asociada con la sumergencia de la fuente), también puede haber contribuido a la tendencia al alza de la finalización. Las mallas más pequeñas y de segundo orden se interpretan como el resultado de la migración lateral de los depocentro de ventiladores medianos e inferiores en un entorno de aguas profundas.

Varios moldes de flauta observados en Los Frailes (Bloque San Lorenzo, coordenadas UTM: 523169, 9835803. WGS 84) indican una dirección de flujo desde NE a SW, sin considerar las rotaciones post-deposicionales que el bloque obviamente experimenta. Esta observación es consistente con indicadores de paleo-transporte del flujo similares al este similares, aunque pocos, reportados tanto en los bloques de Piñón como de San Lorenzo (Benítez, 1995). Las trazas de betún se encuentran comúnmente en pequeñas grietas y poros, que probablemente derivan de la migración de hidrocarburos desde la Fm. Calentura subyacente.

2.5 FORMACIÓN GUAYAQUIL (MAASTRICHTIANO)

2.5.1 Historia

Thalman (1946) y Sheppard (1946) describieron por primera vez la Fm. Guayaquil, en el suburbio de Guayaquil conocido como San Pedro; en este lugar el cuerpo expuesto no es muy largo. Benítez en 1995 propuso una nueva localidad del afloramiento en un redondel de la vía noroeste Guayaquil-Salinas.

2.5.2 Litología

La Fm. Guayaquil está compuesta de aproximadamente 300 m de estratos con espesores centimétricos a disimétricos, de calizas silíceas con nódulos de chert, areniscas turbidíticas y limos de tufitas intercalados con lútitas y estratos de cenizas en la base de la columna estratigráfica (~ 90m) de la formación existe estratos centimétricos a disimétricos de calizas silíceas negras, nódulos de chert y limolitas marrones. En la parte media (~ 200m), las areniscas tufitas son de disimétricas a métricas y alternan con calizas silíceas. Las areniscas se vuelven progresivamente más calcáreas y ricas en materia orgánica hacia la parte superior.

El techo de la Fm. Guayaquil (~ 20m) está compuesto de calizas silíceas, con algunas deformaciones sedimentarias (estructuras sedimentarias de deslizamiento) que están intercaladas con areniscas turbidíticas. Ocasionalmente se reconocen diques sedimentarios estos rellenos de areniscas en la parte media y baja de la formación.

Mejía (1997) propuso que las areniscas turbidíticas fueran depositadas por flujos las paleo-corrientes desde el SSW, basado de un estudio de la imbricación de granos. Desafortunadamente, el autor no aclaró sus criterios para distinguir entre imbricación de granos, aguas arriba o aguas abajo, y sus conclusiones no han sido verificadas por otras publicaciones. Sin embargo, Benítez en una comunicación indicó que la imbricación se derivaría de una corriente de aguas arriba, los cuales se predicen con modelos predictivos (Rusnak, 1957) y observaciones (Spotts, 1964) que sugieren que las direcciones paleocorrientes fueron del S-SW, confirmando las conclusiones de Mejía (1997).

El contacto entre la Fm. Guayaquil y la Fm. Cayo que la subyacente, es concordante; el contacto entre la Fm. Guayaquil y las calizas del Eoceno de la Fm. San Eduardo, está sobrepuestas en paraconformidad.

2.5.3 Atribución estratigráfica

La Fm. Guayaquil fue depositada durante el Maastrichtiano al paleoceno tardío, de acuerdo con las asociaciones de radiolarios encontrados (Benítez, 1995). Los miembros inferiores y medios fueron estudiados a detalle por Keller *et al.*, (1997), específicamente para definir que esta formación está localizada en el límite del Cretácico – Terciario.

CAPÍTULO III

GEOLOGIA LOCAL

Los resultados encontrados durante el desarrollo de esta tesis de grado han sido los siguientes:

- El inventario e identificación de los rasgos geológicos y estructurales del afloramiento estudiado.
- El estudio y caracterización petrográfica de las muestras recolectadas en el afloramiento volcánico mediante técnicas de microscopía: (MOP) y Microscopía electrónica (MEB) y análisis químicos (FRX). Análisis de láminas y probetas con luz reflejada y luz transmitida, respectivamente.
- Estimación del Esfuerzo de Compresión Uniaxial
- Desarrollo de una cartografía detallada preliminar (geológica y temática) mediante el uso de la información recolectada en el campo y los análisis en laboratorio.

3.1 RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE CAMPO

La descripción de la geología local incluyó, la descripción y medición de datos estructurales, litológicos, y estratigráficos in situ, destacando la naturaleza y el tipo de roca y suelos modernos, presencia de fallas geológicas

meteorización química y física, medida de espesores, secuencia cronológica de formación, y finalmente, grados de alteración.

En general, el cuerpo ígneo estudiado presenta una exposición de roca que se encuentra sin mucha alteración (roca fresca) en todo el afloramiento. El afloramiento inicia en la abscisa 1+700 hasta 2+100 de la vía perimetral Daule-Nobol.

Un primer estudio se enfocó a establecer perfiles o cortes geológicos en el cuerpo aflorante (Figura 3.1). Éstos permitieron extraer una información general sobre principales estructuras y litología presentes. Los perfiles desarrollados (A, B, C y D) se representan por medio de fotos panorámicas (foto 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4).



Figura 3.1 Ubicación de Perfiles fotográficos. **Fuente:** Google Earth.

El Perfil A se inicia con la descripción desde el sureste, iniciando por la abscisa 1+700. En este sector se reconoce meteorización del cuerpo ígneo, seguido esta el cuerpo de rocas volcánicas en el que se reconoció diferenciaciones magmáticas. Estas son de dos tipos, una de color gris oscuro y otra de color gris muy claro. Aquí también queda expuesta una falla de tipo inversa debido a los esfuerzos compresivos de la zona (foto 3.1).



Foto 3.1 Fotografía panorámica del Perfil A. Muestras PI 002 y PI 001 Basalto Andesítico.
Fuente: Autor.

El Perfil B está entre las abscisas 1+940 hasta 1+770. Aquí se reconoce y la diferenciación magmática, como diques, de color gris claro, que ingresa en el magma predominante de color gris oscuro (foto 3.2).

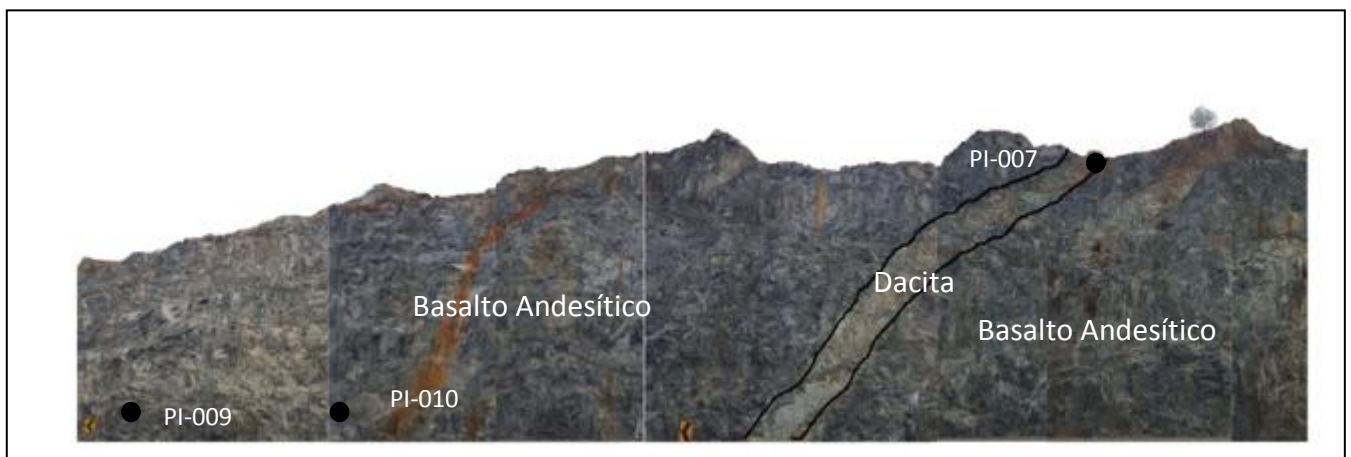


Foto 3.2 Fotografía panorámica del perfil B. **Fuente:** Autor

El Perfil C presenta un cuerpo un color gris oscuro desde la abscisa 1+760 hasta 1+700. En la parte superior se reconoce meteorización de las rocas ígneas, y gran parte de este material ya ha sido removido por erosión (foto 3.3).



Foto 3.3 Fotografías panorámicas de la zona meteorizada. **Fuente:** Autor.

El Perfil D se encuentra en frente de los perfiles A, B y C. En la Foto 3.4 Se reconocen los dos frentes de exposición de las rocas y se puede ver los diferentes colores para los magmas.



Foto 3.4 Vista de los diques en el afloramiento. **Fuente:** Autor.

Los datos recolectados en los perfiles permitieron distinguir posibles cambios en la litología aflorante y, por lo tanto, planificar la toma de muestras para la correcta caracterización de tipologías de rocas mediante petrografía y geoquímica. Además, se pudo recolectar datos sobre contactos y estructuras generales que sirvieron para el desarrollo de la cartografía detallada.

Dentro del trabajo de campo también se describió las características litológicas de las muestras tomadas junto con las coordenadas de recolección (Tabla 3.1). Esto permitió una descripción del afloramiento específico de zona aledaña a la del muestreo.

En campo, las muestras recolectadas fueron descritas y etiquetadas. Las muestras fueron analizadas para obtener las propiedades físicas que permitieran clasificarlas preliminarmente. Las propiedades descritas fueron, color, textura, magnetismo, reacción al HCl, estimación de dureza de la roca con el golpe del martillo geológico y otras características como fisuras y sus rellenos. En general, una primera clasificación por su color permitió diferenciar 4 grupos de rocas (que están en color gris oscuro, gris oscuro verde oliva, gris y gris claro). Posiblemente: Basalto, Basalto andesítico, diorita y roca volcánica alterada (meteorizada). Como información adicional fue posible establecer que gran parte de este afloramiento está afectado por un proceso posterior de fluidos que es reconocido por la presencia de vetillas rellenas de carbonatos, cuarzo y en algunos casos epidota (ANEXO I: Descripción de muestras de

rocas).

Muestra P-001

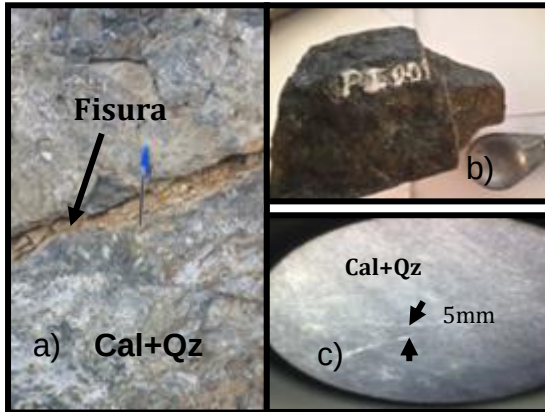


Foto 3.5.-Muestra P-001. a) Fisura de hasta 7cm de espesor b) Muestra de mano, c) reconocimiento macroscópico

El sector donde se tomó la muestra PI-001 es adyacente a la zona meteorizada, contiene fisuras de hasta 7 cm de espesor rellenas de pequeños fragmentos de rocas alteradas a arcillas (Foto 3.5 a), también se reconoce una pátina de carbonato, que es por donde se ha desprendido el bloque para dejar la roca en exposición.

La foto 3.5 b se reconoce que la roca es de textura afanítica, de color gris oscuro con vetillas de hasta 0,5 cm rellenas de carbonatos y cuarzo de color blanco lechoso. La muestra se rompe a los 1 -2 golpes.

Muestra P-004

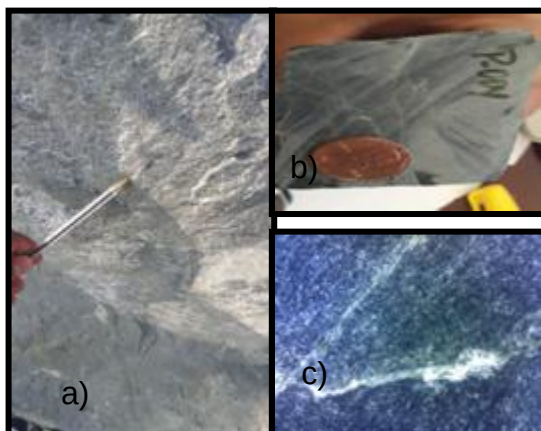


Foto 3.6.- Muestra P-004. a) Lugar donde se secciona. b) Muestra de mano, c) reconocimiento macroscópico.

La foto 3.6 a corresponde a un “espejo de falla”, la misma que esta rellena de calcita y cuarzo. La muestra de mano, foto 3.5 b, de la roca de caja es de color gris oscuro con pequeñas vetillas de la misma mineralización, ver foto 3.6 c.

Muestra P-006

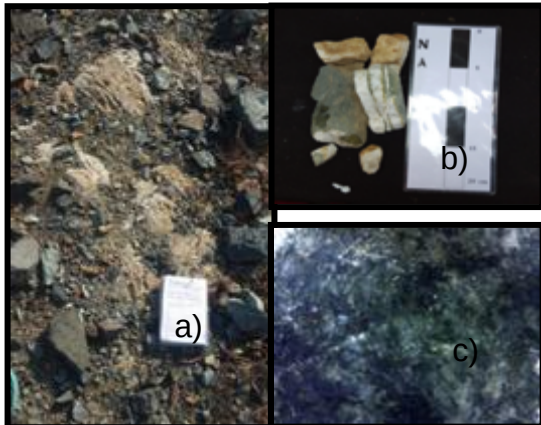


Foto 3.7.- Muestra P-006. a) Roca ígnea fresca. b) Muestra de mano, c) reconocimiento macroscópico

En el sector del punto muestreado se reconoce la presencia de una falla de mayor espesor que otras, llegando a medir hasta 3,5 cm, ver en la foto 3.7 a. La falla esta rellena de calcita y cuarzo. En algunos sectores se presenta zonas de oxidación de la roca, probablemente por alteración de la

pirita presente. En la foto 3.7 b se muestra la coloración verdosa asignada a epidota, en la muestra de mano de roca color gris oscuro.

Muestra P-011

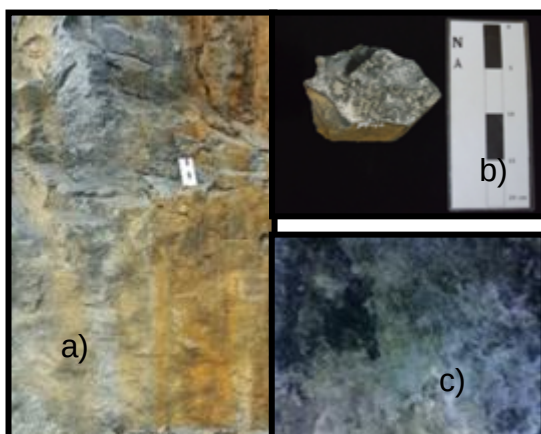


Foto 3.8- Muestra P-011. a) Lugar donde se secciona. b) Muestra de mano, c) reconocimiento macroscópico

La muestra es de la zona de oxidación de la parte superficial del cuerpo básico aunque también presenta una cobertura de calcita con cuarzo, ver foto 3.8 a. La roca es de color gris, en lupa digital se reconoce epidota por sobre la calcita (foto 3.8 b y c). No posee presencia de sulfuros.

Muestra P-012



Foto 3.9.- Muestra P-012. a) Lugar donde se secciona. b) Muestra de mano, c) reconocimiento

En la zona de selección de muestra se reconoce un juego de tres fallas paralelas rellenas de calcita + cuarzo de hasta 5 mm de espesor. La roca de caja es de color gris (foto 3.9 a) y en la muestra de mano se reconoce pequeñas vetillas de hasta 2 mm y presencia de epidota, y muy bajo

magnetismo.

Una descripción general de los datos recolectados en el campo de presentan en la Tabla 3.1

Las muestras PI039 y PI048 tienen un alto magnetismo, las muestras PI023, PI029, PI038, PI042 y PI044 tiene bajo magnetismo, PI002, PI035 y PI040 son de muy bajo magnetismo.

Tabla 3.1 Ubicación de muestras de mano. Coordenadas en sistema UTM WGS-84, Zona 17 Sur.

TABLA DE DESCRIPCION DE ROCAS DELAFLORAMIENTO DE ESTUDIO DAULE - NOBOL							
FECHA: 25 de septiembre 2016		Abreviatutas en el magnetismo		Alto (A) Muy bajo (Mb) Bajo (B) No Contiene (Nc)	Ensayos  Láminas transparente  Láminas Opacas		
	COORDENADAS				DESCRIPCION		
Código	X	Y	Color	Clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)	Minerales	Magnetismo	DUREZA(Golpes de martillo)
PI-001	611580	9786200	gris oscuro	Basalto Andesítico	Presenta vetillas de hasta 5 mm compuestas de carbonatos y cuarzo.	Nc	1
PI-002	611580	9786200	gris oscuro	Basalto Andesítico	Presenta fisuras de hasta 1 mm rellenas de cuarzo, carbonato y epidota.	Mb	3
PI-003	611580	9786200	gris oscuro	Basalto Andesítico	Se reconoce un cristal horblenda de 0,04 mm además presencia de pirita y calcopirita <1mm, ambas diseminadas pero también se las identifica en fisuras que están rellenas de cuarzo, carbonato y epidota.	Nc	3
PI-004	611580	9786200	gris clara	Dacita	Contiene cristales de calcopirita con tamaños entre 1mm y 0,003mm y algunas fisuras milimétricas rellenas de cuarzo y calcita.	Nc	3
PI-005	611548	9786200	gris	Basalto Andesítico	Contiene calcopirita diseminada de hasta 0,01mm. Vetillas de carbonatos y cuarzo con poco epidoto	Nc	7
PI-006	611528	9786200	gris	Basalto Andesítico	Contiene fisuras de carbonatos y cuarzo con epidoto en algunas regiones. Se reconoce cristales de horblenda de hasta 1mm.	Nc	7
PI-007	611492	9786208	gris clara	Dacita	Contiene cristales de calcopirita de hasta 0,01mm. Fisuras de hasta 1 cm de espesor rellenas de carbonatos y cuarzo. La muestra está cubierta por oxidación.	Nc	7
PI-008	611432	9786226	gris clara	Dacita	Contiene abundantes cristales de calcopirita y fisuras de hasta 0,3 mm rellenas de carbonatos y cuarzo.	Nc	7
PI-009	611400	9786244	gris	Basalto Andesítico	Muestra con alto grado de meteorización, contiene gran cantidad pirita de hasta 0,03 mm.	Nc	3
PI-010	611379	9786274	gris oscura	Basalto Andesítico	Contiene pocos cristales de magnetita de tamaños de 1mm, también calcopirita diseminada de hasta 1mm, además abundante oxidación.	Nc	3
PI-011	611365	9786290	gris	Basalto Andesítico	Contiene fisuras rellenas de carbonatos y cuarzo con epidoto en algunas regiones.	Nc	3
PI-012	611349	9786307	gris	Basalto Andesítico	Contiene fisuras de carbonatos y cuarzo con epidoto en algunas regiones.	Mb	4
PI-013	611333	9786319	gris clara	Dacita	Contiene calcopirita diseminada de tamaños de hasta 1 mm, presenta zonas de oxidación	Nc	2
PI-014	611319	9786352	gris clara	Dacita	Muestra con alto grado de meteorización, contiene gran cantidad pirita de hasta 0,03 mm y pocas calcopiritas.	Nc	4
PI-015	611308	9786367	gris + verde oliva	Basalto Andesítico	Contiene calcopirita de hasta 1mm y fisuras rellenas de carbonatos, cuarzo y epidoto.	Nc	4
PI-016	611300	9786370	gris	Basalto Andesítico	Contiene magnetita de hasta 1mm y cristales de calcopirita de hasta 1mm.	Mb	3
PI-017	611290	9786379	gris	Basalto Andesítico	Contiene feldespatos de hasta 5 mm	Nc	5
PI-018	611270	9786400	gris clara	Dacita	Contiene fisuras de carbonatos y cuarzo con epidoto en algunas regiones.	Nc	3
PI-019	611279	9786382	gris clara	Basalto	Contiene cristales anhedral de calcopirita y fisuras de carbonatos, cuarzo con epidoto en algunas regiones.	Nc	3
PI-020	611230	9786282	gris oscura + verde oliva	Basalto Andesítico	Contiene calcopirita de hasta 0,01 mm. Fisuras de carbonato, cuarzo y epidoto.	Nc	3
PI-021	611219	9786278	gris oscura + gris oliva + marrón	Basalto Andesítico	Contiene fisuras de carbonatos y cuarzo con epidoto en algunas regiones, también se reconoce arsenopirita.	Nc	4
PI-022	611204	9786276	gris oscura	Basalto Andesítico	Contiene calcopirita diseminada de hasta 0,01 mm y pocos óxidos de manganeso.	Nc	3
PI-023	611192	9786283	gris oscura + marrón	Basalto Andesítico	Muestra con cubiertas de oxidación que contiene arsenopirita.	B	4
PI-024	611120	9786219	gris oscura + marrón	Basalto Andesítico	Muestra con cubiertas de oxidación que contiene arsenopirita.	Nc	4
PI-025	611112	9786208	gris	Basalto Andesítico	Contiene feldespatos de hasta 3 mm.	Nc	4
PI-026	611102	9786175	gris oscura + marrón	Basalto Andesítico	Contiene fisuras de hasta 0,3 mm rellenas de carbonatos y cuarzo. Pocos óxidos de manganeso	Nc	4
PI-027	611074	9786080	gris clara	Dacita	Contiene feldespatos de hasta 3 mm.	Nc	4
PI-028	611025	9785990	gris + marrón	Basalto Andesítico	Contiene fisuras de carbonatos y cuarzo con epidoto en algunas regiones, también se reconoce arsenopirita.	Nc	4
PI-029	611023	9785920	gris oscuro	Basalto Andesítico	Contiene fisuras de hasta 0,3 mm rellenas de carbonatos y cuarzo. Pocos óxidos de manganeso	B	4
PI-030	611380	9786095	gris oscura + marrón	Basalto Andesítico	Contiene fisuras de carbonatos y cuarzo con epidoto en algunas regiones, también se reconoce arsenopirita y óxidos de manganeso.	Nc	4
PI-031	611374	9786087	gris oscura + marrón	Basalto Andesítico	Pátinas de Calcita + arsenopirita	Nc	4
PI-032	611435	9786216	gris	Basalto Andesítico	Calcopirita de 0,01 mm	Nc	5
PI-033	611434	9786244	gris+ verde oliva	Basalto Andesítico	Epidota	Nc	5
PI-034	611247	9786301	gris	Basalto Andesítico	Contiene fisuras de carbonatos y cuarzo con epidoto en algunas regiones, también se reconoce arsenopirita.	Nc	5
PI-035	611513	9786103	gris	Basalto Andesítico	Contiene fisuras de carbonatos y cuarzo con epidoto en algunas regiones, también se reconoce arsenopirita.	Mb	5
PI-036	611524	9786117	gris	Basalto Andesítico	Magnetita de 1mm, calcopirita 3mm	b	5
PI-037	611529	9786152	gris	Basalto Andesítico		Nc	4
PI-038	611563	9786252	gris	Basalto Andesítico	Calcopirita de 0,01 mm , cuarzo de aproximadamente 0,03mm	B	5
PI-039	611540	9786257	gris	Basalto Andesítico	Posee pirita másiva de aproximadamente 0,01 mm y se encuentra pátina calcita	A	5
PI-040	611525	9786266	gris	Basalto Andesítico	Calcopirita de 0,01 mm, pátina de calcita	Mb	5
PI-041	611513	9786267	gris oscura	Basalto Andesítico	Rica en sulfuros	Nc	4
PI-042	611492	9786272	gris clara + verde oliva	Basalto Andesítico	Calcopirita de 0,01 mm, horblenda de 0,03mm + epidota	B	4
PI-043	611455	9786294	gris oscura	Basalto Andesítico	Pátina de calcopirita de 1mm, pátina de calcita	Nc	5
PI-044	611425	9786309	gris	Basalto Andesítico	Pátina de Magnetita , calcopirita de 3mm	B	5
PI-045	611430	9786323	gris clara	Dacita	cuarzo de 1mm	Nc	4
PI-046	611420	9786325	gris oscura	Basalto Andesítico	Calcopirita de hasta 1 mm asociada a alteraciones . Se observa pirita muy pequeña menores a 0,01 mm.	Nc	6
PI-047	611380	9786349	gris oscura + verde oliva	Basalto Andesítico	Calcopirita de aproximadamente 1mm, posee pátina calcita+epidota	Nc	6
PI-048	611350	9786378	gris + verde oliva	Basalto	Pátina de magnetita, pátina de cuarzo, calcopirita de 1mm+epidota	A	6

Fuente: Datos tomados por Autor,diciembre , 2016

3.2 IDENTIFICACIÓN DE ROCAS

La identificación específica de las rocas se realizó mediante técnicas microscópicas y geoquímicas. El estudio en laboratorio se realizó sobre las muestras recolectadas.

