

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Análisis Petrográfico de los cerros de Bellavista y San Eduardo,
Guayaquil, Ecuador

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniería en Geología

Presentado por:

Mariela Estefania Mata Coveña

Arianna Gabrielle Macias Nowak

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis padres, Marivel Coveña y Fredy Mata, por su comprensión, sacrificio y constantes palabras de apoyo que me brindaban la fuerza de seguir adelante a pesar de los inconvenientes que pude atravesar. Son mi motivación siempre.

A mis tíos, Mery Coveña y Carlos Murillo, por brindarme su tiempo y por el apoyo a mi mamá cada que los necesitara, por permitirme llevar a cabo todas mis actividades sin preocupación.

A mi mejor amigo, mi perro Ovaldo, por su compañía en las madrugadas mientras realizaba mis tareas.

A todas aquellas personas, familia, amigos y conocidos que durante estos años de mi carrera me brindaron alegrías y ánimos para que pueda llegar al final de esta meta.

Vamos por más.

Mariela Mata Coveña

DEDICATORIA

A todos aquellos que siempre creyeron
en mí.

“Algún día, prometo que todos mirarán
mientras yo cambio el mundo.”

– Monkey D. Dragon

Arianna Macias Nowak

AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento a nuestro tutor, PhD. Eddy Sanclemente por su paciencia, constancia y compromiso con nosotras y el proyecto, por sus recomendaciones y aportes profesionales.

Gracias a la MSc. Nancy Zumba por brindarnos su ayuda en el proceso de elaboración de las láminas delgadas.

Gracias al Ing. Galo Montenegro por permitirnos el uso de las instalaciones del laboratorio de Petrografía y su apoyo en el proceso.

También agradecemos al Ing. Nelson Jiménez por compartir con nosotras sus conocimientos invaluable y sus recomendaciones al momento de realizar el análisis de nuestro proyecto.

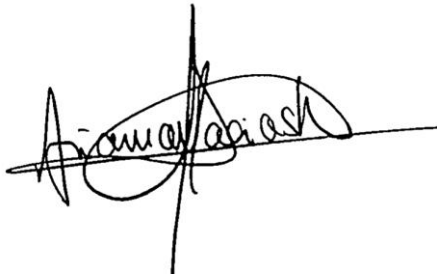
Un especial agradecimiento al PhD. Maurizio Mulas por su constante apoyo y disposición ante cualquiera de nuestras dudas.

Arianna Macias Nowak

Mariela Mata Coveña

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Arianna Gabrielle Macías Nowak* y *Mariela Estefania Mata Coveña* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Macías Nowak Arianna Gabrielle



Mata Coveña Mariela Estefania

EVALUADORES

.....
MSc. David Altamirano

PROFESOR DE LA MATERIA



.....
PhD. Eddy Sanclemente

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La constante urbanización de la ciudad de Guayaquil requiere de estudios geológicos de su territorio con el fin de garantizar la seguridad de la ciudadanía y el bienestar material. A partir del estudio petrográfico de las rocas de las formaciones geológicas de los cerros de Bellavista y San Eduardo se busca describir dichas formaciones y sus ambientes sedimentarios para obtener información necesaria en la implementación de futuros análisis de amenazas de caída de rocas. La existencia de información geológica desactualizada de la ciudad demuestra la necesidad de estos estudios en su territorio.

A partir de la planificación de 19 visitas a puntos estratégicos de los cerros y recolección de muestras de rocas, se llevó a cabo la elaboración de láminas delgadas, con el fin de analizar su contenido mineral y características físicas. Se construyó columnas estratigráficas de la zona haciendo uso de la información recopilada.

Se realizó la descripción del material volcánico y sedimentario propio de las formaciones que lo componen, además se identificó una serie de fósiles que permitieron la inferencia de sus correspondientes ambientes de sedimentación.

Los cerros de Bellavista y San Eduardo se encuentran compuestos por las formaciones Cayo, Guayaquil, San Eduardo y Depósitos aluviales. La presencia de rocas altamente fracturadas y material suelto aumenta la amenaza a deslizamientos y caídas de rocas, además una gran cantidad de sus rocas presentan cementación de carácter calcáreo en comparación al silíceo, lo cual incide en la estabilidad de los taludes.

Palabras Clave: Formaciones geológicas, Petrografía, Fósiles, Deslizamientos.

ABSTRACT

The constant urbanization of Guayaquil city requires geological studies of its territory to guarantee the safety of citizens and material well-being. From the petrographic study of the rocks of the Bellavista and San Eduardo hills geological formations, the aim is to describe these formations and their sedimentary environments to obtain the necessary information for the implementation of future rockfall risk analysis. The existence of outdated geological information of the city demonstrates the need for these studies in its territory.

From the planning of 19 visits to strategic points of the hills and the collection of rock samples, the elaboration of thin sections was carried out, to analyze their mineral content and physical characteristics. Stratigraphic columns of the area were built using the information collected.

The description of the volcanic and sedimentary material typical of the formations that compose it was made, in addition a series of fossils was identified that allowed the inference of their corresponding sedimentation environments.

Bellavista and San Eduardo hills are made up of the Cayo, Guayaquil, San Eduardo formations and alluvial deposits. The presence of rocks with highly fractured and loose material increases the risk of landslides and rock falls, in addition, many its rocks have calcareous cementation compared to siliceous, which affects the stability of the slopes.

Keywords: *Geological formations, Petrography, Fossils, Landslides.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	VI
RESUMEN.....	VI
<i>ABSTRACT</i>	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS	XI
SIMBOLOGÍA	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Marco teórico	6
1.4.1 Marco geográfico.....	6
1.4.2 Marco tectónico-estructural	7
1.4.3 Marco geológico	10
CAPÍTULO 2.....	16
2. Metodología	16
2.1 Fase 1.....	16
2.2 Fase 2.....	16
2.3 Fase 3.....	19
2.4 Fase 4.....	20

CAPÍTULO 3.....	23
3. TRABAJO DE CAMPO.....	23
3.1 Descripción de campo	23
3.1.1 Sector Bellavista.....	23
3.1.2 Sector San Eduardo	26
3.1.3 Sector El Crisol.....	28
3.1.4 Sector El Paraíso	30
3.1.5 Sector Ceibos.....	32
3.2 Muestras de rocas	34
3.3 Descripción de muestras de mano	35
3.3.1 Muestra 1: Hialoclastita?	35
3.3.2 Muestra 2: Toba?	36
3.3.3 Muestra 3: Arenisca?	37
3.3.4 Muestra 4: Toba?	38
3.3.5 Muestra 5: Cambio de litología de arenisca a lutita.....	39
3.3.6 Muestra 6	40
3.3.7 Muestra 7: Lutita?.....	42
3.3.8 Muestra 8: Lutita?.....	43
3.3.9 Muestra 9: Lutita?.....	44
3.3.10 Muestra 10: Lutita.....	45
3.3.11 Muestra 11: Arenisca?	46
CAPÍTULO 4.....	47
4. TRABAJO DE LABORATORIO.....	47
4.1 Descripción petrográfica	47
4.1.1 Muestra 1: Código C1	47
4.1.2 Muestra 2: Código C2	50

4.1.3	Muestra 3: Código EC1	52
4.1.4	Muestra 4: Código EC2	54
4.1.5	Muestra 5: Código P1.....	54
4.1.6	Muestra 6	57
4.1.7	Muestra 7: Código S1.....	60
4.1.8	Muestra 8: Código S2.....	60
4.1.9	Muestra 9: Código B1.....	61
4.1.10	Muestra 10: Código B2.....	63
4.1.11	Muestra 11: Código B3.....	63
CAPÍTULO 5		65
5.	Discusión de Resultados.....	65
CAPÍTULO 6		76
6.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	76
	Conclusiones	76
	Recomendaciones	77
BIBLIOGRAFÍA		80
APÉNDICES		81
	APÉNDICE A	i
	APÉNDICE B	iii
	APÉNDICE C	vii
	APÉNDICE D	ix
	APÉNDICE E	xiii

ABREVIATURAS

AOI	Area of interest (Área de interés)
CCD	Profundidad de Compensación de Carbonatos
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Fm.	Formación
Gp.	Grupo
Ma.	Millones de años
Mb.	Miembro
OIB	Oceanic Island Basalts (Basaltos de isla oceánica)

SIMBOLOGÍA

°	Grados
Ax	Esferulitas axiolíticas
cm	Centímetros
cm/año	Centímetros por año
E	Este
F	Feldespatos
FR	Fragmentos de roca
km ²	Kilómetros cuadrados
mm	Milímetros
mm/año	Milímetros por año
N	Norte
N-NE	Norte a Noreste
N-S	Norte a Sur
NE	Noreste
Op	Minerales opacos
Palg	Palagonita
Plg	Plagioclasa
Q	Cuarzo
S	Sur
W	Oeste
W-E	Oeste a Este

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Deslizamiento de rocas en vía al túnel San Eduardo. (Sotomayor, 2021).	3
Figura 1.2: Mapa de la Ubicación, División Política y Geografía del Ecuador.	6
Figura 1.3: Mapa de ubicación del Cerro San Eduardo, Guayaquil.	7
Figura 1.4: Mecanismo de subducción en las costas del Ecuador. (Modificado de Núñez del Arco, 2003)	8
Figura 1.5: Regiones morfo-tectónicas del Ecuador. (Modificado de Mamberti et al., 2003).....	9
Figura 2.1 : Esquema metodológico del proyecto integrador.	18
Figura 2.2 : Sectorización del área de interés del proyecto integrador.	19
Figura 2.3: Ubicación de las estaciones por sector en la zona de estudio.....	20
Figura 2.4: Procedimiento de elaboración de láminas delgadas realizado en el laboratorio de Petrografía de la FICT ESPOL.....	22
Figura 3.1: Afloramiento de estratos en estación 2 del sector Bellavista.	24
Figura 3.2: Afloramiento de estratos en estación 3 del sector Bellavista.	25
Figura 3.3: Afloramiento de estratos en estación 4 del sector Bellavista.	25
Figura 3.4: Afloramiento de slumps en estación 4 del sector Bellavista.	26
Figura 3.5: Afloramiento de estratos en estación 6 del sector San Eduardo.	27
Figura 3.6: Afloramiento de estratos en estación 8 del sector San Eduardo.	28
Figura 3.7: Afloramiento de estratos en estación 9 del sector San Eduardo.	29
Figura 3.8: Afloramiento de estratos en estación 11 del sector San Eduardo.	29
Figura 3.9: Afloramiento de estratos en estación 13 del sector El Paraíso.....	30
Figura 3.10: Afloramiento en estación 14 del sector El Paraíso.....	31
Figura 3.11: Afloramiento en estación 15 del sector Ceibos.	32
Figura 3.12: Afloramiento en estación 17 del sector Ceibos.....	33
Figura 3.13: Falla identificada en campo en estación 17 del sector Ceibos.	33
Figura 3.14: Mapa de ubicación de muestras recolectadas en campo por código y sector (Tabla 3-1).....	34
Figura 3.15: Muestra de mano 1.	35
Figura 3.16: Muestra de mano 2.....	36
Figura 3.17: Muestra de mano 3.....	37

Figura 3.18: Muestra de mano 4.....	38
Figura 3.19: Muestra de mano 5.....	39
Figura 3.20: Muestra de mano 6A.....	40
Figura 3.21: Muestra de mano 6B.....	41
Figura 3.22: Muestra de mano 7.....	42
Figura 3.23: Muestra de mano 8.....	43
Figura 3.24: Muestra de mano 9.....	44
Figura 3.25: Muestra de mano 10.....	45
Figura 3.26: Muestra de mano 11.....	46
Figura 4.1: Muestra 1 (código C1) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.....	47
Figura 4.2: Muestra 1 al microscopio. Imágenes de contenido mineral. (A-B) Nícoles paralelos, (C-D) Nícoles cruzados.....	48
Figura 4.3: Microfósiles presentes en la muestra 1 (código C1) correspondiente al sector Ceibos. Aumento 10x en el microscopio.....	49
Figura 4.4: Diagrama de Folk et al (1970) para la clasificación de la roca. Muestra 1.	50
Figura 4.5: Muestra 2 (código C2) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.....	51
Figura 4.6: Microfósil presente en la muestra 2 (código C2) correspondiente al sector Ceibos. Aumento 10x en el microscopio.....	51
Figura 4.7: Muestra 3 (código EC1) al microscópico. Aumento 10x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.....	52
Figura 4.8: Microfósiles presentes en la muestra 3 (código EC1) correspondiente al sector El Crisol.....	53
Figura 4.9: Muestra 4 (código EC2) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.....	54
Figura 4.10: Muestra 5 (código P1) al microscópico. Aumento 4x. Litologías diferentes de la muestra.....	55
Figura 4.11: Muestra 5 – Parte A (código P1) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.....	55
Figura 4.12: Diagrama de Folk et al (1970) para la clasificación de la roca. Muestra 5.	56

Figura 4.13: Muestra 5 – Parte B (código P1) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.	57
Figura 4.14: Muestra 6A (código P2A) al microscópico. Aumento 4x. (A y C) Nicoles paralelos. (B y D) Nicoles cruzados.	58
Figura 4.15: Diagrama de Folk et al (1970) para la clasificación de la roca. Muestra 6A.	59
Figura 4.16: Muestra 6B (código P2B) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.	59
Figura 4.17: Muestra 7 (código S1) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.	60
Figura 4.18: Muestra 8 (código S2) al microscópico. Aumento 10x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.	61
Figura 4.19: Muestra 9 (código B1) al microscópico. Aumento 10x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.	62
Figura 4.20: Microfósiles presentes en la muestra 9 (código S1). Aumento 10x.	62
Figura 4.21: Muestra 10 (código B2) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.	63
Figura 4.22: Muestra 11 (código B3) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.	64
Figura 4.23: Diagrama de Folk et al (1970) para la clasificación de la roca. Muestra 11.	64
Figura 5.1: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 15 donde se recolectó la muestra 1.	68
Figura 5.2: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 17 donde se recolectó la muestra 2.	68
Figura 5.3: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 11 donde se recolectó la muestra 4.	69
Figura 5.4: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 9 donde se recolectó la muestra 3.	69
Figura 5.5: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 14 donde se recolectó la muestra 6.	70
Figura 5.6: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 13 donde se recolectó la muestra 5.	70

Figura 5.7: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 8 donde se recolectó la muestra 8.	71
Figura 5.8: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 6 donde se recolectó la muestra 7.	71
Figura 5.9: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 2 donde se recolectó la muestra 9.	72
Figura 5.10: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 3 donde se recolectó la muestra 10.	72
Figura 5.11: Mapa geológico de los cerros de Bellavista y San Eduardo.	73
Figura 5.12: Columna estratigráfica del perfil A-B.....	74
Figura 6.1: Mapa de ubicación de muestra con contenido fósil en la zona de estudio.	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-A: Listado de materiales a utilizar en el trabajo de campo.....	17
Tabla 2-B Coordenadas de estaciones por sector del Cerro San Eduardo. UTM WGS84 Zona 17S.	19
Tabla 3-A: Coordenadas de muestras recolectadas en campo con sus respectivos códigos de etiquetado.....	34
Tabla 3-B: Descripción correspondiente a la muestra de mano 1 recolectada en campo.	35
Tabla 3-C: Descripción correspondiente a la muestra de mano 2 recolectada en campo.	36
Tabla 3-D: Descripción correspondiente a la muestra de mano 3 recolectada en campo.	37
Tabla 3-E: Descripción correspondiente a la muestra de mano 4 recolectada en campo.	38
Tabla 3-F: Descripción correspondiente a la muestra de mano 5 recolectada en campo.	39
Tabla 3-G: Descripción correspondiente a la muestra de mano 6A recolectada en campo.....	40
Tabla 3-H: Descripción correspondiente a la muestra de mano 6B recolectada en campo.	41
Tabla 3-I: Descripción correspondiente a la muestra de mano 7 recolectada en campo.	42
Tabla 3-J: Descripción correspondiente a la muestra de mano 8 recolectada en campo.	43
Tabla 3-K: Descripción correspondiente a la muestra de mano 9 recolectada en campo.	44
Tabla 3-L: Descripción correspondiente a la muestra de mano 10 recolectada en campo.....	45
Tabla 3-M: Descripción correspondiente a la muestra de mano 11 recolectada en campo.....	46
Tabla 5-A: Resumen de resultados del análisis de las muestras recolectadas en campo.....	65

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La importancia del estudio geológico en el mundo se ha evidenciado desde hace muchos años atrás en la historia, el interés y la necesidad por el uso de las rocas en la vida humana siempre ha existido. Incluso un periodo de la prehistoria se debe a que las rocas siempre han sido un elemento fundamental para el desarrollo de las actividades del ser humano (Edad de Piedra). De aquí se empieza a desarrollar la también necesidad de una materia o ciencia que se encargue del estudio de estas.

Su estudio constituye uno de los más importantes procesos a desarrollar previo a la planificación de obras, además representa un pilar fundamental al momento de analizar zonas de riesgo y poblaciones expuestas y al enriquecimiento del conocimiento geológico de un sector, ciudad y el mundo en general.

En la actualidad, una de las mayores atracciones turísticas en el mundo es la torre de Pisa, pero aquella no es famosa sólo por su estructura arquitectónica sino también porque se encuentra inclinada, sin embargo, esta estructura no fue construida de esta forma a propósito; la torre se inclinó debido a cimientos débiles, pero sobre todo a que se encuentra en un suelo inestable y deformable compuesto de areniscas y arcillas. Actualmente debido a intervenciones de geólogos expertos la inclinación de la torre ha sido controlada y se ha evitado que caiga. En situaciones como este ejemplo es donde se evidencia la gran importancia del estudio del suelo y las grandes consecuencias de su ausencia.

¿Cuáles son los fines esenciales de un municipio de una ciudad? Según la constitución de la República del Ecuador, tres de los fines esenciales de un municipio son: Procurar el bienestar material de la colectividad, la construcción y mantenimiento del uso de caminos o calles de la ciudad y la principal otorgar todo escenario que garantice la seguridad de la ciudadanía.

Guayaquil es una de las ciudades principales del Ecuador, en el presente la urbanización de la ciudad crece constantemente, esto genera que algunos barrios

urbanos y avenidas principales se ubiquen en zonas altas o alrededor de las elevaciones que se encuentran en la ciudad. El cerro San Eduardo es un claro ejemplo de esto. Un sin número de viviendas se ubican en su terreno, muchas de ellas expuestas a posibles deslizamientos, además varias de las principales avenidas de la ciudad se ubican en su perímetro y se encuentran afectadas por la continua caída de rocas del cerro. Este desarrollo de la ciudad del puerto principal y su exposición de la población a eventos de deslizamientos muestra la necesidad de una materia que supervise la calidad y mantenimiento de sus obras e infraestructuras en general, por lo que se requiere de interdisciplinariedad o la aplicación de diferentes ciencias con el fin de trabajar en conjunto para un bien en común, entre estas la petrografía que es una rama de la geología encargada de la descripción y clasificación de las rocas, a partir del de láminas delgadas al microscopio con el fin de identificar sus propiedades, edades y ambientes de formación.

Este proyecto llevará a cabo un análisis petrográfico de las rocas que componen el cerro San Eduardo de Guayaquil, sector estratégico de la ciudad. El estudio representa un gran aporte a la información geológica necesaria para la planificación de medidas de prevención de accidentes o desastres en una de las zonas urbanas más importantes y a futuros planes de ordenamiento territorial.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, en el Cerro San Eduardo se han suscitado una serie de eventos de riesgo: deslizamientos, zonas urbanas en peligro de caer o ser enterradas por grandes masas de rocas, incendios forestales, entre otros. Eventos que requieren soluciones que se relacionan directamente con estudios geológicos del sector. Pero de esto se obtiene una gran interrogante:

¿Existen estudios geológicos que proporcionan información detallada y concreta acerca de las formaciones geológicas del Cerro San Eduardo?

La respuesta a esta interrogante es muy clara, no, al menos no actualizada. El mapa geológico de la ciudad publicado por el Instituto Geográfico Militar más “actual” es del año 1979. Las investigaciones realizadas en este sector por Geólogos son casi nulas,

sin embargo, múltiples construcciones importantes para la ciudad de Guayaquil se han llevado a cabo en los últimos años en este sector que no posee información clara de su terreno.

Debido a la falta de información actualizada y detallada de las rocas que componen la ciudad es que aún no se obtienen medidas que solucionen los problemas de deslizamientos que se tienen constantemente en la vía al túnel San Eduardo y el municipio sólo ha tomado medidas preventivas como la clausura de carriles, las cuales perjudican la vida cotidiana de la población. Entonces:

¿Cuál es la injerencia de los estudios petrográficos de los cerros de Bellavista y San Eduardo en la prevención de riesgos por caídas de rocas?



Figura 1.1: Deslizamiento de rocas en vía al túnel San Eduardo. (Sotomayor, 2021)

(A) Caída de rocas en avenida con dirección al túnel San Eduardo. (B) Cierre parcial de la vía por presencia de rocas en avenida. Se observa congestión vehicular como consecuencia.

1.2 Justificación del problema

La información existente de la geología del Ecuador no se encuentra actualizada, los estudios que se han llevado a cabo en el país se realizaron muchos años atrás por lo que la información que se obtiene de dichas publicaciones no necesariamente expresa la realidad que se tiene en campo.

Guayaquil es una de las ciudades más importantes del Ecuador, está caracterizada por ser en su mayoría una llanura aluvial, sin embargo, existen elevaciones en su territorio por las cuales se deben realizar estudios geológicos con el fin de conocer su historia y su importancia.

Una de las elevaciones que se destacan en la ciudad es el cerro San Eduardo, el cual comprende en su superficie importantes zonas estratégicas de la ciudad, barrios urbanos y zonas protegidas.

La geología que comprende el cerro San Eduardo es de gran importancia ya que se encuentra compuesto en zonas de calizas que son extraídas constantemente por empresas importantes del Ecuador para su utilización en materiales de construcción. Debido a esto la topografía de la zona de interés se ve constantemente alterada y por ende su geología.

El mapa geológico de la ciudad es muy antiguo (Mapa Geológico Provisional de Guayaquil escala 1:100 000 del Instituto Geográfico Militar, 1979) por lo que la mayor parte de información de esta publicación no es absolutamente válida.

La continua urbanización a los alrededores del cerro, encienden las alarmas de la necesidad de la información actualizada, por lo que ciertos barrios urbanos se ubican en las partes altas del cerro. Es necesario poseer una fuente de información a la cual consultar la estabilidad y seguridad de los terrenos en los que se llevaran a cabo futuras construcciones, además de garantizar la seguridad de los existentes. Así mismo, en la parte inferior del cerro se encuentran varios barrios urbanos expuestos a taludes pronunciados cuyos estratos de rocas poseen rumbos y buzamientos que significan un potencial peligro de deslizamientos en estas zonas.

Como dato adicional el cerro San Eduardo es un punto susceptible a continuos incendios forestales que colocan en riesgo la vida de la población aledaña y la biodiversidad contenida en sus zonas protegidas como lo es el Bosque Protector Paraíso que comprende 299 hectáreas.

El estudio petrográfico de la zona aporta a la recolección de información necesaria para la identificación de las formaciones geológicas que comprenden cada sector del cerro San Eduardo y sus características, contribuyendo a futuros estudios de suelo para construcciones, análisis de riesgos, protección de los sectores estratégicos que se ubican en el área de interés, conocimiento histórico geológico y el desarrollo de la gran ciudad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar la petrografía de las rocas que componen las diferentes formaciones de los cerros de Bellavista y San Eduardo para la correlación de información que permita la correcta descripción de las formaciones, así como conocer su extensión e inferir los correspondientes ambientes sedimentarios de estas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Diferenciar las unidades estratigráficas presentes en el área de estudio, así como los contactos entre estas.
- ✓ Interpretar la génesis y ambiente de cada formación mediante el análisis de láminas delgadas.
- ✓ Obtener un Mapa Geológico en escala 1:25000 de los cerros de Bellavista y San Eduardo.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Marco geográfico

Ecuador continental se encuentra dividido en tres regiones naturales, Región Litoral o Costa, Región Andina o Sierra y región Amazónica u Oriente (Figura 1.1). El área de estudio del presente proyecto se encuentra en la Región Costa que, como su nombre lo indica, se ubica en el perfil costanero del Ecuador, posee una superficie relativamente plana de aproximadamente 67062 km², sin embargo, presenta elevaciones o cadenas montañosas de hasta 1000 m, las cuales por lo general se ubican al E de la región en el límite con la región Andina. Se conforma de llanuras de cuencas sedimentarias y su territorio es atravesado por ríos que provienen desde la Cordillera de los Andes hacia el Océano Pacífico. Comprende las cordilleras costaneras de Jama, Chongón Colonche, Mache Chindul, Balzar y Cojimíes.

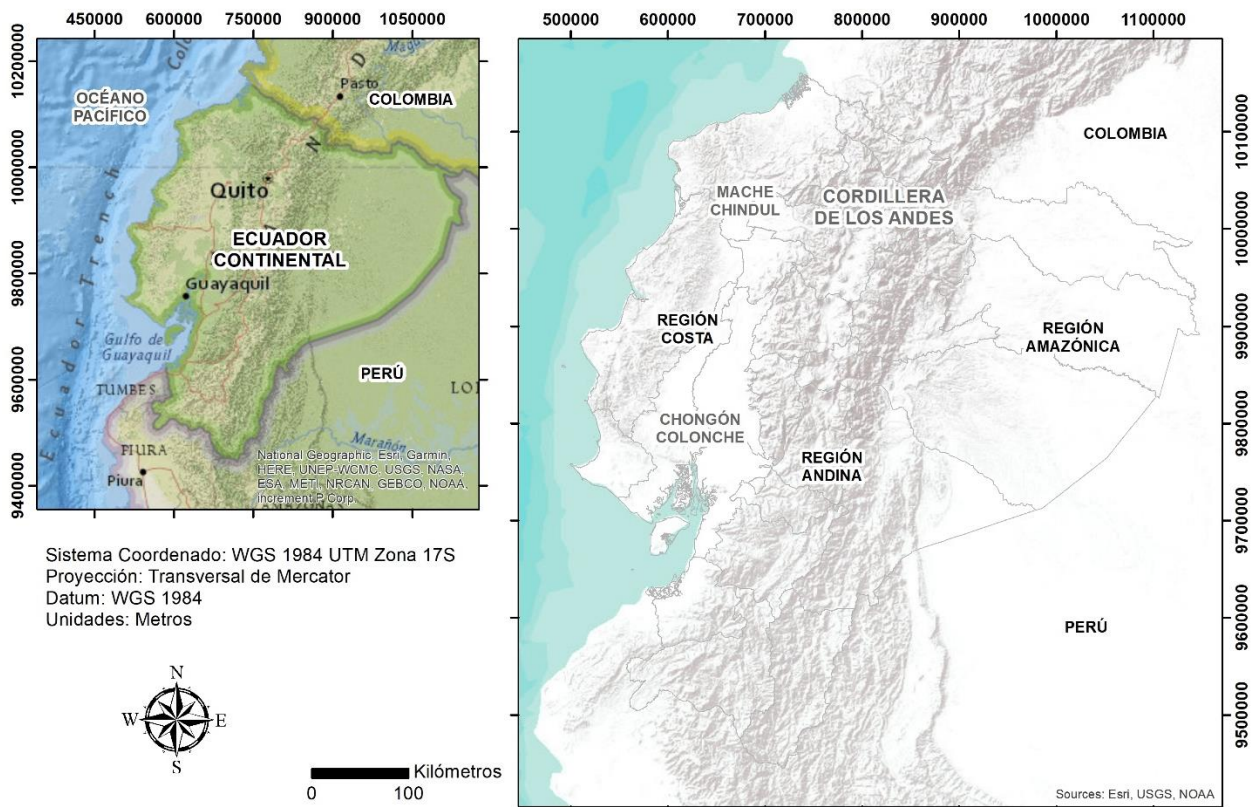


Figura 1.2: Mapa de la Ubicación, División Política y Geografía del Ecuador.