3. 2.1 Estudio y caracterización petrográfico

Los cortes petrográficos de láminas delgadas permitieron reconocer los porcentajes de los minerales presentes en las rocas. Estas descripciones se realizaron en base a las propiedades ópticas de cada mineral. Fueron 12 láminas delgadas en las siguientes muestras: PI 002, PI 003, PI 005, PI 007, PI 008, PI 009, PI 010, PI 015, PI 019, PI 027, PI 039, PI 044. (Tabla 3.1)

Mediante este análisis se reconoció predominancia de Plagioclasas en todas las muestras estudiadas de manera especial es el componente principal de la pasta de la roca. Por otro lado se identifica la presencia de piroxenos en las muestras de color gris oscuro, gris oscuro verde oliva y gris, mientras que las muestras de colores gris claro, correspondientes a las lavas ácidas, incluyen la presencia de cuarzo y feldespatos alcalinos. El piroxeno que se identificó fue la augita, fue difícil identificar el tipo de plagioclasea por la forma de los cristales y porque gran parte está distribuido en la matriz.

En cuanto a minerales accesorios se identificó: epidota, clorita y opacos, si como también la presencia de vidrio volcánico en algunas muestras y en muy pocas muestras se reconoció la presencia de anfíboles y olivinos; y en una de

las muestras que presenta alteración se reconoció la prehnita. La clorita al igual que la prehnita sería producto de alteración de las plagioclasas específicamente los contenidos en la matriz.

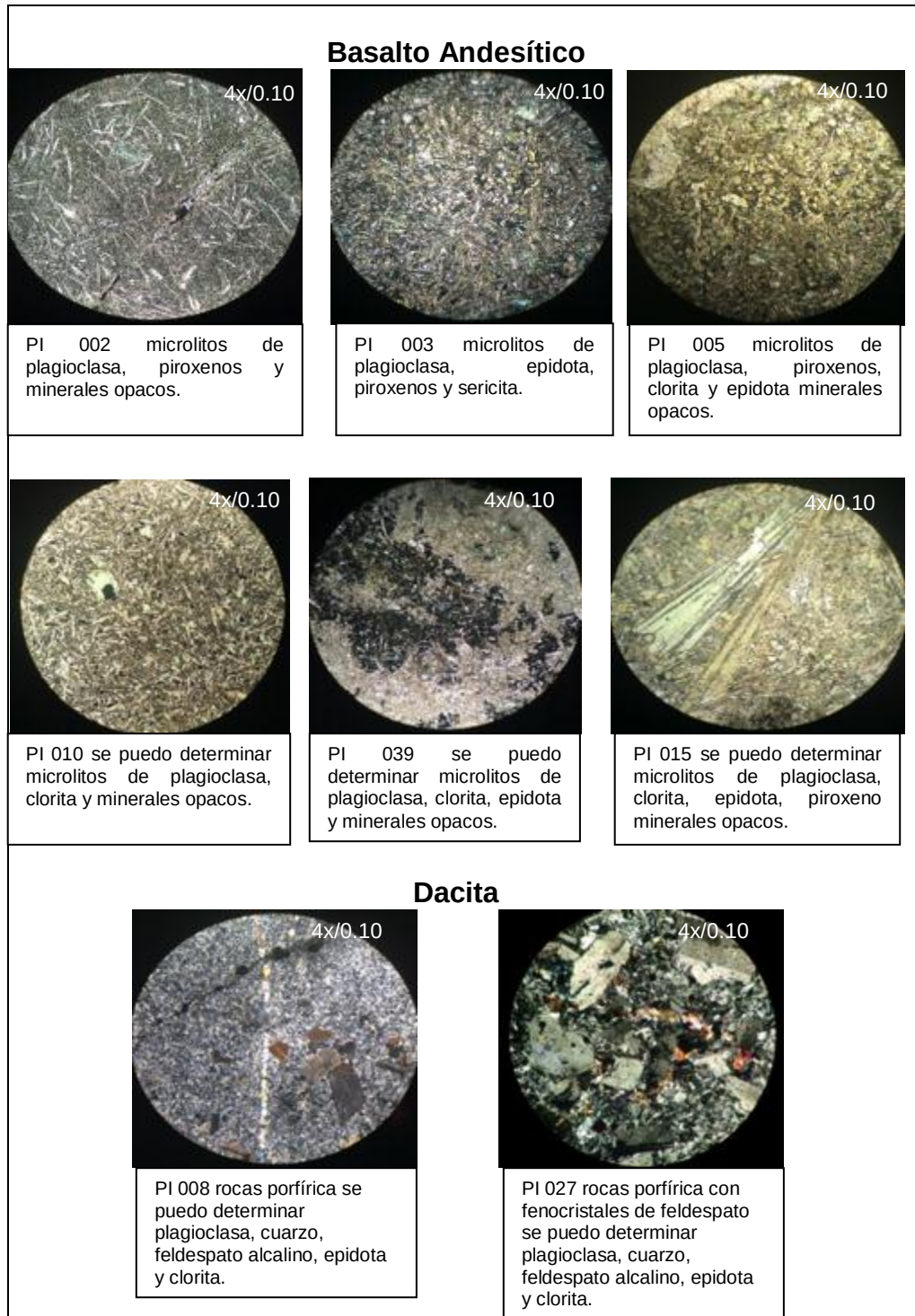


Figura 3.2 Imágenes de minerales de los tipos de roca identificados mediante microscopio óptico. **Fuente:** Autor.

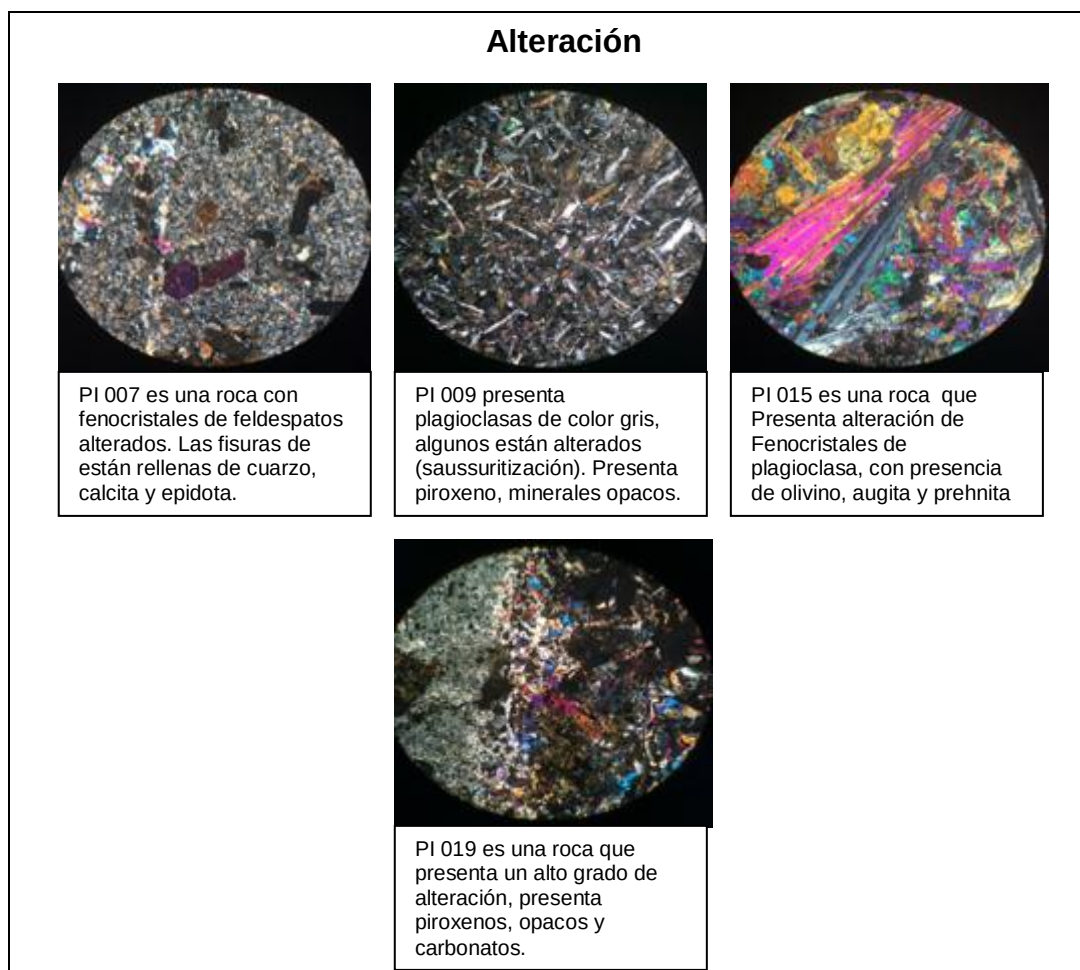


Figura 3.3 Imágenes de minerales alterados de roca identificados mediante microscopio óptico. **Fuente:** Autor.

3.2.2 Estudios geoquímicos complementarios

Resultados de Fluorescencia de rayos X (FRX)

Los resultados se muestran en la tabla 3.2 e indican los análisis por Fluorescencia de rayos X y Absorción Atómica (Sodio).

MUESTRA	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	%Fe ₂ O ₃	%CaO	%TiO ₂	%MnO	%K ₂ O	%MgO	%P ₂ O ₅	%Na ₂ O	%PPC
P1-005	52.6	12.3	11.7	10.2	1.04	0.20	<0.10	6.96	0.08	2.919	1.61
P1-018	49.0	12.5	11.1	14.4	0.91	0.19	<0.10	6.21	0.08	1.386	4.26
P1-027	71.8	13.7	3.40	1.54	0.24	<0.05	0.10	0.57	0.06	6.539	1.14
P1-048	46.8	13.0	13.0	16.4	1.01	0.20	<0.10	6.28	0.09	1.048	1.79

Tabla 3.2 Análisis por Fluorescencia de rayos X y Absorción Atómica (Sodio). Muestras PI-005, PI- 018, PI 027 y PI 048.

El análisis químico de las muestras y la representación de los valores SiO_2 Vs $\text{NaO}_2 + \text{N}_2\text{O}$ son representados en el diagrama de SiO_2 Vs $\text{NA}_2\text{O} + \text{K}_2$ (Irvine and Baragar 1971 and Le Maitre et al. 1989) con clasificación de rocas y discriminación de rocas alcalinas y subalcalinas (Figura 3.4). Las cuatro muestras estudiadas pertenecerían a la serie sub-alcalina. El estudio de las secciones delgadas de estas cuatro muestras y la representación de los contenidos Q-A-P-F en el diagrama de Streckeisen, puso de manifiesto que podría tratarse de las siguientes rocas:

PI-005 (Andesita-basáltica): Plagioclasa (70%, recalculada casi 95%), anfíbol, clorita, epidota, opacos, cuarzo (3%, recalculado 5%) y algo de feldespato potásico (visto al MEB). La matriz está formada por cristales de plagioclasa. Textura: Afanítica, Holocristalina, Matriz Masiva Microcristalina, No fragmental, Porfírica Seriar.

PI-018 (Basalto): Alteración importante. Solo parte de la lámina muestra roca original. Muestra presenta fenocristales de olivino no zonificado y piroxeno cálcico. Además, presenta valores más importantes de plagioclasa (70%, recalculada casi 98%) y sílice que basaltos alcalinos. El resto de características similares a basaltos. Textura: Afanítica, Holocristalina, Matriz, Masiva, Microcristalina, No fragmental, Porfíricas.

PI-027 (Riodacita): En esta lámina se observan fenocristales de plagioclasa, algunas zonadas, La matriz está formada por microcristales de

cuarzo-plagioclasa y vidrio. También se ponen de manifiesto cristales de apatito. La presencia de epidota probablemente tenga su origen en una alteración hidrotermal posterior (alteración hidrotermal de feldespatos, piroxenos, anfíboles u otros componentes). Aparece también Esfena.

PI-048 (Basalto): Muestra presenta fenocristales de olivino no zonificado y piroxeno cálcico. Además, presenta valores más importantes de plagioclasa (70%, recalculada casi 98%) y sílice que basaltos alcalinos. El resto de características similares a basaltos. Textura: Afanítica, Holocristalina, Matriz, Masiva, Microcristalina, No fragmental, Porfíricas.

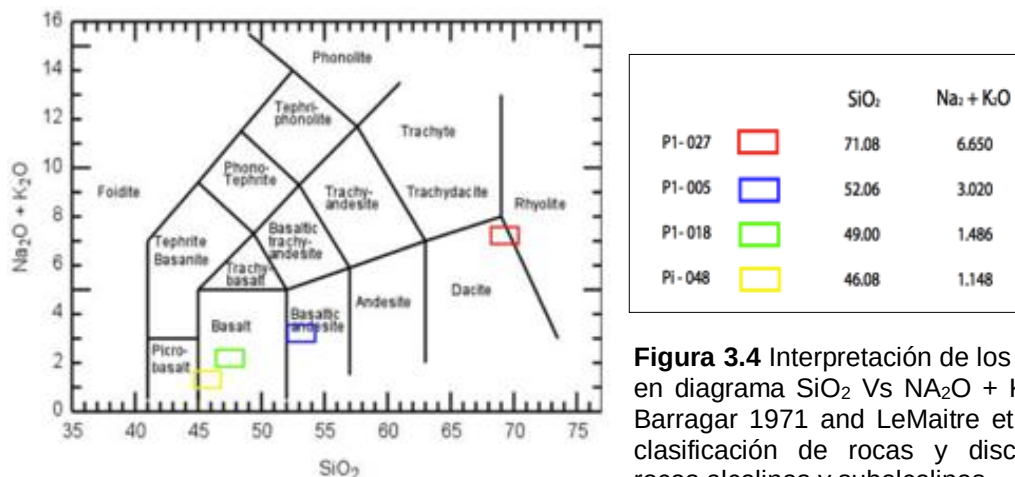


Figura 3.4 Interpretación de los datos del FRX en diagrama SiO₂ Vs Na₂O + K₂O (Irvine and Barragar 1971 and LeMaitre et al. 1989) con clasificación de rocas y discriminación de rocas alcalinas y subalcalinas.

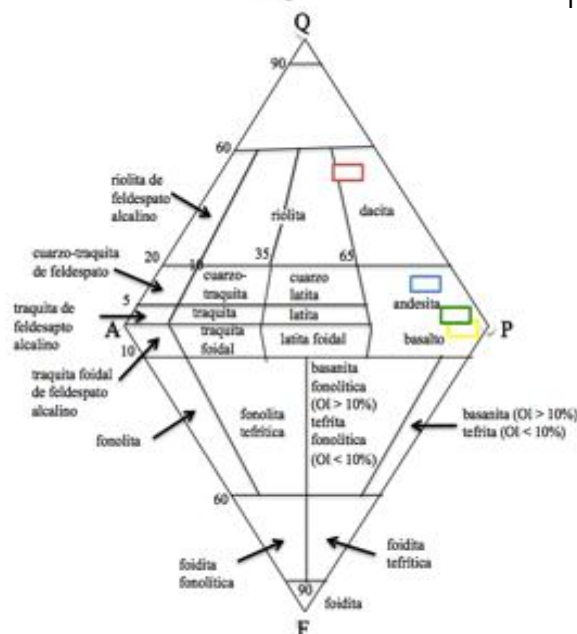


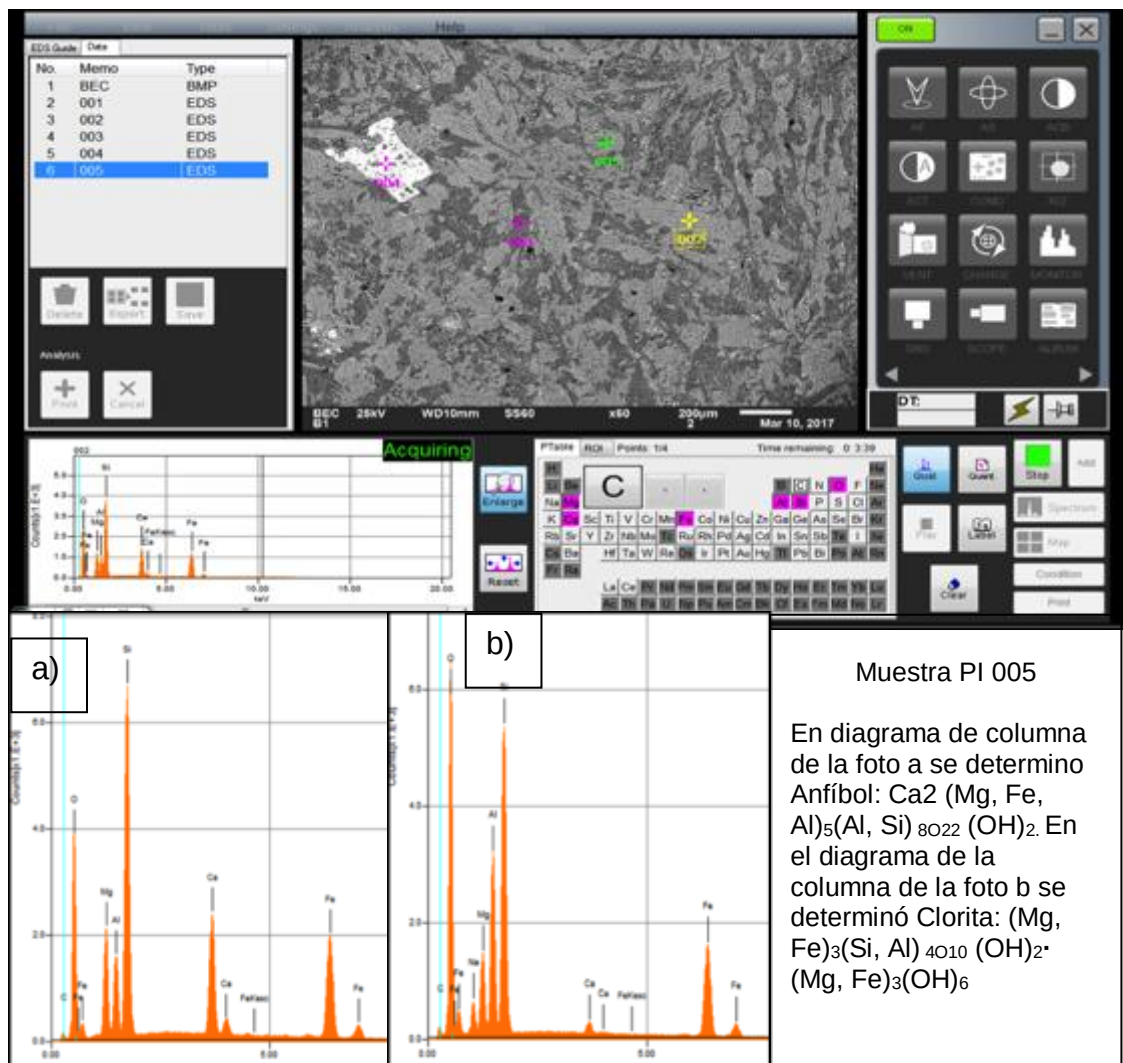
Figura 3.5 Diagrama de Streckeisen, 1976 con clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F. Los datos fueron recalculados de los análisis químicos. **Fuente:** Autor.

3.2.3 Estudios mineralógicos-geoquímicos complementarios

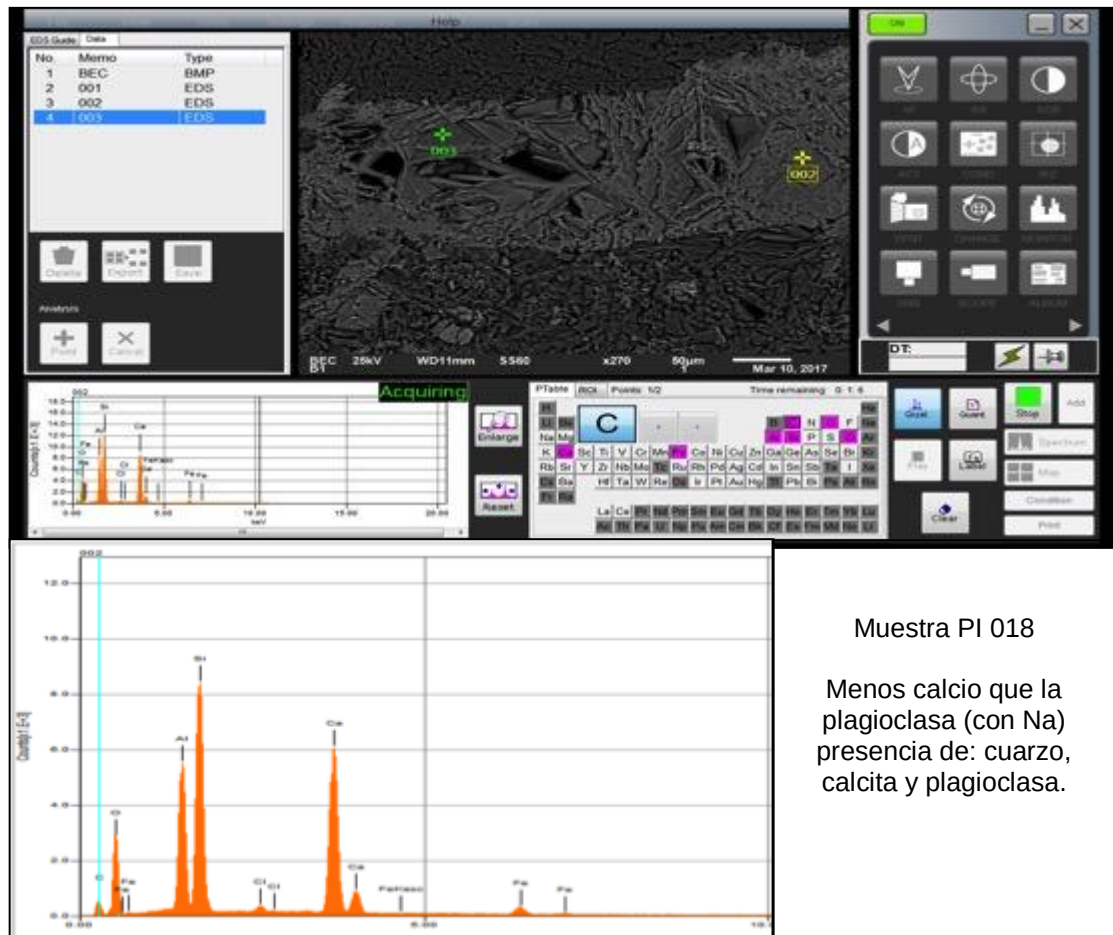
Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

El estudio mediante MEB de las muestras (Figura 3.6) puso de manifiesto que de las mineralogías predominantes se corresponden a las observaciones realizadas con MOP y FRX. (ANEXO 3)

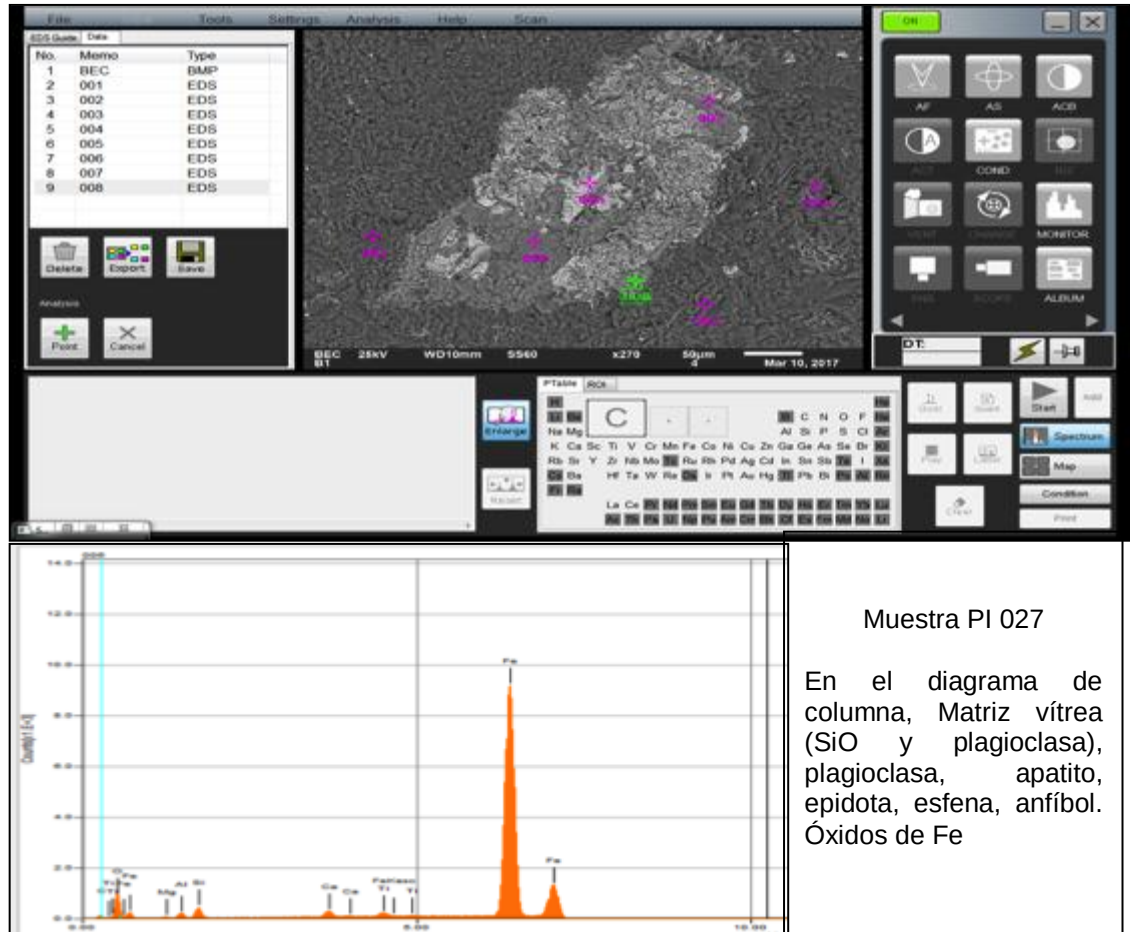
1



2



3



4

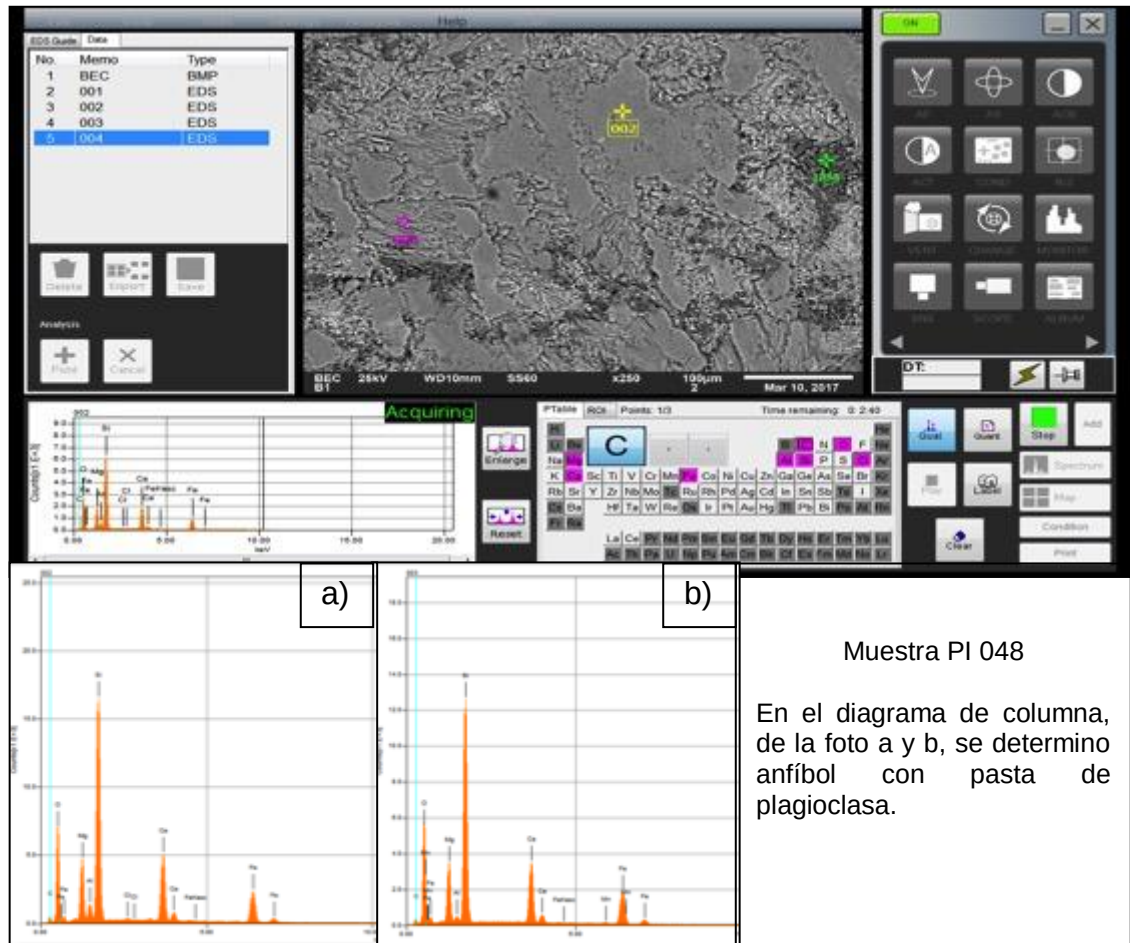


Figura 3.6 Imágenes MEB (foto 1,2 ,3 y 4) de las principales tipologías de rocas evaluadas. **Fuente:** Autor.

- PI-005 (Andesita basáltica): Plagioclasa, anfíbol, clorita, epidota, opacos, cuarzo.
- PI- 018 (Basalto): Plagioclasa y sílice.
- PI-027 (Riodacita): plagioclasa, microcristales de cuarzo-plagioclasa y vidrio, cristales de apatito, epidota y esfena.
- PI-048 (Basalto) plagioclasa, sílice, olivino y piroxeno cálcico.

3.2.4. Tipos de rocas en el cuerpo volcánico

La descripción al MOP, FRX y MEB permitió definir los siguientes tipos de roca en el cuerpo volcánico.

Tabla 3.3 Tipos de rocas, textura, mineralogía principal y accesorios.

Código	Tipo de roca	Plagioclasa	Piroxeno	Opacos	Sericita	Epidota	Clorita	Cuarzo	Feldespato Alcalino	Vidrio Volcánico	Anfibol	Olivino	Carbonatos	Augita	Prehnita
PI - 002	Basalto Andesítico	70	27	3											
PI - 003	Basalto Andesítico	61	15	10	9	5									
PI - 005	Basalto Andesítico	70	15	2		5	8								
PI - 007	Dacita	30				8	15	25	10	12					
PI - 008	Dacita	37		3		5	10	20	10	15					
PI - 009	Basalto Andesítico	53	25	2							15	5			
PI - 010	Basalto Andesítico	10	25	5			20								
PI- 015	Basalto Andesítico	15		2			10					45		10	18
PI - 019	Basalto	10	30	5			40						15		
PI - 027	Dacita	30	10	2		6	12	18	10	12					
PI - 039	Basalto Andesítico	20		5		15	60								
PI - 044	Basalto Andesítico	40	30	3		7									

Fuente: Autor

3. 3 ESFUERZO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL DE LAS ROCAS

Se realizó el ensayo con martillo geológico para estimar la dureza de la muestra según Marinos and Hoek (2000). Estos autores definen que la roca que resiste entre 4 y 10 golpes de martillo, hasta antes de ser partida, es muy fuerte y esto permite estimar el Esfuerzo a la Compresión de 100 a 250 MPa, para este caso, sería una roca muy fuerte. A continuación se presenta una

tabla que resume lo propuesto por los autores (tabla 3.4).

El 58% de las muestras seleccionadas en la zona de estudio son rocas fuertes con un esfuerzo de compresión estimado de entre 50-250 MPa, las rocas muy fuertes son el 38% de todas las muestras seleccionadas y el restante que es el 4% corresponde a rocas medianamente fuertes.

Tabla 3.4 Estimación del esfuerzo de compresión uniaxial de las rocas

Golpes con martillo geológico para estimación del Esfuerzo de Compresión	Términos que usas Marinos y Hoek (2000)	Cantidad de muestras	Estimación de esfuerzo de compresión
1	Mediantemente Fuerte	2	25 a 50 Mpa
2			
3	Fuerte	28	50 a 100 MPa
4			
5	Muy fuerte	18	100 a 250 Mpa
6			
7			
8			
9			
10			

Fuente: Marinos and Hoek (2000).

3.4 MINERALIZACIONES

La caracterización se realizó mediante calcografía se y utilizó un microscopio óptico de luz reflejada: utilizando luz polarizada (paralela) - luz polarizada (cruzada) – luz campo oscuro, con los cuales se pudo determinar principales características de la mineralización presente en las muestras.

Tratándose de minerales opacos, se corta un trozo pequeño, procediéndose en superficie cortada al desbaste y pulido fino para su observación al microscopio.

Muestra PI 005 consta de 2 textura diferentes:

Textura Diseminada: cual está contenida por pirita de subhedral a anhedral de (amarillo pálido). Presenta cuarzo que es el principal silicato presente.

Textura Bandeada: presenta calcopirita anhedral (amarilla), la ganga comprende gruesos cristales de cuarzo (gris oscuro). Esta roca presenta bajos valores en álcalis - $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - (2%) y titanio (1%).

Esto es típico de las zonas de dorsal oceánica, y de los llamados "basaltos de inundación" o "basaltos de *plateau*" (*flood basalts*), que constituyen enormes acumulaciones de lavas que han salido a la superficie en un momento muy específico de la historia de la Tierra. Serie calco- alcalina.

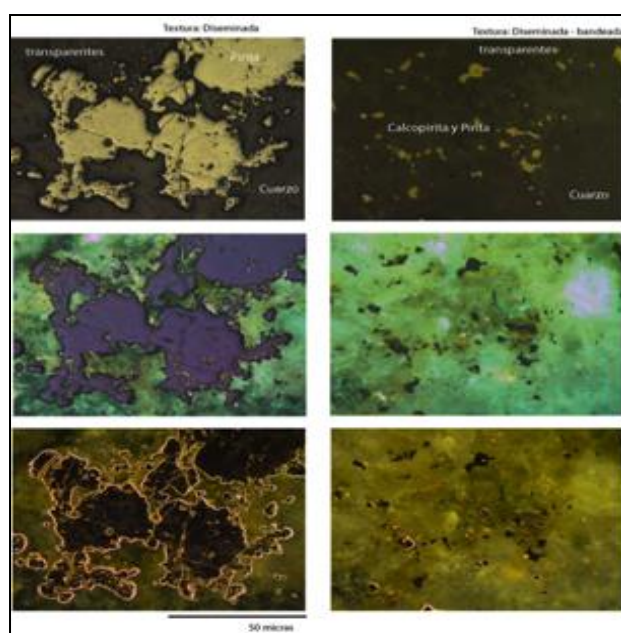


Foto 3.1.1 Láminas opacas de la muestra PI 005. **Fuente:** Autor.

Muestra PI 048 consta de 3 texturas diferentes:

Textura Masiva – bandeada: presenta magnetita euهدral (café claro), calcopirita anhedral (amarilla).

Textura diseminada: presenta calcopirita anhedral (amarilla), la ganga comprende gruesos cristales de cuarzo (gris oscuro).

Textura columnar: presenta magnetita euهدral (café claro), la ganga comprende gruesos cristales de cuarzo.

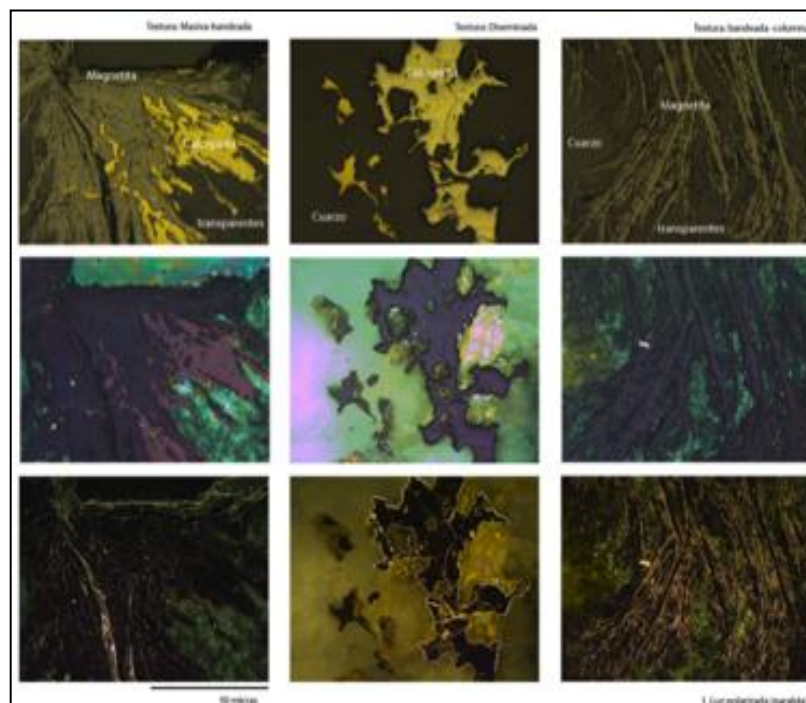


Foto 3.1.2 Láminas opacas de la muestra PI 048. **Fuente:** Autor.

El porcentaje en sílice (SiO_2) en este tipo de magma es del 50%.

Las mineralizaciones definidas se localizaron en muestras localizadas en contactos entre diferentes litologías y asociadas a discontinuidades (fallas y diaclasas). Probablemente la mineralización presente se debió a procesos hidrotermales posteriores a la formación de las rocas estudiadas y no a

procesos contemporáneas a estos. Ejemplos de la mineralización descrita también se presentan en otras probetas estudiadas (Foto 3.1.3).

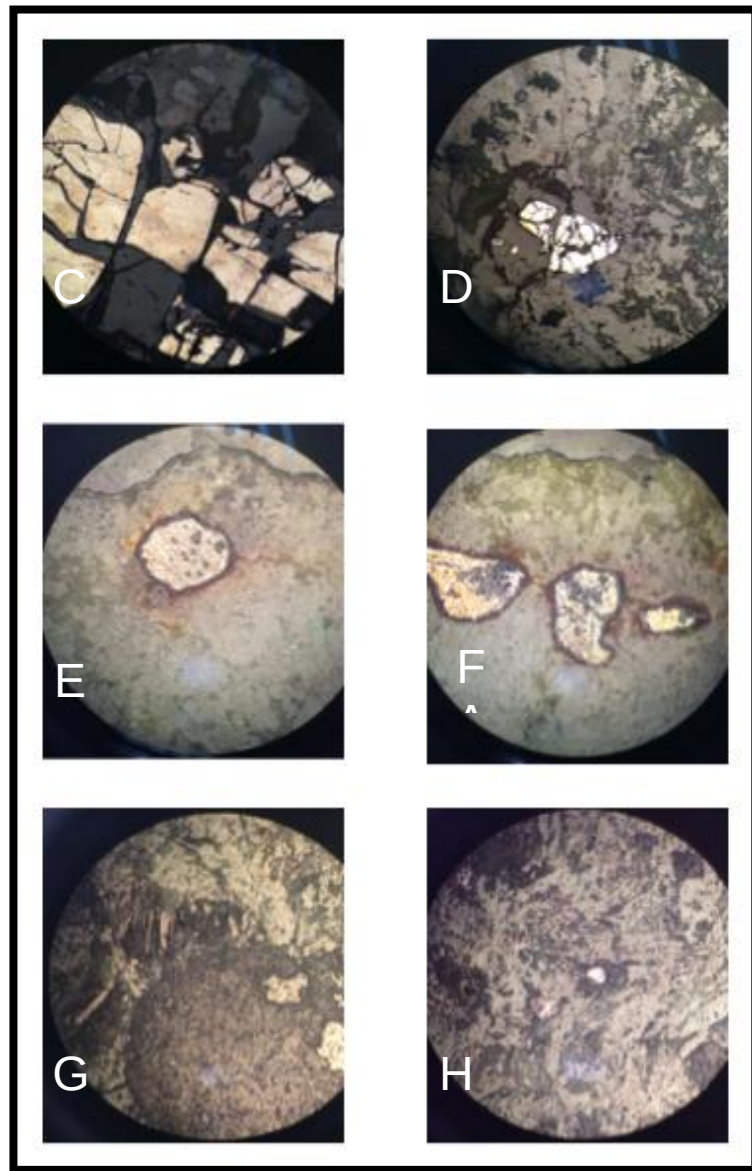


Foto 3.1.3 Láminas opacas de la muestra PI 014 (C y D). Láminas opacas de la muestra PI 046 (E y F). Láminas opacas de la muestra PI 009 (G y H). **Fuente:** Autor.

3.5 CARTOGRAFÍA

La información de muestra de rocas recolectadas en el campo, junto con las descripciones petrográficas y calcográfica efectuadas en el laboratorio sirvieron para realizar diferentes mapas temáticos.

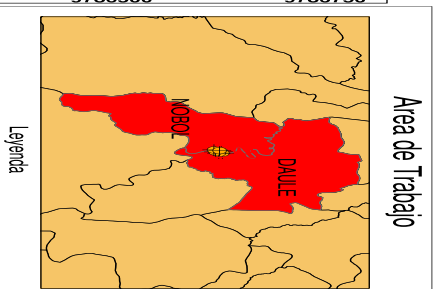
La cartografía incluye geología simplificada, cortes representativos del afloramiento, geología diferenciada asociada a cotas y lineamientos principales en relación a elevaciones.

Para el mapeo fue necesario partir de un mapa base e imágenes satelitales que permitieron determinar las zonas de lineamientos. Por otra parte las hojas geológicas y cartográficas permitieron establecer la formación en la cual se presentaba el afloramiento en estudio.