El Cerro San Eduardo está ubicado en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, Ecuador. Se encuentra rodeado de importantes barrios urbanos de la ciudad como Ceibos, Bellavista, El Paraíso, entre otros, así como también de varios sectores estratégicos como la Base Naval San Eduardo, la Cantera Municipal N°8 y el Hospital del IESS Ceibos. (Figura 1.2) Se localizan dos túneles con longitudes mayores a los 1000 m que lo atraviesan. Además, comprende el Bosque Protector Cerro Paraíso con una extensión de 299 hectáreas, el cual cuenta con una gran biodiversidad.

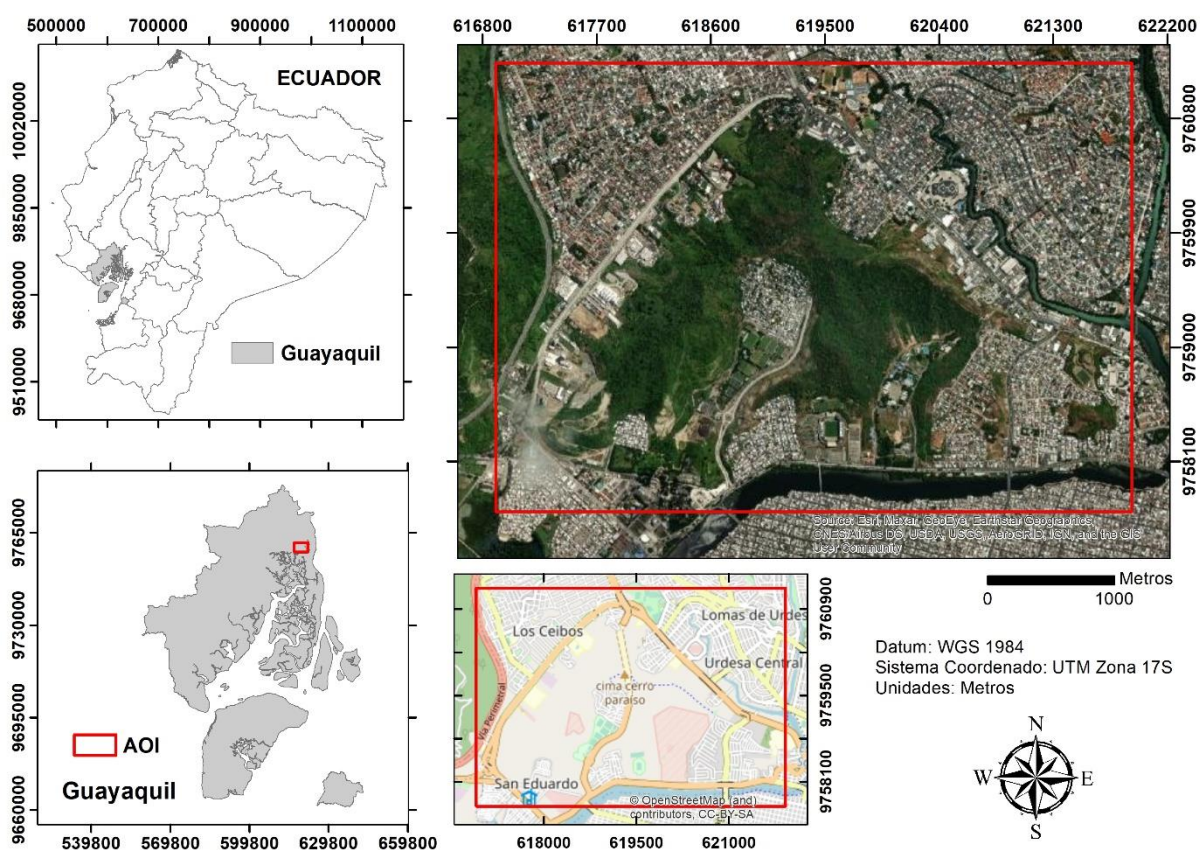


Figura 1.3: Mapa de ubicación del Cerro San Eduardo, Guayaquil.

1.4.2 Marco tectónico-estructural

1.4.2.1 Rasgos estructurales generales

Ecuador se encuentra ubicado en la zona de subducción de la placa Nazca y la placa Sudamericana (Figura 1.3), la subducción se produce a una velocidad entre 6 y 7 cm/año con dirección W-E y un ángulo de buzamiento entre 25 y 35° (Witt et al., 2006), lo cual forma una trinchera de 2900 metros de profundidad a 40 kilómetros al W de las

costas de Ecuador y que tiene una dirección N-S y N-NE; esta dirección se debe a la influencia de la Placa Cocos, el Centro de Expansión Cocos-Nazca o también conocido como la Dorsal de Galápagos y por el punto caliente de Galápagos. (Nuñez del Arco, 2003)

La gran actividad volcánica del Ecuador es producto de la subducción de estructuras geológicas que se encuentran sobre la placa Nazca tales como montes submarinos y las dorsales asísmicas de Carnegie y Malpelo. (Werner et al., 2003)

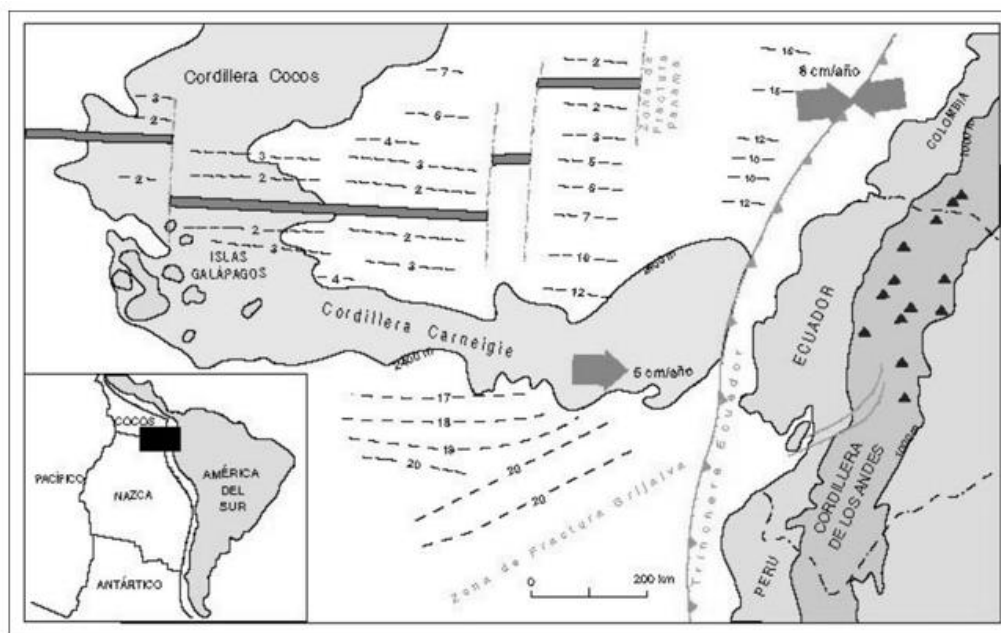


Figura 1.4: Mecanismo de subducción en las costas del Ecuador. (Modificado de Núñez del Arco, 2003)

Según Vallejo et al. (2019), Ecuador se encuentra dividido en cinco regiones morfo-tectónicas como consecuencia de la subducción (Figura 1.4): Zona de ante-arco, costa o planicie costera, La Cordillera Occidental, El Valle Interandino o Depresión Interandina, La Cordillera Oriental y La Cuenca Oriente y Región Subandina.

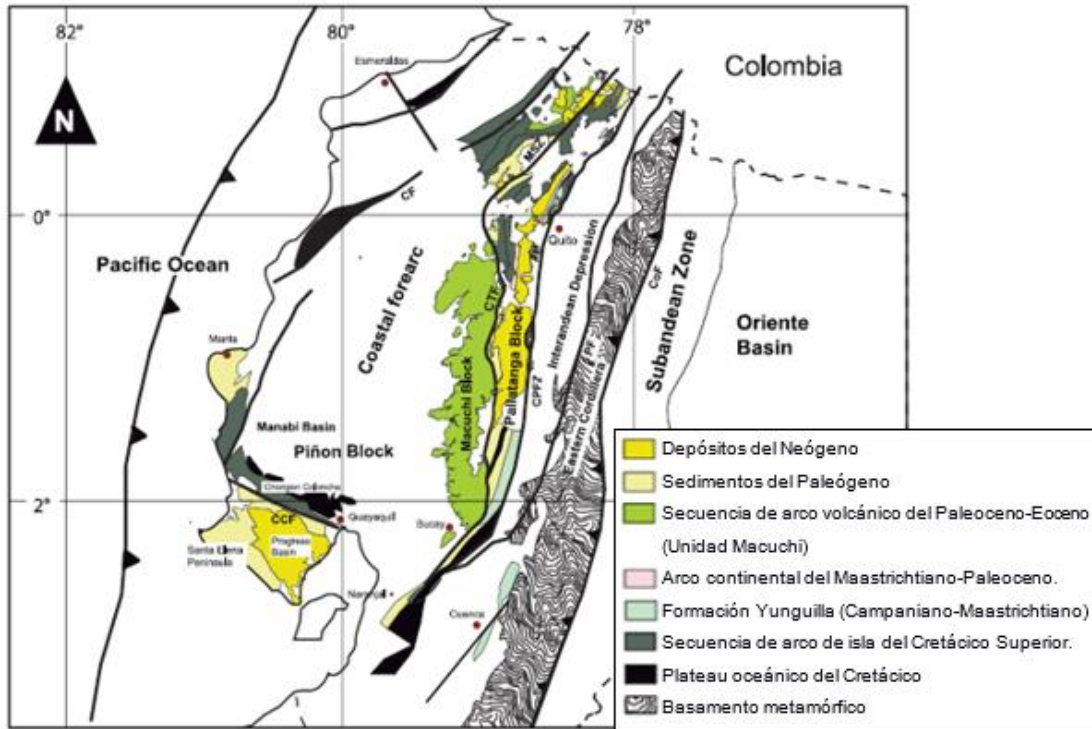


Figura 1.5: Regiones morfo-tectónicas del Ecuador. (Modificado de Mamberti et al., 2003)

1.4.2.2 Rasgos estructurales de la zona de ante-arco o costa

La zona de ante-arco es producto de un periodo de deformación durante el Mioceno Temprano el cual provocó la formación de varias cuencas pull-apart en las cuales se acumularon sedimentos siliclásticos, actualmente se las conoce como las cuencas: Manabí, Borbón, Progreso, Jambelí y Esperanza. (Witt et al., 2006; Vallejo et al., 2019) Existe también la presencia de llanuras y elevaciones como la Cordillera Chongón-Colonche. (Nuñez del Arco, 2003)

En la zona de ante-arco existen una serie de rasgos estructurales y lineamientos tectónicos de los cuales se destacan la falla Jama-Quinindé y la falla Chongón-Colonche, que se pueden relacionar con esfuerzos compresivos en dirección N030 y que se hacen evidente a lo largo de la Mega cizalla Dolores-Guayaquil (Figura 1.5), la cual es una falla de desplazamiento de rumbo dextral con movimiento de 4mm/año aproximadamente y que provoca el desplazamiento del bloque NorAndino del continente sudamericano por efectos de la subducción. (Nuñez del Arco, 2003)

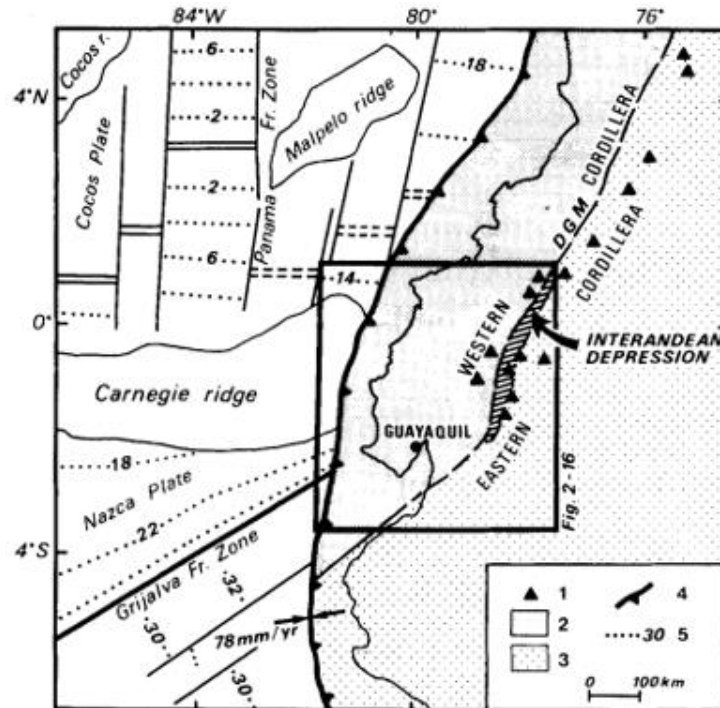


Figura 1.5: Mapa esquemático estructural del Ecuador. Se representan los (1) Volcanes activos, (2) Corteza acrecionada, (3) Continente Sudamericano, (4) Zona de subducción. Y la Mega cizalla Dolores-Guayaquil. (Lavenue et al., 1993)

1.4.3 Marco geológico

1.4.3.1 Geología del Ecuador

La litología encontrada en el Ecuador es muy variada en todas sus regiones, desde depósitos sedimentarios hasta complejos metamórficos.

Depósitos sedimentarios se encuentran en todo el Ecuador como producto de los sedimentos terrígenos que han sido transportados por los diferentes agentes erosivos, los cuales han permitido su acumulación en cuencas proporcionando un ambiente favorable para la presencia de hidrocarburos, ejemplo de estas zonas de acumulación, la denominada cuenca Progreso. (Collot, Sallares, & Pazmiño, 2009)

La Región Andina o Sierra que comprende la Cordillera de los Andes, se encuentra conformada por depósitos volcano-sedimentarios, flujos de lavas, piroclastos, diatomitas, avalanchas de escombros, entre otros, producto del volcanismo producido por la subducción; además de complejos metamórficos y regiones metamorfoseadas que

son el resultado del metamorfismo de contacto que se produce. (Instituto de Investigación Geológico y Energético IIGE, 2017)

Al este de la cordillera, la Región Amazónica u Oriente se encuentra formada por rocas mesozoicas metamórficas como cuarcitas, mármol, meta-areniscas, lutitas y depósitos volcano-sedimentarios y sedimentarios acumulados en la cuenca Oriente a partir del Turoniano (90 Ma), la cual representa una de las cuencas subandinas más importantes en la historia del petróleo. (Instituto de Investigación Geológico y Energético IIGE, 2017)

Finalmente, la Región Insular o Galápagos compuesta de rocas volcánicas producto de la actividad volcánica que proviene del punto caliente y la interacción del magma con otros reservorios.

1.4.3.2 Geología de la zona de ante-arco

Según Vallejo et al. (2019) el basamento de la región ante-arco se encuentra compuesto por el Bloque Piñón (Figura 1.6) que comprende material del Cretácico Superior Temprano de origen de Plateau Oceánico del Caribe. Afloramientos de este bloque se pueden encontrar en la Cordillera Chongón-Colonche en Guayaquil, al sur de la península de Santa Elena y en la Cuenca Manabí.

A la Fm. Piñón lo sobreyace concordantemente la Fm. Calentura, que comprende intercalaciones de lutitas y láminas de caliza negra (origen orgánico) y depósitos de turbiditas pertenecientes al Cretácico Superior Medio. (Vallejo et al., 2019)

La Fm. Cayo que corresponde al Campaniano medio-tardío sobreyace a la Fm. Calentura, está compuesta por rocas volcanoclásticas depositadas en un abanico submarino, comprende lutitas calcáreas, basaltos, areniscas tobáceas y doleritas tipo OIB.

En ciertos sectores pertenecientes a la ciudad de Guayaquil existe la presencia de rocas volcánicas contemporáneas a la Fm. Cayo que pertenecen a la Unidad Las Orquídeas y que sobreyacen a la Fm. Piñón; mientras que en otros sectores sobreyace la Fm. Guayaquil que comprende intercalaciones de lutitas silíceas cherts y areniscas

turbidíticas pertenecientes al Maastrichtiano a Paleoceno tardío y que posee una potencia aproximada de 300 metros.

Esta última formación es sobreyacida por Fm. San Eduardo del Eoceno Medio-Temprano y que está compuesta por calizas turbidíticas subyacentes a la Fm. Las Masas y que comprende margas, lutitas, sales y capas turbidíticas de edad correspondiente al Eoceno Medio. (Vallejo et al., 2019)

En la cuenca Manabí se ubica la Fm. San Lorenzo que comprende intercalaciones de rocas volcanoclásticas y flujos basálticos que sobreyacen a la Fm. Piñón. La Fm. San Mateo yace discordantemente sobre la Fm. San Lorenzo y Fm. Cayo. Comprende conglomerados clasto y matriz soportados con laminaciones de areniscas con una potencia de 700 metros. Sobreyacida discordantemente por la Fm. Zapotal en el sur y por la Fm. Tosagua en el centro y norte de la Cuenca Manabí.

En la península de Santa Elena, la Fm. Santa Elena sobreyace la Fm. Cayo y esta subyace al Grp. Azúcar compuesto por areniscas turbidíticas, conglomerados y shales pertenecientes al Paleoceno Superior. Sobreyace al Gp. Azúcar el Gp. Ancón, el cual comprende cinco formaciones: Fm. Passage Beds, Fm. Clay Pebbles, Fm. Socorro, Fm. Seca y Fm. Punta Ancón. (Vallejo et al., 2019)

La Fm. Zapotal yace discordantemente sobre el Gp. Ancón compuesto por areniscas de grano grueso y conglomerados. Contemporáneas a la Fm. Zapotal se encuentran las Fm. Pambil y Playa Rica de ambiente marino (Vallejo et al., 2019).

Finalmente, las Fm. Dos Bocas, Villingota, El Consuelo, Sube y Baja, Onzole y Progreso se encuentran distribuidos entre las cuencas Manabí, Borbón y Progreso y están compuestos por sedimentos siliciclásticos. (Vallejo et al., 2019)

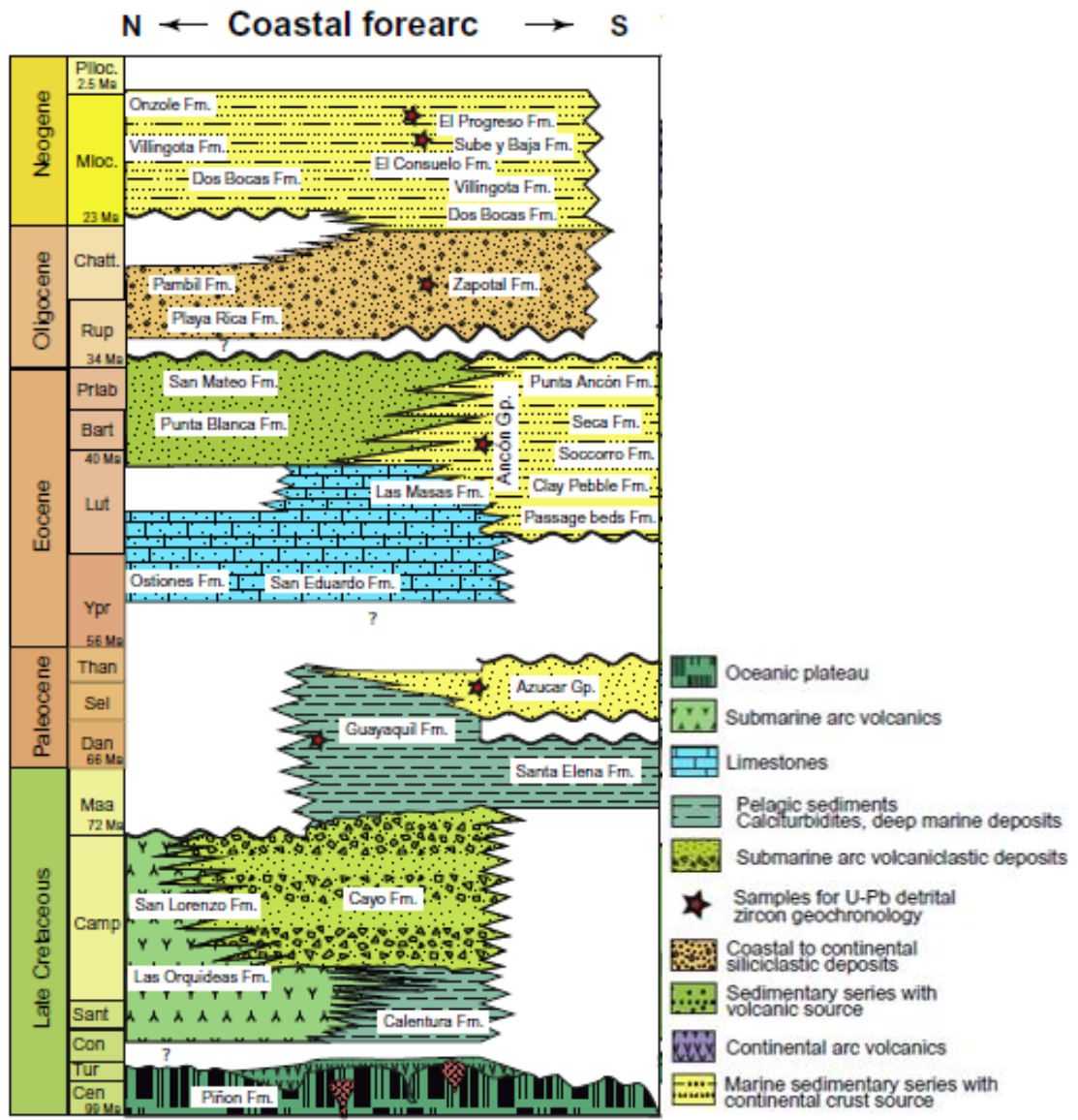


Figura 1.6: Columna estratigráfica de la zona de ante-arco. (Modificado de Vallejo et al., 2019)

1.4.3.3 Geología del área de interés

Según el Mapa Geológico Provisional de Guayaquil 1:100000 (IGM, 1979), el área de interés se encuentra compuesta por las formaciones Cayo, Guayaquil, San Eduardo y por depósitos cuaternarios.

La **Fm. Cayo** se trata de una unidad volcánico – sedimentaria con potencia entre 2000 a 3000 m (Ordoñez et al., 2006), entre los sedimentos predominan lutitas entre paquetes de arenisca y conglomerados, lutita sílicea, cherts y presencia de material volcánico

como tobas finas, areniscas tobáceas turbidíticas del Cretácico Superior, específicamente del Campaniano. Autores como Benitez (1990) dividen a la Fm Cayo en 2 miembros: un Mb. basal lutítico y el Mb Cayo ss volcánico-clástico.

Con respecto a su contenido fósil, hacia el tope de la formación se encuentra microfauna conformada por foraminíferos, nanofósiles calcáreos, dinoflagelados, radiolarios y palinomorfos (Ordoñez et al., 2006). El Paleoambiente de la formación, según Ordoñez et al. (2006), es batial (200m a 4000m aproximadamente) debido a la ocurrencia de los foraminíferos bentónicos, la frecuencia de radiolarios y es el ambiente típico de las corrientes de turbidez

La **Fm. Guayaquil** se encuentra en contacto gradacional con la Fm. Cayo, compuesta de intercalaciones de lutitas con un contenido de sílice alto y areniscas, presenta concreciones de cherts; su carácter calcáreo se le atribuye a su contacto con la Fm. San Eduardo, aunque ciertos autores describen a la formación compuesta por calizas. El periodo al que corresponde la base de la Fm. Guayaquil es el Cretácico Superior, en el Maastrichtiano. (Nuñez del Arco, 2003) y la parte superior se data Paleoceno Temprano, Medio y Tardío. Ordoñez et al. (2006) indican que la potencia de esta formación es de tan solo 85 metros.

La parte superior de la Fm Guayaquil está formada por lutitas calcáreas y lutitas silíceas de color oscuro, por otro lado, en su base presenta estratos intercalados de areniscas tobáceas calcáreas con microfósiles de foraminíferos, radiolarios y espículas de espongiarios.

Según la presencia de microfósiles en esta formación se dividió el ambiente de depositación de la Fm. Guayaquil en dos etapas: 1) durante el Maastrichtiano predominan los radiolarios, ocurrencia de foraminíferos bentónicos y la escasez de palinomorfos indican un ambiente marino profundo de nerítico externo a batial, entre 500 a 1000 metros (Ordoñez et al., 2006); 2) En el Paleoceno continua en mar profundo pero se observa un cambio en los radiolarios del límite Cretácico/Terciario (extinción masiva) indicando una leve somerización que se evidencia por la presencia de carbonatos en la parte superior de la Fm. Guayaquil. En resumen, el paleoambiente de depositación de la parte superior de la formación se encuentra sobre la Profundidad de Compensación

de Carbonatos (CCD por sus siglas en inglés) mientras que la parte inferior se encuentra debajo pero cerca de la CCD.

La **Fm. San Eduardo** o comúnmente denominada como “Calizas de San Eduardo” correspondientes al Eoceno Medio-Temprano consisten en calciarenitas que se vuelven más finas hasta que se presentan como calcilutitas turbidíticas estratificadas. (Vallejo et al., 2019; Nuñez del Arco, 2003)

Según Nuñez del Arco (2003) la Fm. San Eduardo se encuentra dividida en dos distintos miembros: San Eduardo y Javita. El Mb. San Eduardo en la base, sobreyace a la Fm. Guayaquil, posee 200 metros de espesor aproximadamente y comprende calcilutitas, presencia de fragmentos de algas y cherts. El Mb. Javita corresponde al techo de la formación su potencia es de 60 metros aproximadamente y está compuesta de alternaciones de calcarenitas que se pueden presentar en diferentes tonalidades como crema, café o gris.