Una vez en el campo se tomaron muestras de rocas cada 20 m, y a cada una se las codificó con datos que incluían coordenadas y descripción (color, golpe de martillo, magnetismo, minerales accesorios, datos estructurales).

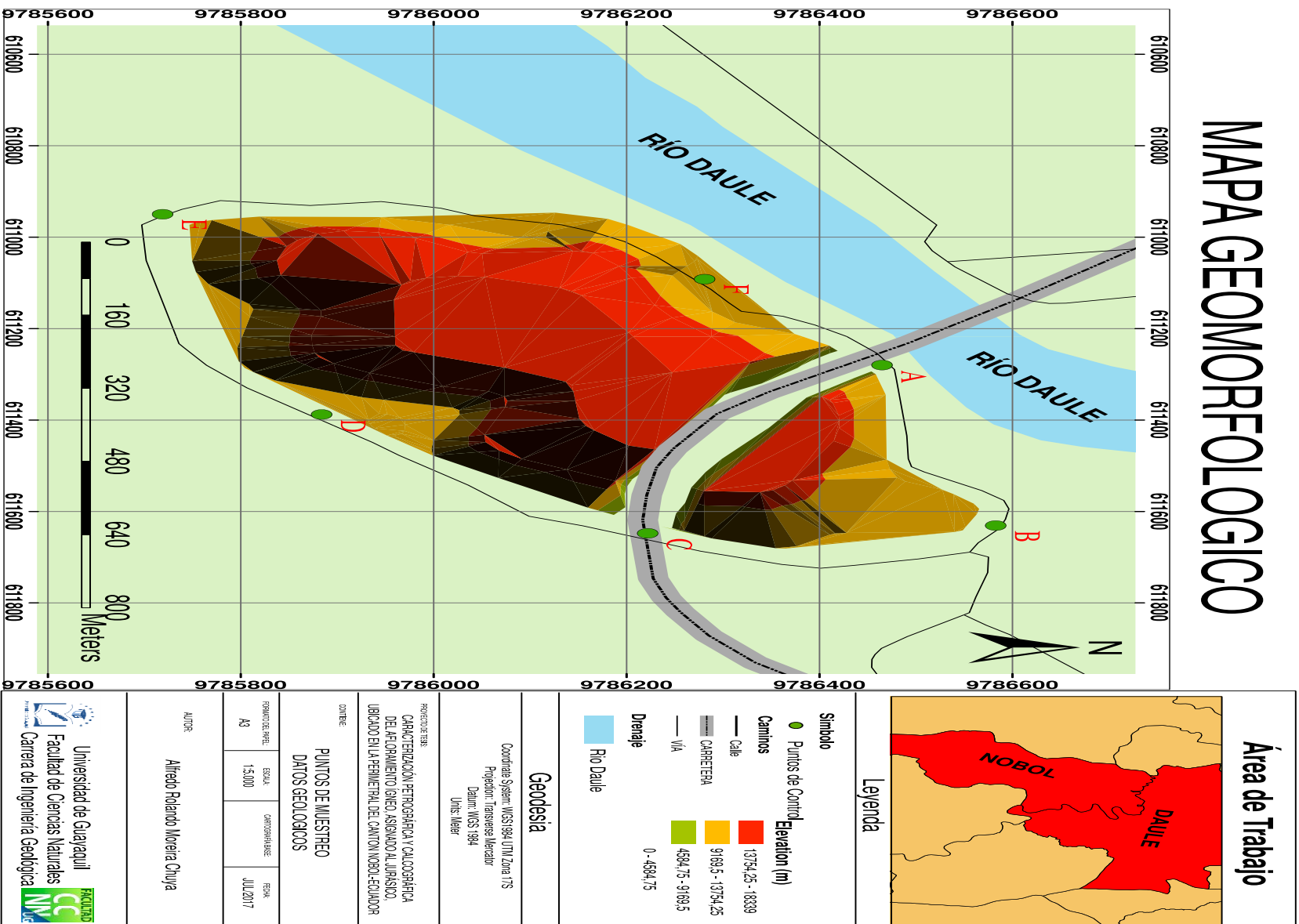
Finalmente los análisis petrográficos y calcográficos realizados a las muestras de rocas permitió su identificación. De esta manera en el perfil geológico fue la herramienta necesaria para fijar los diques de dacitas encontrados en el afloramiento (figura 3.7).

MAPA PROYECCION



Símbolo ▲ Puntos de Control Roca ● Basalto ● Basalto Andesítico Caminos — Carretera — Calle — Vía — Curvas de Nivel — Unamentos Drenaje — No Doble Formación ■ Cuaternario ■ Fm. Prión Detalle Mineralógico ■ Dacita				Símbolo del Perfil ■ Basalto Andesítico ■ Dacita ■ Zona Meteorizada			
Geodécida Coordinate System: WGS 1984 UTM Zona 17S Proyeccion: Transversa Mercator Datum: WGS 1984 Units: Meter				PROYECTO DE TESIS: CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y CALDOSGRÁFICA DEL APLORAMIENTO IGNEO ASIGNADO AL JURASICO UBICADO EN LA PERIMETRAL DEL CANTON MOBOLE-EQUADOR			
CONTENIDO: PUNTOS DE MUESTREO DATOS GEOLOGICOS				FORMA DEL APPEL: A2 ESCALA: 1:5,000 CRONOLOGIA: Map Date: SEP/2017			
AUTOR: Alfredo Rolando Moreira Chrya				UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Naturales Carrera de Ingeniería Geológica			
							





Mapa 3.2 Mapa geomorfológico del área de estudio Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

IMPLICACIONES GENÉTICAS

4.1 DISCUSIONES

Desde el punto de vista metodológico, el proceso llevado en la tesis ha permitido una adecuada caracterización mineralógica y petrográfica del afloramiento volcánico estudiado. La secuencia de trabajo planteada llevó los apartados habituales durante iniciativas orientadas a la identificación precisa de los materiales rocosos (Melgarejo et al., 2010, Castroviejo y Berrezueta, 2007; Berrezueta y Castroviejo, 2009) y a su posterior representación cartográfica.

El trabajo de campo facilitó una visión preliminar del afloramiento estudiado (identificación de cambios litológicos, estructuras principales) lo que a continuación permitió una adecuada planificación del trabajo en cuanto a trabajar las zonas más adecuadas del muestreo. El muestreo se enfocó a reflejar todas las litologías que se apreciaban a nivel macroscópico y a zonas aledañas a discontinuidades. Finalmente una primera base cartográfica geológica fue desarrollada junto con datos descriptivos de campo (litologías, localización de puntos de muestreo, cortes preliminares, datos mecánicos de las rocas). La campaña de toma de muestras se realizó en dos meses.

En lo relacionado a las técnicas empleadas en la caracterización petrográfica de las muestras recolectadas, la Mineralogía Óptica Polarizada MOP (reflejada y transmitida) complementada con la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) con su respectivo Análisis Químico (EDAX) y la

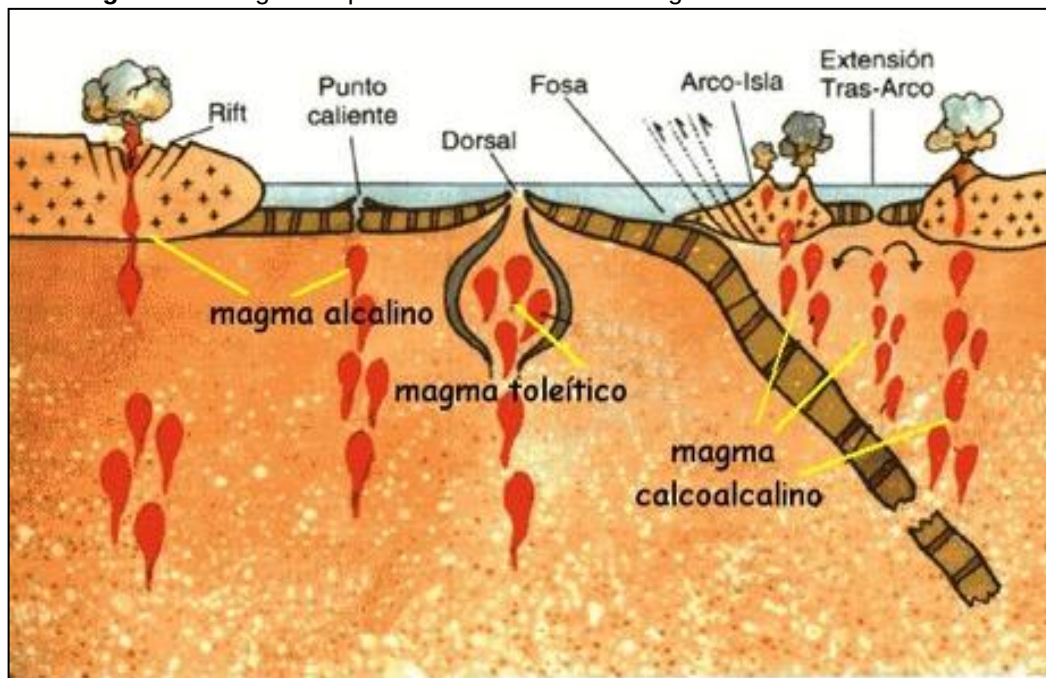
Fluorescencia de Rayos X (FRX), representan unas herramientas eficientes, eficaces y actuales para una caracterización detallada preliminar de rocas y minerales en aplicaciones prácticas (MacKenzie *et al.*, 1982; Krrinsley and Takahashi, 1962; Reed, 2005; Melgarejo *et al.*, 2010; Berrezueta *et al.*, 2016 a; Berrezueta *et al.*, 2016 b). El estudio petrográfico con Microscopio de transmisión permitió una definición general de la tipología de roca (textura minera y mineralización). El microscopio de reflexión facilitó la identificación de la mineralización metálica y su textura. El MEB proporcionó la definición exacta de algunas fases minerales previamente identificadas ópticamente y con su respectivo EDAX. Finalmente, la FRX aportó el criterio químico de los elementos mayores de la roca total en la interpretación de la clasificación de rocas mediante los procedimientos disponibles en la literatura (Tosselli, 2012; Winter, 2010). Los ensayos complementarios realizados en España (IGME y UNIOVI) permitieron validar los análisis realizados en la Universidad de Guayaquil. La metodología de interpretación y análisis fue similar por lo que la reproducibilidad de las sistemáticas quedó garantizada. La preparación de muestras específicas y análisis se realizaron en tres meses.

La relación entre los datos de campo y los ensayos de laboratorio permitió el desarrollo de diversas cartografías temáticas (geología general, lineamientos, topografía, mapa geológico detallado). El procedimiento para el desarrollo del mapa geológico detallado consistió de trabajo de gabinete y nuevas visitas al campo para afinar contactos y lineamientos. Finalmente, se definieron las zonas favorables para el aprovechamiento de los recursos

definiendo las características de las principales tipología de roca según su potencial uso (Puche and García de Miguel, 1991). Esta tarea se desarrolló en un mes.

Desde el punto de vista de los resultados, las litologías definidas para el afloramiento (basaltos, basalto andesítico y dacitas) pueden interpretarse en un contexto de génesis como (figura 4.1):

Figura 4.1 Origen simplificado de los distintos magmas formadores de roca.



Fuente: <https://www.goo.gl/1nde8F>

- *Magma toleítico. Se genera en las dorsales oceánicas a poca profundidad (entre 15 y 30 km de profundidad) como consecuencia de la fusión parcial de las peridotitas del manto. El magma llega a las capas superficiales rápidamente, por lo que no hay tiempo para su evolución o diferenciación. Forma basaltos toleíticos y gabros. El porcentaje en sílice (SiO_2) en este tipo de magma es del 50%.*

- *Magma Alcalino. Es un magma rico en metales alcalinos, especialmente sodio y potasio que se genera a partir de la fusión parcial de peridotitas en zonas profundas. Suele aparecer en ambientes de rift continental y puntos calientes a una profundidad de entre 30 y 70 Km. El ascenso de los magmas desde la profundidad en la que se generan proporciona el tiempo necesario para que se produzca su diferenciación. Origina basaltos alcalinos, traquitas, riolitas entre otras rocas. Su porcentaje en sílice es menor del 45%.*

- *Magma Calcoalcalino. Se forma por fusión a gran profundidad (100 a 150 km) de la corteza oceánica subducida. Son magmas que no ascienden a la superficie por regla general debido a la profundidad en la que se forman, existiendo bastante tiempo para su diferenciación. Este magma origina andesitas, riolitas, dioritas y granitos. Su composición en sílice es del 60%.*

La Formación Piñón, ha si denominada por Tschopp, 1948; y definida como el basamento de rocas sedimentarias de la cordillera Chongón Colonche. En estudios se indicó un origen de Dorsales Mid-Oceánicas por Lebras, op.cit para los basaltos de la Fm. Piñón. Después Reynaud, op.cit demostró que las rocas tienen características geoquímicas de rocas erupcionadas a partir de un mantle-plumes. Estas interpretaciones indicaron que hay varios bloques que forman una gran provincia ígnea. Por otro lado Luzieux, op.cit define que la Fm. Piñón contiene basaltos columnares (en bloque San Lorenzo) y lavas de islas

oceánicas, así como gabros y werlitas de islas oceánicas también. En este estudio estimamos, por los análisis realizados, que el cuerpo ígneo en estudio es de origen de piso oceánico, en concordancia con estudios de los años 80.

Este magma posteriormente ha sido afectado por alteración hidrotermal como se confirma por la presencia de los minerales de las fisuras halladas en el afloramiento de cuarzo y carbonato (figura 4.2).



Figura 4.2 Minerales de alteración común en sistemas hidrotermales. **Fuente:** tomado de Corbett and Leach, 1998.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Mediante los estudios realizados, se puede definir:

- La mineralogía predominante del sector se caracterizó con la mineralogía óptica, se reconoció plagioclasas y piroxenos como minerales mayoritarios. Las plagioclasas están en gran parte como microlitos componentes de la matriz. También se reconoció presencia de anfíboles, estos mediante MEB. En minerales de alteración se reconoce la sericita y prehnita. Las fisuras están rellenas con minerales como carbonatos, tipo calcita, y cuarzo con algunas apariciones de epidota, permitiendo definir una alteración tipo hidrotermal posterior a la formación del cuerpo.
- Los minerales opacos presentes en el cuerpo ígneo son pirita y calcopirita diseminada, así como algo de magnetita. Estos minerales serían parte de la formación de las lavas, aunque se reconoció una vetilla rellena de cuarzo, calcita y enriquecida en calcopirita, aportando a la definición del evento hidrotermal.
- En el caso de los basaltos hallados en la zona de estudio se puede definir que son toleítico-subalcalino, al presentar bajos valores en álcalis -Na₂O + K₂O- (2%), titanio (1%) y valores sobre 50 % de SiO₂, podría

decirse que se corresponden con rocas típicas de las zonas de dorsal oceánica, y de los llamados "basaltos de inundación" o "basaltos de *plateau*" (*flood basalts*), que constituyen enormes acumulaciones de lavas que han salido a la superficie en un momento muy específico de la historia de la Tierra. En principio, podría decirse que en las muestras estudiadas podrían establecer dos secuencias de cristalización, i) una primera etapa de cristalización de olivino y el clinopiroxeno de forma lenta produciendo cristales hidiomórficos y ii) una segunda etapa de cristalización donde predomina la formación de plagioclasas y el clinopiroxeno de la matriz, posiblemente durante el ascenso de magma a superficie. La presencia de epidota probablemente tenga su origen en una alteración hidrotermal posterior (alteración hidrotermal de feldespatos, piroxenos, anfíboles u otros componentes). Los basaltos se asociarían a márgenes divergentes de tipo rift oceánico (dorsales) aunque también puede desarrollarse en contextos de arco de isla.

- En el caso de las andesitas basálticas, estas rocas procederían de un magma parental con características predominantemente básico y que habría evolucionado a términos andesíticos durante ascenso y efusión en superficie. Estas rocas estarían asociadas también a zonas de subducción. En particular, de la generación de magmas por fusión parcial de la placa que subduce. Así, los magmas generados pueden presentar unas características geoquímicas específicas condicionadas a las rocas que pueden fundir en esta situación tectónica.

- En el caso de las Dacitas (o rio-dacitas), La muestra analizadas podría enmarcarse como una roca intermedia (dacita)-ácida (riolita) que debería relacionarse con rocas plutónicas de las mismas características geoquímicas (granodiorita). Esta roca se enmarcaría también dentro de la serie calcoalcalina. Es importante indicar que estas rocas podrían proceder en un principio de magmas profundos con carácter básico que experimentan un rápido enfriamiento y que han sufrido procesos de contaminación por materiales continentales en zonas de subducción. Las coladas o domos riodacíticos podrían haberse generado por el enfriamiento de magmas de una composición intermedia-ácida. Es decir, estas rocas se enmarcan en contextos tectónicos de subducción donde se generan estos magmas calcoalcalinos / subalcalinos y, que posteriormente, evolucionan hasta estos términos rio-dacíticos. La presencia de anfíbol y biotita primarias indican que el magma generador de esta roca presentaba un alto contenido en agua. Este contenido en agua está asociado con el contexto tectónico que generó el magma, que típicamente se enmarca en márgenes de subducción. En este contexto se producen magmas derivados de la fusión parcial de la placa que subduce, pudiendo fundir materiales ricos en agua que la incorporarían al magma y durante la evolución del mismo daría lugar a esta dacita o riodacita.

- En general, a partir de las tres rocas encontradas y definidas: basaltos, andesita-basáltica y dacita, el origen podría plantearse como que: a) los procesos de cristalización fraccionada, combinadas con asimilación de rocas corticales, serían responsables de la producción de magmas más silíceos. Hay una gradación de básica a ácida. Pero, si decimos que hay dos grupos generales: Dos tipologías de rocas generales han podido observarse: Un primer tipo “básicas” y otras “intermedias-ácidas” ambas calcoalcalinas. La explicación sería que: b) se tendría una asociación bimodal, lo que nos llevaría a proponer que los magmas ácidos, se habrían generado por fusión parcial de rocas básicas (basaltos) en la base de la corteza continental”.
- En cuanto a la caracterización de material para la industria de agregados de asfalto, es interesante este tipo de rocas, pero se debe priorizar el uso de los basaltos y basaltos andesíticos, y evitar el acarreo de material de tipo dacítico.

5.2 RECOMENDACION

- La presentación de una hipótesis definitiva sobre el origen de este cuerpo ígneo está fuera del alcance de este trabajo y requería un estudio más detallado. Para tal fin se sugiere que se exploren más cuerpos aledaños con un mismo tipo de estudio y mayor caracterización de muestras en ensayos geoquímicos.
- Considero q el marial de basalto andesítico es optimo para la industria de agregados de asfalto pero se recomienda que para el uso se siga la normativa que indica q se debe de hacer ensayos de granulometría y físico mecánico para el adecuado uso .

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Baldock, J. (1982). Geología del Ecuador. Boletín de Explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador, Esc. 1:1 000.000. Quito: Dirección General Geología y Minas.
- Benítez, S.B. (1990). *Estratigrafía de las formaciones Cayo y Guayaquil en la Cordillera Chongón-Colonche: hacia una redefinición*. Geociencia, 5(3):11-14.
- Benítez, S.B. (1995). *Evolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur-Tertiaire*. Géologie Alpine, 71: 3-163.
- Berrezueta, E., Castroviejo, R., Pantoja, F., Álvarez, R. (2002). *Mineralogical study and digital image analysis quantification of gold ores from Nariño* (Colombia). Application to the improvement of the ore processing. Bol. Geol. Min. 113, 369–379. ISSN: 0366-0176
- Berrezueta, E. and Castroviejo, R. (2009). *Automated microscopic characterization of metallic ores with image analysis: A key to improve ore processing. I: Test of the methodology*. Rev. Metal., 43(4), 294–309. DOI: 10.3989/revmetalm.2007.v43.i4.75

- Berrezueta, E., Casado-Ordóñez, B., Quintana, L. (2016a). *Qualitative and quantitative changes in detrital reservoir rocks caused by CO₂–brine–rock interactions during first injection phases (Utrillas sandstones, northern Spain)*. *Solid Earth*, 7, 37–53. Doi: 10.5194/se-7-37-2016.
- Berrezueta, E., Ordóñez-Casado, B., Bonilla, W., Banda, R., Castroviejo, R., Carrión, P., Puglla, S. (2016b). *Ore petrography using optical image analysis: application to Zaruma - Portovelo deposit (Ecuador)*. *Geosciences*, 6, 30: 1-24. doi: 10.3390/geosciences6020030.
- Bristow, C.R. (1976). *The age of the Cayo Formation, Ecuador*. *Newsletters on Stratigraphy*, 4(3): 169-173.
- Castroviejo, R. and Berrezueta, E. (2007). *Automated microscopic characterization of metallic ores with image analysis: A key to improve ore processing. II. Metallogenetic discriminating criteria*. *Rev. Metal.*, 45, 439–456.
- Cande, S.C. and Kent, D.V. (1995). *Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic*. *Journal of Geophysical Research, B, Solid Earth and Planets*, 100(4): 6093-6095.

- Davidson, MW, y Abramowitz, M. (2002). Microscopia óptica. Enciclopedia de ciencia y tecnología de imágenes.
- 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 Seguin, M. K. (1983). *Campo de anomalía de la gravedad de Bouguer simple y la estructura crustal inferida del Ecuador continental*. Geología, 11: 40-44.
- Goossens, P.J., and Rose, W.I., Jr. (1973). *Chemical Composition and Age Determination of Tholeiitic Rocks in the Basic igneous Complex, Ecuador*. Geological Society of America Bulletin, 84(3); 1043- 1051.
- Gradstein F.M., Ogg. L., Smith A.G. (2004). *A geological time scale*. Cambridge University Press, Cambridge, 2004, 589 pp.
- Irvine, TNJ, and Baragar, WRAF (1971). *Una guía para la clasificación química de las rocas volcánicas comunes*. Revista canadiense de ciencias de la tierra, 8 (5), 523-548.

- Jaillard, E., Ordóñez, 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, pp. 615-631.
- Juteau, T., Megard, F., Raharison, y L. Whitechurch, H. (1977) *Les assemblages ophiolitiques de l'occident équatorien; nature pétrographique ct position structurale*. Bulletin de la Société Géologique de France, 19(5): 1127-1132.
- Keller, G., Adatte, T., Hollis, CJ, Ordóñez, M., Zambrano, I., Jiménez, N., Stinnesbaeck, W., Alemán, A., Hale, E. (1997). *The Cretaceous/ Tertiary boundary event in Ecuador; reduced biotic effects due to eastern boundary current setting*. Marine Micropalcontology, 31(3-4): 97-133.
- Kennerley, J.B. (1980). *Outline ofthe Geology of Ecuador*. Overseas Geology and Mineral Ressources, Inst. Geol. Sei., United Kingdom, 55, 33 pp.
- 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 ofthe Geological Society of London, 159 Part 5: 577-594.

- Kerr, A.C. and Tarney, J. (2005). *Tectonic evolution of the Caribbean and northwestern South America: The case for accretion of two Late Cretaceous ocean plateaus*. *Geology*, 33(4): 269 - 272.
- Krrinsley, D., Takahashi, T. (1962) *APPLICATIONS OF ELECTRON MICROSCOPY TO GEOLOGY*. Transactions of the New York Academy of Sciences 25, Issue 1 Series II, 3–2
- 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.
- 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.
- Le Maitre, R. W. B., Dudek, P., Keller, A., Lameyre, J., Le Bas, J., Sabine, M. J., and Zanettin, A. R. (1989). *A classification of igneous rocks and glossary of terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks* (No. 552.3 CLA). International Union of Geological Sciences.

- Luzieux, L.D.A., Heller, F., Spikings, R., Vallejo, CF. 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, 249: 400-414.
- Luzieux, L.D.A (2007). *Origin and Late Cretaceous-Tertiary evolution of the Ecuadorian forearc*. PhD Thesis, Institute of Geology ETH Zürich, Switzerland. 197 pp.
- 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.
- MacKenzie, W.S., Donaldson, C.H., Guilford, C. (1982). *Atlas of Igneous Rocks and their Textures*. Longman Group Ltd. Essex
- Marinos, P. and Hoek, E. (2000). *GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. In ISRM International Symposium*. International Society for Rock Mechanics.
- Mejía, J.X.M. (1997). *Corte estratigráfico de la formación Guayaquil en la vía perimetral de Guayaquil: propuesta como nueva localidad tipo.*, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 159pp.

- Melgarejo, J.C., Proenza, J., Galí, S., Llovet, X. (2010). *Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 62, (1), 1-23.
- Olsson, A.A. (1942). *Tertiary deposits of northwestern South America and Panama*. Proceedings of the 8th American Sciences Congress, 4: 231-287.
- Pichler, H. and Aly, S. (1983). *Neue K-Ar-Alter plutonischer Gesteine in Ecuador*. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 134(2): 495-506.
- Puche, O., García de Miguel, M.J. (1991). *Rocas volcánicas empleadas en la construcción*. Mac Roc oa.upm.es/9877/1/roc_maquina_1991.pdf
- Premoli Silva, I. and Verga, D. (2004). *Practical manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera*. Verga & Rottori cds., Perugia, Italy, 283 pp.
- 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.

- Rengel, J. (1999). *Elementos de Mineralogía Óptica para Estudiantes de Ciencias de la Tierra*. Guayaquil: Unidad de Publicaciones Espol.
- Reed, S. J. B. (2005). *Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology*: Cambridge, U.K., Cambridge University Press, 201p.
- Reynaud, C, Jaillard, E., Lapierre, 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*. Tectonophysics, 307(3-4): 235-254.
- Romero, J. (1990). *Estudio estratigráfico detallado de los acantilados de Machalilla, Provincia de Manabí*, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 259 pp.
- Rusnak, G. A. (1957). *Theory and experiment, [Part] 1 of The orientation of sand grains under conditions of "unidirectional" fluid flow*. Journal of Geology, 65(4): 384-409.
- Sheppard, G. (1946). *The geology of the Guayaquil estuary, Ecuador*. Journal of the Institute of Petroleum, 32(272): 492-514.
- Spotts, J.H. (1964). *Grain orientation and imbrication in Miocene turbidity current sandstones, California*. Journal of Sedimentary Petrology, 34(2): 229-253.

- Sauer, W. (1965). *Geología del Ecuador*. Ed. Ministerio de Educación, Quito, Ecuador, 384 pp.
- Toselli, A.J. (2012). *Elementos básicos de petrología ígnea*. Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO).
- 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.
- Wallrabe, A.H.J. (1990). *Petrology and geotectonic development of the western Ecuadorian Andes; the Basic Igneous Complex*. Tectonophysics, 185(1-2): 163-182.
- Winter, J.D. (2010). *An introduction to igneous and metamorphic petrology*. New York: Prentice Ha

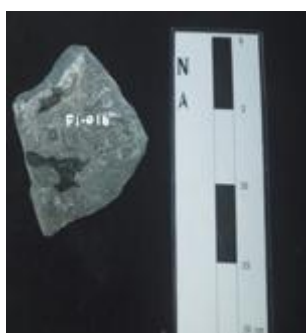
LINKOGRÁFIA

- *Tema 4. Petrología: Rocas ígneas* (2012). Clasificación de rocas ígneas. Disponible en : <https://www.goo.gl/79N1UP>. Septiembre de 2017
- *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* (2014-2019). Guayas: Gobierno Autónomo Descentralizado Cantón Nobol. Disponible en: // <https://www.goo.gl/XVDLZJ>. Septiembre de 2017
- Diagrama de QAPF. Disponible en: <https://www.goo.gl/TafWGo>. Septiembre de 2017
- Clasificación y tipos de magmas. Disponible en: <https://www.goo.gl/1nde8F>. Septiembre de 2017

ANEXOS

ANEXOS 1: MUESTRAS DEL AFLORAMIENTO EN PROSPECCIÓN

PI-016



PI-017



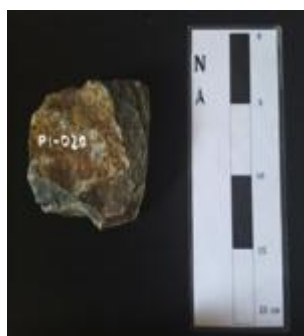
PI-018



PI-019



PI-020



PI-021



PI-022



PI-023



PI-024



PI-025



PI-026



PI-027



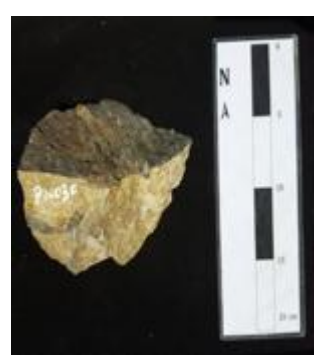
PI-028



PI- 029



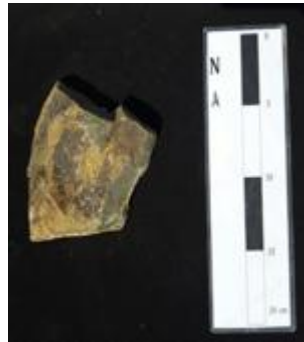
PI- 030



PI-031



PI-032



PI-033



PI-034



PI-035



PI-036



PI-037



PI-038



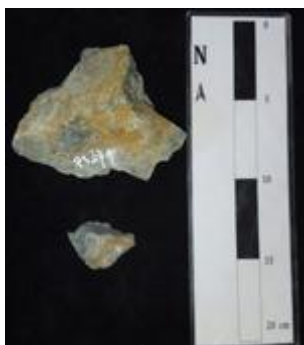
PI-039



PI-040



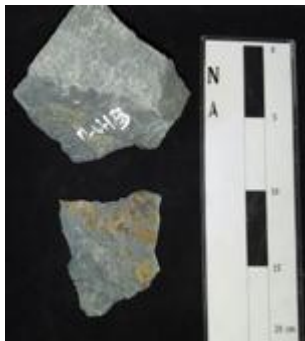
PI-041



PI-042



PI-043



PI-044



PI-045



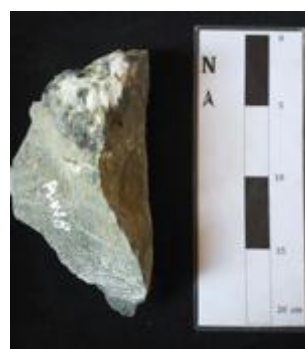
PI-046



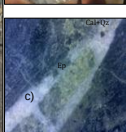
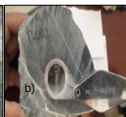
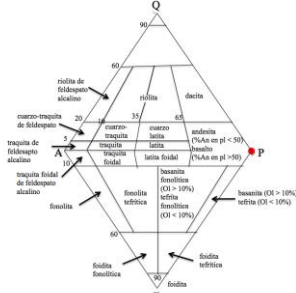
PI-047

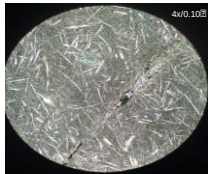
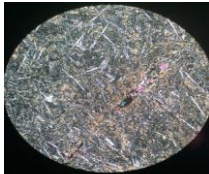


PI-048



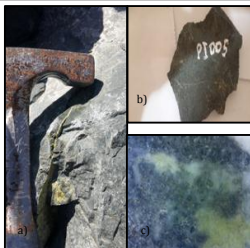
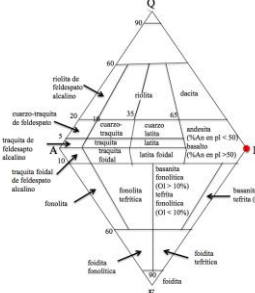
ANEXOS 2: PROPIEDADES ÓPTICAS

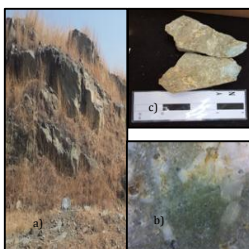
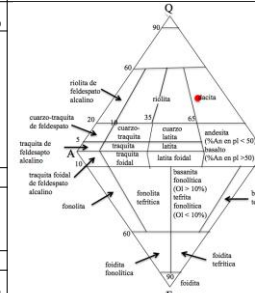
Fotomicrografía 1						
 Conteo de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Código: PI 002  Descripción: Foto a) en esta sección del afloramiento se encuentran material volcánico fresco. Foto b) se observan las vetillas rellenas de calcita y cuarzo (Cal+Qz) con espesores desde 2 hasta 3 mm. Foto c) se determina macroscópica que posee venas de epidota (Ep).	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA			
		DETALLE MINERALÓGICO		Clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)		
		Componentes esenciales de la roca				
		Minerales	%	% Recalculado		
		Plagioclasa	70	100		
		Cuarzo	0			
		Feldespatos Alcalinos	0			
		Piroxenos	27			
		Opacos	3			
		Total	100	100		
Basalto Andesítico (QAPF)						
Estructuras						
Vetillas	calcita, epidota y cuarzo					

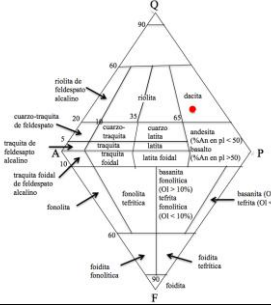
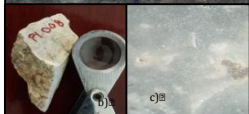
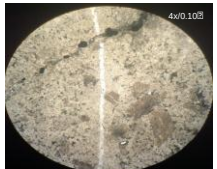
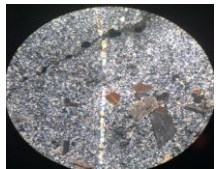
DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA	
Nicoles paralelo	Nicoles cruzado
	
Descripción: Es de una roca de textura porfírica, y tiene una pasta de tipo litoclástica en las imágenes se puede observar la presencia de dos modos de tamaño bien diferenciados. Los fenocristales son de plagioclasas y se encuentran en una pasta de microilitos de plagioclasas Al lado inferior derecho (NE-SE) hay una fisura rellena de calcita, algo de cuarzo, epidota y algunos opacos. La pasta también presentan muy pocos minerales opacos sub-anhedrales diseminados.	

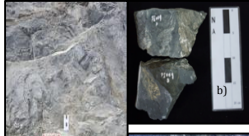
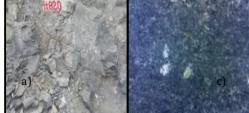
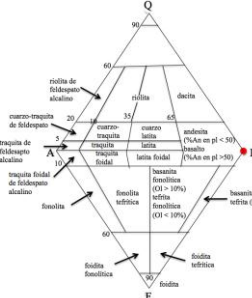
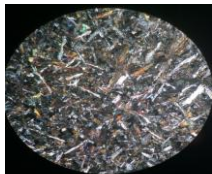
Fotomicrografía 2						
 Conteo de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA				
		DETALLE MINERALÓGICO			Clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)	
		Componentes esenciales de la roca				
		Minerales	%	% Recalculado		
		Plagioclasa	61	100		
		Feldespatos	0			
		Feldespatos Alcalinos	0			
		Piroxenos	15			
		Sericita	9			
		Opacos	10			
Epidota	5					
Total	100	100				
Basalto Andesítico (QAPF)						
Estructuras						
Vetillas	rellena de calcita, epidota					