Finalmente, los depósitos cuaternarios que comprenden los sedimentos aluviales y coluviales ubicados en la planicie de la ciudad. (Vallejo et al, 2019)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La propuesta de planificación y metodología del proyecto integrador se divide en cuatro fases que se describen a continuación. (Figura 2.1)

2.1 Fase 1

En la primera etapa, se realizó una investigación exhaustiva sobre el área de interés (AOI) utilizando como fuente papers, cartografía, informes geológicos, censos de población y vivienda, y planes de desarrollo de la municipalidad correspondiente.

- a. Topografía del sector mediante Cartas Topográficas del Instituto Geofísico Militar, así como de softwares de Sistemas de Información Geográfica.
- b. Red Vial para conocer las mejores rutas de acceso a la zona mediante softwares/aplicaciones como Google Maps, Google Earth, etc.
- c. La Red Hídrica para conocer ubicación de quebradas que pueden ser puntos estratégicos con afloramientos visibles.
- d. Análisis socioeconómico de las poblaciones existentes dentro del AOI para conocer el tipo de vivienda, nivel de pobreza y las condiciones de riesgo en las que viven.

2.2 Fase 2

Etapa de planificación, primero se realizó la sectorización del área de interés (AOI) con el fin de obtener una distribución uniforme de los datos a recopilar y muestras a analizar que permitieron realizar el levantamiento de la zona del Cerro San Eduardo. (Figura 2.2)

Dentro de sectorización nos dimos cuenta de la gran cantidad de áreas/zonas privadas por lo que fue necesario realizar una solicitud de ingreso en la Base Naval “San Eduardo” así como en el centro comercial “Buena Vista Plaza”, cartas que encontrarán adjuntas en los anexos.

En función de la sectorización del AOI y otras variables como tiempo, clima y poblados, se decidió que el personal necesario para llevar a cabo el proyecto eran dos personas, quienes corresponden a los autores de este informe.

Se tuvieron en consideración otras variables como alojamiento, alimentación y transporte, pero, ya que el AOI se encuentra cercano a nuestros domicilios y en zona comercial de la ciudad de Guayaquil, no hubo necesidad de una mayor planificación.

Considerando el personal, clima y días de trabajo se realizó un listado de los materiales a utilizar en campo. En la siguiente tabla se resumen los materiales que se necesitaron para 2 personas, clima soleado con potencial lluvia y 7 días de trabajo de campo.

Tabla 2-A: Listado de materiales a utilizar en el trabajo de campo.

OBJETO	CANTIDAD	OBJETO	CANTIDAD
Brújula geológica	1	GPS	2
Martillo geológico	1	Baterías/Cargador Portátil	2
Lupa	1	Botas antideslizantes	2
Libreta de campo	2	Chompa impermeable	2
Navaja/Cuchillo	2	Mochila impermeable	2
Fundas de muestreo	50	Kit de emergencias	2
Marcador permanente	2	Protector solar	2
Cámara	2	Gorra	2
Plumas	4	Guantes	2
Caja de lápices de colores	1	Termos	2
Juegos de reglas	2	Pañitos húmedos	2
Tablero	1	Repelente para insectos	2
Hojas Cuadrícula A3	20	Fundas de basura	4
Ácido clorhídrico	1	Mapa topográfico	5
Imán	1	Mapa geológico	5

En caso de suscitarse alguna emergencia se localizaron los centros de salud y hospitales más cercanos al AOI además de preparar kits de emergencia.

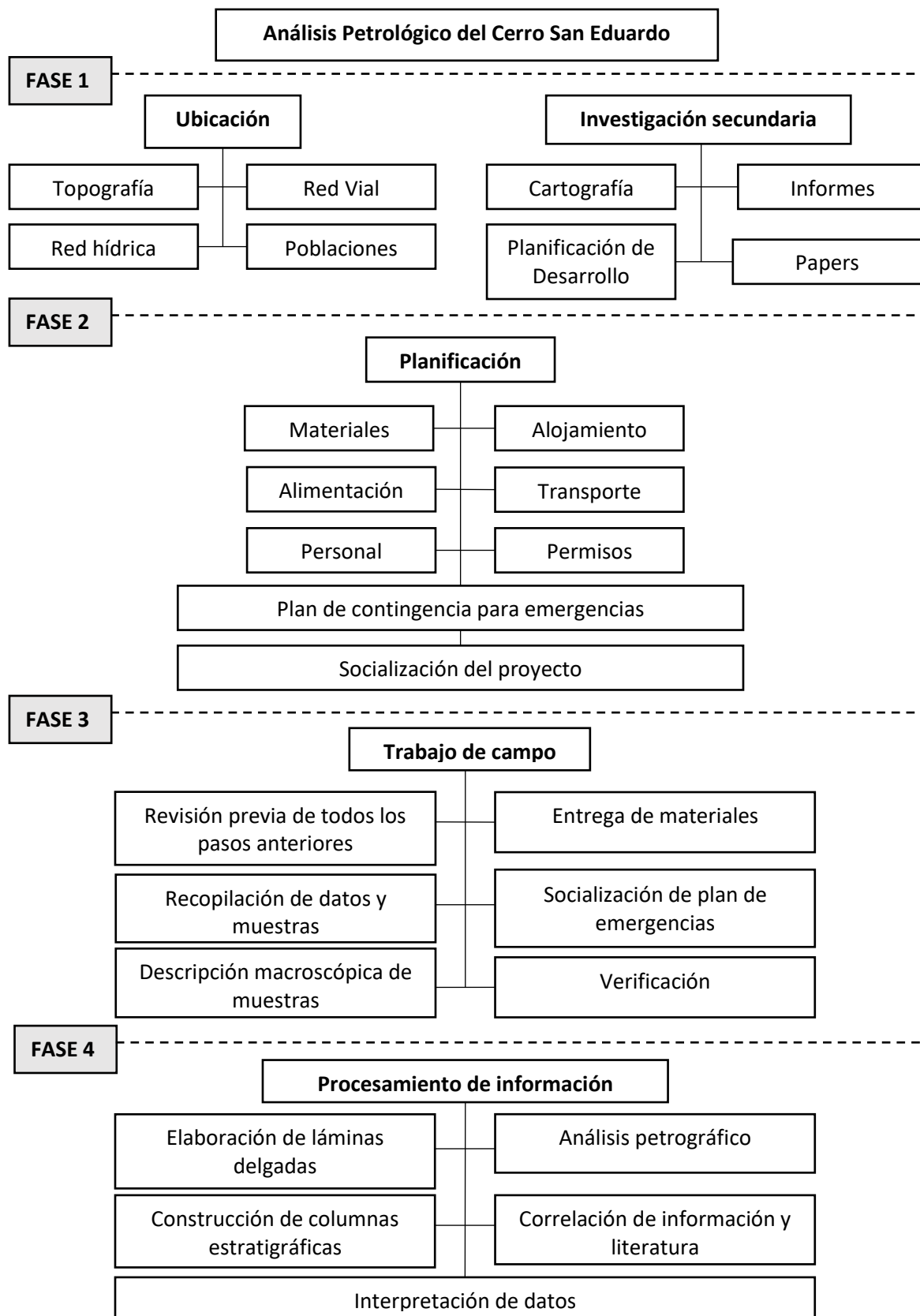


Figura 2.1 : Esquema metodológico del proyecto integrador.



Figura 2.2 : Sectorización del área de interés del proyecto integrador.

2.3 Fase 3

En la Tabla 2-2 se detallan las estaciones realizadas en el proyecto integrador con sus respectivas coordenadas y se representa en un mapa su ubicación (Figura 2.3).

Tabla 2-B Coordenadas de estaciones por sector del Cerro San Eduardo. UTM WGS84 Zona 17S.

Sector	Estaciones	Coordenadas		Sector	Estaciones	Coordenadas	
		X	Y			X	Y
Bellavista	Estación 1	620777	9759184	San Eduardo	Estación 5	619912	9758540
	Estación 2	620994	9759184		Estación 6	620314	9758509
	Estación 3	620810	9758856		Estación 7	618769	9757926
	Estación 4	620932	9758601		Estación 8	618800	9758479
El Crisol	Estación 9	617842	9758234	El Paraíso	Estación 12	619512	9760260
	Estación 10	618120	9758265		Estación 13	619512	9760076
	Estación 11	618120	9758204		Estación 14	620469	9759614
Ceibos	Estación 15	617688	9758848				
	Estación 16	617565	9758756				
	Estación 17	617781	9758603				
	Estación 18	617980	9759649				
	Estación 19	618228	9759898				

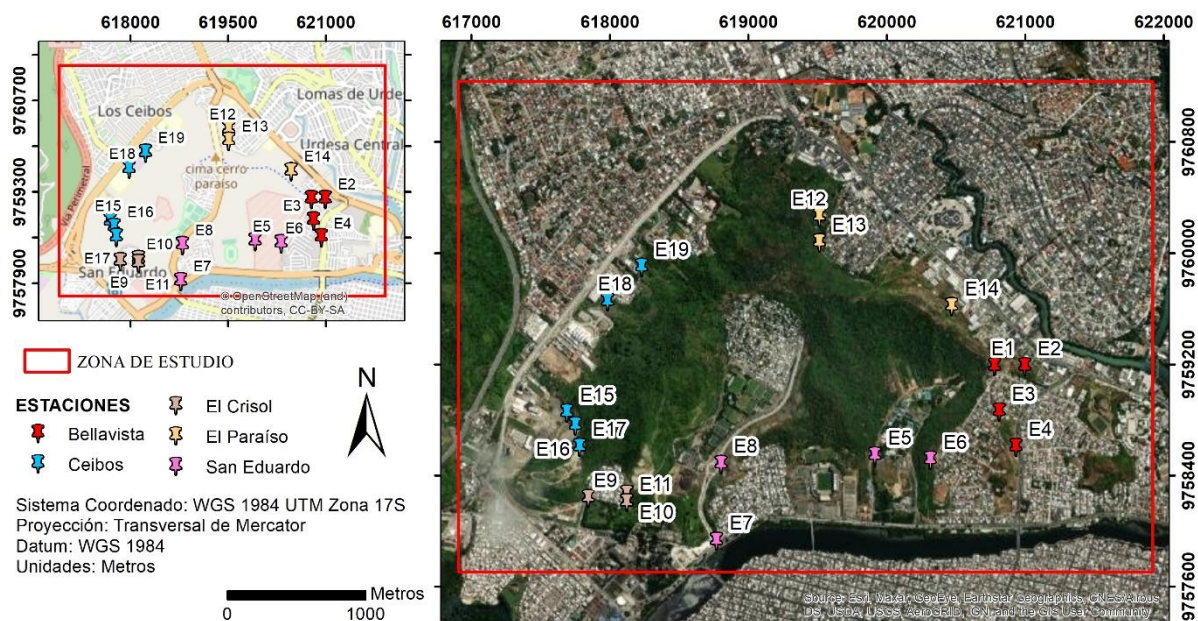


Figura 2.3: Ubicación de las estaciones por sector en la zona de estudio.

La ubicación de recopilación de las muestras de rocas se llevó a cabo según aspectos de interés observados en campo, estos son detallados en el siguiente capítulo.

Su descripción macroscópica consiste en un examen físico de las muestras en el que se detallan aspectos como color, dureza, tamaño de grano, fractura, efervescencia a ácido clorhídrico en caso de poseer aspectos calcáreos y magnetismo.

2.4 Fase 4

Las láminas delgadas fueron realizadas en el Laboratorio de Petrografía de la Facultad de Ciencias de la Tierra FICT ubicado en el campus Prosperina de la Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL.

1. Cortar la muestra de mano con las dimensiones aproximadas de: 4 cm de alto, 2 cm de ancho y 0.50 cm de espesor utilizando la cortadora Metkon GEOFORM. (Figura 2.4 A)
2. Dependiendo de la muestra, pulir una cara de la muestra utilizando abrasivos de 9.5 o 17 micras. (Figura 2.4 B)
3. Lavar la muestra y el vidrio portaobjetos con agua y jabón para eliminar rastros de impurezas.

4. Secar la muestra y el vidrio portaobjetos en la plancha de calor (30 min).
5. Pegar la muestra en el vidrio con Resina Epoxy, esperar al menos 5 horas. (Figura 2.4 C)
6. Colocar el código de la muestra en el vidrio portaobjetos.
7. Cortar la muestra con las dimensiones aproximadas de: 4 cm de alto, 2 cm de ancho y 0.15 cm de espesor utilizando la cortadora y pulidora Metkon GEOFORM. (Figura 2.4 D)
8. Pulir la muestra hasta 30 micras de espesor utilizando la cortadora y pulidora Metkon GEOFORM. (Figura 2.4 D)
9. En caso de ser necesario y dependiendo del grosor de la muestra, pulirla utilizando abrasivos de 9.5 o 17 micras.

El análisis petrográfico de las láminas delgadas consiste en la descripción de la composición mineralógica de las muestras y aspectos como textura, color y forma de los minerales, identificación de minerales primarios y secundarios, matriz en caso de que la posea; si son muestras de rocas detríticas, aspectos como dispersión del tamaño de grano, redondez y esfericidad. (Figura 2.4 F)

El nombre de la roca se otorgó según sus características descritas, esto se realizó en base a las clasificaciones ya existentes de autores según el tipo de roca. En rocas sedimentarias detríticas se utilizó la clasificación según Corrales y cols (1977), en base a su tamaño de grano y según Folk et al (1970), en base a su contenido de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca presentes en la muestra. En rocas calcáreas se utilizó el diagrama de clasificación según Dunham, modificada por Embry & Klovan (1971), en base a la proporción de tres constituyentes de la muestra como granos, matriz y cemento.

En rocas mixtas se utilizó el diagrama de clasificación según Schmid, modificado de Le Maitre (1984), en base al contenido de material volcánico y su tamaño de grano.

Además, se observó la presencia de microfósiles en algunas muestras y se procedió a su identificación para la inferencia de su ambiente de sedimentación y posible edad de la roca en estudio. A partir de toda la información obtenida en campo y laboratorio se procedió a la construcción de las correspondientes columnas estratigráficas de las formaciones presentes en la zona de estudio y su interpretación.

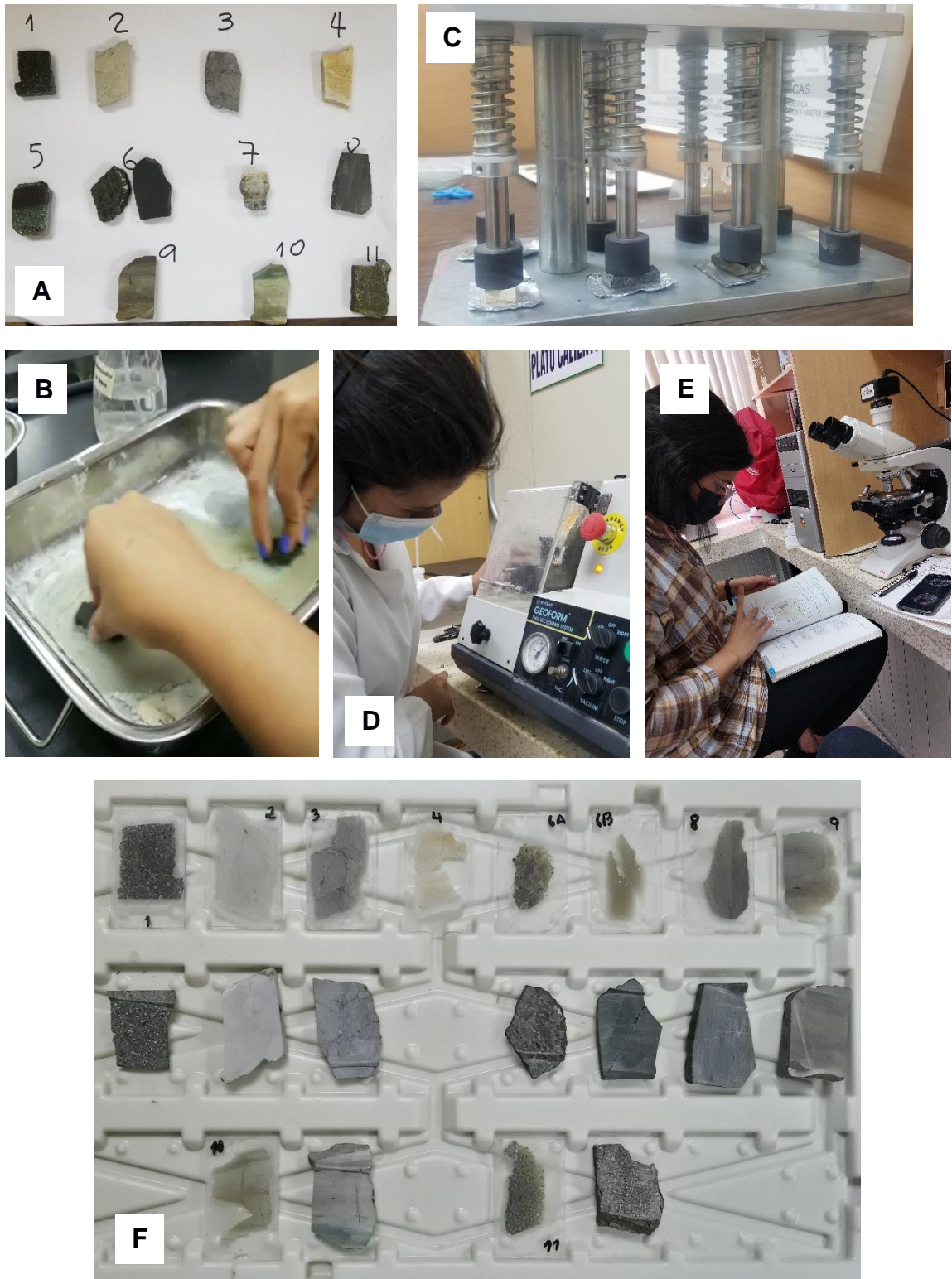


Figura 2.4: Procedimiento de elaboración de láminas delgadas realizado en el laboratorio de Petrografía de la FICT ESPOL.

- (A) Muestras cortadas según medidas establecidas a 0,50 cm de espesor. (B) Pulido de muestras con abrasivo para aplanar la cara de la roca a pegar al vidrio. (C) Muestras con resina epoxy y presionadas para su correcto pegado y secado. (D) Proceso de corte a 0,15 cm de espesor y pulida a 30 micras en cortadora y pulidora Metkon GEOFORM. (E) Análisis en microscopio de láminas delgadas. (F) Muestras de rocas y láminas delgadas correspondientes.

CAPÍTULO 3

3. TRABAJO DE CAMPO

3.1 Descripción de campo

Como se detalló en la sección 2.3, se realizó la visita a 19 estaciones divididas en 5 sectores, sin embargo, a continuación, se procede a describir la información de las estaciones en las cuales fueron recolectadas las muestras a examinar en el laboratorio, las cuales son:

- | | | |
|--------------|---------------|---------------|
| ✓ Estación 2 | ✓ Estación 8 | ✓ Estación 14 |
| ✓ Estación 3 | ✓ Estación 9 | ✓ Estación 15 |
| ✓ Estación 4 | ✓ Estación 11 | ✓ Estación 17 |
| ✓ Estación 6 | ✓ Estación 13 | |

La información de las estaciones restantes se adjuntará a este documento en la sección de Apéndices.

3.1.1 Sector Bellavista

Ciudadela ubicada al este de la zona de estudio. Posee una densidad poblacional de 5,75 habitantes/km². Es un sector de fácil acceso ubicado en gran parte en las zonas altas del cerro Bellavista. Las avenidas principales que conectan a esta ciudadela son: Carlos Julio Arosemena, Barcelona y José María Velasco Ibarra.

3.1.1.1 Estación 2

Se ubica en el sector Bellavista en las coordenadas 620994 en "X", 9759184 en "Y" y a 78 m de altura según el sistema coordinado UTM WGS84 17S.



Figura 3.1: Afloramiento de estratos en estación 2 del sector Bellavista.

Este afloramiento se encuentra en la cima del cerro de Bellavista en el cual se identificó una variación de la litología presente y se describirá como dos unidades diferentes: A y B.

La unidad A se encuentra conformada por estratos masivos de aparente arenisca de grano fino de color café-verde con espesores centimétricos a métricos y que presentan fragmentos cristalinos de color verde. La unidad B se encuentra intercalando a la Unidad A, se trata de lutitas verdes centimétricas a decimétricas que contienen vetillas de un material color blanco (posiblemente calcita) y materiales cristalinos verdes; además, se observa la presencia de un sedimento no consolidado de color marrón-rojizo intercalando a las unidades A y B.

3.1.1.2 Estación 3

Se ubica en el sector Bellavista en las coordenadas 620810 en "X", 9758856 en "Y" y a 55 m de altura según el sistema coordenado UTM WGS84 17S. Se encuentra en una propiedad privada en la cual se efectúa una construcción en la calle Cj.1B SO que conecta con la avenida Ing. Jorge Perrone Galarza.



Figura 3.2: Afloramiento de estratos en estación 3 del sector Bellavista.

Este afloramiento de 3 metros de potencia aproximadamente consiste en lutitas centimétricas a decimétricas de color verde a beige que contiene vetillas de un material blanco (posiblemente cuarzo o calcita) y se encuentra diaclasada, intercaladas con capas delgadas de sedimento poco consolidado de color marrón-rojizo similar a la estación 2.

3.1.1.3 Estación 4

Se ubica en el sector Bellavista en las coordenadas 620932 en "X", 9758601 en "Y" y a 19 m de altura según el sistema coordenado UTM WGS84 17S. A lo largo de la vía principal José María Velasco Ibarra.



Figura 3.3: Afloramiento de estratos en estación 4 del sector Bellavista.

Este afloramiento de 100 metros de potencia aproximadamente se encuentra altamente plegado y presenta un cambio de litología que se describirán como dos unidades diferentes: C y D.

La unidad C consiste en lutitas verdes centimétricas a decimétricas diaclasadas con presencia de cuarzo y fragmentos cristalinos de color verde en intercalación con areniscas masivas de grano fino café o verde centimétricas a métricas y que presentan meteorización esferoidal.

La unidad D conformada por intercalaciones de lutitas de color verde centimétricas a decimétricas y capas de arcilla poco consolidada de espesor milimétrico.

En este afloramiento se pueden observar muchas estructuras sinsedimentarias o slumps (Figura 3.4) y su variación de litología se describe como la posible presencia de un contacto entre las formaciones Cayo y Guayaquil.



Figura 3.4: Afloramiento de slumps en estación 4 del sector Bellavista.

3.1.2 Sector San Eduardo

Ubicado al sur de la zona de estudio. Es un sector de fácil acceso ubicado a orillas del Estero Salado. La avenida principal de este sector es la avenida Barcelona. Se ubican en este sector zonas importantes como la Base Naval San Eduardo o Infantería de marina.

3.1.2.1 Estación 6

Se ubica en el sector Bellavista en las coordenadas 620314 en "X", 9758509 en "Y" y a 54 m de altura según el sistema coordinado UTM WGS84 17S. Se encuentra en la parte alta del cerro ubicado dentro de la Base Naval San Eduardo o Infantería de Marina.



Figura 3.5: Afloramiento de estratos en estación 6 del sector San Eduardo.

Este afloramiento de 6 metros de potencia aproximadamente consiste en lutitas bien consolidadas de espesor decimétrico a centimétrico intercaladas con lutitas de color oscuro o negro laminares decimétricas. A diferencia de los anteriores afloramientos, presenta alta silificación que se evidencian en colores blancos que se encuentran en la roca y además presenta boudinage.

3.1.2.2 Estación 8

Se ubica en las coordenadas 618800 en "X", 9758479 en "Y" y a 34 m de altura según el sistema coordinado UTM WGS84 17S. Se encuentra en avenida que conecta al túnel San Eduardo, frente a la Ciudad Deportiva Carlos Pérez Perasso.



Figura 3.6: Afloramiento de estratos en estación 8 del sector San Eduardo.

Este afloramiento de 20 metros de potencia (observado) con vegetación media y plegamientos consiste en dos litologías diferentes. En la base se encuentra formado de lutitas estratificadas silificadas de espesor centimétrico de colores gris a verdoso, intercaladas con estratos de arenisca masiva de espesor decimétrico a métrico de grano medio y color café a beige. Mientras que la parte superior consiste en lutita gris silificada intercalada con rocas fisibles de color oscuro.

3.1.3 Sector El Crisol

Es una urbanización ubicada al suroeste de la zona de estudio. Es un sector de pequeña extensión. Es una zona de fácil acceso, aunque solo posee una calle de acceso: Calle Santa Rita, la cual se tiene acceso desde la avenida Rodríguez Bonín.

3.1.3.1 Estación 9

Se ubica en las coordenadas 617842 en "X", 9758234 en "Y" y a 21 m de altura según el sistema coordinado UTM WGS84 17S. Se encuentra en la entrada de la urbanización El Crisol.

Este afloramiento de 10 metros de potencia aproximadamente presenta diaclasamientos y caída de bloques. Consiste en lutita calcárea de color gris con alta meteorización intercalada con láminas de rocas fisibles gris oscuras centimétricas. Se observa en ciertas zonas de las lutitas silificación.



Figura 3.7: Afloramiento de estratos en estación 9 del sector San Eduardo.

3.1.3.2 Estación 11

Se ubica en las coordenadas 618120 en "X", 9758204 en "Y" y a m de altura según el sistema coordinado UTM WGS84 17S. Se encuentra en la urbanización El Crisol al final de la calle principal.



Figura 3.8: Afloramiento de estratos en estación 11 del sector San Eduardo.

Este afloramiento de 5 metros de potencia aproximadamente se encuentra formado por lutita aparentemente calcárea de color beige en la base y en la parte superior intercalaciones de rocas calcáreas y capas de arcillas de color ocre. En el suelo existe una gran cantidad de material suelto de arcilla producto de laterización de los estratos superiores. Los estratos se encuentran meteorizados casi en su totalidad.

3.1.4 Sector El Paraíso

Ciudadela ubicada al noreste de la zona de estudio, específicamente en las faldas del cerro San Eduardo. Habitan alrededor de 4000 habitantes. Su distribución depende mucho de la topografía y la naturaleza en el sector. Comprende el Bosque Protector El Paraíso.

3.1.4.1 Estación 13

Se ubica en las coordenadas 619512 en "X", 9760076 en "Y" y a 75 m de altura según el sistema coordenado UTM WGS84 17S. Se encuentra en la gruta de la Virgen del Paraíso. Este afloramiento de 4,5 metros de potencia aproximadamente consiste en intercalaciones de lutita de color verde, beige o gris de espesor centimétrico diaclasada con presencia de cuarzo y arenisca de grano fino café de espesor decimétrico.



Figura 3.9: Afloramiento de estratos en estación 13 del sector El Paraíso.

3.1.4.2 Estación 14

Se ubica en la ciudadela El Paraíso en las coordenadas 620469 en “X”, 9759614 en “Y” y a 31 m de altura según el sistema coordinado UTM WGS84 17S. Se encuentra al lado del campo “Paintball combat”. Este afloramiento de 20 metros de potencia aproximadamente es una zona plegada que presenta cambios bruscos de buzamiento, inclusive estratos se encuentran horizontales y posibles slumps.