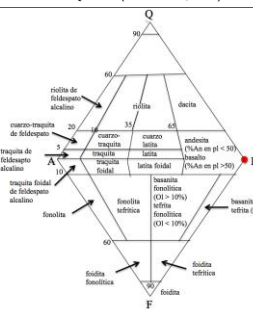
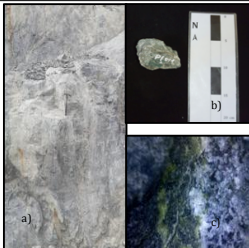
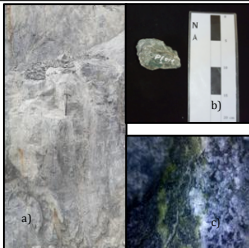
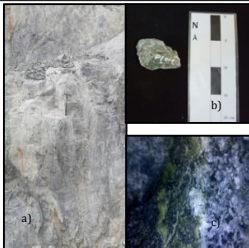
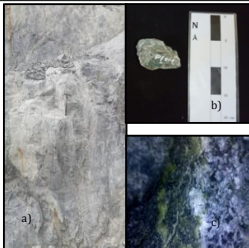
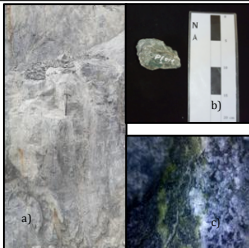
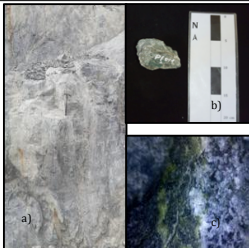
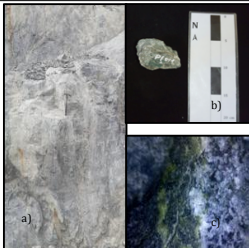
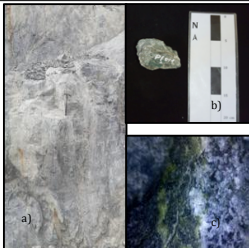
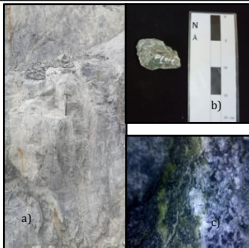
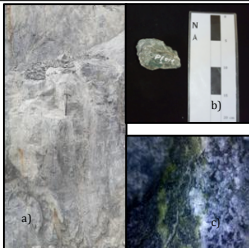
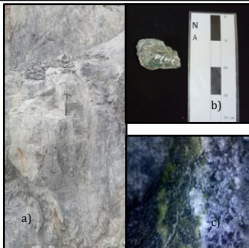
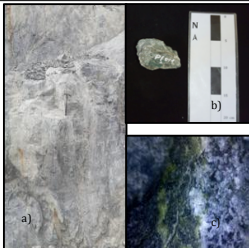
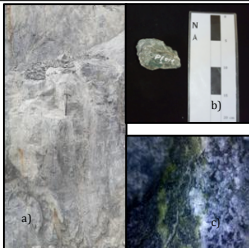
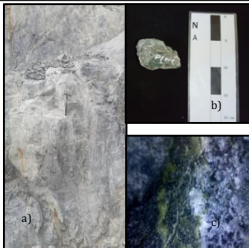
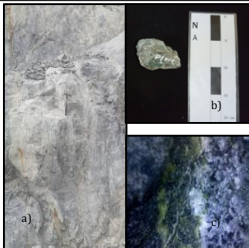
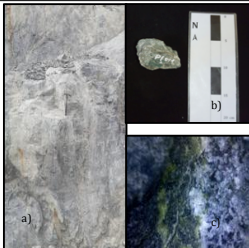
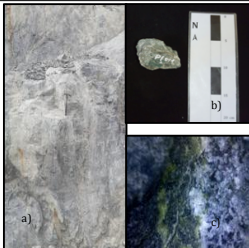
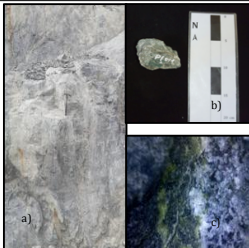
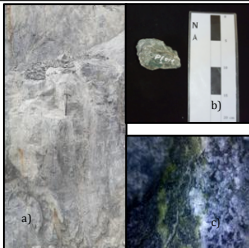
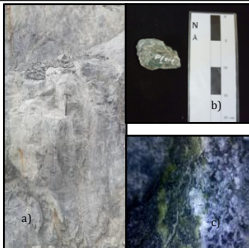
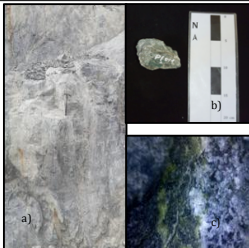
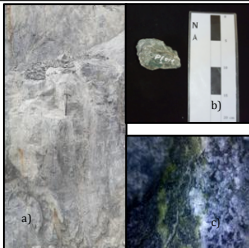
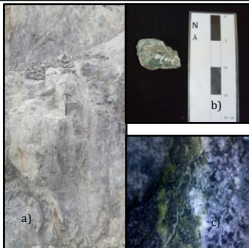
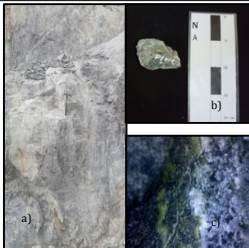
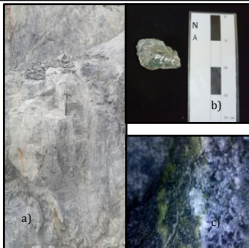
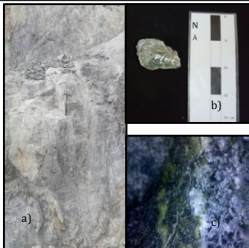
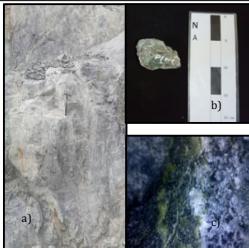
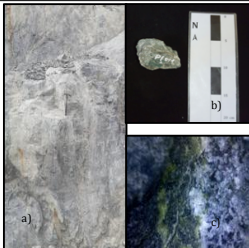
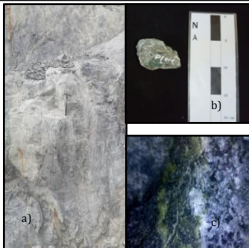
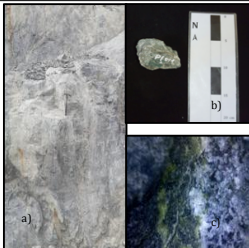
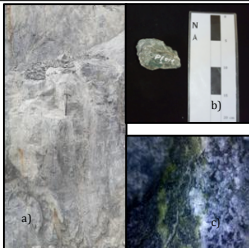
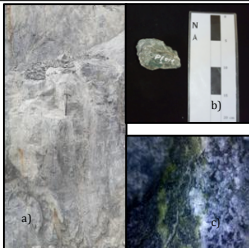
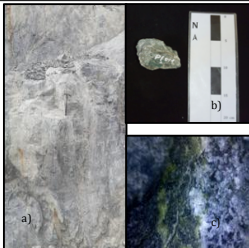
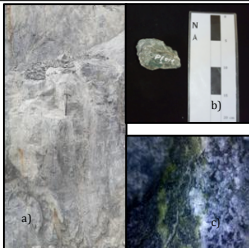
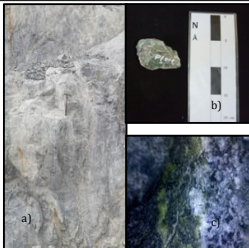
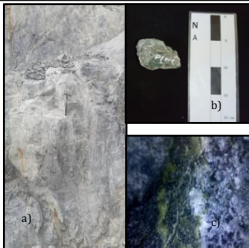
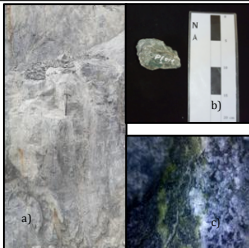
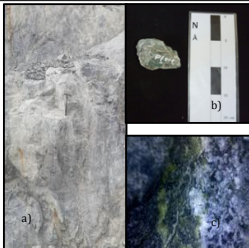
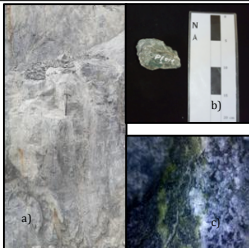
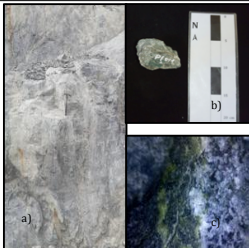
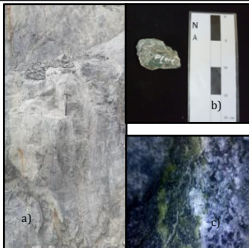
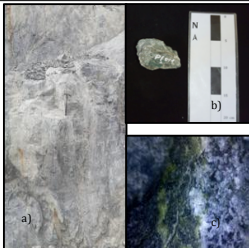
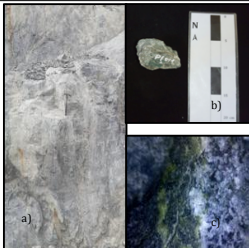
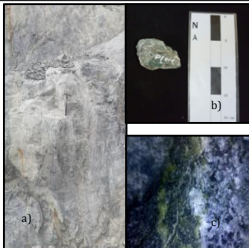
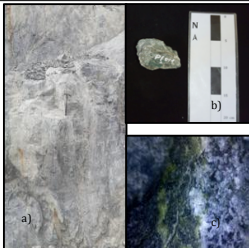
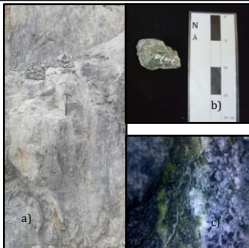
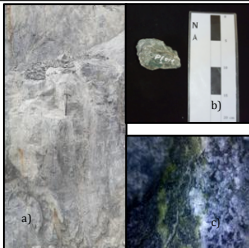
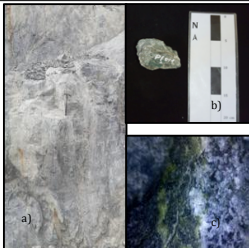
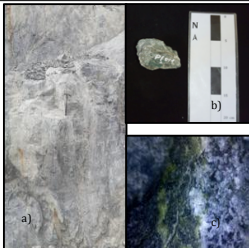
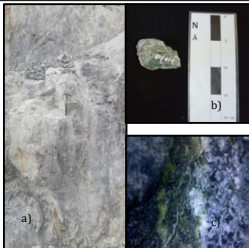
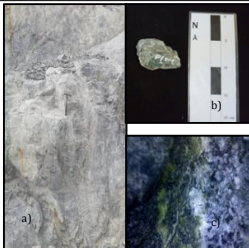
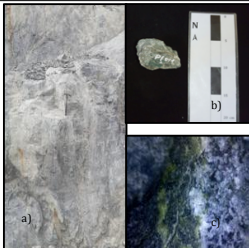
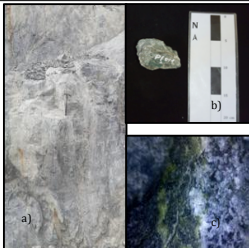
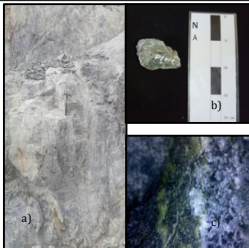
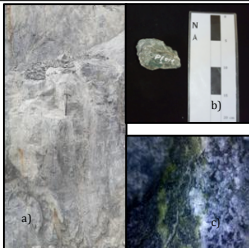
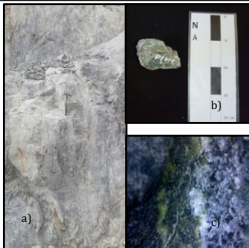
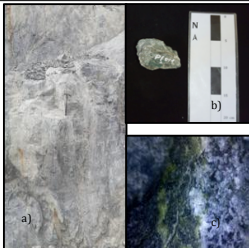
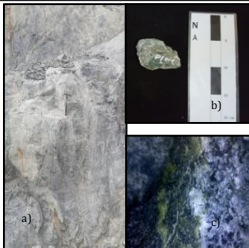
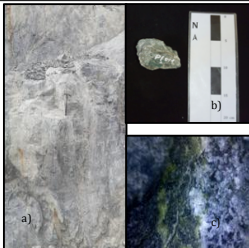
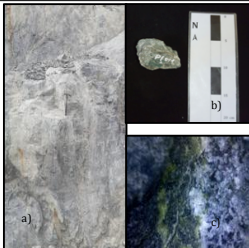
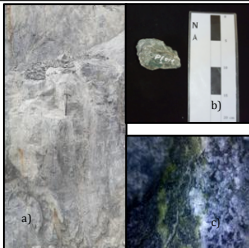
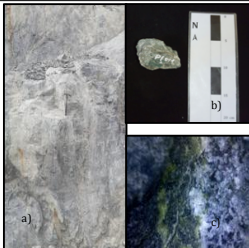
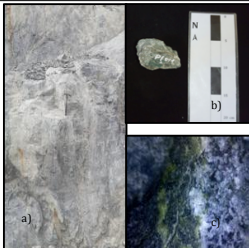
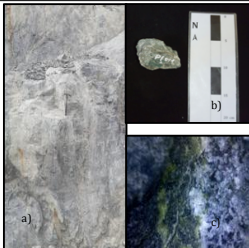
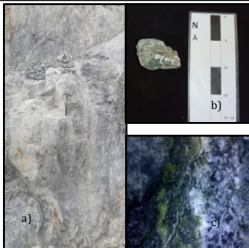
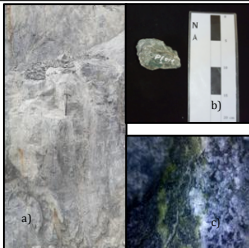
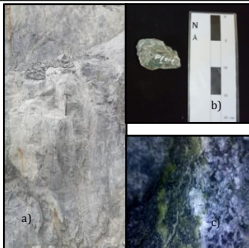
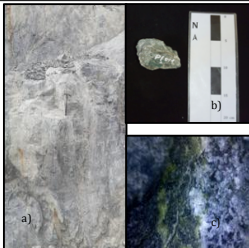
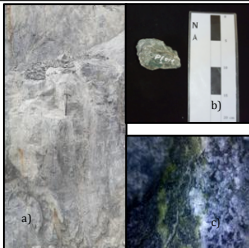
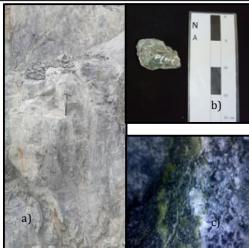
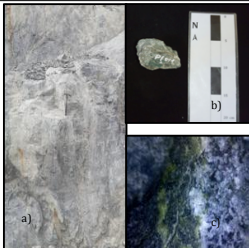
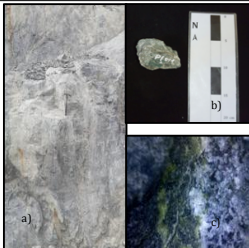
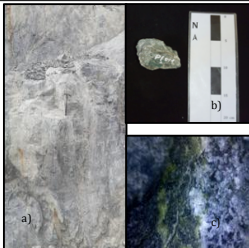
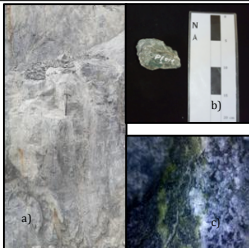
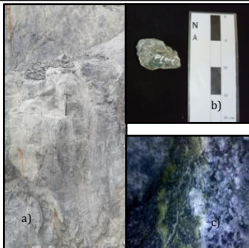
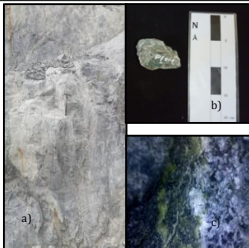
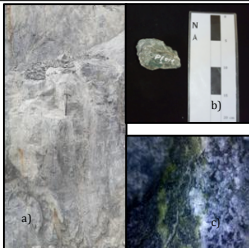
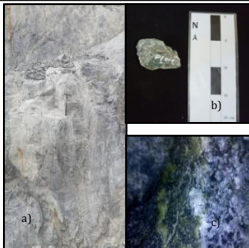
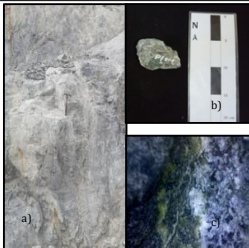
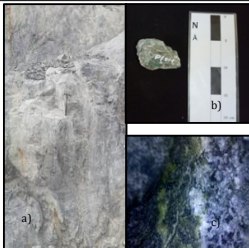
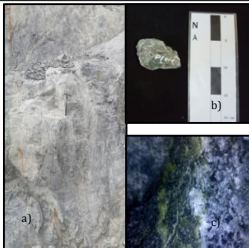
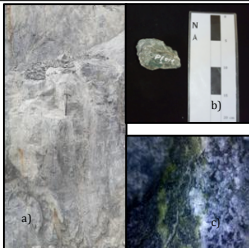
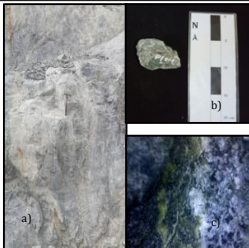
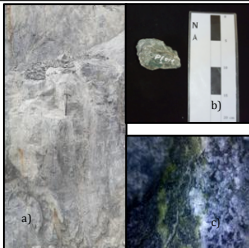
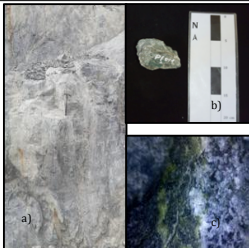
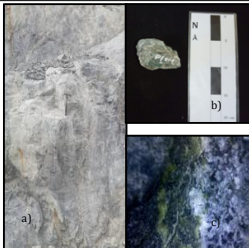
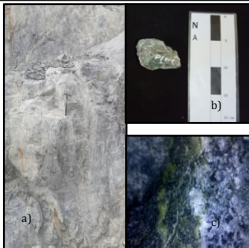
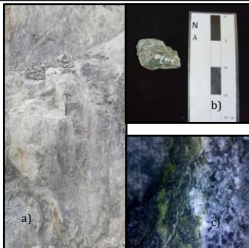
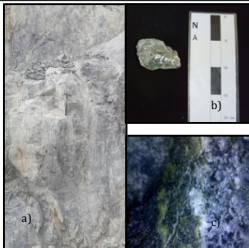
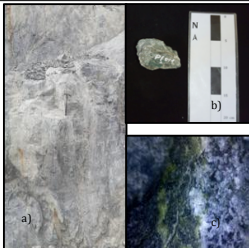
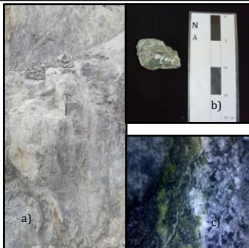
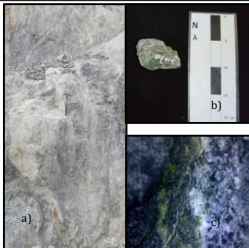
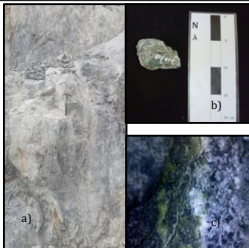
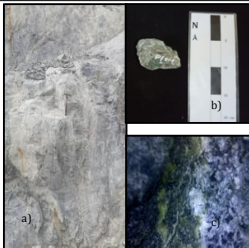
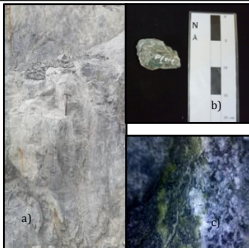
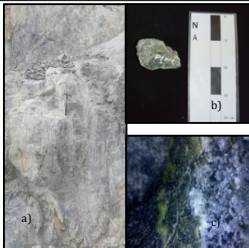
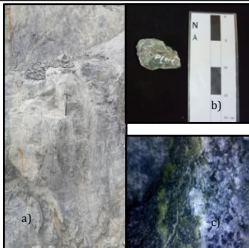
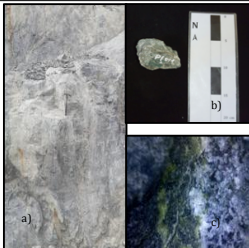
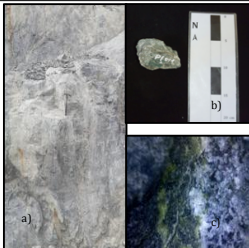
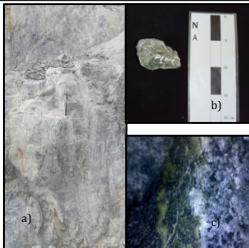
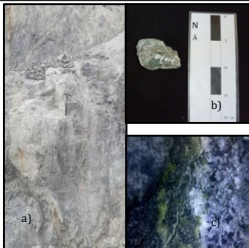
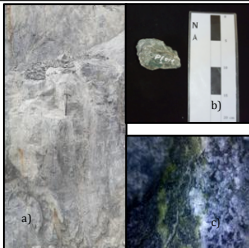
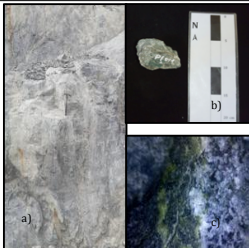
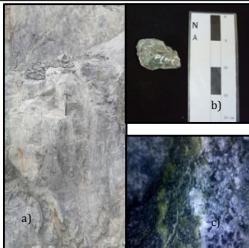
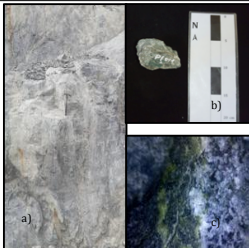
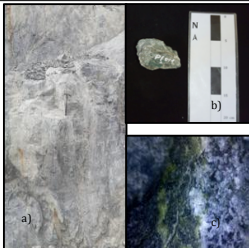
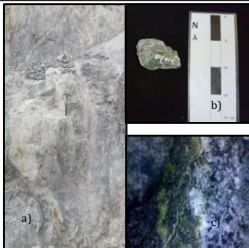
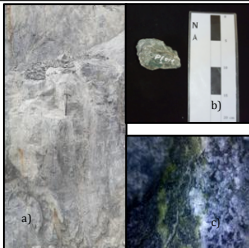
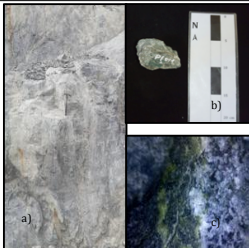
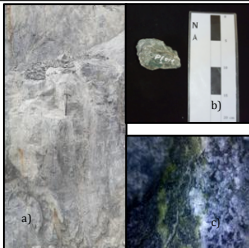
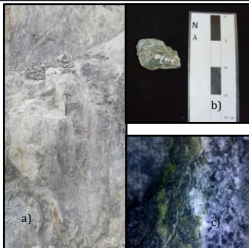
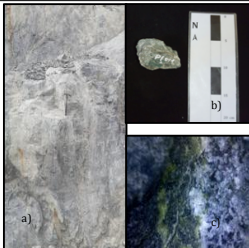
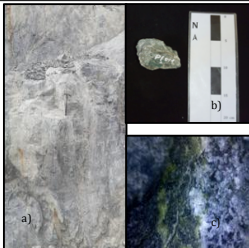
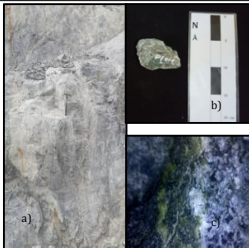
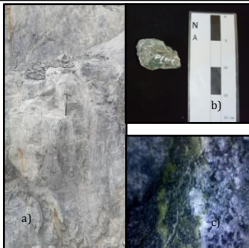
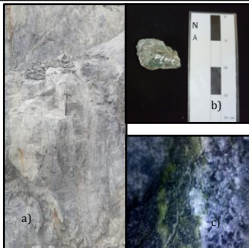
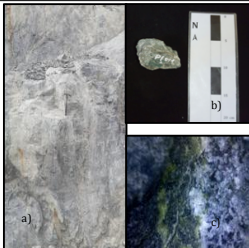
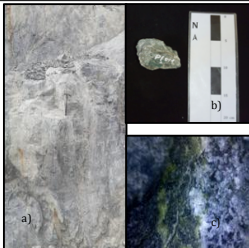
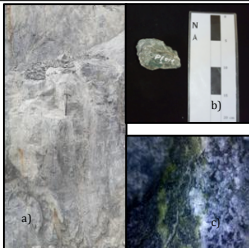
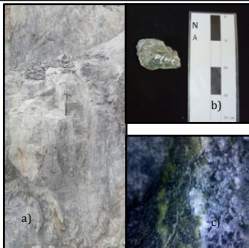
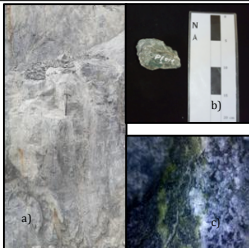
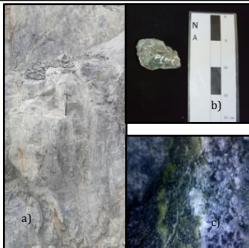
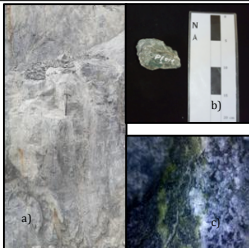
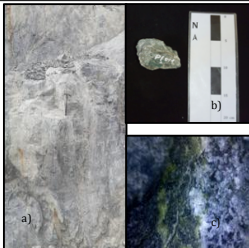
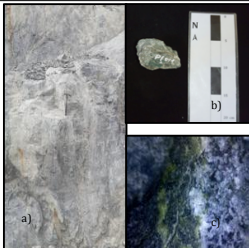
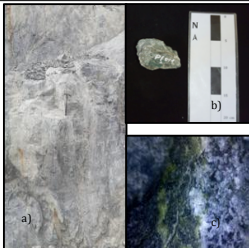
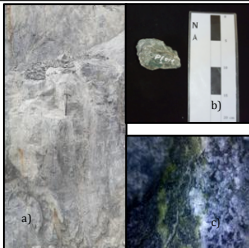
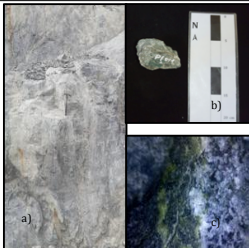
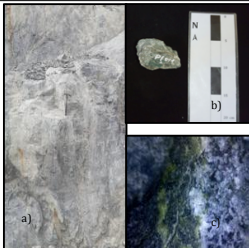
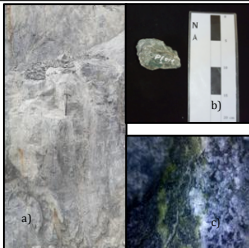
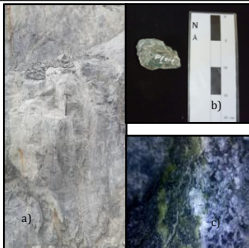
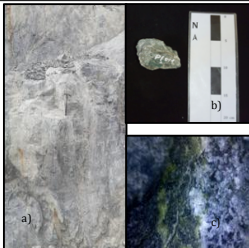
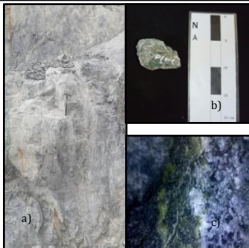
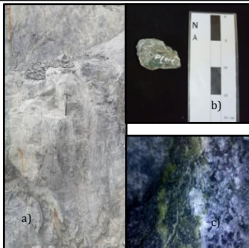
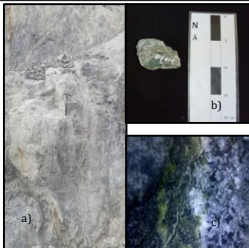
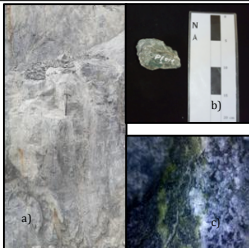
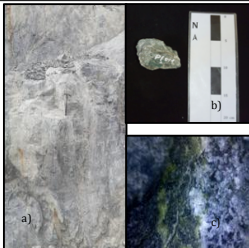
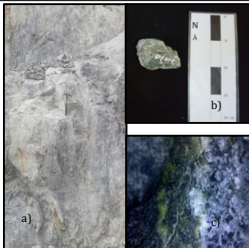
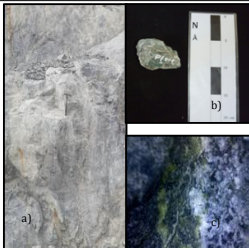
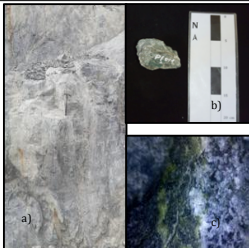
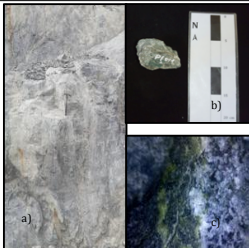
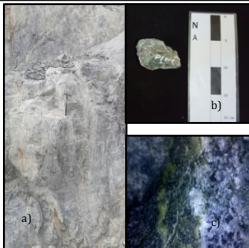
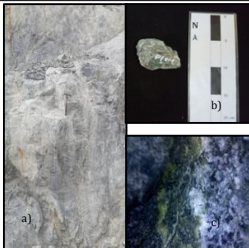
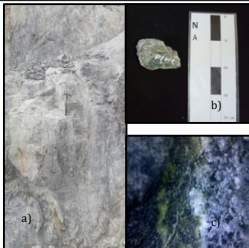
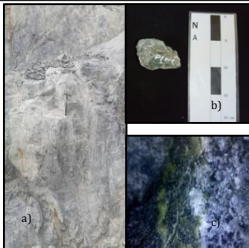
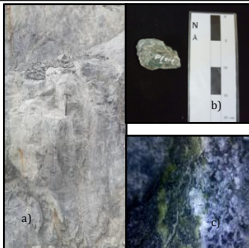
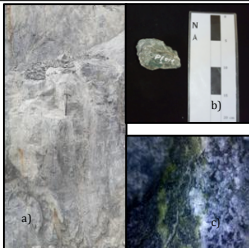
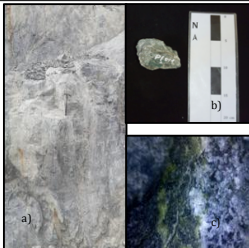
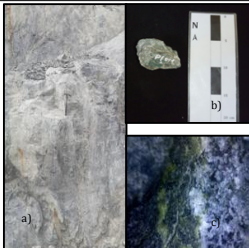
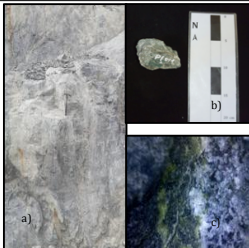
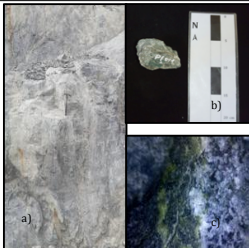
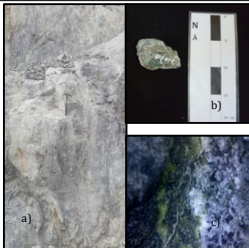
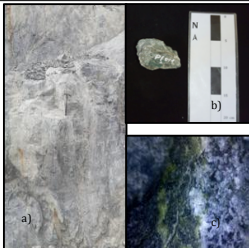
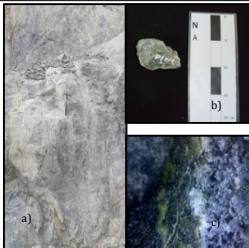
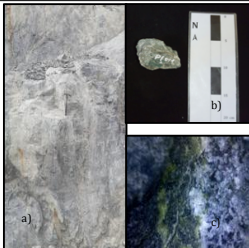
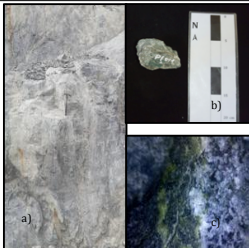
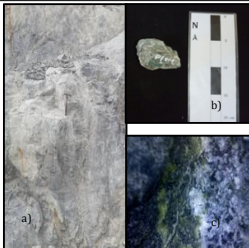
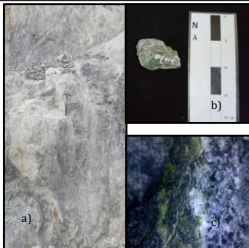
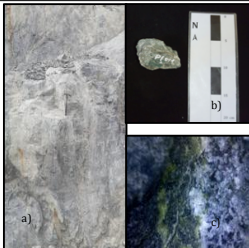
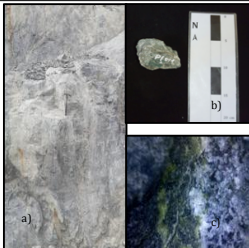
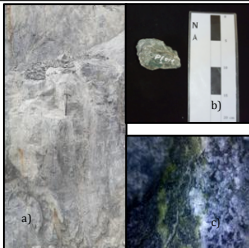
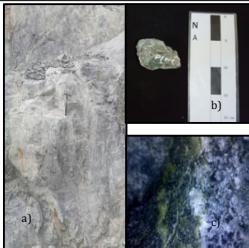
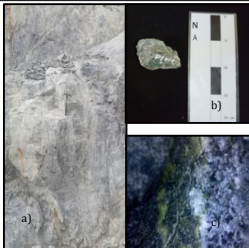
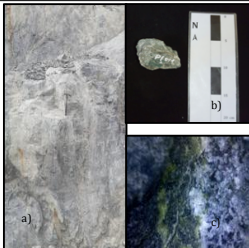
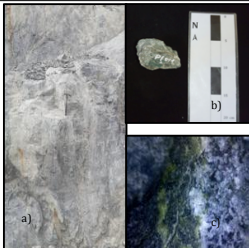
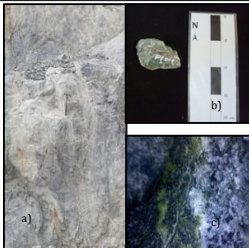
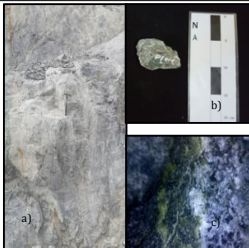
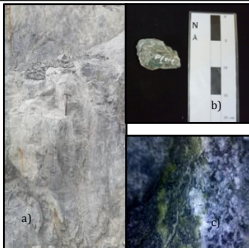
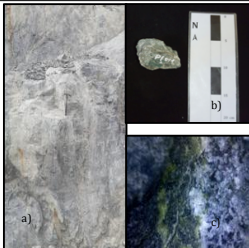
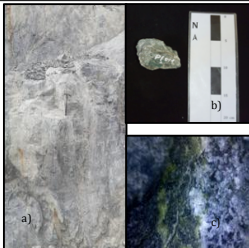
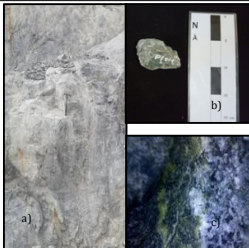
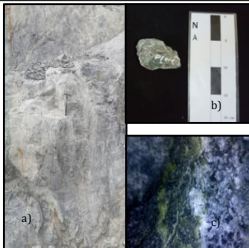
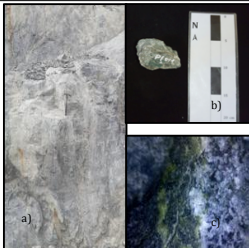
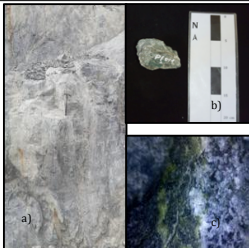
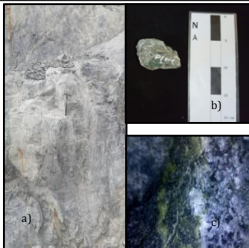
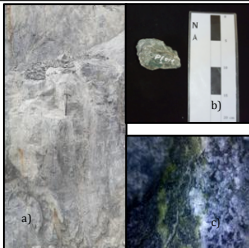
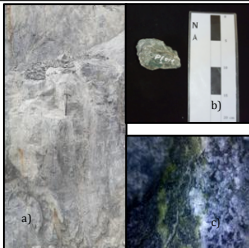
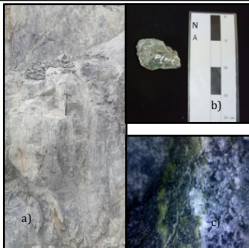
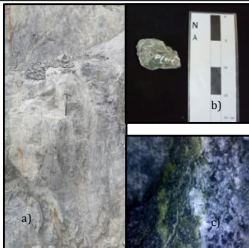
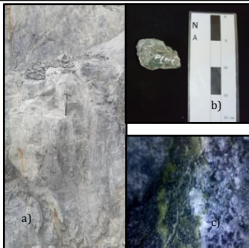
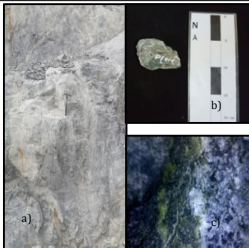
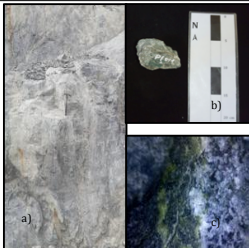
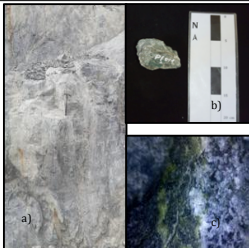
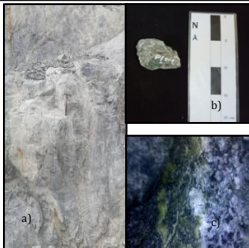
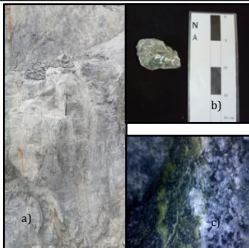
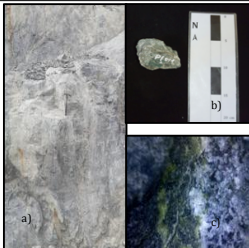
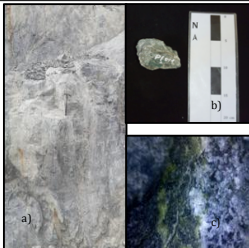
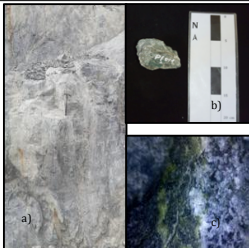
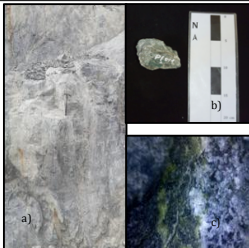
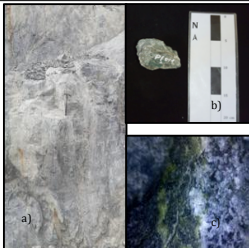
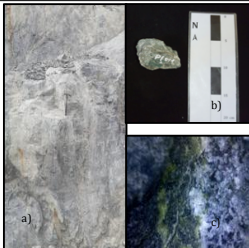
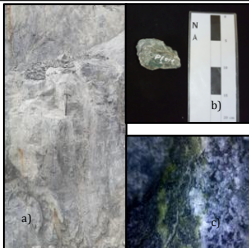
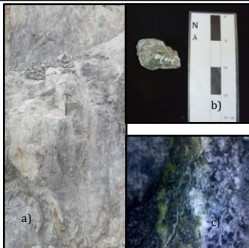
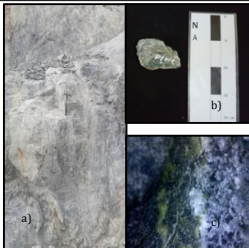
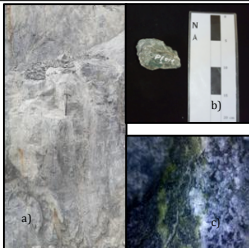
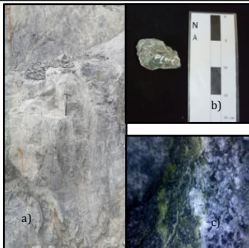
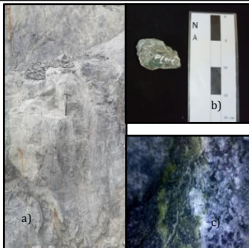
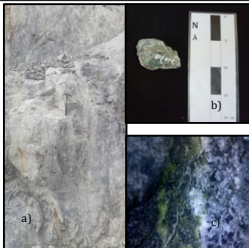
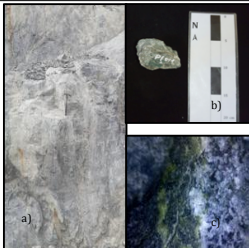
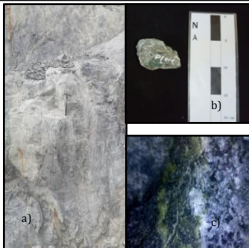
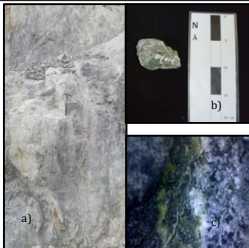
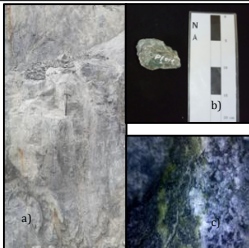
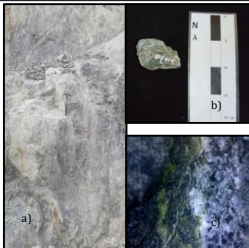
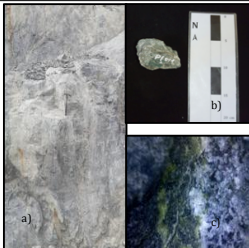
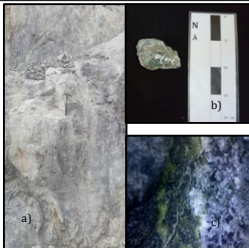
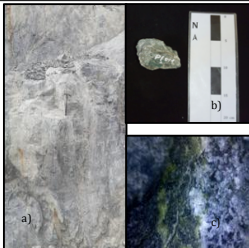
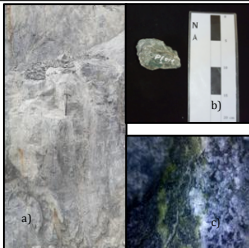
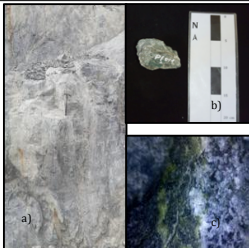
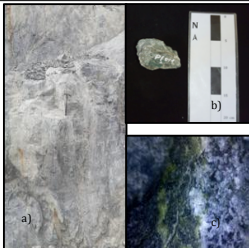
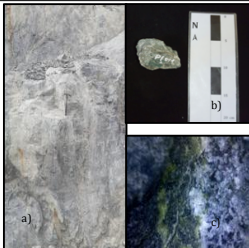
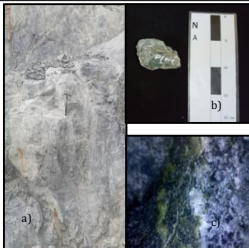
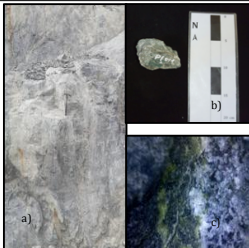
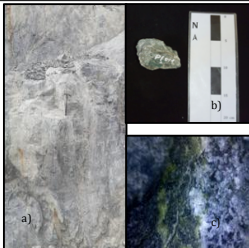
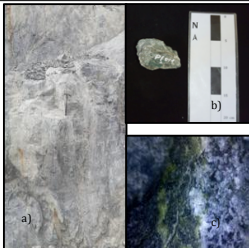
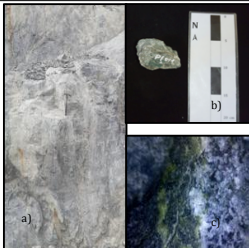
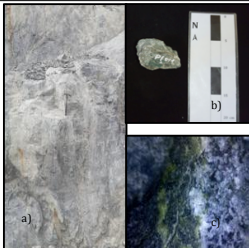
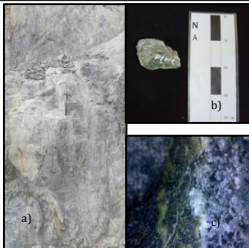
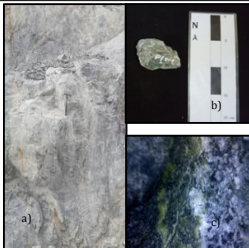
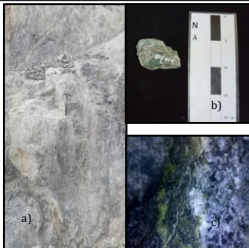
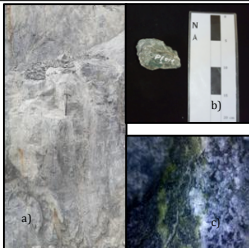
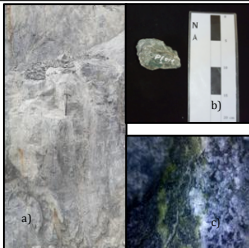
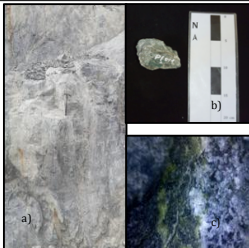
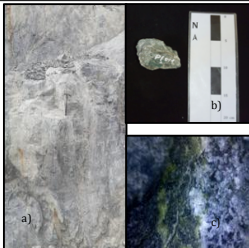
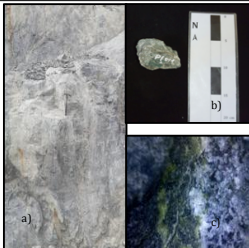
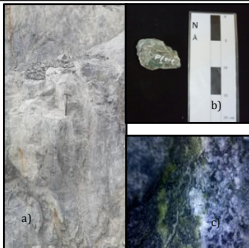
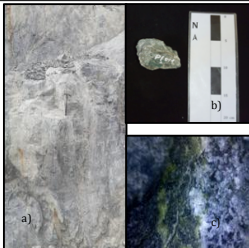
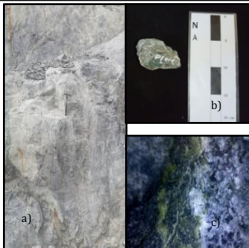
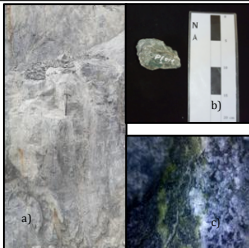
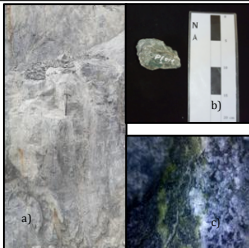
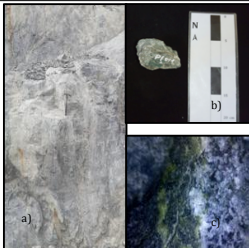
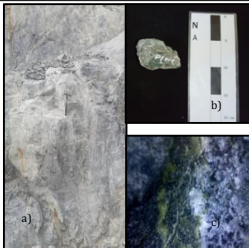
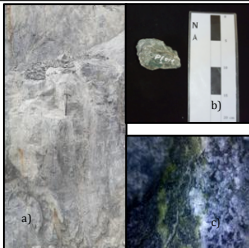
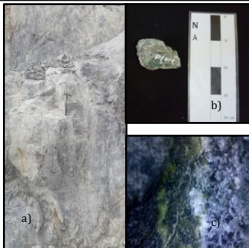
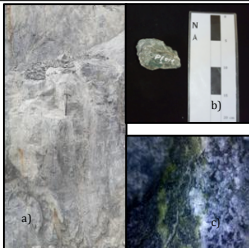
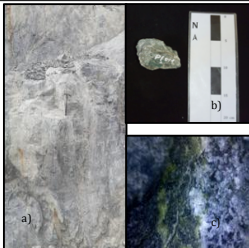
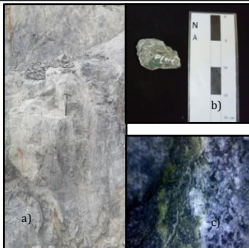
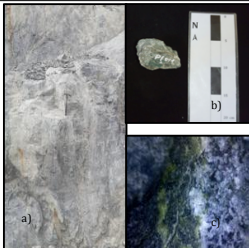
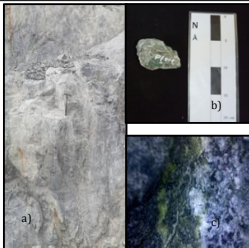
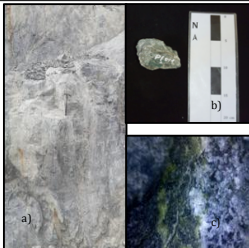
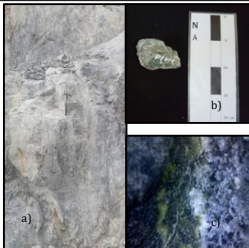
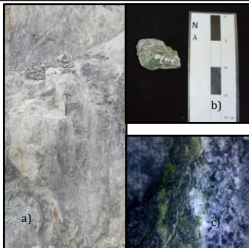
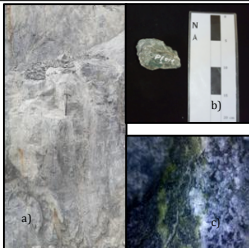
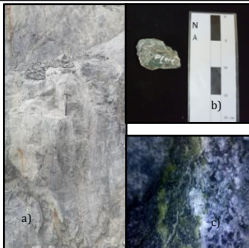
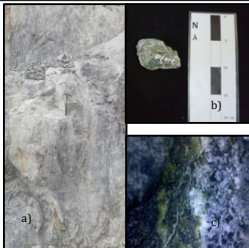
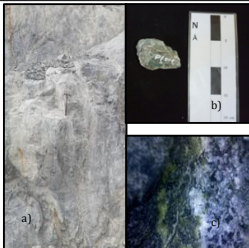
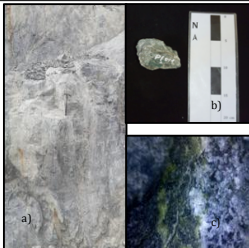
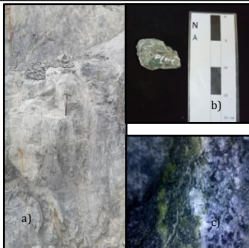
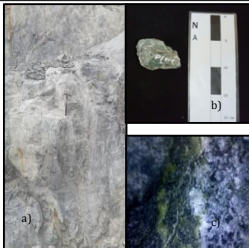
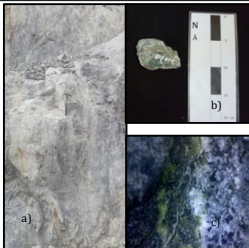
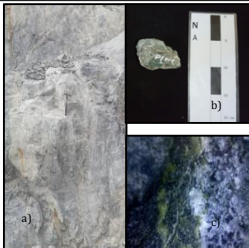
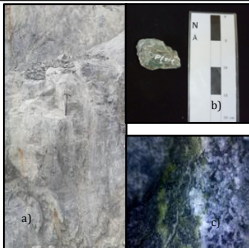
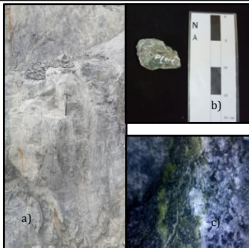
Código: PI 003						
Descripción: Foto a) se observan rellenos de vetillas (~5 mm) de calcita y cuarzo, que recubren la roca fresca. Foto b) la muestra de mano es maciza de color gris oscuro. Foto c) se presenta un individuo de color gris muy oscuro de 2mm asignable a silicatos como el piroxeno.						
DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA Nicoles paralelo Nicoles cruzado Descripción: Es una roca con textura porfírica, presenta una pasta compuesta por microlitos de plagioclasas y poco de sericita. Los fenocristales que están inmersos en la pasta también son de plagioclasas y otros de piroxenos. Presentan mineral de alteración como la epidota. En menor porcentaje se observa minerales opacos que ocupan los espacios intersticiales entre los cristales, algunos sub-anhedrales y otros tabulares.						

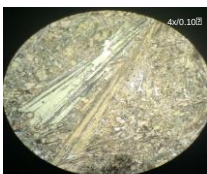
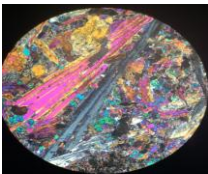
Fotomicrografía 3																										
	Conteo de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA																							
			DETALLE MINERALÓGICO																							
			Componentes esenciales de la roca																							
			Minerales	% Recalculado																						
	Descripción: Foto a) se distinguen fisuras rellenas de calcita y cuarzo, con espesores que van desde 2mm hasta 6mm. Foto b) muestra de la roca es de color gris oscuro. Foto c) se reconoce la presencia de pirita y epidota.	Código: PI 005	Plagioclasa 70																							
			Cuarzo 0																							
			Feldespato Alcalino 0																							
			Piroxenos 15																							
			Clorita 8																							
			Epidota 5																							
			Opacos 2																							
			Total 100																							
			Basalto Andesítico (QAPF)																							
			Estructuras																							
Vetillas	rellena de calcita, epidota																									
																										
Clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)																										
Descripción: Es de una roca afanítica con textura porfírica, presenta dos modos de tamaño bien diferenciadas, al tamaño mayor son fenocristales de plagioclasas, que están inmersos en una pasta. La pasta está compuesta casi íntegramente por microlitos de plagioclasa y también por sericita. Se observan minerales opacos tabulares en moderada cantidad.																										
Análisis químico por fluorescencia de rayos x:																										
<table><tr><th>SiO₂</th><th>Al₂O₃</th><th>Fe₂O₃</th><th>CaO</th><th>TiO₂</th><th>MnO</th><th>K₂O</th><th>MgO</th><th>P₂O₅</th><th>Na₂O</th><th>PPC</th></tr><tr><td>52.6</td><td>12.3</td><td>11.7</td><td>10.2</td><td>1.02</td><td>0.20</td><td><0.10</td><td>6.96</td><td>0.08</td><td>2.919</td><td>1.61</td></tr></table>					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	PPC	52.6	12.3	11.7	10.2	1.02	0.20	<0.10	6.96	0.08	2.919	1.61
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	PPC																
52.6	12.3	11.7	10.2	1.02	0.20	<0.10	6.96	0.08	2.919	1.61																