Figura 3.10: Afloramiento en estación 14 del sector El Paraíso.

La figura A muestra los estratos y los cambios de rumbo y buzamiento que se tiene en la zona. La figura B muestra la meteorización esferoidal presente en los estratos de arenisca masiva.

Su litología varía según la posición, en la base se observa intercalaciones de arenisca masiva, la cual presenta meteorización esferoidal (Figura 3.6 B) y lutitas de color gris de espesor métrico con incrustaciones de color verde. La zona media del afloramiento se observa shale de color negro en laminación y arenisca con incrustaciones de lutitas de tamaño aproximado de 30 centímetros y que presenta gradación inversa. Finalmente, en la parte superior sólo se observan lutitas de color de

beige a blanco sin la presencia de la arenisca. El tipo de contacto que se observa en este afloramiento es erosivo.

3.1.5 Sector Ceibos

Sector ubicado al oeste de la zona de estudio. Comprende ciudadelas de clase media a alta y zonas comerciales importantes, además, en este sector se encuentra el hospital del IESS. El acceso al cerro en este sector está restringido en la mayoría de su extensión, debido a que son zonas privadas, por lo que es necesario la obtención de permisos.

3.1.5.1 Estación 15

Se ubica en las coordenadas 617688 en "X", 9758848 en "Y" y a 21 m de altura según el sistema coordinado UTM WGS84 17S. Se encuentra en la zona trasera del centro comercial La Vista San Eduardo, es una zona de construcción de un futuro edificio de apartamentos.



Figura 3.11: Afloramiento en estación 15 del sector Ceibos.

Este afloramiento de 55 metros de potencia aproximada posee poca vegetación en el talud y consiste en estratificaciones de lutita de color verde y gris intercalada con bloques de arenisca masiva verde de grano medio que posee incrustaciones de clastos de color verde, negro y beige de hasta 1 centímetro de diámetro.

3.1.5.2 Estación 17



Figura 3.12: Afloramiento en estación 17 del sector Ceibos.

Se ubica en las coordenadas 617688 en "X", 9758848 en "Y" y a 21 m de altura según el sistema coordinado UTM WGS84 17S. Se encuentra en la parte alta del cerro en la zona trasera del centro comercial La Vista San Eduardo. Este afloramiento posee 75 metros de potencia aproximadamente presenta poca vegetación en el talud. Se identifica una falla normal con buzamiento y dirección de buzamiento de $40^{\circ}/195^{\circ}$ respectivamente. (Figura 3.13) Consiste en rocas calcáreas estratificadas de color café claro a beige intercaladas con estratos de rocas fisibles. Se observa cuarzo cristalizado y en el eje de falla presenta material vítrio de color morado y azul.

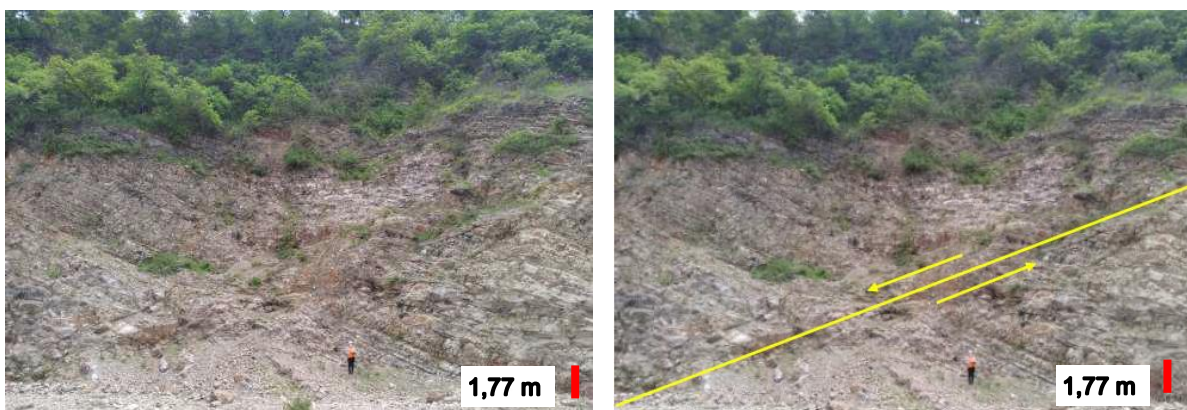


Figura 3.13: Falla identificada en campo en estación 17 del sector Ceibos.

3.2 Muestras de rocas

Las muestras de rocas recolectadas en las estaciones visitada (Tabla 2-2) se encuentran detalladas en la Tabla 3-1 y se representa en un mapa su ubicación (Figura 3.1).

Tabla 3-A: Coordenadas de muestras recolectadas en campo con sus respectivos códigos de etiquetado.

Muestra #	Código	Sector	Estaciones	Coordenadas	
				X	Y
1	C1	Ceibos	Estación 15	617.688	9.758.848
2	C2		Estación 17	617.781	9.758.603
3	EC1	El Crisol	Estación 9	617.842	9.758.234
4	EC2		Estación 11	618.120	9.758.204
5	P1	El Paraíso	Estación 13	619.512	9.760.076
6A	P2A		Estación 14	620.469	9.759.614
6B	P2B		Estación 14	620.469	9.759.614
7	S1	San Eduardo	Estación 6	620.314	9.758.509
8	S2		Estación 8	618.800	9.758.479
9	B1	Bellavista	Estación 2	620.994	9.759.184
10	B2		Estación 3	620.810	9.758.856
11	B3		Estación 4	620.932	9.758.601

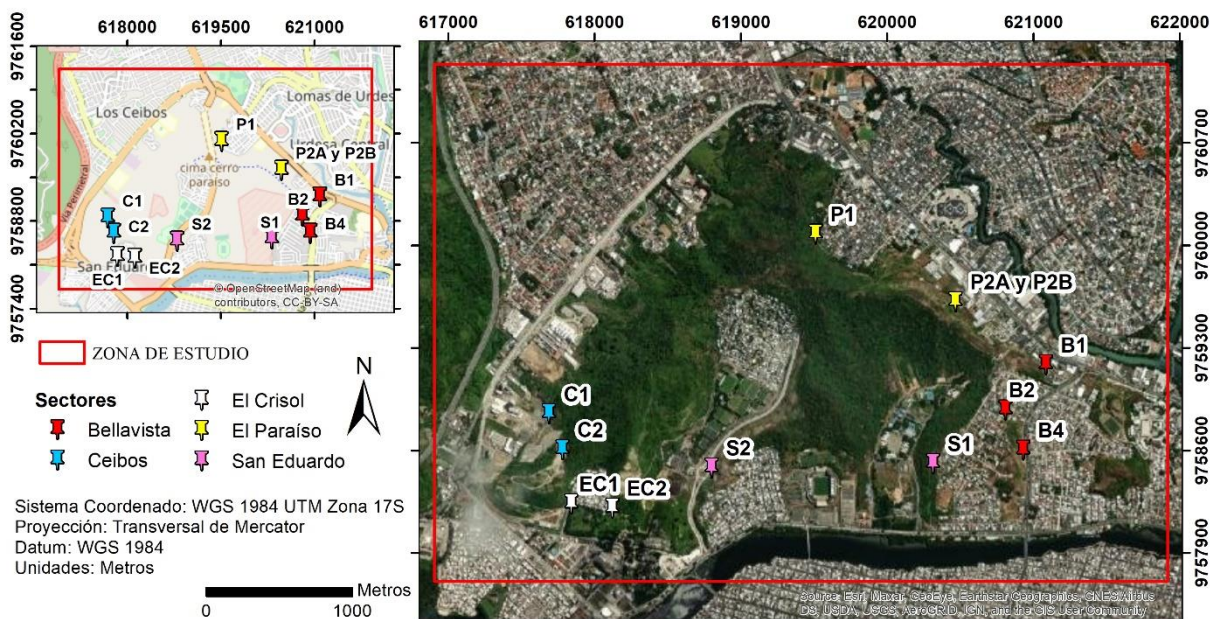



Figura 3.14: Mapa de ubicación de muestras recolectadas en campo por código y sector (Tabla 3-1).

3.3 Descripción de muestras de mano


3.3.1 Muestra 1: Hialoclastita?

Tabla 3-B: Descripción correspondiente a la muestra de mano 1 recolectada en campo.

Código:	C1		
Ubicación:	Sector:	Ceibos	
	Estación:	Estación 15	
	Referencia:	Atrás de centro comercial La Vista San Eduardo (Parte baja del cerro)	
	Coordenadas:	X	Y
		617.688	9.758.848
Formación Geológica:	Fm. Cayo		
Fecha de recolección:	22/01/2021		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:	 <p style="text-align: center;">Figura 3.15: Muestra de mano 1.</p>		
Tipo de roca:	Volcánica?	Dureza:	3
Color:	Gris oscuro	Tamaño de grano:	Arena media a gruesa
Fractura:	Irregular	Magnetismo	Sí
Observaciones:	Efervescente a HCl. Contiene minerales angulosos y fragmentos de rocas aparentemente en una matriz de vidrio volcánico.		


3.3.2 Muestra 2: Toba?

Tabla 3-C: Descripción correspondiente a la muestra de mano 2 recolectada en campo.

Código:	C2		
Ubicación:	Sector:	Ceibos	
	Estación:	Estación 17	
	Referencia:	Atrás de centro comercial La Vista San Eduardo (Parte alta del cerro)	
	Coordenadas:	X	Y
617.781		9.758.603	
Formación Geológica:	San Eduardo?		
Fecha de recolección:	22/01/2021		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:	 <p style="text-align: center;">Figura 3.16: Muestra de mano 2.</p>		
Tipo de roca:	Volcánica	Dureza:	3
Color:	Beige y gris oscuro	Tamaño de grano:	Ceniza
Fractura:	Angular	Magnetismo	Sí
Observaciones:	Efervescente a HCl. Contiene una capa de cristales de calcita posiblemente de origen secundario.		


3.3.3 Muestra 3: Arenisca?

Tabla 3-D: Descripción correspondiente a la muestra de mano 3 recolectada en campo.

Código:	EC1		
Ubicación:	Sector:	El Crisol	
	Estación:	Estación 9	
	Referencia:	Entrada a urbanización El Crisol	
	Coordenadas:	X	Y
617.842		9.758.234	
Formación Geológica:	San Eduardo?		
Fecha de recolección:	20/01/2021		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:	 <p style="text-align: center;">Figura 3.17: Muestra de mano 3.</p>		
Tipo de roca:	Sedimentaria	Dureza:	3
Color:	Gris oscuro	Tamaño de grano:	Arena media
Fractura:	Irregular	Magnetismo	
Observaciones:	Efervescente a HCl		


3.3.4 Muestra 4: Toba?

Tabla 3-E: Descripción correspondiente a la muestra de mano 4 recolectada en campo.

Código:	EC2		
Ubicación:	Sector:	El Crisol	
	Estación:	Estación 11	
	Referencia:	Final de la calle principal	
	Coordenadas:	X	Y
618.120		9.758.204	
Formación Geológica:	San Eduardo?		
Fecha de recolección:	20/01/2021		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:			
	Figura 3.18: Muestra de mano 4.		
Tipo de roca:	Volcano-Sedimentaria	Dureza:	3
Color:	Beige a naranja	Tamaño de grano:	Ceniza
Fractura:	Irregular	Magnetismo	No
Observaciones:	No posee efervescencia a HCl. Peso ligero. Alta meteorización.		

3.3.5 Muestra 5: Cambio de litología de arenisca a lutita.

Tabla 3-F: Descripción correspondiente a la muestra de mano 5 recolectada en campo.

Código:	P1		
Ubicación:	Sector:	El Paraíso	
	Estación:	Estación 13	
	Referencia:	Gruta de la Virgen del Paraíso	
	Coordenadas:	X	Y
619.512		9.760.076	
Formación Geológica:	Fm. Cayo		
Fecha de recolección:	23/12/2020		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:			
	Figura 3.19: Muestra de mano 5.		
Tipo de roca:	Sedimentaria	Dureza:	4 (A) lutita 5 (B) arenisca
Color:	Beige y café oscuro	Tamaño de grano:	(A) Limo (B) Arena media
Fractura:	Concoide	Magnetismo	No
Observaciones:	Se observan dos litologías presentes en la muestra. Su posición en campo corresponde a zona superior denominada parte A y zona inferior denominada parte B de la muestra. Posee fragmentos de roca.		

3.3.6 Muestra 6

3.3.6.1 Muestra 6A: Arenisca

Tabla 3-G: Descripción correspondiente a la muestra de mano 6A recolectada en campo.


Código:	P2A		
Ubicación:	Sector:	El Paraíso	
	Estación:	Estación 14	
	Referencia:	Campo de Paintball (Combat paintball)	
	Coordenadas:	X	Y
620.469		9.759.614	
Formación Geológica:	Fm. Cayo		
Fecha de recolección:	23/12/2020		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:			
Tipo de roca:	Sedimentaria	Dureza:	3
Color:	Gris oscuro	Tamaño de grano:	Arena media a gruesa
Fractura:	Irregular	Magnetismo	Sí - alto
Observaciones:	Se evidencia claramente la presencia de metales probablemente magnetita.		

Figura 3.20: Muestra de mano 6A.


3.3.6.2 Muestra 6B: Lutita

Tabla 3-H: Descripción correspondiente a la muestra de mano 6B recolectada en campo.

Código:	P2B		
Ubicación:	Sector:	El Paraíso	
	Estación:	Estación 14	
	Referencia:	Campo de paintball (Combat paintball)	
	Coordenadas:	X	Y
620.469		9.759.614	
Formación Geológica:	Fm. Cayo		
Fecha de recolección:	23/12/2020		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:			
	Figura 3.21: Muestra de mano 6B.		
Tipo de roca:	Sedimentario	Dureza:	3
Color:	Gris claro a oscuro	Tamaño de grano:	Limo
Fractura:	Cóncava	Magnetismo	Sí - muy alto
Observaciones:	Contiene metales que reaccionan a imán: ¿magnetita?		


3.3.7 Muestra 7: Lutita?

Tabla 3-I: Descripción correspondiente a la muestra de mano 7 recolectada en campo.

Código:	S1		
Ubicación:	Sector:	San Eduardo	
	Estación:	Estación 6	
	Referencia:	Base San Eduardo – Infantería de Marina	
	Coordenadas:	X	Y
620.314		9.758.509	
Formación Geológica:	Fm. Guayaquil		
Fecha de recolección:	07/01/2021		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:	 <p style="text-align: center;">Figura 3.22: Muestra de mano 7.</p>		
Tipo de roca:	Sedimentaria	Dureza:	8
Color:	Beige a gris oscuro	Tamaño de grano:	Limo
Fractura:	Irregular	Magnetismo	No
Observaciones:	Alta silificación. Roca con muchas fracturas.		


3.3.8 Muestra 8: Lutita?

Tabla 3-J: Descripción correspondiente a la muestra de mano 8 recolectada en campo.

Código:	S2		
Ubicación:	Sector:	San Eduardo	
	Estación:	Estación 8	
	Referencia:	Frente a redondel de Ciudad Deportiva – Avenida hacia túnel del cerro San Eduardo	
	Coordenadas:	X	Y
618.800		9.758.479	
Formación Geológica:	Fm. Cayo		
Fecha de recolección:	20/01/2021		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:	 <p style="text-align: center;">Figura 3.23: Muestra de mano 8.</p>		
Tipo de roca:	Sedimentaria	Dureza:	3
Color:	Gris oscuro	Tamaño de grano:	Limo
Fractura:	Concoide	Magnetismo	No
Observaciones:	Se observa una fractura posiblemente relleno de material como calcita debido a que reacciona al HCl.		

3.3.9 Muestra 9: Lutita?

Tabla 3-K: Descripción correspondiente a la muestra de mano 9 recolectada en campo.

Código:	B1		
Ubicación:	Sector:	Bellavista	
	Estación:	Estación 2	
	Referencia:	Parte alta del cerro (cima) ingreso por avenida Ing. Jorge Perrone Galarza.	
	Coordenadas:	X	Y
620.994		9.759.184	
Formación Geológica:	Fm. Cayo?		
Fecha de recolección:	11/12/2020		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:	 <p style="text-align: center;">Figura 3.24: Muestra de mano 9.</p>		
Tipo de roca:	Sedimentaria	Dureza:	4
Color:	Beige y verde	Tamaño de grano:	Limo
Fractura:	Irregular	Magnetismo	Sí
Observaciones:	Presenta efervescencia a HCl. Se observa incrustación de un material cristalino de color verde en la muestra. Y fracturas con posible relleno de calcita.		


3.3.10 Muestra 10: Lutita

Tabla 3-L: Descripción correspondiente a la muestra de mano 10 recolectada en campo.

Código:	B2		
Ubicación:	Sector:	Bellavista	
	Estación:	Estación 3	
	Referencia:	Corte de construcción en Calle Cj.1B	
	Coordenadas:	X	Y
620.810		9.758.856	
Formación Geológica:	Fm. Guayaquil?		
Fecha de recolección:	11/12/2020		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:	 <p style="text-align: center;">Figura 3.25: Muestra de mano 10.</p>		
Tipo de roca:	Sedimentaria	Dureza:	4
Color:	Beige, gris y verde	Tamaño de grano:	limo
Fractura:	Concoide	Magnetismo	No
Observaciones:	Laminaciones de sedimentación.		

3.3.11 Muestra 11: Arenisca?

Tabla 3-M: Descripción correspondiente a la muestra de mano 11 recolectada en campo.

Código:	B3		
Ubicación:	Sector:	Bellavista	
	Estación:	Estación 4	
	Referencia	Avenida José María Velasco Ibarra	
	Coordenadas:	X	Y
620.932		9.758.601	
Formación Geológica:	Fm. Cayo		
Fecha de recolección:	11/12/2020		
Descripción macroscópica			
Muestra de mano:			
	Figura 3.26: Muestra de mano 11.		
Tipo de roca:	Sedimentaria	Dureza:	3
Color:		Tamaño de grano:	Arena media a gruesa
Fractura:	Concoide	Magnetismo	Sí
Observaciones:	Posiblemente contiene magnetita. Posee fragmentos de rocas angulares. Contenido de sílice.		

CAPÍTULO 4

4. TRABAJO DE LABORATORIO

4.1 Descripción petrográfica

4.1.1 Muestra 1: Código C1

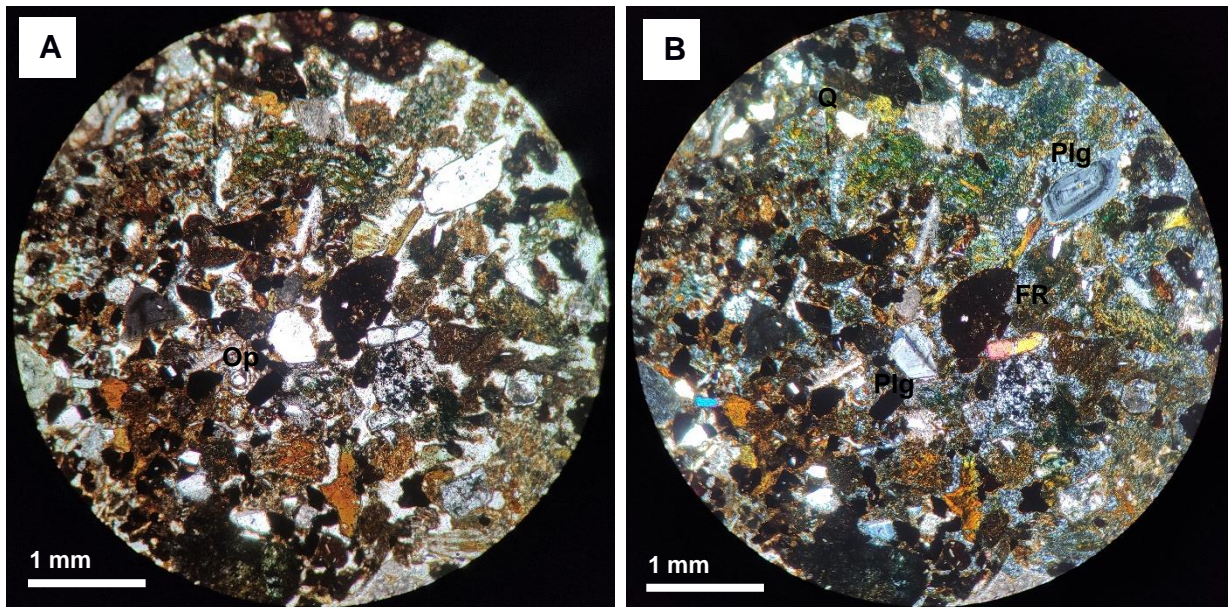


Figura 4.1: Muestra 1 (código C1) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.

Roca sedimentaria de matriz grano-sostenida con cristales angulosos de origen volcánico, posiblemente provenientes de la meteorización y erosión de una hialoclastita, la cual es una roca formada cuando el flujo de lava de una erupción efusiva entra en contacto con el agua provocando un enfriamiento rápido y los cristales no pudieron desarrollarse completamente, luego de destruirse el material volcánico, se produce la sedimentación en el sitio, compactación y litificación del material sedimentario junto con los restos de la hialoclastita y fragmentos de rocas.

Presenta una matriz arenosa limo-arcillosa, con grado de dispersión del tamaño de grano pobremente clasificado. Se encuentra constituida por microcristales de cuarzo, plagioclasas como sanidina y albita, clorita que en partes ha sido reemplazada por epidota y glauconita provocando la coloración verdosa de la roca. Además, se identifica la presencia de micas posiblemente moscovita y minerales de alteración como sericita.

Presenta fragmentos de roca angulosos y vidrio volcánico el cual, por ser termodinámicamente inestable, eventualmente fue reemplazado debido al proceso de desvitrificación (McPhie, Doyle, & Allen, 1993) por minerales de alteración como zeolitas y palagonita. (Figura 4.2 A)

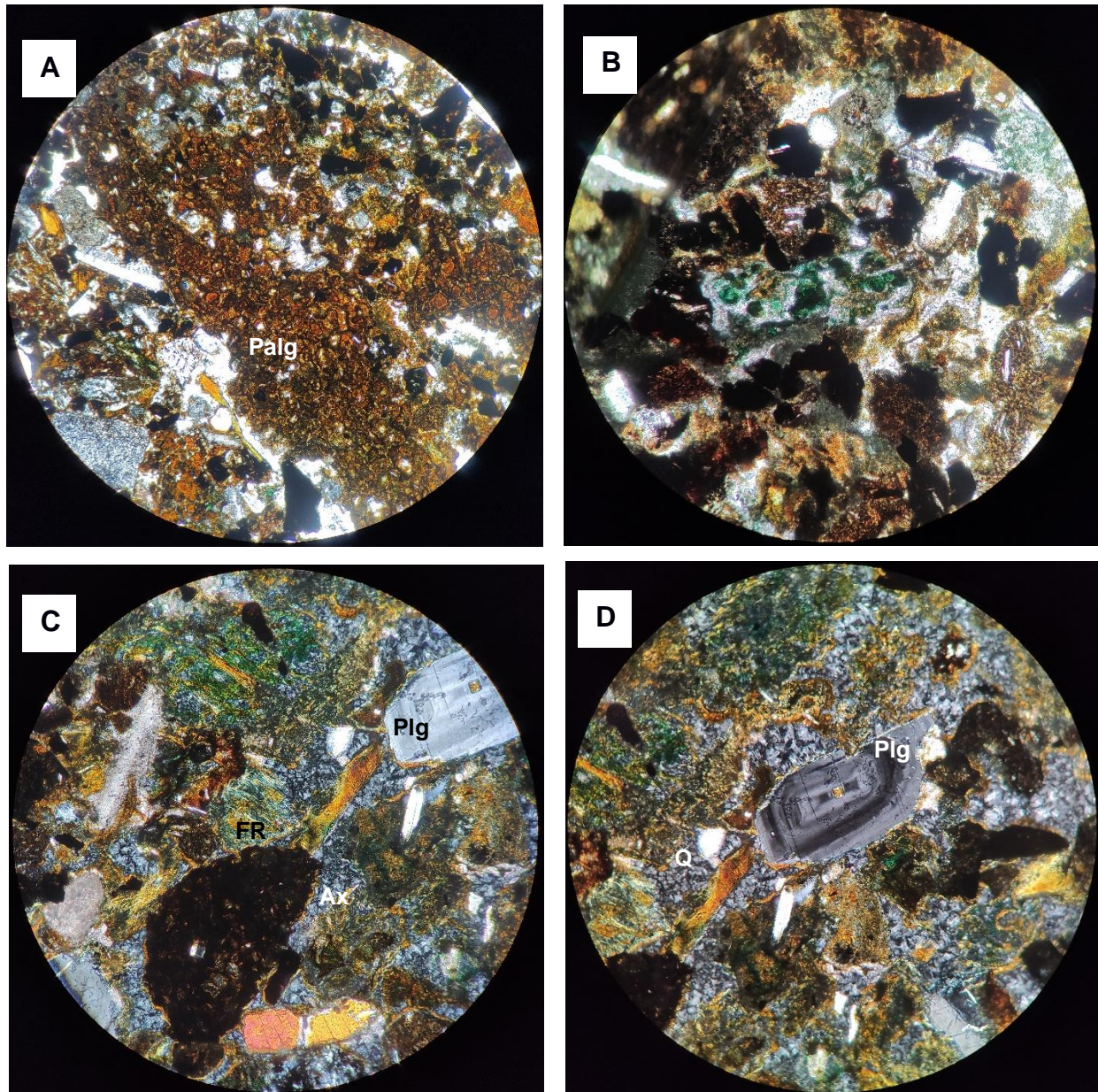


Figura 4.2: Muestra 1 al microscopio. Imágenes de contenido mineral. (A-B) Nícoles paralelos, (C-D) Nícoles cruzados.

Como resultado de procesos secundarios que pueden estar relacionados a la alteración hidrotermal, se han formado en la roca sedimentaria esferulitas de diferente

morfología (axiolítica, litophysae) creando un mosaico de cuarzo-feldespato, posiblemente sanidina. (Figura 4.2 C)

Además, se observa en la muestra la presencia de macro foraminíferos: Nummulitidae (Paleoceno Superior-Holoceno) Se trata de un género bastante cosmopolita, pudiéndose encontrar en cualquier hábitat geográfico, tuvieron su máximo expansión en el Eoceno, Se observa el plano axial, cámaras simples, equidimensionales, el desarrollo es plano espeiralado, boton umbilical (Figura 4.3 A)

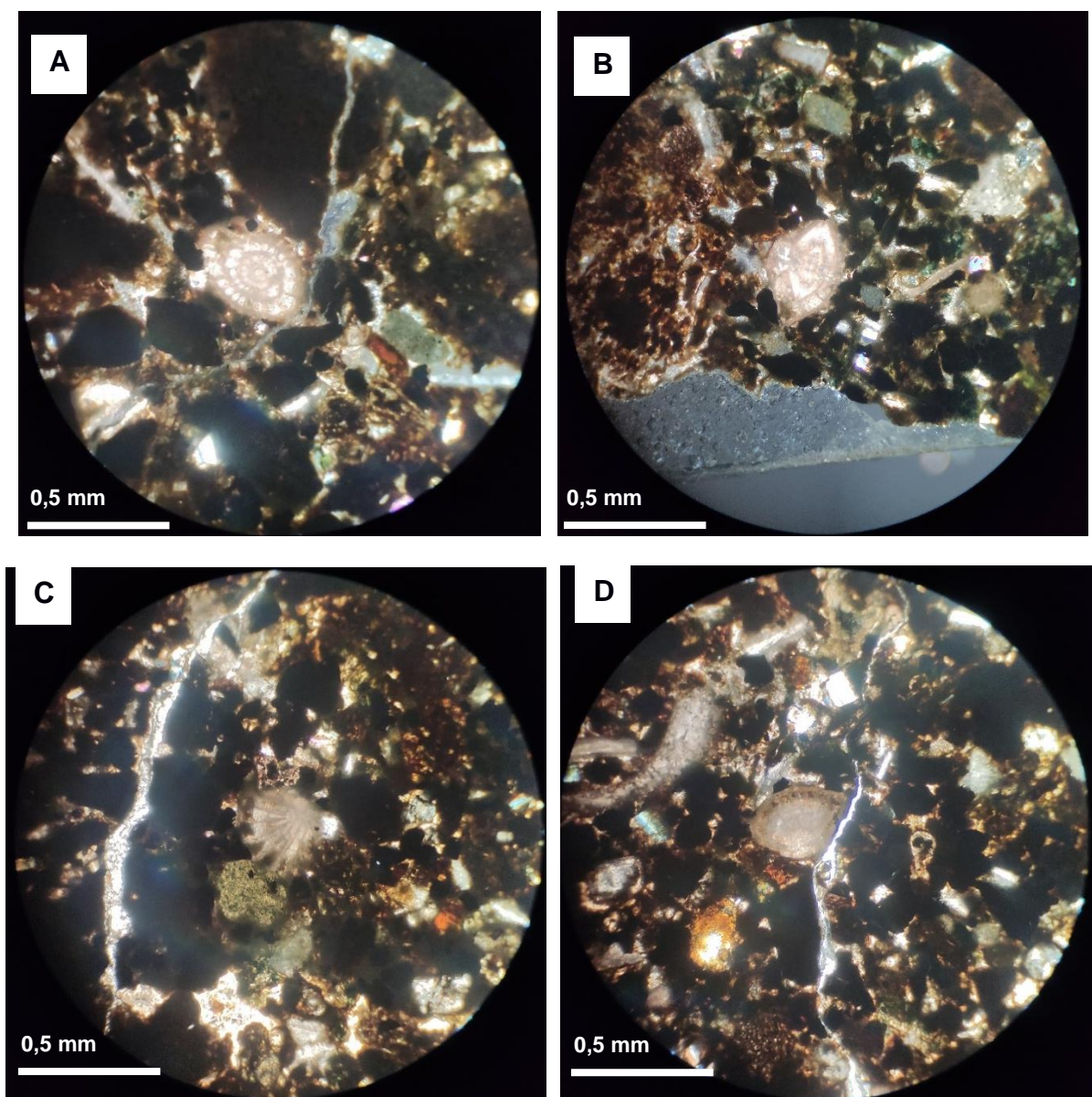


Figura 4.3: Microfósiles presentes en la muestra 1 (código C1) correspondiente al sector Ceibos. Aumento 10x en el microscopio.

Contiene <1% de cuarzo, 50% de fragmentos de roca, 20% de feldespatos y >29% de otros como minerales accesorios y material volcánico (>25%), se denomina a la roca según la clasificación de Folk et al (1970) y Schmid, modificado de Le Maitre (1984) como litarenita tobácea.

Q %	FR %	F%
1	70	29

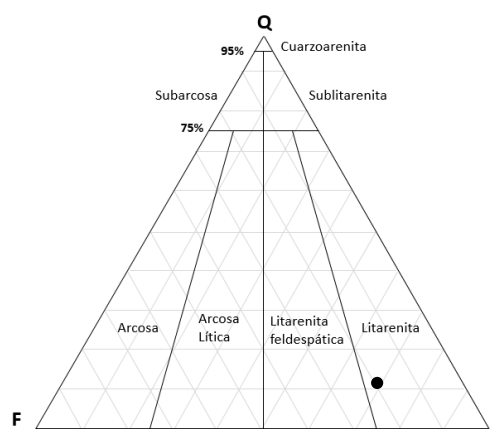


Figura 4.4: Diagrama de Folk et al (1970) para la clasificación de la roca. Muestra 1.

4.1.2 Muestra 2: Código C2

La muestra se trata de una lutita de matriz muy fina con microcristales de plagioclasas y presencia de minerales opacos, sufrió un proceso de fracturación probablemente relacionado a la falla encontrada en el sitio; las fracturas se encuentran rellenas por calcita (Figura 4.5) la cual se distingue por su clivaje y efervescencia a HCl. Alrededor de la intrusión de calcita se observa evidencia de choque térmico, es decir, cuando el fluido mineralizante y la roca se encuentran a temperaturas diferentes causando las fracturas ortogonales a la intrusión; el choque térmico da indicios de que el origen de la calcita es por actividad hidrotermal.

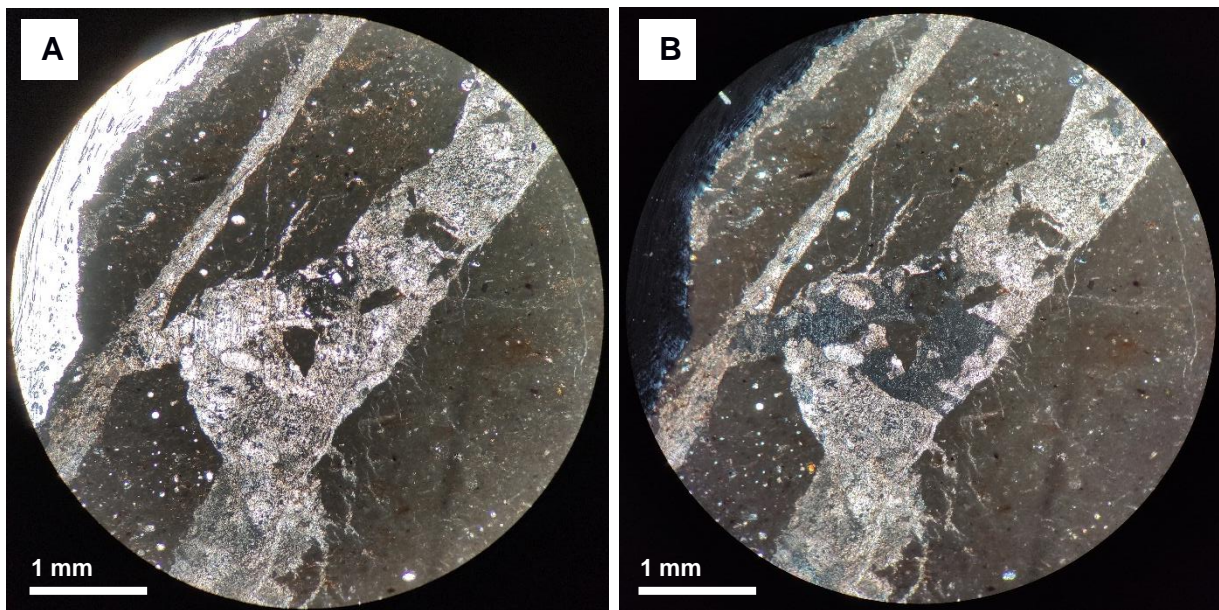


Figura 4.5: Muestra 2 (código C2) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nicos paralelos. (B) Nicos cruzados.

La presencia de un microfósil nos reconfirma el carácter sedimentario de la muestra (Figura 4.6), se identificó al mismo como

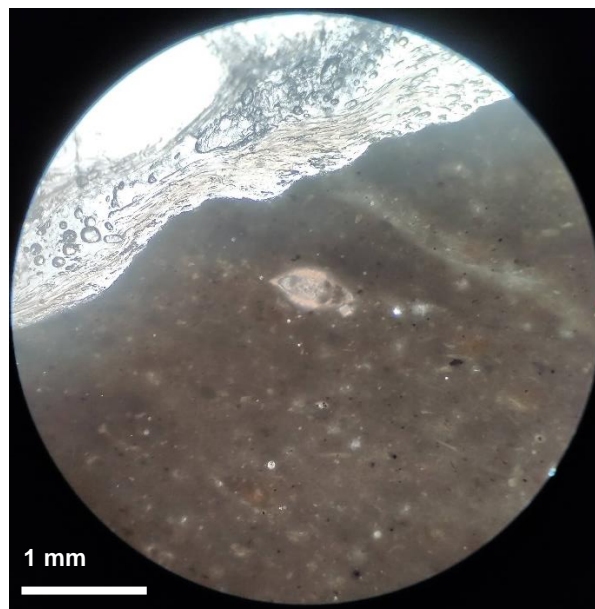


Figura 4.6: Microfósil presente en la muestra 2 (código C2) correspondiente al sector Ceibos. Aumento 10x en el microscopio.

4.1.3 Muestra 3: Código EC1

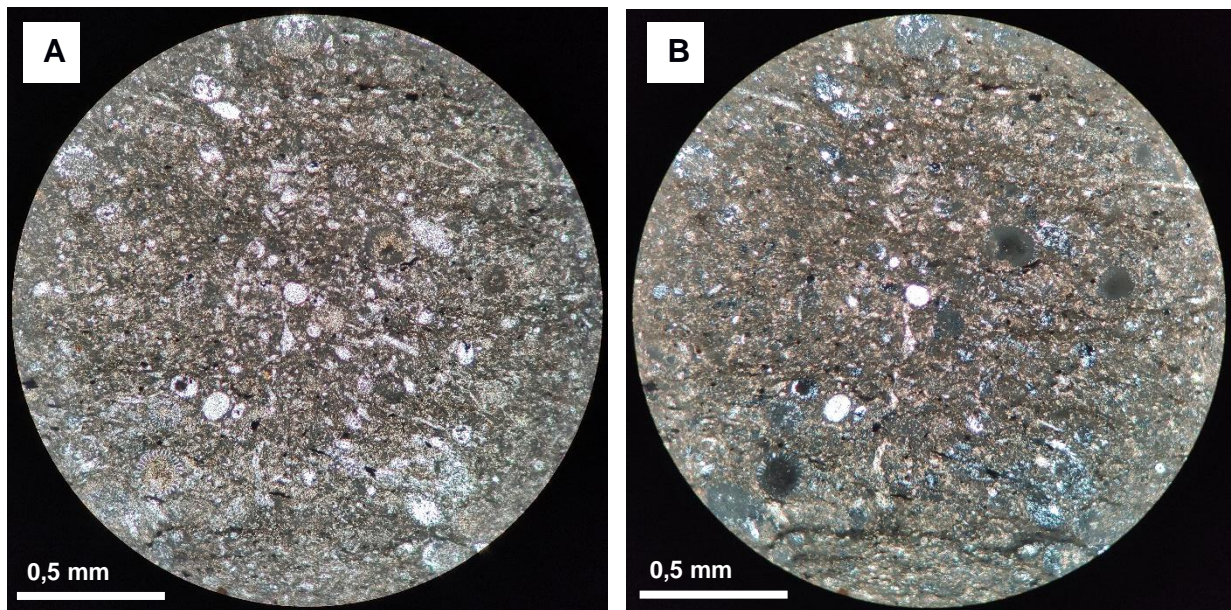


Figura 4.7: Muestra 3 (código EC1) al microscópico. Aumento 10x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.

Roca sedimentaria calcárea de matriz grano-sostenida y lodosa de textura micrítica. Alta presencia de fósiles y minerales carbonatados como calcita. Se denomina según la clasificación de Dunham modificada por Embry & Klovan (1971) como Packstone.

Se identificaron al menos 5 tipos de microfósiles (Figura 4.8) de la familia Radiolaria.

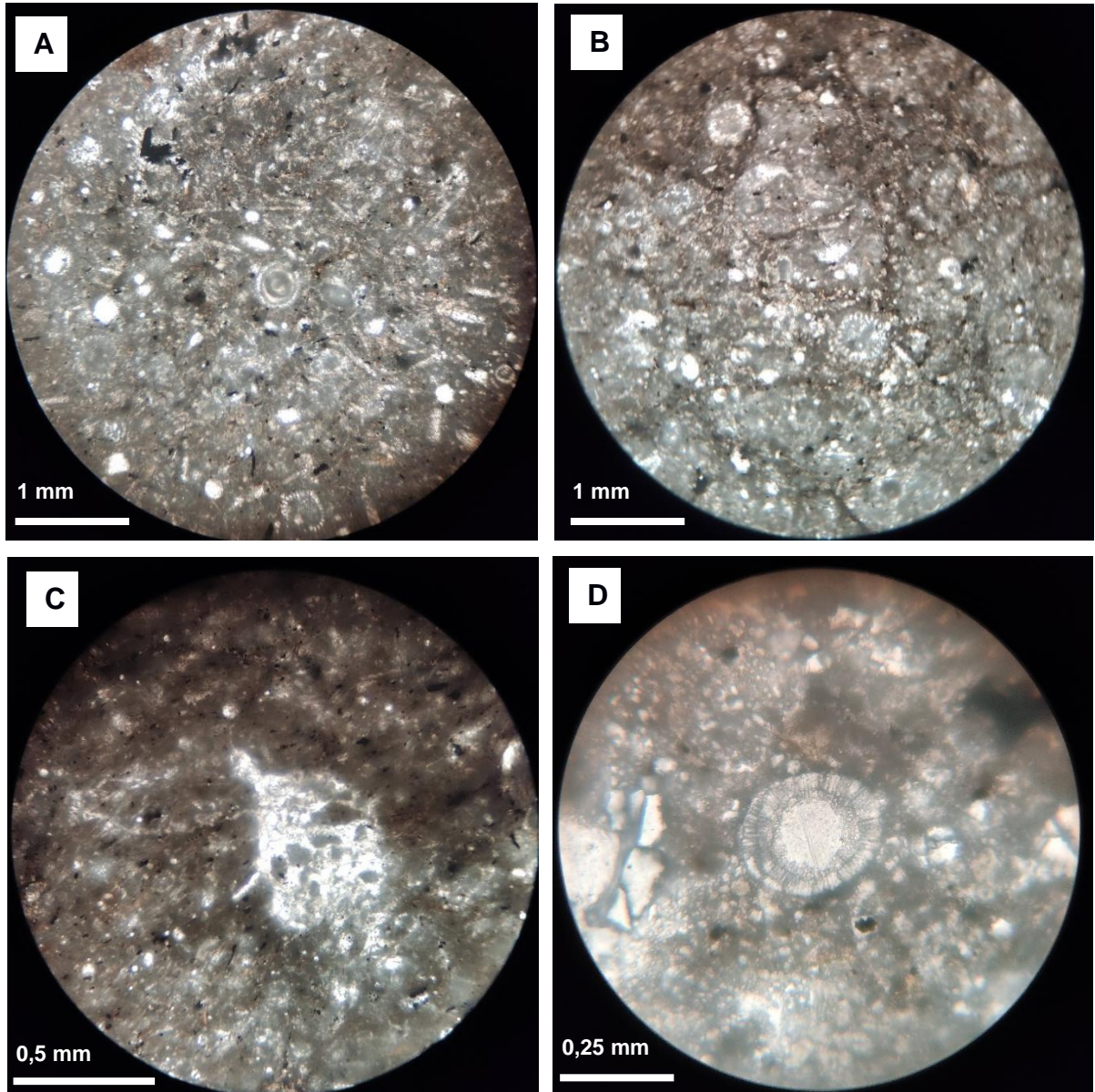


Figura 4.8: Microfósiles presentes en la muestra 3 (código EC1) correspondiente al sector El Crisol.

(A) y (B) Aumento 4x en el microscopio. (C) Aumento 10x. (D) Aumento 40x

4.1.4 Muestra 4: Código EC2

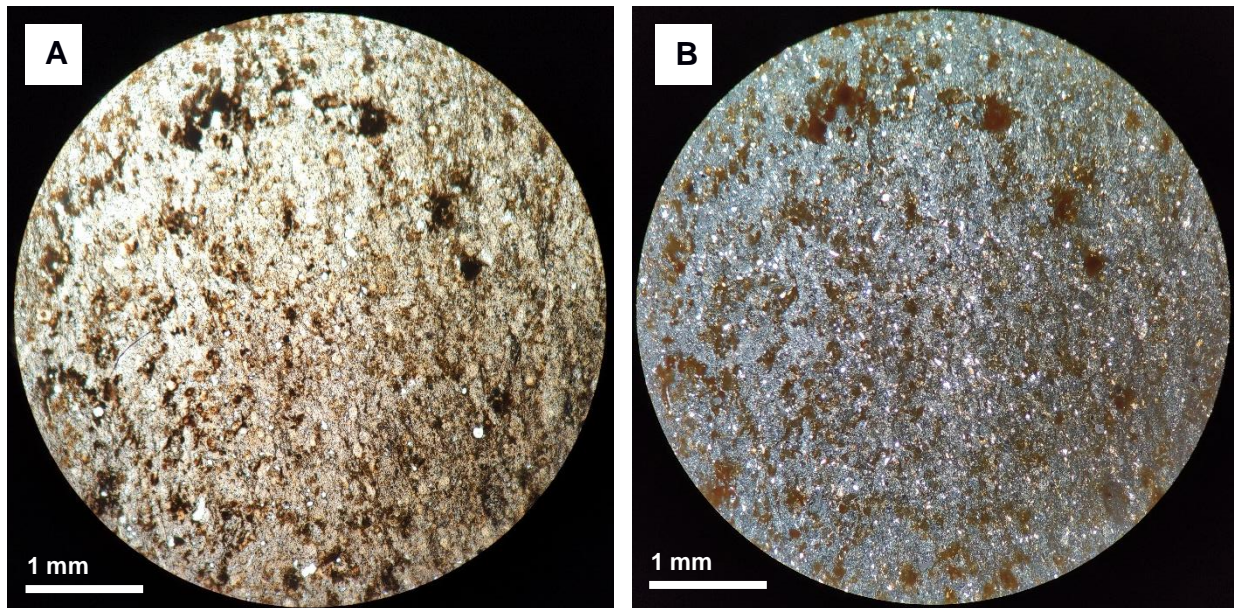


Figura 4.9: Muestra 4 (código EC2) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.

Roca volcánica constituida por ceniza compactada, es decir, una toba. Es de consistencia porosa con microcristales de cuarzo y plagioclasa, presencia de vidrio volcánico el cual, por ser termodinámicamente inestable, eventualmente fue reemplazado debido al proceso de desvitrificación (McPhie, Doyle, & Allen, 1993) por minerales de alteración como palagonita que se observa en color marrón. (Figura 4.9).

4.1.5 Muestra 5: Código P1

En la muestra se observan dos tipos de litología motivo por el cual se clasificó en: Parte A y Parte B (Figura 4.10)

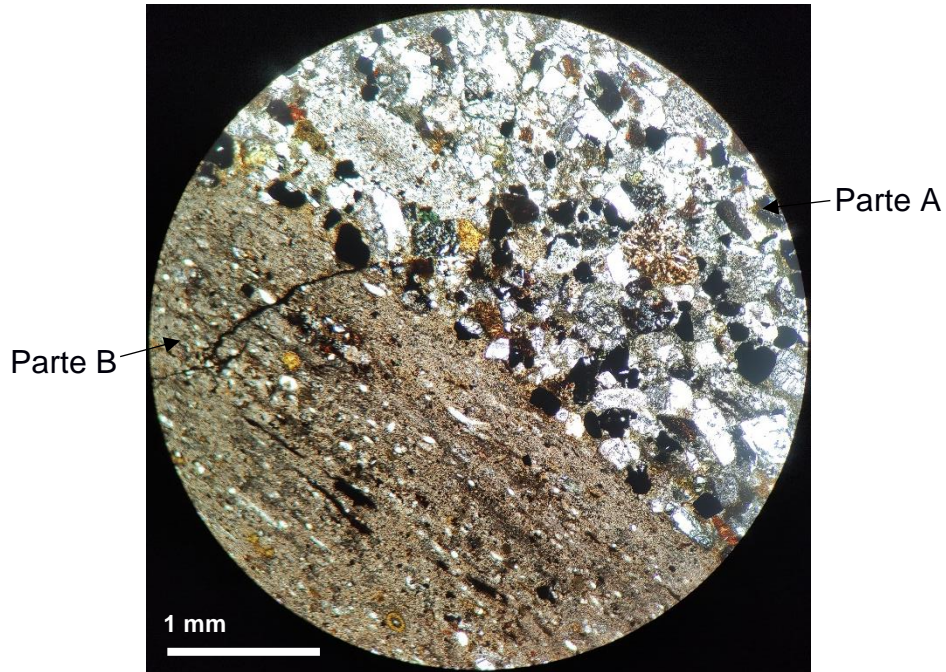


Figura 4.10: Muestra 5 (código P1) al microscópico. Aumento 4x. Litologías diferentes de la muestra.

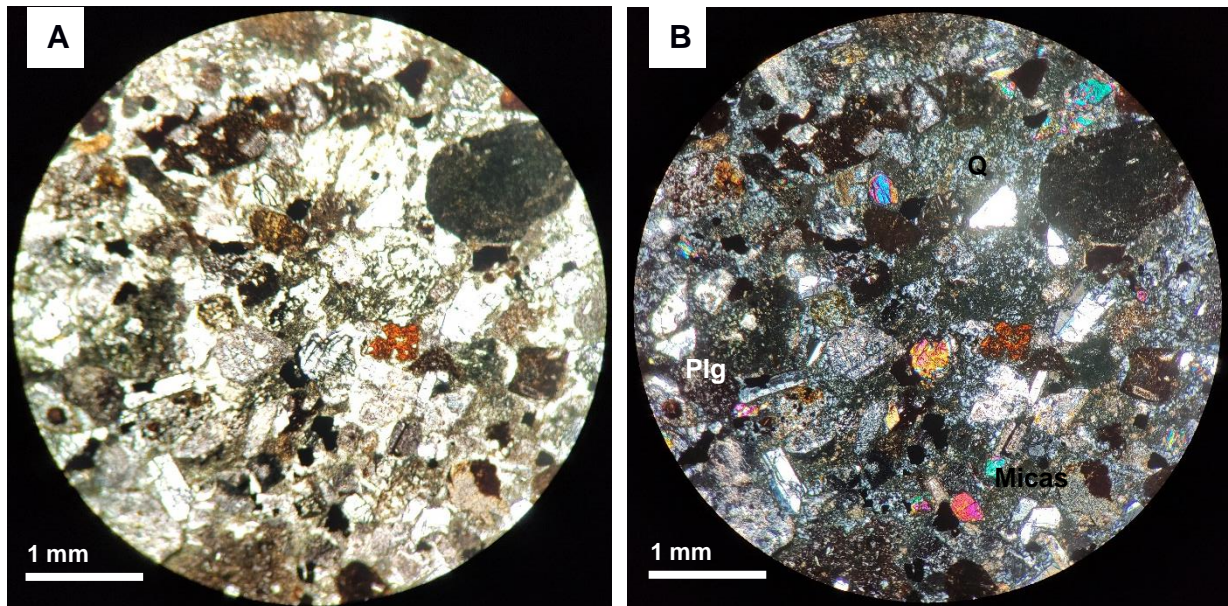


Figura 4.11: Muestra 5 – Parte A (código P1) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.

La parte A de la roca corresponde a una roca sedimentaria de textura arenosa limo-arcillosa, de tamaño de grano de arena media constituida por fragmentos de roca y cristales de cuarzo, plagioclasas que presentan macla polisintética e inclusive zonación concéntrica, algunas plagioclasas se han alterado a epidota y zeolitas posiblemente por

acciones de meteorización o alteración hidrotermal. Se observa la presencia de micas, posiblemente moscovita y minerales de alteración como la sericita además de pequeños cristales de clorita y minerales opacos (Figura 4.11).

Constituida por 1% de cuarzo, 25% de feldespatos, 20% de fragmentos de roca y 54% otros como minerales accesorios, según Folk et al (1970) se denomina a la roca como una arcosa lítica.

Q %	FR %	F%
2	44	54

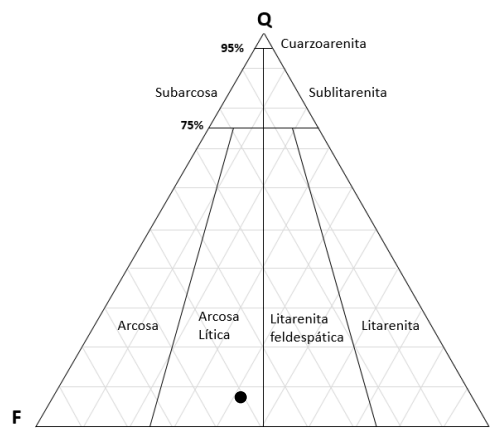


Figura 4.12: Diagrama de Folk et al (1970) para la clasificación de la roca. Muestra 5.

La parte B de la roca corresponde a una roca sedimentaria de tamaño de grano limo, constituida por minerales opacos y microcristales de cuarzo. De color marrón se observan restos de vidrio volcánico que pasó por procesos de palagonización alterándose a palagonita (Figura 4.13). En la muestra se diferencian los planos de sedimentación.

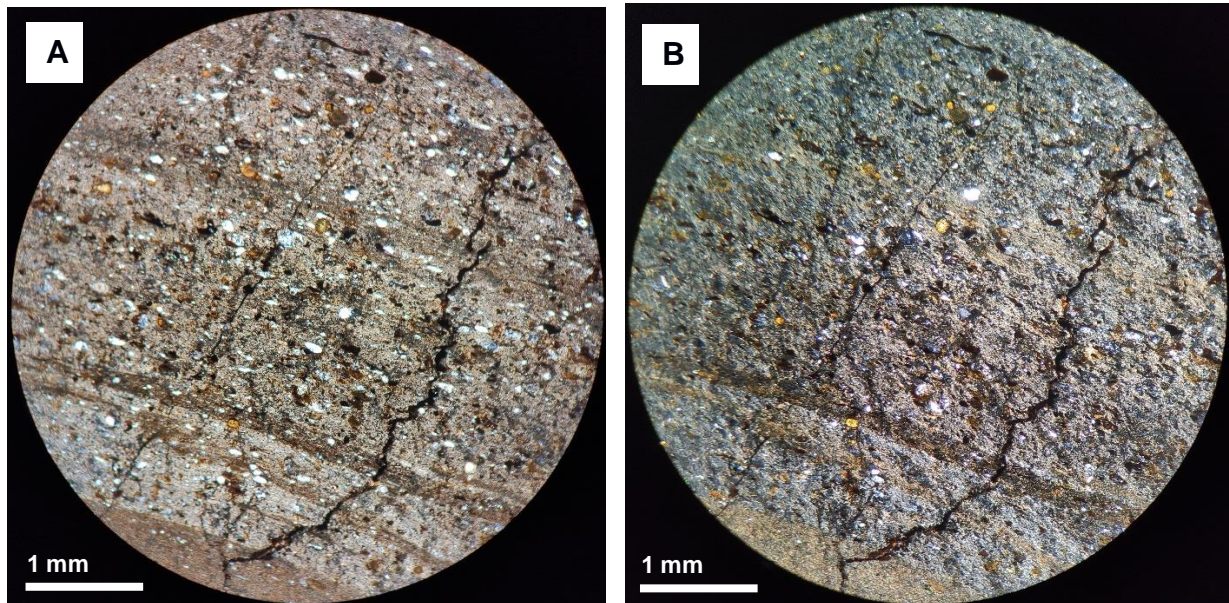


Figura 4.13: Muestra 5 – Parte B (código P1) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.