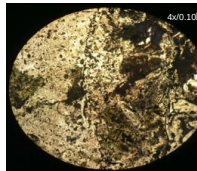
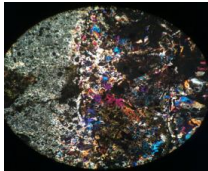
Fotomicrografía 4																							
	Conteo de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCOPIO DE LUZ POLARIZADA																				
			DETALLE MINERALÓGICO																				
			Componentes esenciales de la roca																				
			Minerales	% Recalculado																			
	La foto a) indica el color claro de la muestra. En la foto b) se reconoce carbonato, cuarzo y epidota. En la foto c) se reconoce algunas piritas diseminadas de hasta 2mm.	Código: PI 007	Plagioclasa 30 Cuarzo 25 Feldespato Alcalino 10 Epidota 8 Clorita 15 Opacos <1 vidrio volcánico 12 Total 100																				
			Dacita (QAPF)																				
			Estructuras																				
			Vetillas																				
			rellena de calcita, epidota																				
																							
			Clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)																				
			Descripción: Es de textura porfírica con fenocristales de feldespatos alterados. La pasta también contiene microlitos de feldespato, clorita como producto de alteración de los feldespatos, se reconoce poco cuarzo intersticial y vidrio volcánico. Pequeñas cantidades de minerales opacos que ocupan los espacios intersticiales. Las fisuras de están rellenas de cuarzo, calcita y epidota.																				
			Análisis químico por fluorescencia de rayos x:																				
			<table><tr><th>SiO₂</th><th>Al₂O₃</th><th>Fe₂O₃</th><th>CaO</th><th>TiO₂</th><th>MnO</th><th>K₂O</th><th>MgO</th><th>P₂O₅</th><th>Na₂O</th><th>PPC</th></tr><tr><td>52.6</td><td>12.3</td><td>11.7</td><td>10.2</td><td>1.02</td><td>0.20</td><td><0.10</td><td>6.96</td><td>0.08</td><td>2.919</td><td>1.61</td></tr></table>		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	PPC	52.6	12.3	11.7	10.2	1.02	0.20	<0.10	6.96
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	PPC													
52.6	12.3	11.7	10.2	1.02	0.20	<0.10	6.96	0.08	2.919	1.61													

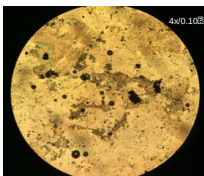
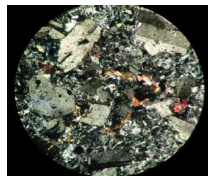
Fotomicrografía 5																															
	Conteo de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA																												
			DETALLE MINERALÓGICO																												
			Componentes esenciales de la roca																												
			Clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)																												
Código: PI 008			<table><tr><th>Minerales</th><th>%</th><th>% Recalculado</th></tr><tr><td>Plagioclasa</td><td>37</td><td>55</td></tr><tr><td>Cuarzo</td><td>20</td><td>30</td></tr><tr><td>Feldespato Alcalino</td><td>10</td><td>15</td></tr><tr><td>Epidota</td><td>5</td><td></td></tr><tr><td>Clorita</td><td>10</td><td></td></tr><tr><td>Vidrio Volcánico</td><td>15</td><td></td></tr><tr><td>Opacos</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>Total</td><td>100</td><td>100</td></tr></table>	Minerales	%	% Recalculado	Plagioclasa	37	55	Cuarzo	20	30	Feldespato Alcalino	10	15	Epidota	5		Clorita	10		Vidrio Volcánico	15		Opacos	3		Total	100	100	
Minerales	%	% Recalculado																													
Plagioclasa	37	55																													
Cuarzo	20	30																													
Feldespato Alcalino	10	15																													
Epidota	5																														
Clorita	10																														
Vidrio Volcánico	15																														
Opacos	3																														
Total	100	100																													
  			La muestra ver foto a) es parte del dique intrusivo de color gris claro, el color se debe a la abundancia de silicatos. Foto b) se reconoce la presencia de plagioclasas y cuarzo, así como sulfuros. Foto c) La pirita se presenta diseminada y algunos individuos conserva formas.																												
			Dacita (QAPF)																												
			Estructuras																												
			Vetillas rellena de calcita, epidota																												
DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA																															
Nicoles paralelo		Nicoles cruzado		Descripción: Es una roca de tipo porfírica. Tiene dos vetillas, la de dirección N-S está rellena de cuarzo con subordinados de calcita y epidota, la otra que se encuentra en dirección NE-SO en la parte superior, contiene minerales opacos anhedrales. La pasta es de plagioclasas y vidrio volcánico con poca clorita, los fenocristales son plagioclasas alterados y anfíboles.																											
																															

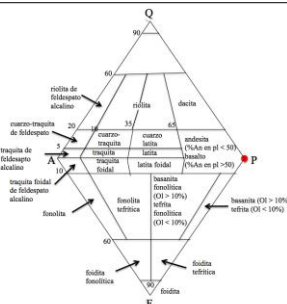
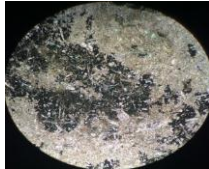
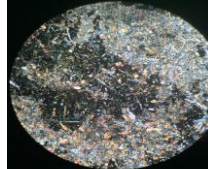
Fotomicrografía 6					
	Conteo de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA		
			DETALLE MINERALÓGICO		Clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)
			Componentes esenciales de la roca		
			Minerales	%	
Código: PI 009			Plagioclasa	53	100
  			Cuarzo	0	
			Feldespato Alcalino	0	
			Piroxeno	25	
			Opacos	2	
			Anfibol	15	
			Olivino	5	
			Total	100	100
			Basalto Andesítico (QAPF)		
Vetillas		rellena de calcita, epidota			
					
DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA					
Nicoles paralelo		Nicoles cruzado		Descripción: Es de textura porfírica esto por tener microlitos de forma tabular de plagioclasas de color gris, algunos están alterados (saussuritización), la pasta presenta una textura intersticial con pocos olivinos. Algunas plagioclasas presentan incrustaciones de augita ha afectado a algunos cristales, esto por la evidencia de clorita, algunos anfíboles. Los microcristales de opacos ocupan los espacios intersticiales entre los fenocristales.	
					

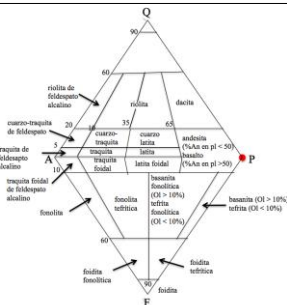
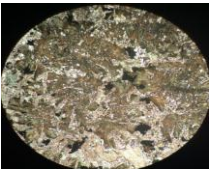
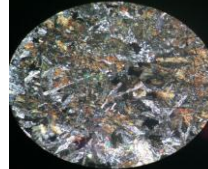
Fotomicrografía 7						
	Cuento de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA			
			DETALLE MINERALÓGICO			
			Componentes esenciales de la roca			
			Minerales	%		% Recalculado
			Código: PI 010			
			La muestra es del material de contenido en la falla que presenta una parte rellena por calcita y algo de cuarzo. Foto a) es de color gris. Foto b) y c) contiene presencia de plagioclasas y epidota con magnetita y algunas calcopirritas. Presenta zonas de oxidación masiva (arsenopirrita).			
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						

Fotomicrografía 8							
 Universidad de Guayaquil Cuento de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA					
		DETALLE MINERALÓGICO			Clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F (Streckeisen, 1976) 		
		Componentes esenciales de la roca					
		Minerales	%	% Recalculado			
		Plagioclasa	15	100			
		Cuarzo	0				
		Feldespato Alcalino	0				
		Olivino	45				
		Augita	10				
		Prehnita	18				
		Opacos	2				
		Clorita	10				
		Total	100	100			
		Basalto Andesítico (QAPF)					
		Estructuras					
		Vetillas	rellena de calcita, epidota				
		DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA					
		Nicoles paralelo		Nicoles cruzado		Descripción: de Textura porfírica Presenta minerales opacos en moderada cantidad en toda la pasta . Presenta alteración Fenocristales de plagioclasa y otros de prehnita? y augita, se reconoce pocos cristales de olivino. La matriz es intersticial de pocos microlitos de plagioclasas y poca clorita.	
							

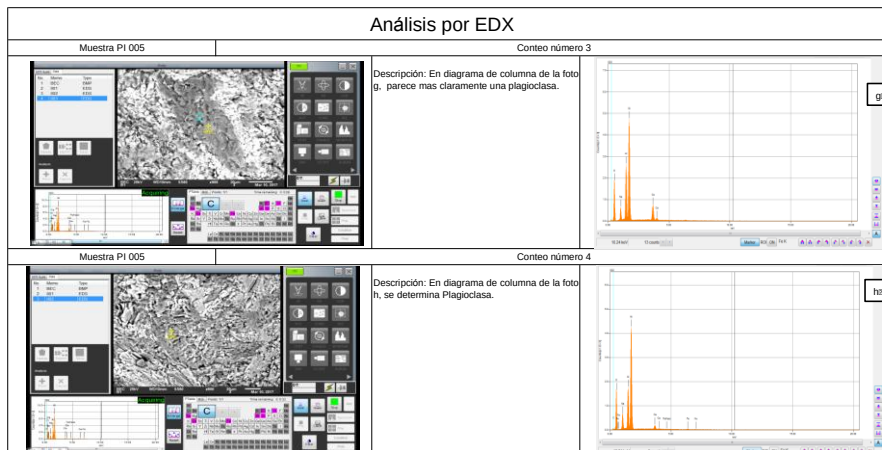
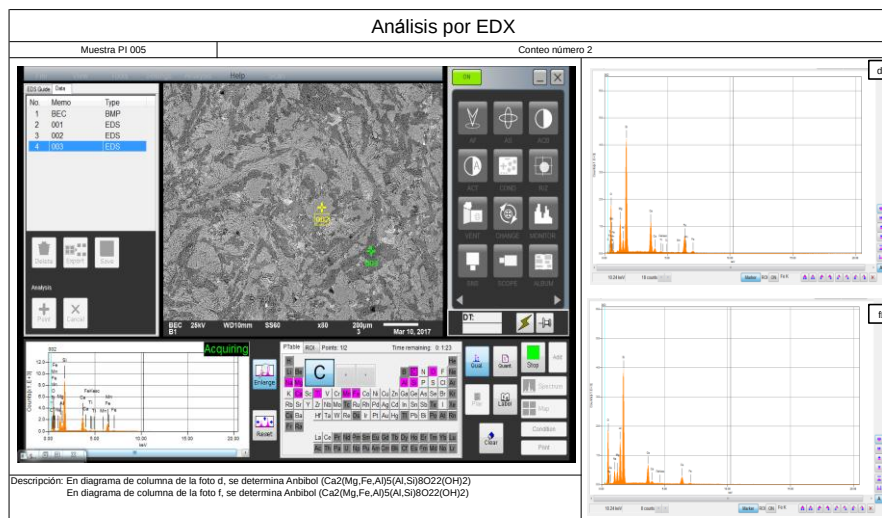
Fotomicrografía 9				
	Cuento de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA	
			DETALLE MINERALÓGICO	
			Componentes esenciales de la roca	
Código: PI 019			Minerales	%
			Plagioclasa	10
			Feldespatoides	0
			Feldespato Alcalino	0
			Piroxeno	30
			Clorita	40
			Opacos	5
			Carbonatos	15
Total			100	100
Basalto (QAPF)				
Estructuras				
Vetillas			rellena de calcita, epidota	
DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA				
Nicoles paralelo		Nicoles cruzado		
				
Descripción: Es una muestra que presenta un alto grado de alteración. La matriz podría contener plagioclasas, pero si se reconoce que contiene clorita. En la región del lado este presenta piroxenos alterados. Contiene vetillas de hasta 0,5 mm rellenas de carbonatos. Presenta minerales opacos anhedral que ocupan los espacios intersticiales entre los cristales .				

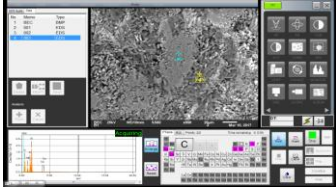
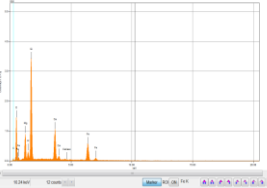
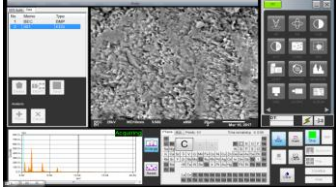
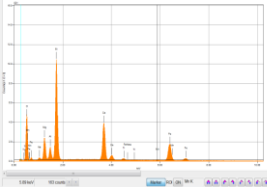
Fotomicrografía 10											
	Cuento de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA								
			DETALLE MINERALÓGICO								
			Componentes esenciales de la roca								
Código: PI 027			Minerales	% Recalculado							
			Plagioclasa	30	52						
			Cuarzo	18	31						
			Feldespato Alcalino	10	17						
			Piroxeno	10							
			Vidrio volcánico	12							
			Opacos	2							
			Clorita	12							
			Epidota	6							
			Total	100	100						
			Dacita (QAPF)								
Vetillas			rellena de calcita, epidota								
DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA											
Nicoles paralelo		Nicoles cruzado									
											
Descripción: Muestra con textura porfírica con fenocristales de feldespato, piroxeno (estena por el pleocroísmo) y anfíbol, la pasta está compuesta por microilitos de plagioclasas, cuarzo intersticial, vidrio volcánico y poca clorita. Los minerales opacos presentes son de formas tabulares. En otro sector de la lámina, que no se enfoca en la gráfica, se reconoce vetillas rellenas de carbonato, cuarzo y epidota.											
Análisis químico por fluorescencia de rayos x:											
Muestra %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	PPC
PI 027	71.8	13.7	3.40	1.54	0.24	<0.05	0.10	0.57	0.06	6.539	1.14

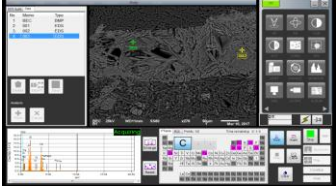
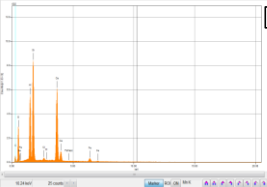
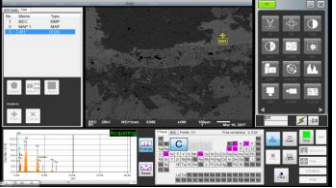
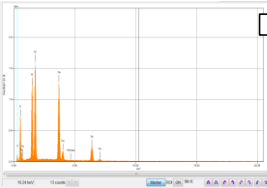
Fotomicrografía 11						
	Conteo de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA			
			DETALLE MINERALÓGICO			
Código: PI 039			Componentes esenciales de la roca			
			Minerales	% Recalculado		
	Roca afanítica muestra es de color gris, presenta alto magnetismo, se reconocen sulfuros de pirita diseminados.		Plagioclasa	20		100
			Cuarzo	0		
			Feldespato Alcalino	15		
			Epidota	60		
			Clorita	5		
			Opacos			
			Total	100		100
			Basalto Andesítico (QAPF)			
			Vetillas	rellena de calcita, epidota		
			DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA			
Nicoles paralelo		Nicoles cruzado		Descripción: Roca Textura afírica intersertal (por no observar fenocristales) esta compuesta por microlitos de plagioclasa entre los cuales se observa epidota. Hay regiones en se reconoce abundante clorita Presenta abundantes minerales opaco en toda la pasta y en fisura.		
						

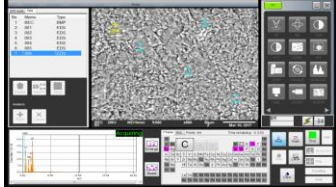
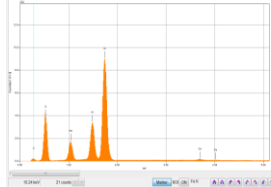
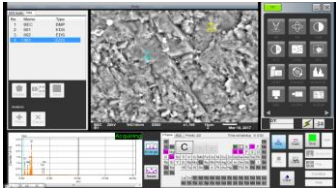
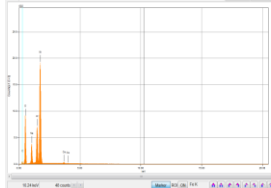
Fotomicrografía 12				
	Conteo de minerales De láminas delgadas en el sector Daule-Nobol	Universidad de Guayaquil Analizado por: Alfredo Moreira Revisado: Dra. Kathy López Fecha: 16-06-17 Facultad: Ciencias Naturales	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA	
			DETALLE MINERALÓGICO	Clasificación modal de una roca volcánica en el triángulo Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)
Código: PI 044			Componentes esenciales de la roca	
	Roca afanítica de color gris con algunas regiones oxidadas, bajo magnetismo.	Minerales	%	% Recalculado
		Plagioclasa	60	100
		Cuarzo	0	
		Feldespato Alcalino	0	
		Epidota	7	
		Piroxenos	30	
		Opacos	3	
		Total	100	100
		Basalto Andesítico (QAPF)		
		Vetillas	rellena de calcita, epidota	
				
DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS EN MICROSCÓPIO DE LUZ POLARIZADA				
Nicoles paralelo		Nicoles cruzado		Descripción: Es una roca de Textura porfírica, con fenocristales de plagioclasas . Presenta una pasta de textura pilotáxica (por tener piroxenos entre los microlitos y hay una considerable cantidad de epidota reconocida por su color verde claro se puede decir que la pasta es intergranular a intersertal) Hay presencia de abundantes minerales opacos anhedral que ocupan los espacios intersticiales.
				

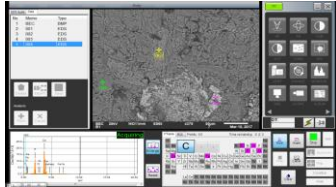
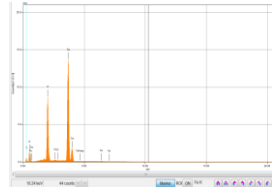
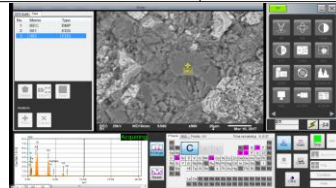
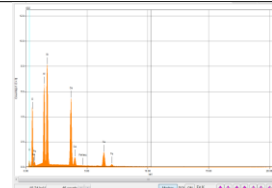
ANEXOS 3: ENSAYOS EN MEB – EDAX

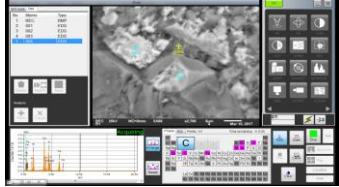
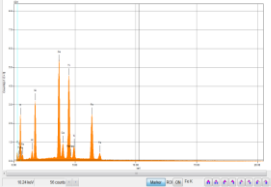
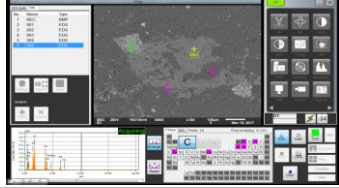
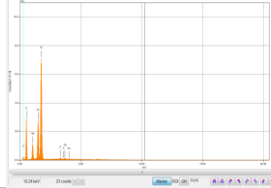


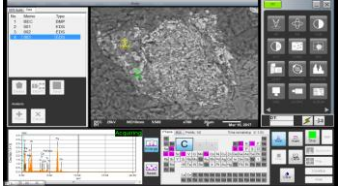
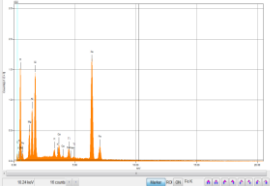
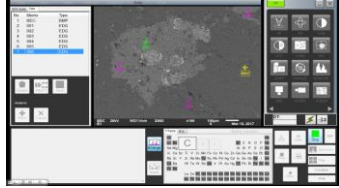
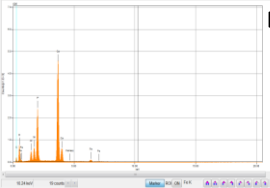
Análisis por EDX		
Muestra PI 005	Conteo número 5	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto, se determina Anfibol.	
Muestra PI 005	Conteo número 4	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto, análisis de las zonas claras sobre un área entera	

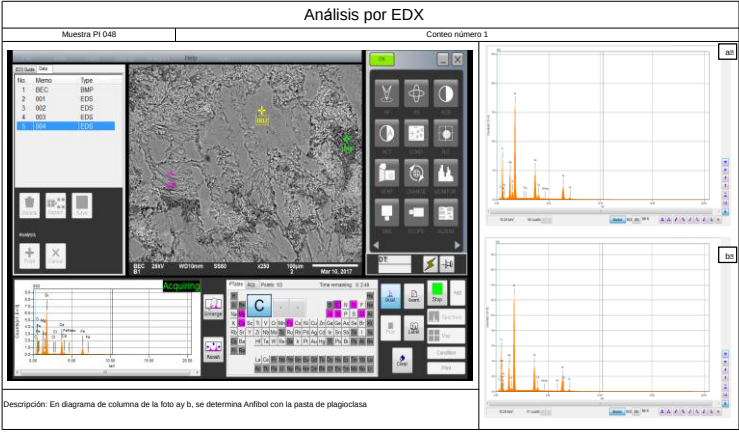
Análisis por EDX		
Muestra PI 018	Conteo número 7	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto, se se determina Menos calcio que la plagioclasa (con Na)	
Muestra PI 018	Conteo número 8	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto, igual que el caso anterior, menos calcio que la plagioclasa (con Na) Pero más hierro que fase anterior sin definir.	

Análisis por EDX			
Muestra PI 027		Conteo número 1	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto j, se determina Plagioclasa.		11
Muestra PI 027		Conteo número 2	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto k, se determina Plagioclasa.		12

Análisis por EDX			
Muestra PI 027		Conteo número 3	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto u, se determina Apatito y epidota.		13
Muestra PI 027		Conteo número 4	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto n, se se determino Epidota		14

Análisis por EX			
Muestra PI 027		Conteo número 5	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto, se se determina óxido de Fe y Titanita / esfena (Ca Ti Si O).		05
Muestra PI 027	Conteo número 6		
	Descripción: En diagrama de columna de la foto, se se determino albita Plagioclasa (sin Ca), epidoto y Titanita / esfena.		06

Análisis por EDX			
Muestra PI 027		Conteo número 7	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto, se se determino Anfíbol(Actinolita) y Óxido de Fe.		07
Muestra PI 027		Conteo número 8	
	Descripción: En diagrama de columna de la foto, se se determino Plagioclasa/albita, Epidoto y apatito.		08



ANEXOS 4: EQUIPOS USADOS EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS Y TRABAJO DE CAMPO



Cortadora primaria



Cortador secundaria



Cortadora y pulidora de precisión



Bandeja de lijado de abrasivo



Estufa para secado de muestras



Sujetador de pastillas opacas



Identificación de minerales



Toma de datos



Toma de muestras en el afloramiento