Según la clasificación de Corrales y Cols (1977) se denomina a la roca como lutita.

4.1.6 Muestra 6

4.1.6.1 Muestra 6A: Código P2A

Roca sedimentaria detrítica de tamaño de grano arena gruesa y grado de dispersión del tamaño de grano pobremente clasificada, textura rudítica brechoide, constituida por: magnetita (minerales opacos), fragmentos de roca subangulares a angulares, cristales de cuarzo con extinción ondulante, glauconita (Figura 4.14 C-D), plagioclasas y minerales de alteración como la epidota; presenta vidrio volcánico alterado en palagonita y esferulitas provocadas por la hidratación de este (Figura 4.14 C-D).

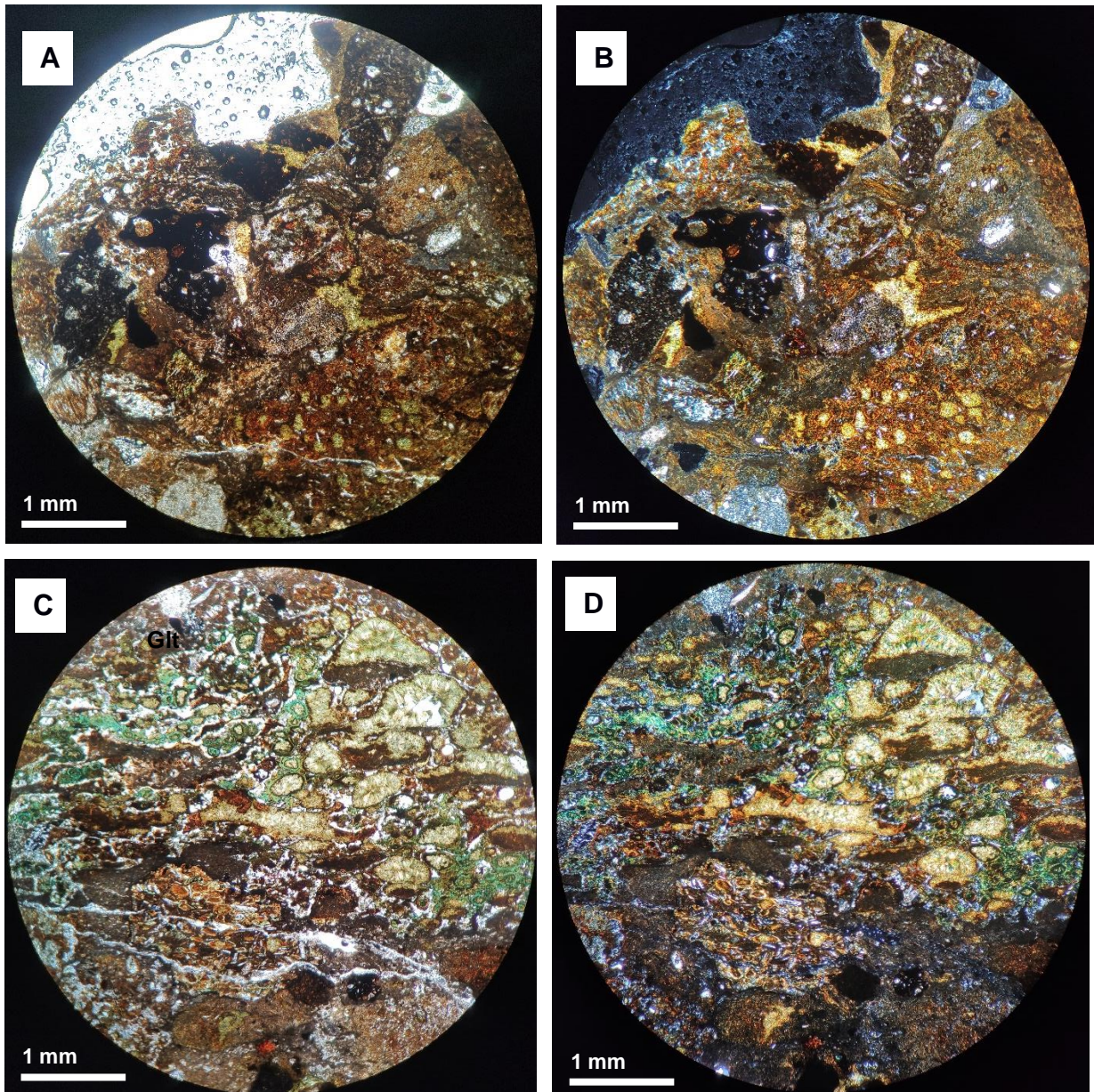


Figura 4.14: Muestra 6A (código P2A) al microscópico. Aumento 4x. (A y C) Nicoles paralelos. (B y D) Nicoles cruzados.

Posee en su composición alrededor de un 15% de fragmentos de roca, 25% de plagioclasas, 10% de cuarzo y 50% de minerales accesorios y material volcánico (>25%). Según la clasificación de Folk et al (1970) y Schmid, modificado de Le Maitre (1984) se denomina a la roca como arcosa lítica tobácea.

Q %	FR %	F %
20	30	50

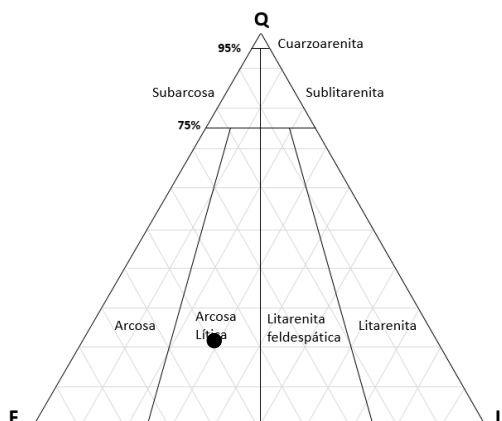


Figura 4.15: Diagrama de Folk et al (1970) para la clasificación de la roca. Muestra 6A.

1.4.6.2 Muestra 6B: Código P2B

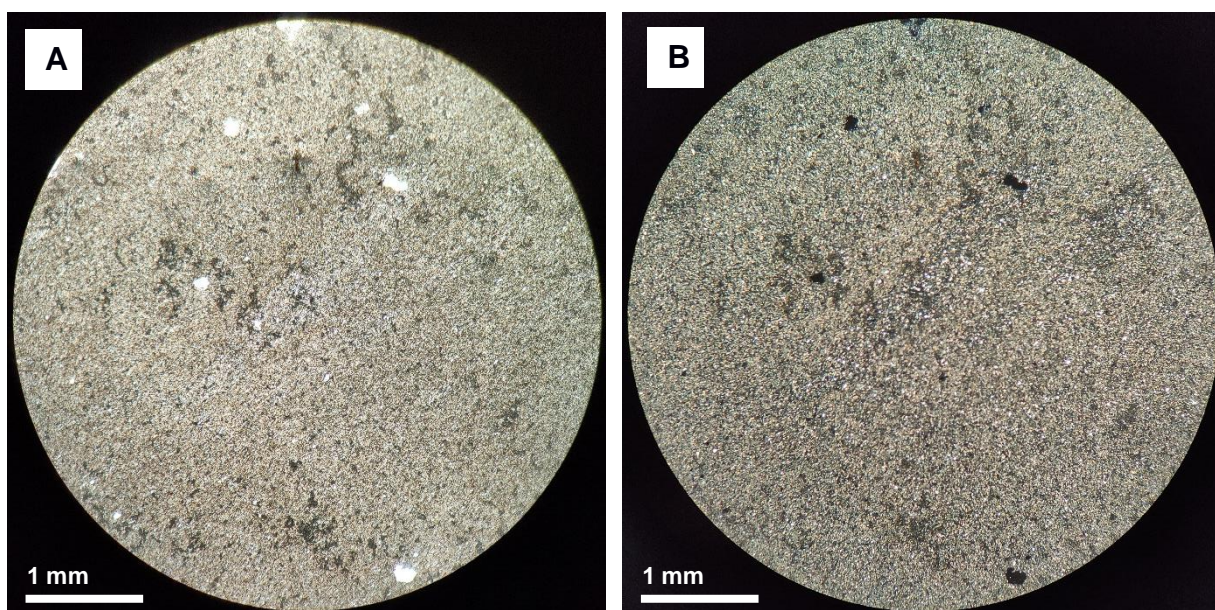


Figura 4.16: Muestra 6B (código P2B) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.

Roca sedimentaria de tamaño de grano limo y grado de dispersión del tamaño de grano bien clasificada. Textura lutítica/argilítica. Constituida por microcristales micáceos, minerales opacos y minerales esféricos de tonalidades verde que le dan el color a la muestra.

Según la clasificación de Folk et al (1970) se denomina a la roca como lutita.

4.1.7 Muestra 7: Código S1

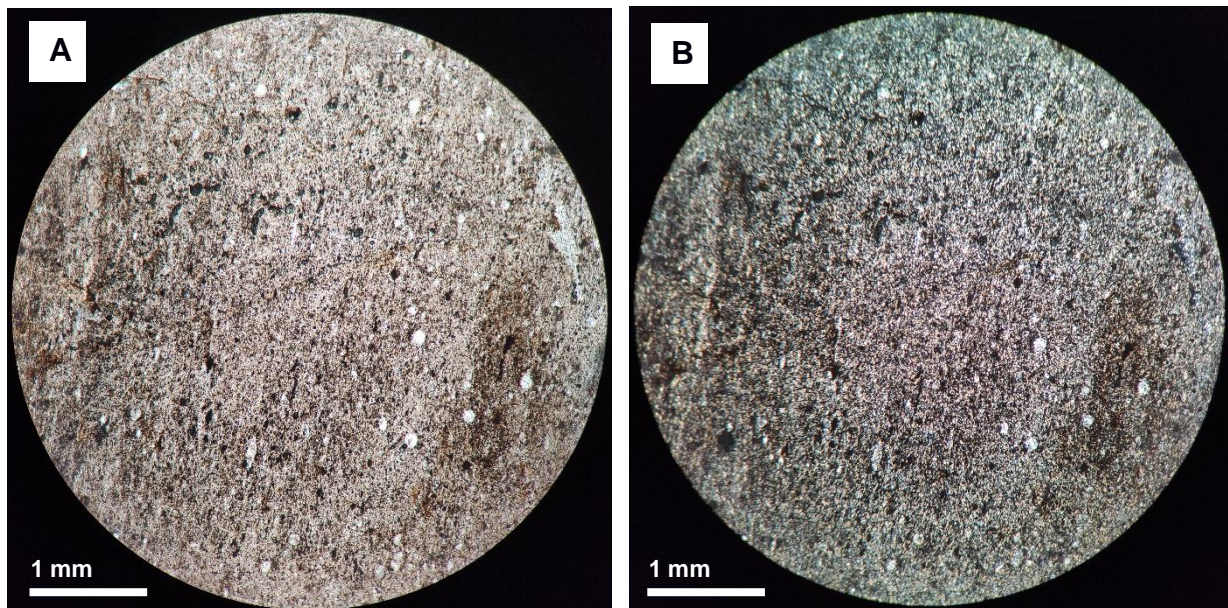


Figura 4.17: Muestra 7 (código S1) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.

Roca volcánica de ceniza compactada, es decir, una toba de ceniza. Muestra de textura criptocristalina y de consistencia muy porosa, color de marrón a gris. Contiene minerales opacos y microcristales no identificables. Por su gran dureza (7) se sospecha que la toba de ceniza fue silicificada probablemente por fluidos hidrotermales con elevado contenido de sílice.

4.1.8 Muestra 8: Código S2

Roca sedimentaria de tamaño de grano limo. La muestra presenta una matriz de grano fino de textura lutítica limosa, que contiene cristales de cuarzo, plagioclasas, biotita con extinción ondulante, mineral de tonalidades verde posiblemente clorita. Se observa microcristales micáceos presentes posiblemente moscovita y en minerales de alteración como la sericita. Se observa orientación en sus cristales.

La muestra presenta un alto contenido fósil de foraminíferos y fragmentos de equinodermos.

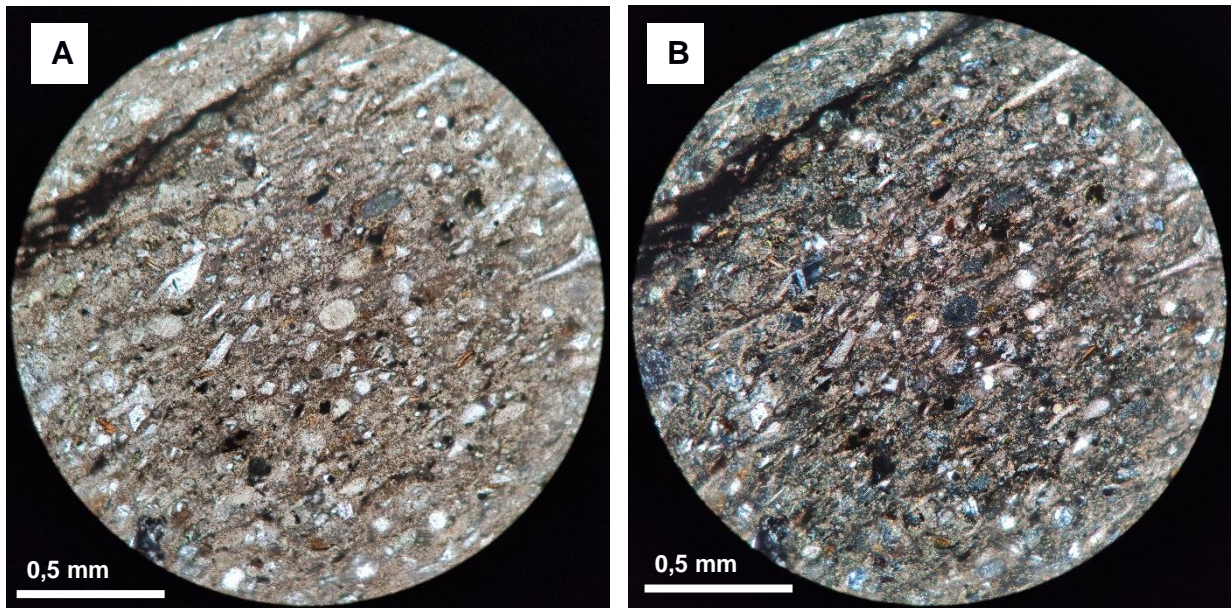


Figura 4.18: Muestra 8 (código S2) al microscópico. Aumento 10x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.

4.1.9 Muestra 9: Código B1

La muestra consiste en una roca sedimentaria de tamaño de grano limo, textura lutítica/limosa, contiene microcristales de cuarzo, presenta vidrio volcánico alterado por procesos de desvitrificación en el que se ha transformado a palagonita, material de tonalidades verde posiblemente glauconita, microcristales micáceos de moscovita y minerales de alteración como sericita, minerales opacos posiblemente magnetita debido a reacción al imán en la descripción macroscópica y en fracturas se presenta un relleno de calcita identificado por el clivaje presente y la reacción al HCl realizado en el laboratorio.

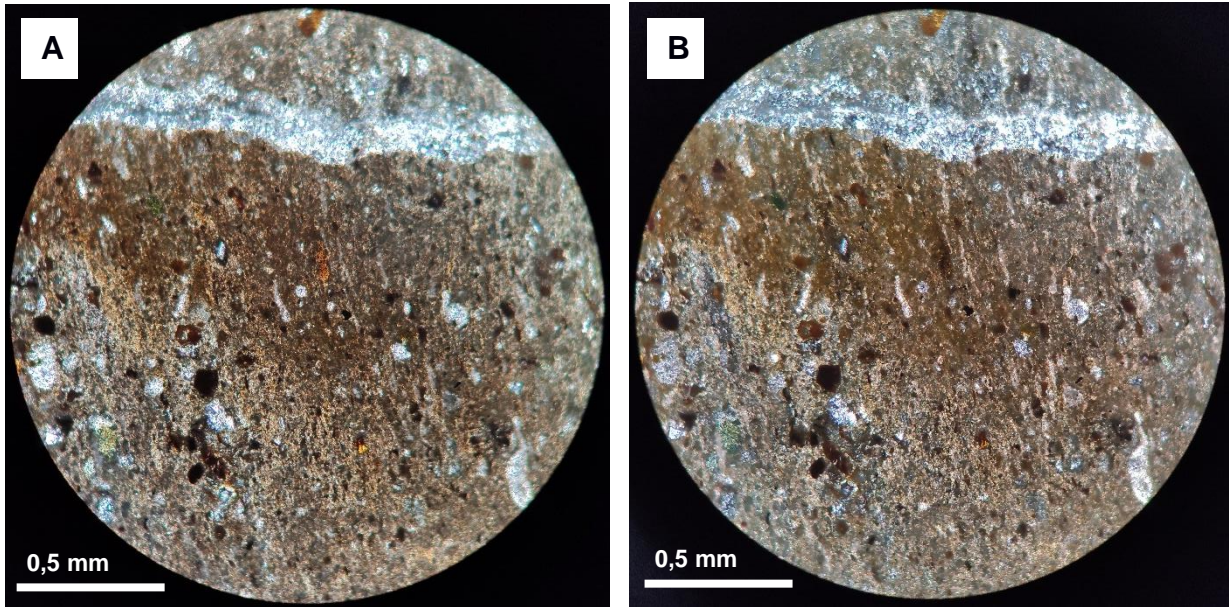


Figura 4.19: Muestra 9 (código B1) al microscópico. Aumento 10x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.

Se evidencia la presencia de microfósiles como foraminíferos y posiblemente la presencia de palinomorfos (pólen y esporas) lo cual indican cercanía al área continental.

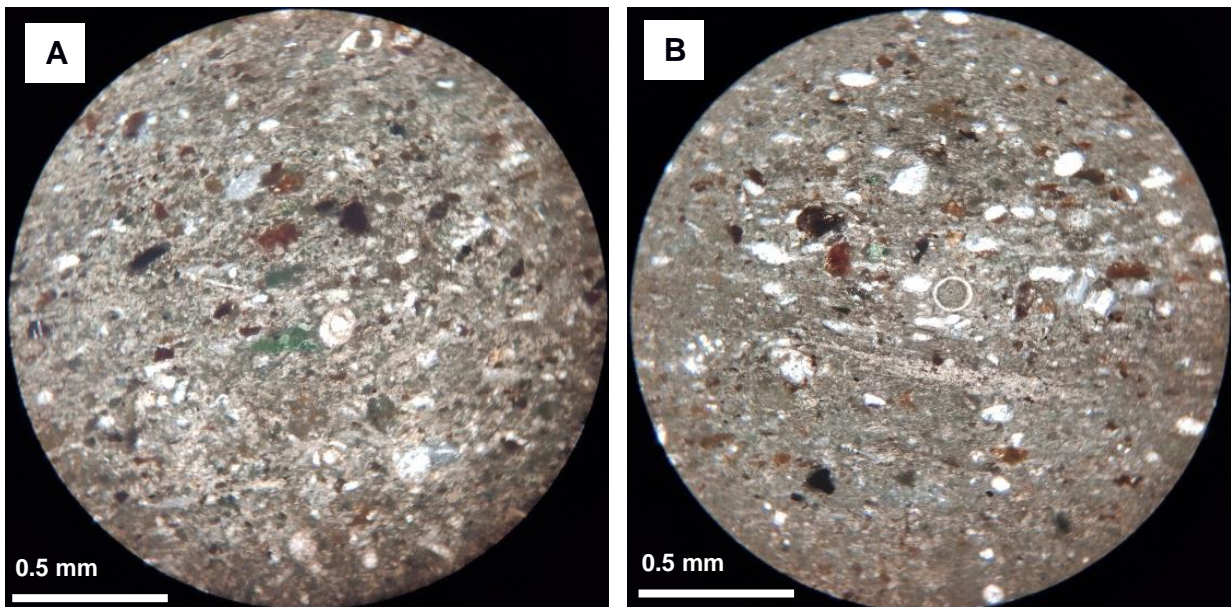


Figura 4.20: Microfósiles presentes en la muestra 9 (código S1). Aumento 10x.

4.1.10 Muestra 10: Código B2

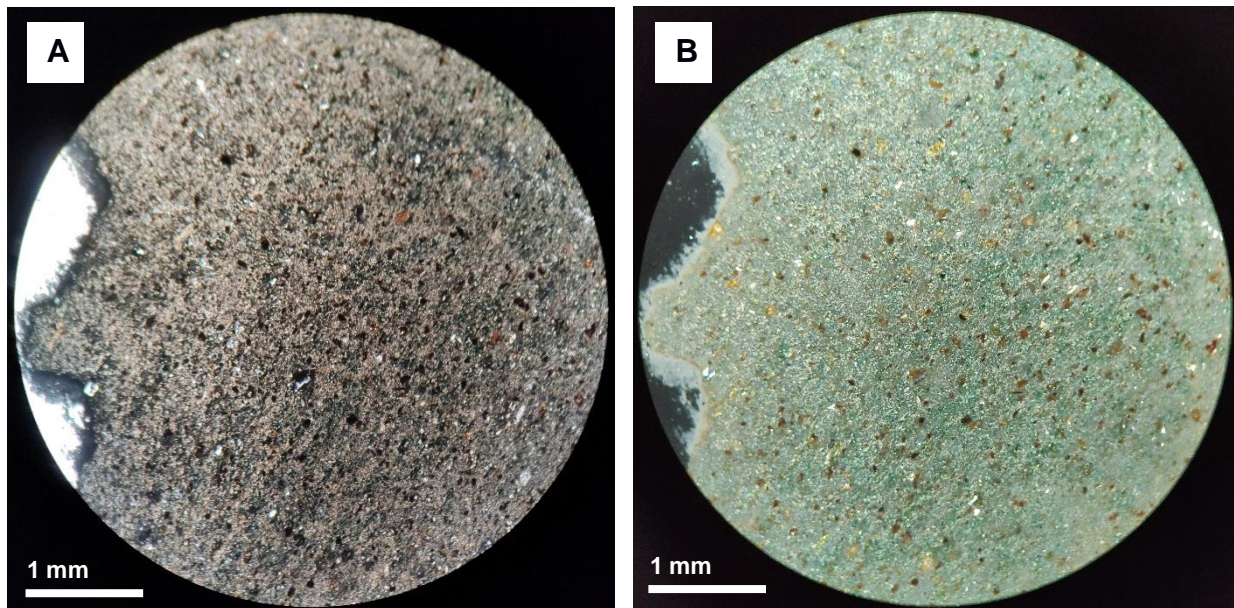


Figura 4.21: Muestra 10 (código B2) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nícoles paralelos. (B) Nícoles cruzados.

La muestra consiste en una roca sedimentaria de tamaño de grano limo, textura lutítica/limosa, contiene minerales opacos posiblemente magnetita debido a su reacción al imán en la descripción macroscópica, presenta vidrio volcánico (tonos marrones) y material de tonalidades verde en formas de esferas que le dan a la muestra su color como en la muestra 6B. se observó en la muestra de mano tonalidades de beige a verde que se mantienen al observarse en el microscopio. Cristales ligeramente orientados y presenta indicios cinemáticos.

4.1.11 Muestra 11: Código B3

Roca sedimentaria de tamaño de grano arena media a gruesa, grado de dispersión del tamaño de grano moderadamente clasificada, textura arenosa. Contiene una matriz silíceea, minerales opacos posiblemente magnetita debido a su reacción al imán en la descripción macroscópica, plagioclasa, cuarzo. Presenta fragmentos de roca.

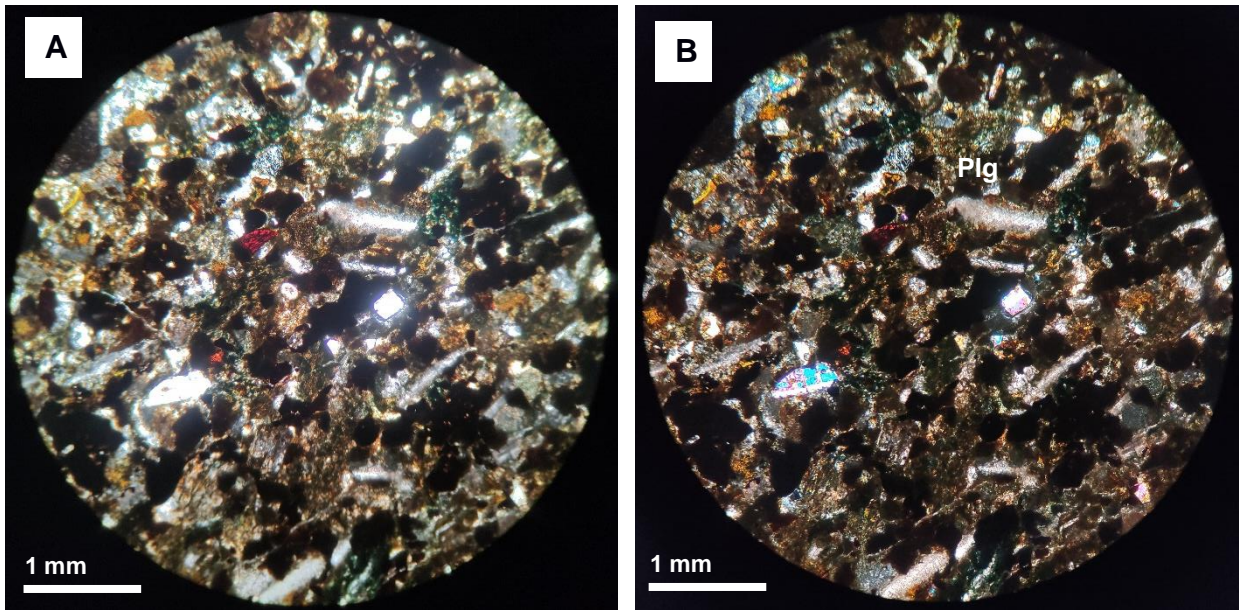


Figura 4.22: Muestra 11 (código B3) al microscópico. Aumento 4x. (A) Nicoles paralelos. (B) Nicoles cruzados.

La muestra se encuentra constituida por 5% de cuarzo, 20% de fragmentos de roca, 25% de feldespatos y 50% de otros como minerales accesorios y material volcánico (>25%), se denomina a la roca según la clasificación de Folk et al (1970) como arcosa lítica y según Schmid, modificado de Le Maitre (1984) como arcosa lítica tobácea

Q %	FR %	F%
10	40	50

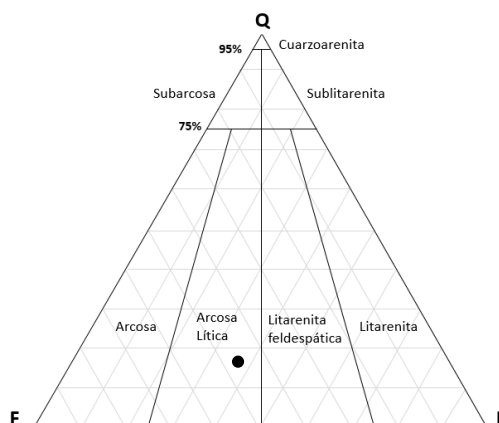


Figura 4.23: Diagrama de Folk et al (1970) para la clasificación de la roca. Muestra 11.

CAPÍTULO 5

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir del análisis de las muestras de mano y sus respectivas láminas delgadas se resumen a continuación. (Tabla 5-A)

Tabla 5-A: Resumen de resultados del análisis de las muestras recolectadas en campo.

No. De Muestra	Código	Tipo de Roca	Formación
1	C1	Litarenita con material piroclástico	Cayo
2	C2	Lutita	Guayaquil
3	EC1	Bioquímica - Packstone	San Eduardo
4	EC2	Volcánica - Toba de ceniza	San Eduardo
5	P1	A: Arcosa lítica B: Sedimentaria - Lutita	Cayo
6A	P2A	Arcosa lítica con material piroclástico	Cayo
6B	P2B	Sedimentaria - Lutita	Cayo
7	S1	Volcánica - Toba de ceniza	Guayaquil
8	S2	Sedimentaria - Lutita calcárea	Cayo
9	B1	Sedimentaria - Lutita calcárea	Guayaquil
10	B2	Sedimentaria - Lutita	Guayaquil
11	B3	Arcosa lítica	Cayo

La Muestra 1 a simple vista tiene apariencia de hialoclastita pero la presencia de fósiles y el carácter calcáreo indican lo contrario, por lo que se infiere que la roca fue originalmente una hialoclastita que, por efectos de meteorización, se disgregó para posteriormente sedimentarse junto a los microfósiles. La presencia de los Nummulites (foraminíferos bentónicos) y el carácter calcáreo de la roca indican que el ambiente de formación de la roca es marino somero en la Zona Nerítica (0-200 m) o Nerítica externa sobre la Profundidad de Compensación de Carbonatos (CCD).

La presencia de los Nummulites indica que la muestra pertenece al Paleoceno por lo que se descarta la posibilidad de que sea parte de la Formación Cretácica Cayo, pero su aspecto brechoso y demás componentes indican lo contrario; podemos estar en

presencia de la zona de transición de Cayo Superior a Guayaquil Inferior, reportando por primera vez presencia de Nummulites en la Fm. Cayo y una nueva zona de transición de un posible retrabajamiento. Actualmente (sept-2021), nos encontramos estudiando la zona y este descubrimiento pero sus resultados están fuera del alcance del presente trabajo.

Las esferulitas encontradas en la muestra 1 son indicios de actividad hidrotermal por lo que la actividad volcánica tuvo que ser constante antes, durante y después de la litificación de la roca. Esta afirmación se comprueba con la muestra 2 ya que esta Unidad se encuentra sobreyaciendo a la Unidad 1 y se observan las fracturas del choque térmico del fluido que formó las intrusiones de calcita. Se presume que la muestra 2 se trata de ceniza que cayó al mar y se precipitó; la presencia de los microfósiles nos indica que el ambiente de formación también es marino somero.

Lo interesante del afloramiento de la muestra 2 (Figura 3.12) es que por su potencia (75 metros aproximadamente) indica que durante este periodo de vulcanismo activo hubo diferentes tipos de explosiones volcánicas: grandes explosiones con gran liberación de ceniza formando paquetes masivos de hasta 8 metros, y explosiones más pequeñas pero sucesivas de paquetes de 10-20 centímetros. Este tipo de vulcanismo fue frecuente en el Cretácico Tardío.

La muestra 3 y 4 presentan una ligera similitud a lo ocurrido con las muestras 1 y 2, la muestra 3 es una caliza del tipo Packstone y por ende su ambiente de formación es marino somero, sobreyaciendo a 3 se encuentra 4 que es toba de ceniza. Podemos inferir que durante la formación de 3 hubo un periodo en el cual no hubo actividad volcánica y reinició para la deposición de 4.

En el afloramiento de la muestra 5 (Figura 3.9) se observan dos tipos de litología: lutita y arenisca (Figura 4.10), las cuales se encuentran en alternancia pasando de paquetes masivos de arenisca a paquetes más grandes de material fino. Esta alternancia nos indica una transición de un ambiente de alta energía hasta llegar a un ambiente de media-baja energía donde las partículas más finas pudieron asentarse en capas más gruesas; el ambiente de alta energía también es evidenciado por los clastos redondeados encontrados en la parte A de la muestra (Figura 4.11) y el ambiente de baja energía por

la laminación planar observada en la Figura 4.12. Esta variación pudo ocurrir por la subida del nivel del mar, probablemente se trate de la Formación Cayo.

La muestra 6A es muy similar a la muestra 1 con excepción de que en la M6A no se encontraron microfósiles; por otro lado, la M6B es similar a la lutita encontrada en la parada correspondiente a la M1.

El afloramiento correspondiente a la Muestra 7 (Figura X) contenía las rocas de mayor dureza de todas las estaciones visitadas, se observa en el afloramiento que existe boudinage en sus primeras fases en los estratos por lo que la dureza puede ser consecuencia de la compactación y estrangulamiento de las capas. Esta deformación nos indica que la roca estuvo expuesta a esfuerzos de tensión.

Los afloramientos de las muestras 9 y 10 correspondientes al sector Bellavista (Figura 3.1 y 3.2) contienen intercalaciones de un material tipo arcilla no consolidada de color marrón-rojizo la cual se trata de sedimento o arcilla pelágica, el color de estos resulta de los recubrimientos de hierro y óxido de manganeso en las partículas de sedimento las cuales tienen origen terrestre y fueron transportadas al océano profundo en suspensión, ya sea en el aire sobre los océanos o en aguas superficiales. Estos sedimentos se acumulan en el fondo del océano dentro de áreas caracterizadas por poca producción de plancton. La laminación planar de las muestras, además de la presencia de la arcilla pelágica indican un ambiente de formación marino profundo en la zona Oceánica, es decir, más alejada de la costa. Muestra 11 es muy similar a la muestra 1 inclusive con el contenido de Nummulites, por lo que podríamos afirmar que también nos encontramos en la zona de transición. Tanto en la M11 como en la M1 se pudo observar en campo la transición de bloques masivos brechosos a estratos finos de lutita.

Desde el punto de vista de limitaciones de la zona de estudio, la ubicación de sectores estratégicos en los alrededores de los cerros de Bellavista y San Eduardo generó la necesidad de realizar permisos, sin embargo, en muchos de los sectores este fue denegado, por lo que no se tuvo acceso a la zona noroeste de los cerros y por efecto se genera la pérdida de información de este sector que puede considerarse uno de los puntos débiles del proyecto pues el margen de error se eleva.

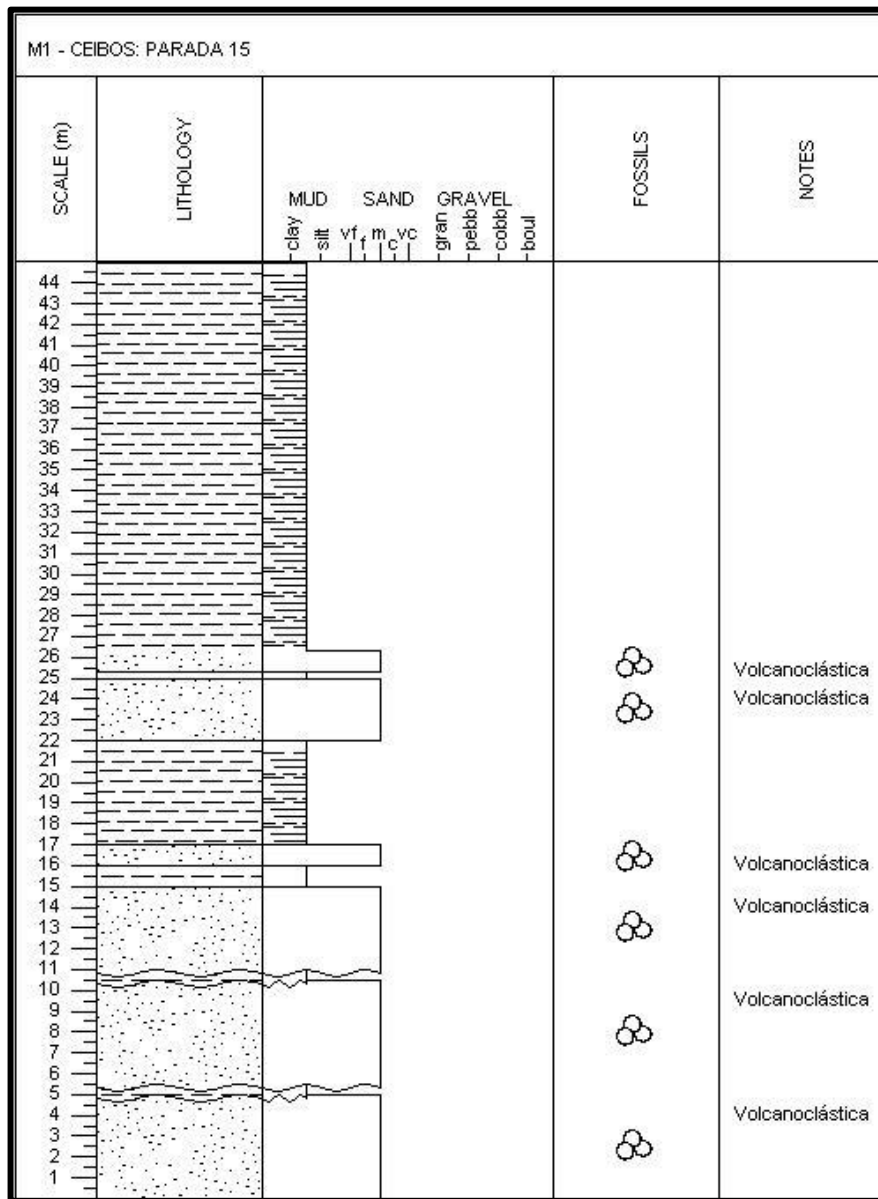


Figura 5.1: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 15 donde se recolectó la muestra 1.

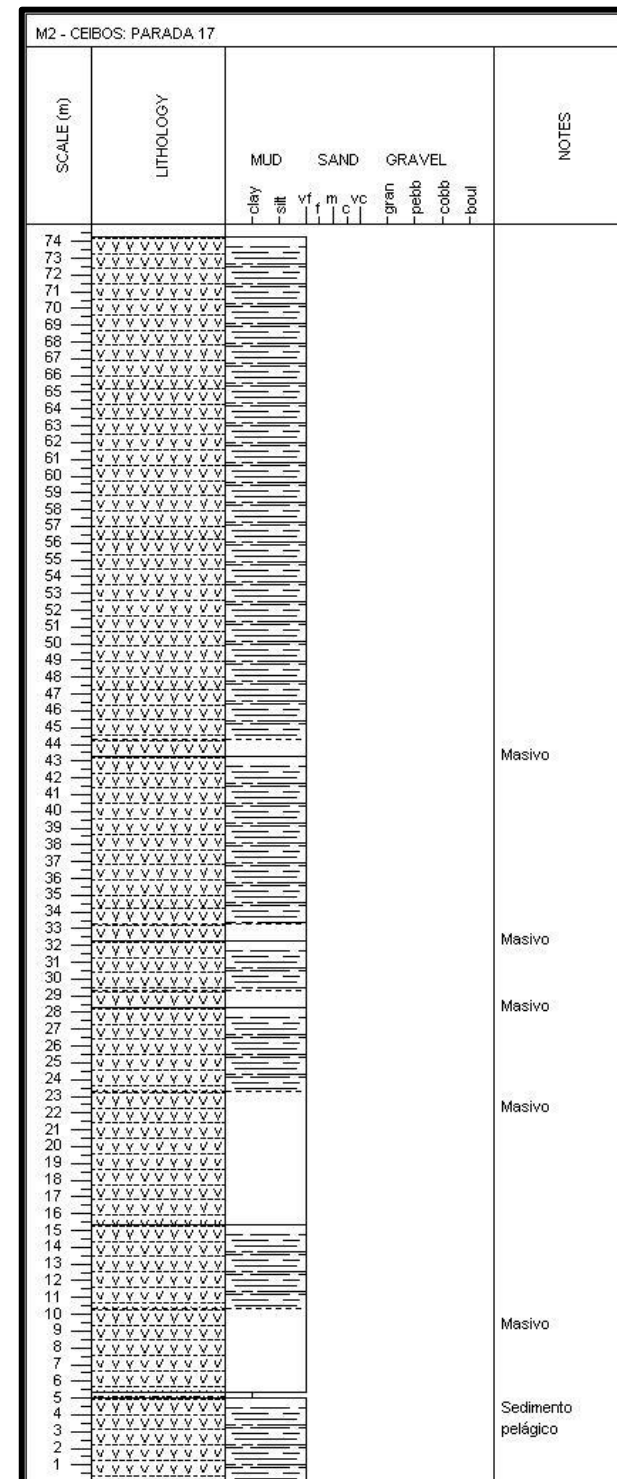
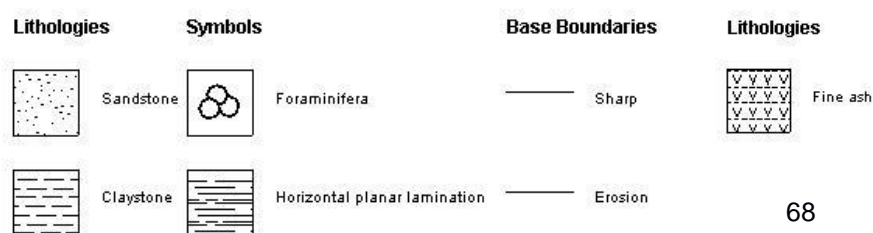


Figura 5.2: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 17 donde se recolectó la muestra 2.

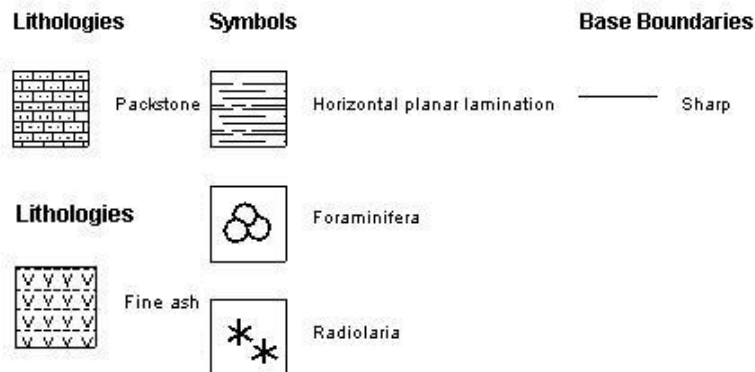
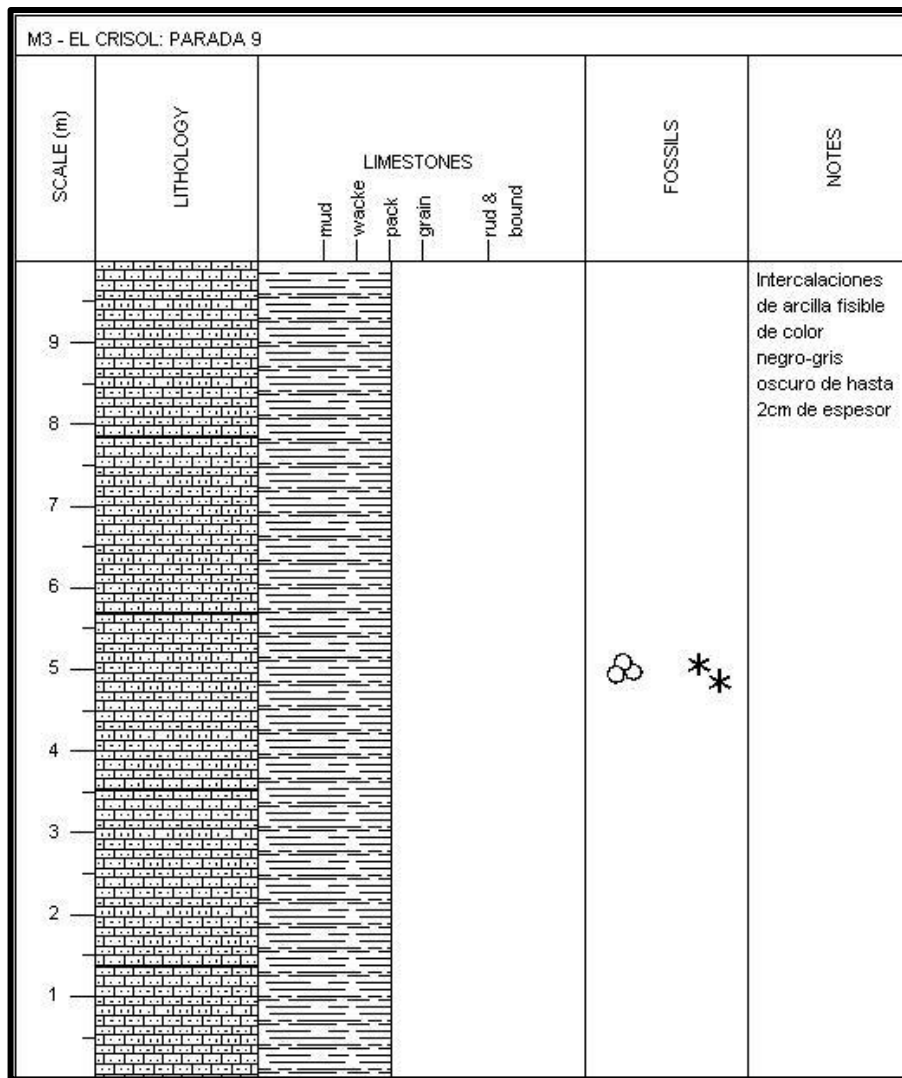


Figura 5.4:
Columna estratigráfica correspondiente a la estación 9 donde se recolectó la muestra 3.

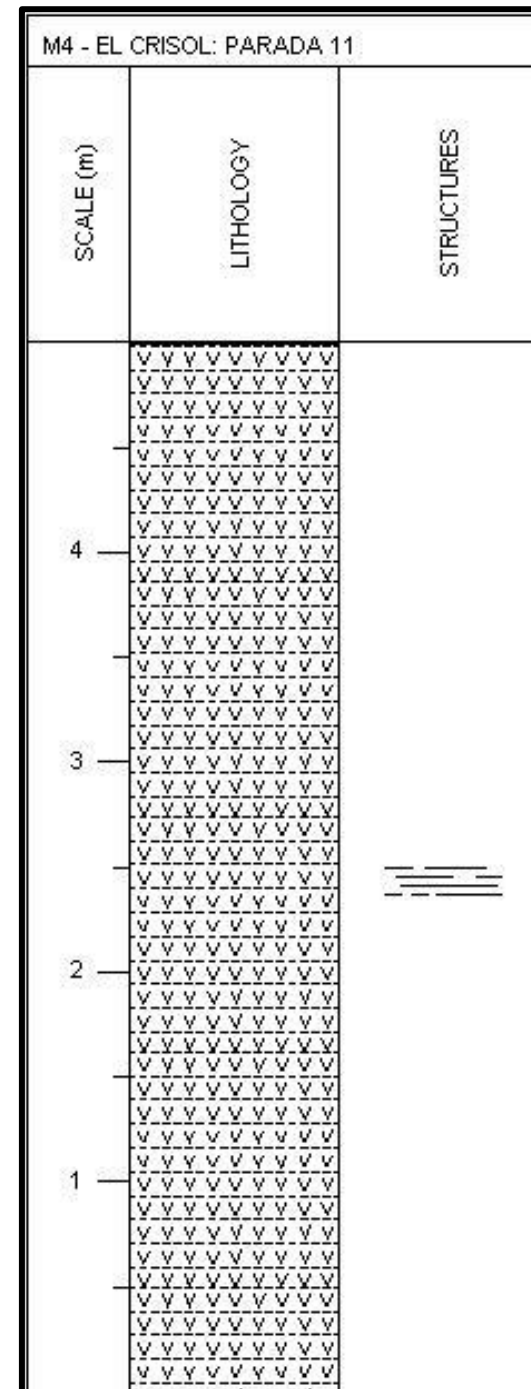


Figura 5.3:
Columna estratigráfica correspondiente a la estación 11 donde se recolectó la muestra 4.

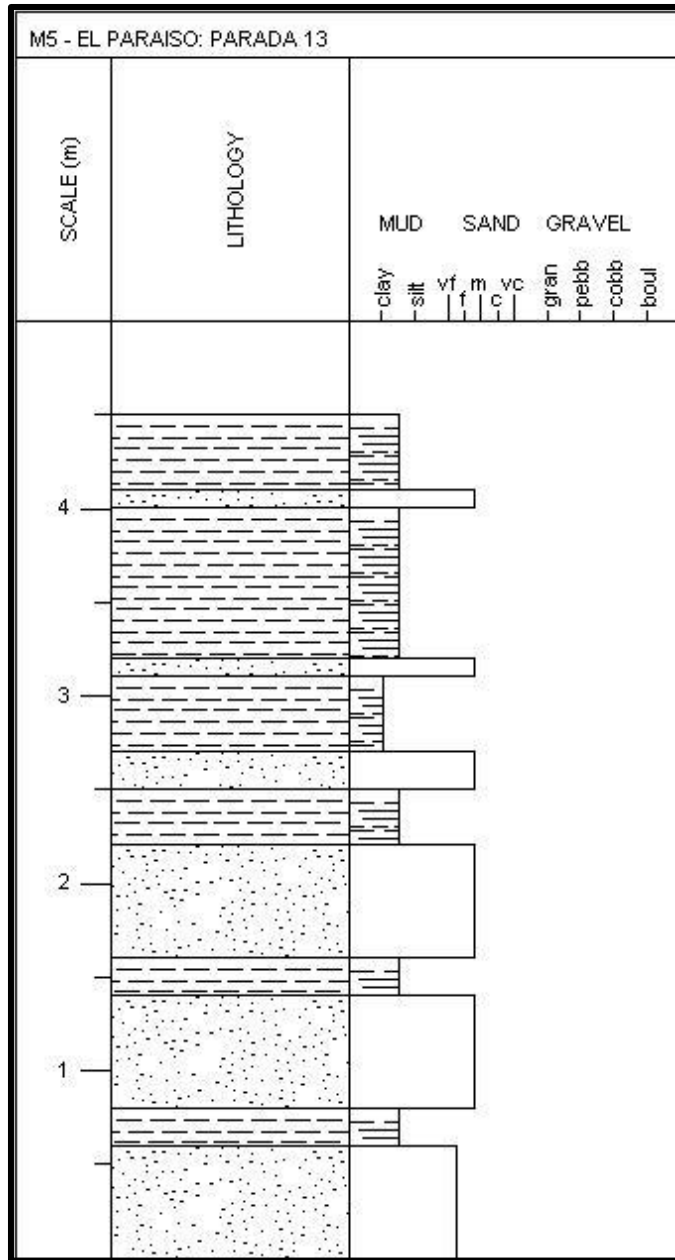


Figura 5.6: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 13 donde se recolectó la muestra 5.

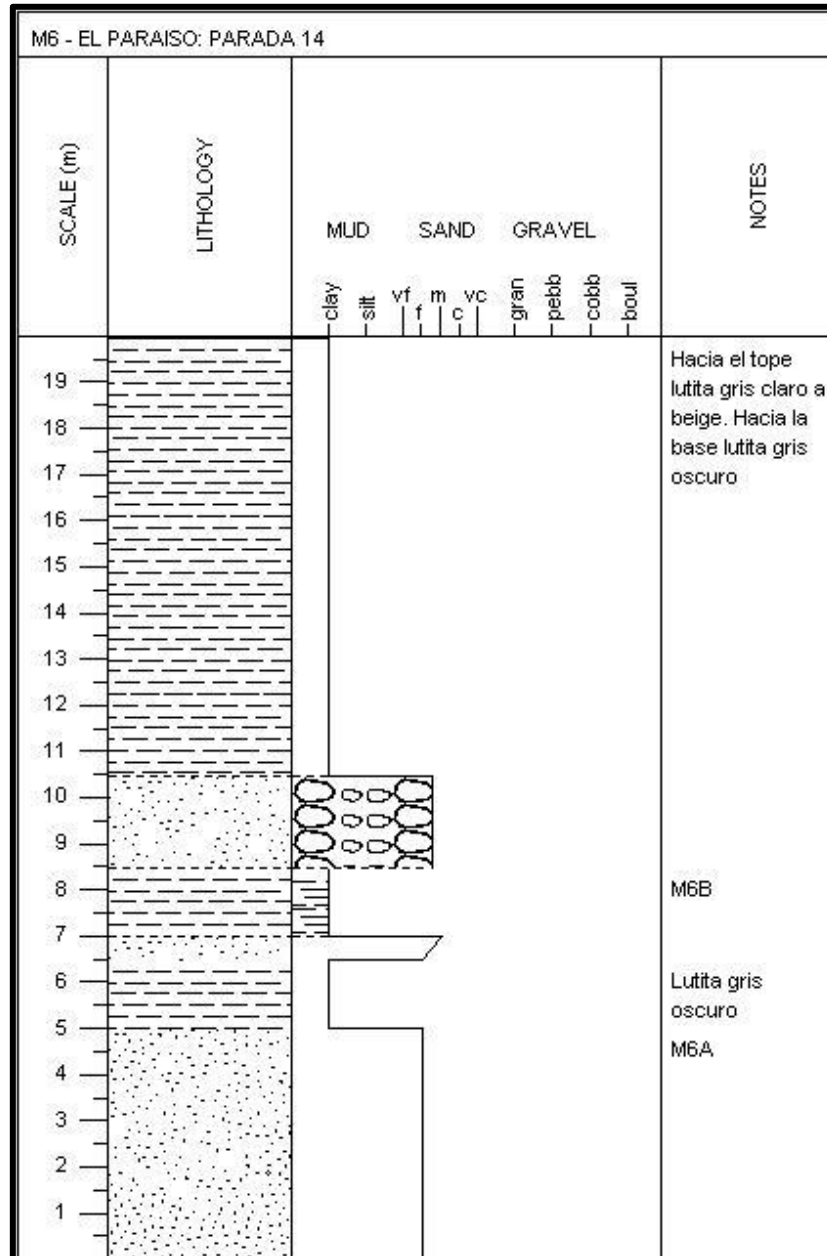


Figura 5.5: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 14 donde se recolectó la muestra 6.

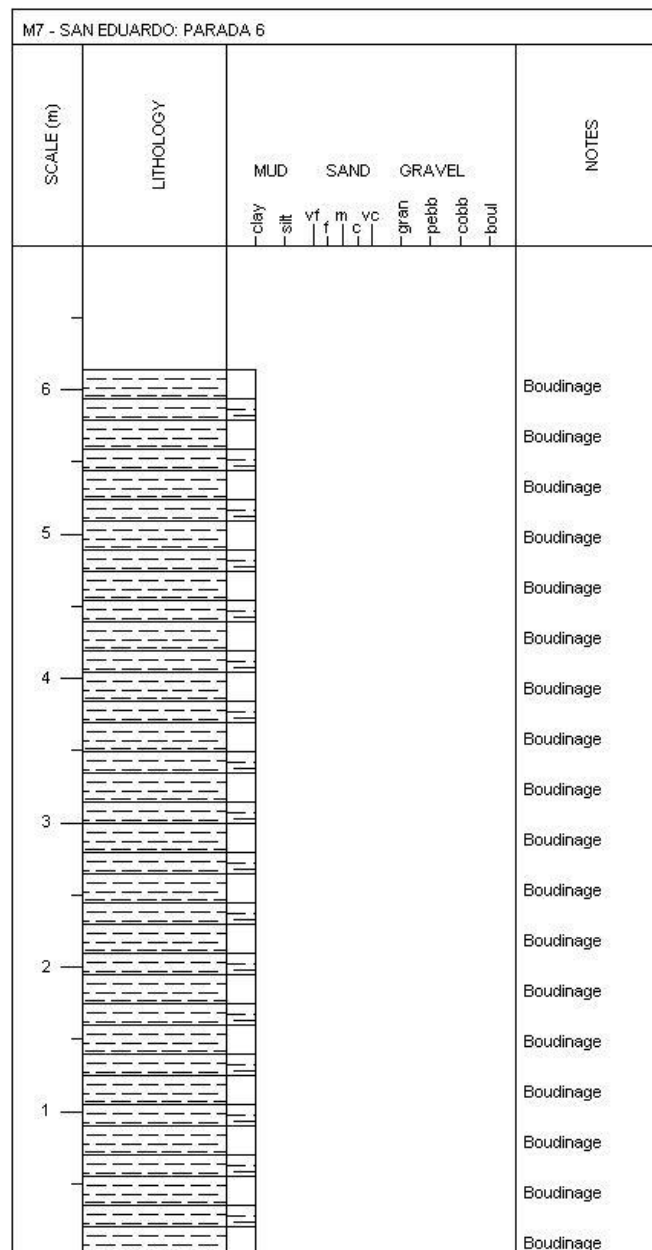


Figura 5.8: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 6 donde se recolectó la muestra 7.

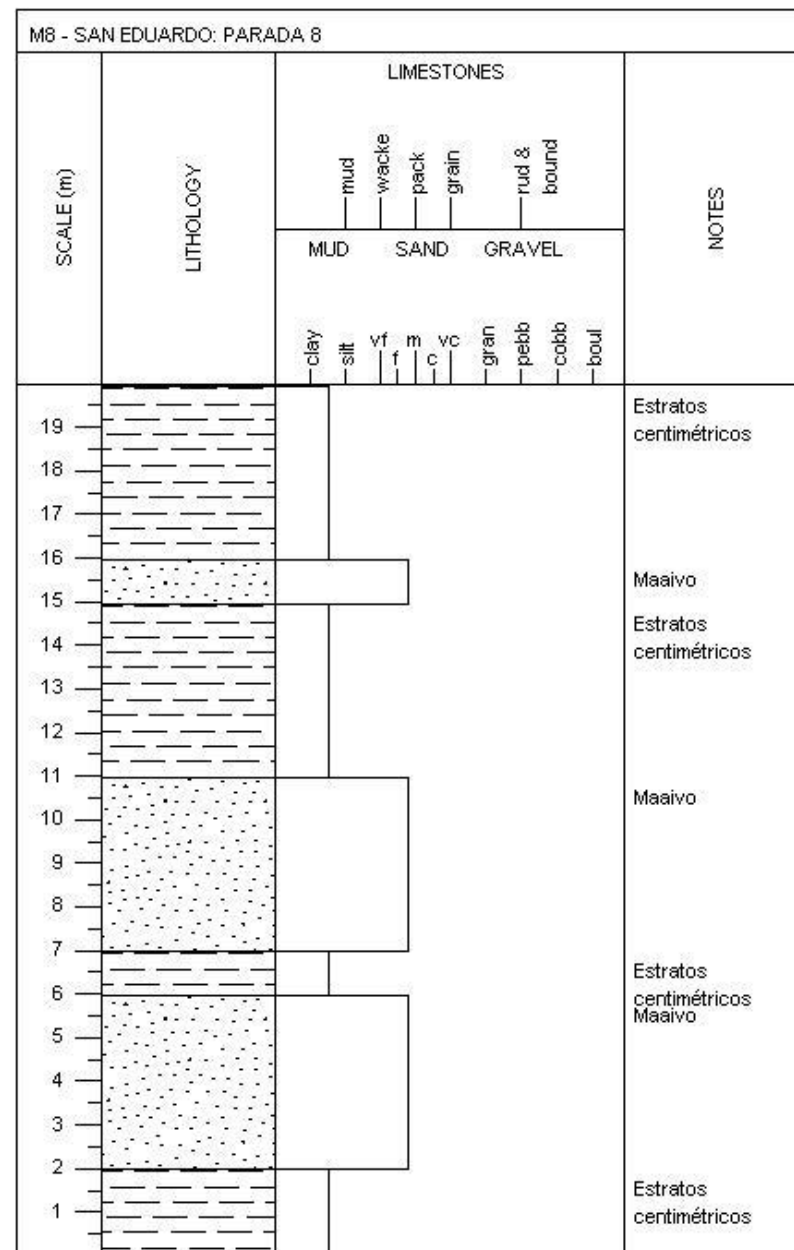


Figura 5.7: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 8 donde se recolectó la muestra 8.

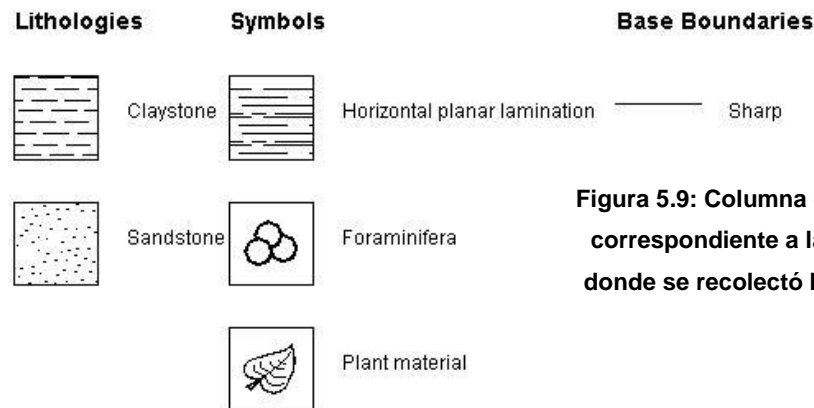
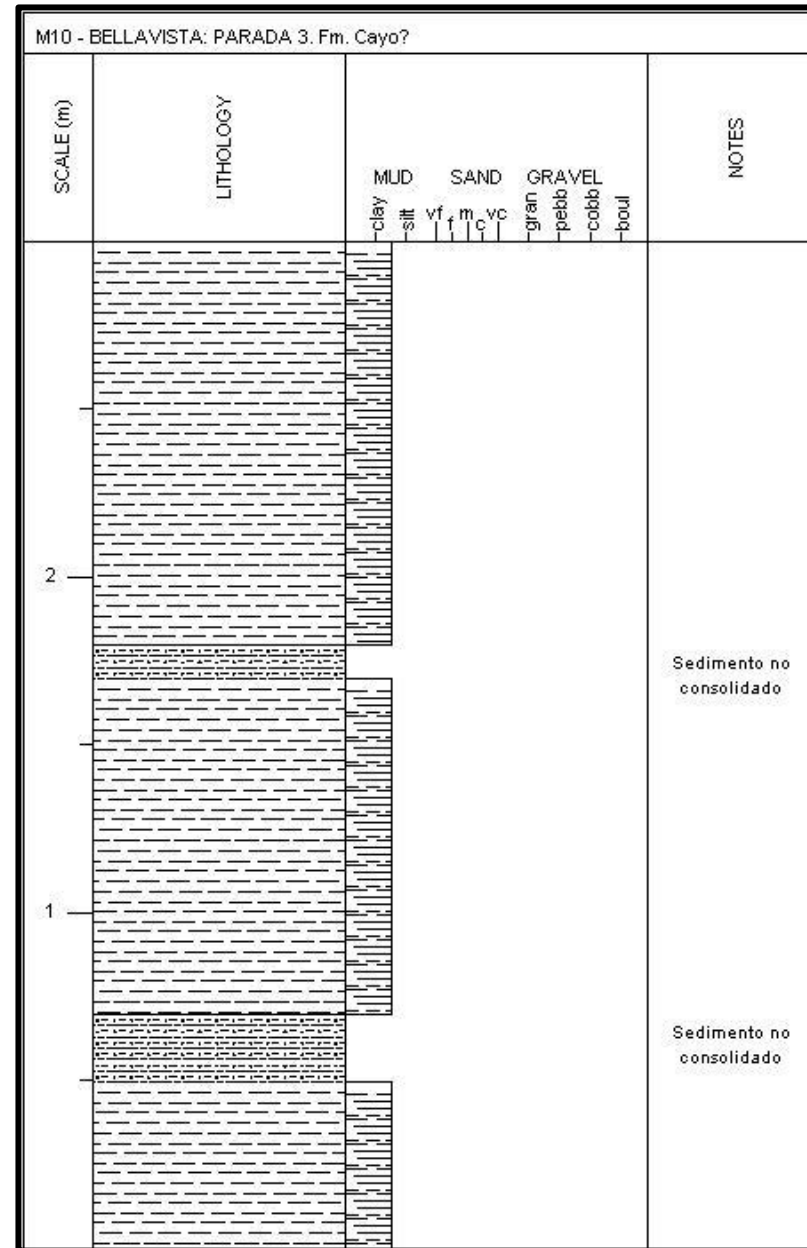
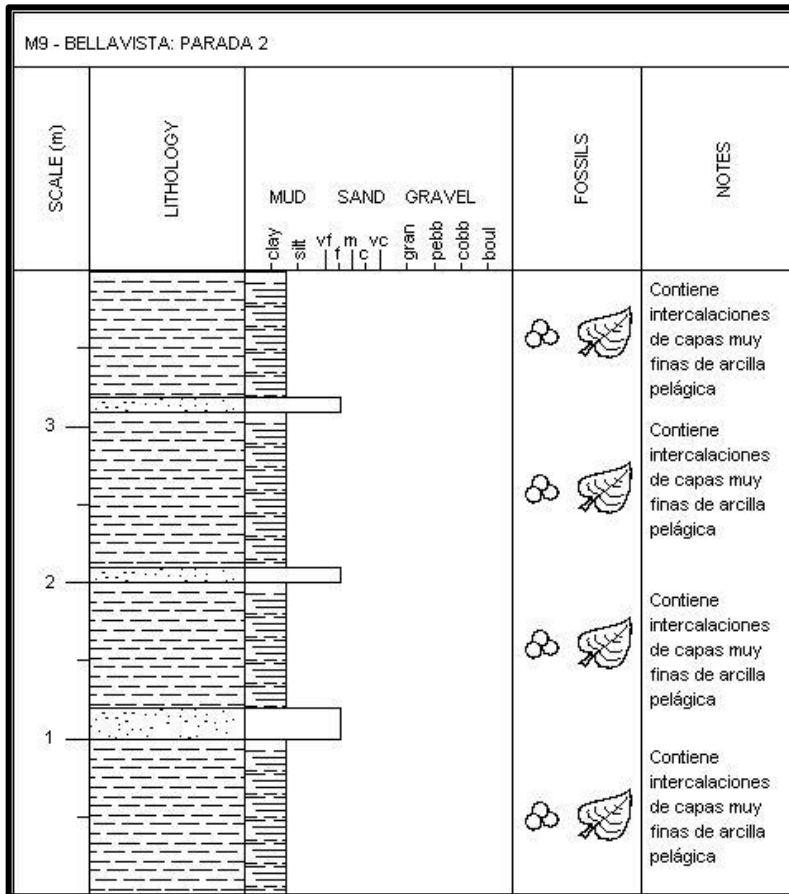


Figura 5.9: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 2 donde se recolectó la muestra 9.

Figura 5.10: Columna estratigráfica correspondiente a la estación 3 donde se recolectó la muestra 10.

MAPA GEOLÓGICO DE LOS CERROS DE BELLAVISTA Y SAN EDUARDO, GUAYAQUIL

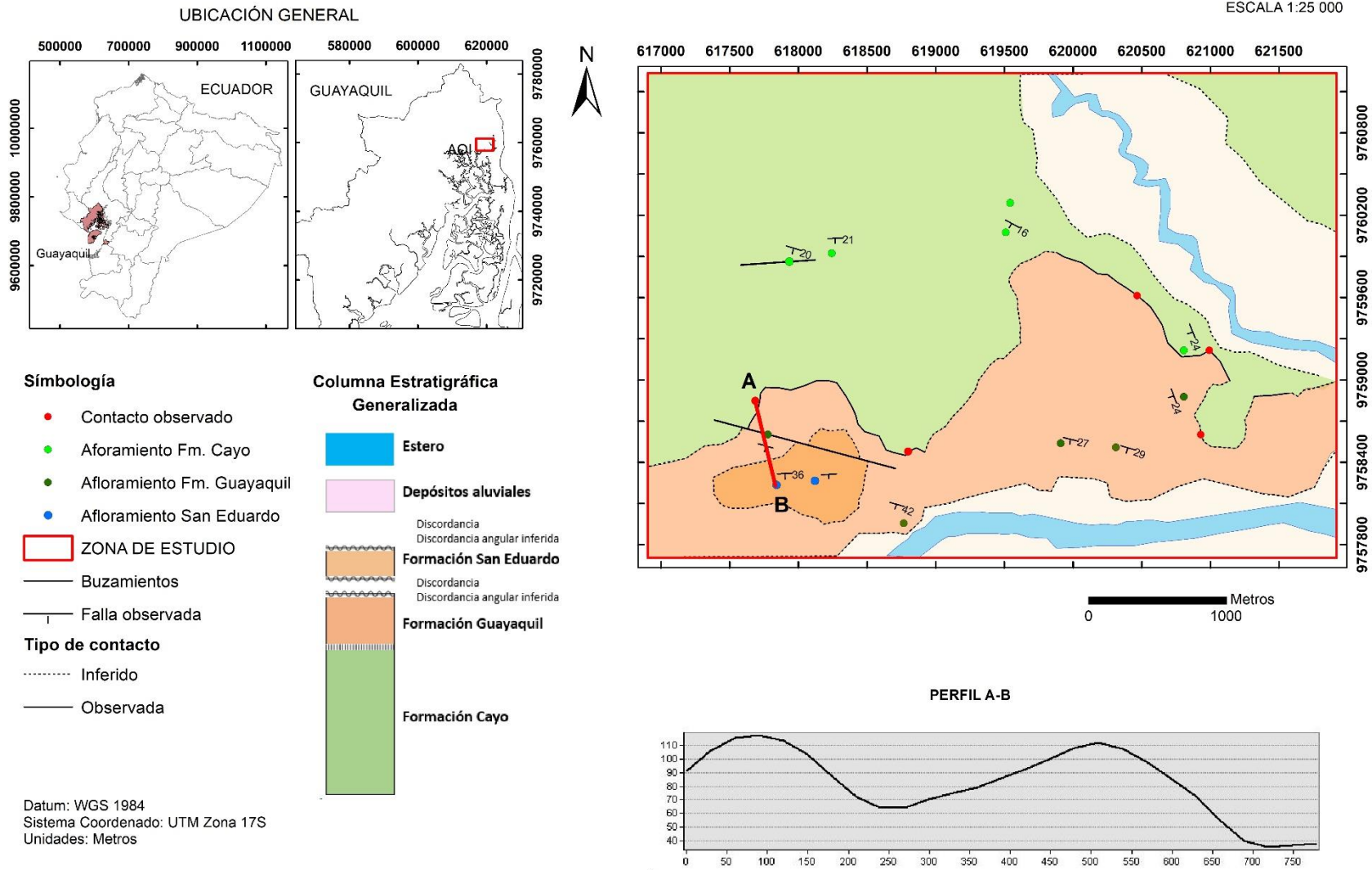


Figura 5.11: Mapa geológico de los cerros de Bellavista y San Eduardo.

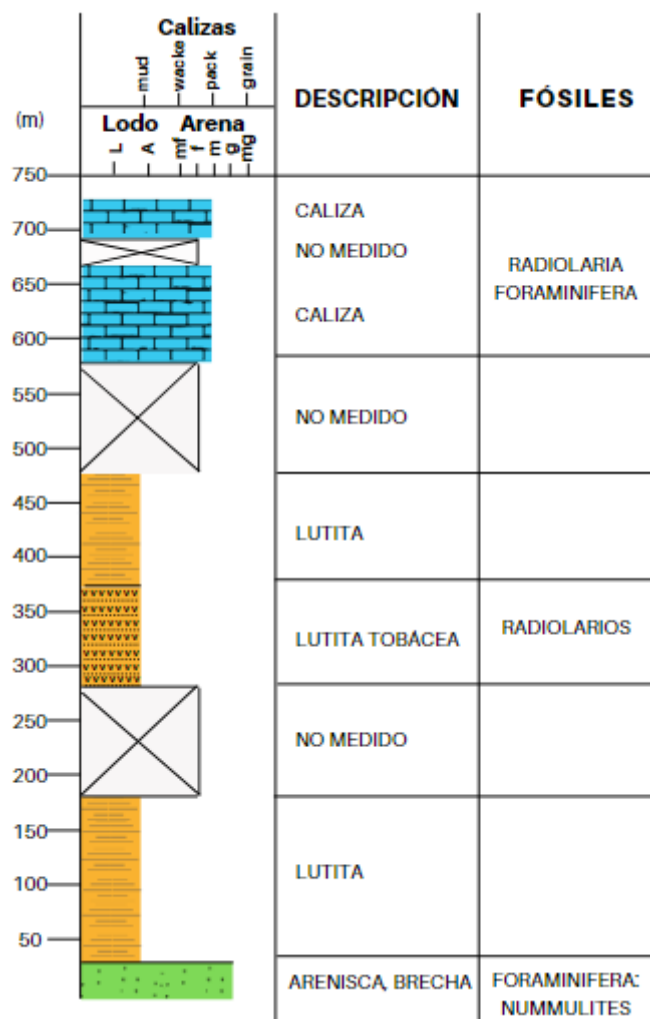


Figura 5.12: Columna estratigráfica del perfil A-B.

Las implicaciones de los resultados obtenidos para la zona de estudio se basa en que existe una susceptibilidad específica para cada formación geológica ante eventos como caídas de rocas y deslizamientos, es necesario el conocer el comportamiento que posee cada tipo de roca que conforma un talud debido a que cada material no actúa de la misma forma en la estabilidad de este, por eso se considera necesario analizar las propiedades de cada tipo de roca que conforman a los cerros de Bellavista y San Eduardo.

Cuando se menciona las propiedades del material volcánico presente en la zona se sabe que provienen de la meteorización y erosión de las rocas ígneas, las cuales, debido a su microestructura son rocas de una alta dureza y gran densidad por lo que en su estado natural representarían una gran resistencia al cortante (Suarez Díaz, 1998), por lo que su comportamiento en el talud dependería de sus características estructurales presentes en las rocas.

La zona de estudio presenta en algunos de sus sectores como fue observado en la muestra EC2 ubicada en la ciudadela El Crisol la presencia de tobas volcánicas, estas al ser formadas por material suelto provenientes de los volcanes poseen una alta porosidad y en ocasiones la presencia de material arcilloso los cuales son propensos a una fácil desintegración, representando la inestabilidad de los taludes que lo poseen.

Las muestras recolectadas en la zona de estudios muestran que los taludes de los cerros se encuentran conformados por rocas sedimentarias generalmente areniscas con material volcánico, rocas de materiales calcáreos y lutitas generalmente fuertemente diaclasadas. La presencia de los conglomerados en la zona de estudio representa estabilidad al suelo debido a que son materiales resistentes al corte. Las areniscas son rocas que se consideran resistentes sin embargo esto depende mucho de su cementación y de su composición pues la cementación de material calcáreo tiende a desintegrarse con mayor facilidad que la cementación de material silíceo. El material sedimentario de la zona de estudio posee en su mayoría material calcáreo presente por lo que se consideran materiales menos resistentes y que pueden colaborar a su inestabilidad. (Suarez Díaz, 1998)

Las Lutitas se encuentran presentes en toda la extensión de los cerros de Bellavista y San Eduardo y representan un material complejo para la estabilidad del suelo. Su comportamiento está estrictamente relacionado a su solidificación y representan un factor importante en su grado de desintegración y resistencia al cortante. Las que presentan un alto contenido de arcilla suelen ser fisibles por lo que la susceptibilidad a deslizamientos es alta. (Suarez Díaz, 1998)

Los suelos residuales de la zona de estudio producto de los niveles altos de meteorización y agentes de erosión como el viento y la lluvia que abundan en la ciudad de Guayaquil, especialmente en los meses de diciembre a abril, representan un escenario complicado en la estabilidad de taludes puesto que son agregados muy finos, su compactación depende generalmente de cementación, en la zona de estudio se ha observado la cementación y relleno de fisuras en minerales calcáreos o arcillas por lo que esto significa un gran riesgo a la estabilidad de los suelos especialmente en caso de presencia de agua pues provocan la disolución de los materiales calcáreos o la absorción del agua en materiales arcillosos que hacen que se expandan.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se identificó que las formaciones que comprenden los cerros de Bellavista y San Eduardo corresponden a: Fm. Cayo, Fm. Guayaquil, Fm. San Eduardo y Depósitos aluviales.

La Fm. Cayo, volcano – sedimentaria, a partir de las muestras recolectadas se describe compuesta por rocas sedimentarias como lutitas intercaladas con areniscas, lutita silíceas, cherts y además rocas con alta presencia de material volcánico como areniscas tobáceas. Su contenido fósil de foraminíferos, radiolarios y palinomorfos confirmó su ambiente típico de corrientes de turbidez.

La Fm. Guayaquil según lo observado en campo se encuentra compuesta por intercalaciones de lutitas con alto contenido de sílice y areniscas, además, de la presencia de lutitas calcáreas. La presencia de microfósiles como foraminíferos, radiolarios y espículas indican un ambiente marino profundo con un posterior periodo de leve somerización en donde se evidencia el material calcáreo.

Finalmente, la Fm. San Eduardo consiste en calciarenitas a calcilutitas turbidíticas estratificadas que presentan fragmentos de algas y cherts. Los fósiles observados en las muestras de rocas confirman su edad de Eoceno Medio-Temprano.

La inestabilidad de los taludes en la zona de estudio se encuentra relacionado con diversos factores y características que son propias de las formaciones geológicas que componen los cerros de Bellavista y San Eduardo. La presencia constante de materiales de origen volcánico en las formaciones de Cayo que afloran en una gran parte de la zona de estudio según el mapa geológico de la zona le suma una complejidad al momento de analizar el riesgo a deslizamientos en el sector. A pesar de que estos materiales son resistentes al cortante, si se encuentra altamente fracturado esta resistencia disminuye, pues más caras de las rocas se exponen a agentes de meteorización y erosión que debilitan al suelo.

El carácter calcáreo de las rocas sedimentarias de la zona de estudio representa un riesgo potencial para la estabilidad de sus taludes especialmente en los meses de invierno de la ciudad de Guayaquil, este material al diluirse con el contacto al agua disminuye la resistencia de las rocas que componen a los cerros exponiendo gravemente su territorio a posibles deslizamientos.

La presencia de zonas altamente fracturadas permite el relleno de sedimentos o intrusiones materiales ajenos a las formaciones provocando un cambio significativo al comportamiento del terreno y taludes de la zona de estudio. Estas actúan como discontinuidades en la masa del suelo, provocando la debilidad de las rocas pues llegan a ser vías de meteorización interna de la roca y conductos de agua que pueden producir el cambio de presión en las rocas afectando directamente a la resistencia de corte, por lo que se observa en la zona de estudio la caída constante de bloques de todo tamaño de rocas.

Si bien actualmente a lo largo del territorio de los cerros de Bellavista y San Eduardo sólo ciertos sectores se encuentran bajo estos eventos de riesgo, su composición y la presencia de estructuras geológicas constantes que se observaron en este proyecto demuestra que la totalidad de sus terrenos se encuentran expuestos a deslizamientos y caídas de roca, representando un peligro potencial a la ciudadanía y sus bienes materiales.

Recomendaciones

En función de los resultados y la importancia de este proyecto se sugieren recomendaciones para futuros proyectos a realizar en la zona de estudio.

Desde el punto de vista metodológico, es necesario en la planificación gestionar con tiempo los correspondientes permisos que se necesitan para la accesibilidad de ciertos sectores privados y estatales que se encuentran en la zona. Identificar el personal encargado de dichos procesos y considerar el tiempo que el trámite interno toma, pues de esta forma al ejecutar el proyecto, no se altere el tiempo planteado.

Al momento de realizar la recolección de muestras en campo se debe considerar la cantidad necesaria para la elaboración de las láminas delgadas, tomando en

cuenta que en el proceso se puede perder parte de las muestras debido a imprevistos con las maquinas al cortar y pulir.

Desde el punto de vista académico y práctico, el proyecto se llevó a cabo como un análisis petrográfico a partir de doce muestras de rocas, la petrografía es un campo de la petrología, para la aplicación de un estudio petrológico es necesario la implementación de más láminas delgadas. Según los resultados de este proyecto se recomiendan las ubicaciones en las cuales se encontraron una gran cantidad de contenido fósil en las muestras recolectadas con el fin de identificar las zonas factibles a recolectar información para un futuro estudio.

Las muestras que más contenido fósil poseen son las muestras C1 y C2 ubicados en el sector de ceibos, la muestra EC1 ubicada en la ciudadela El Crisol, la muestra S2 ubicada en el sector de San Eduardo y la muestra B4 ubicada en el sector de Bellavista. Estas cinco muestras (de doce en total) se encuentran ubicadas en sectores bajos y relativamente cercanos al Estero Salado. (Figura 6.1)

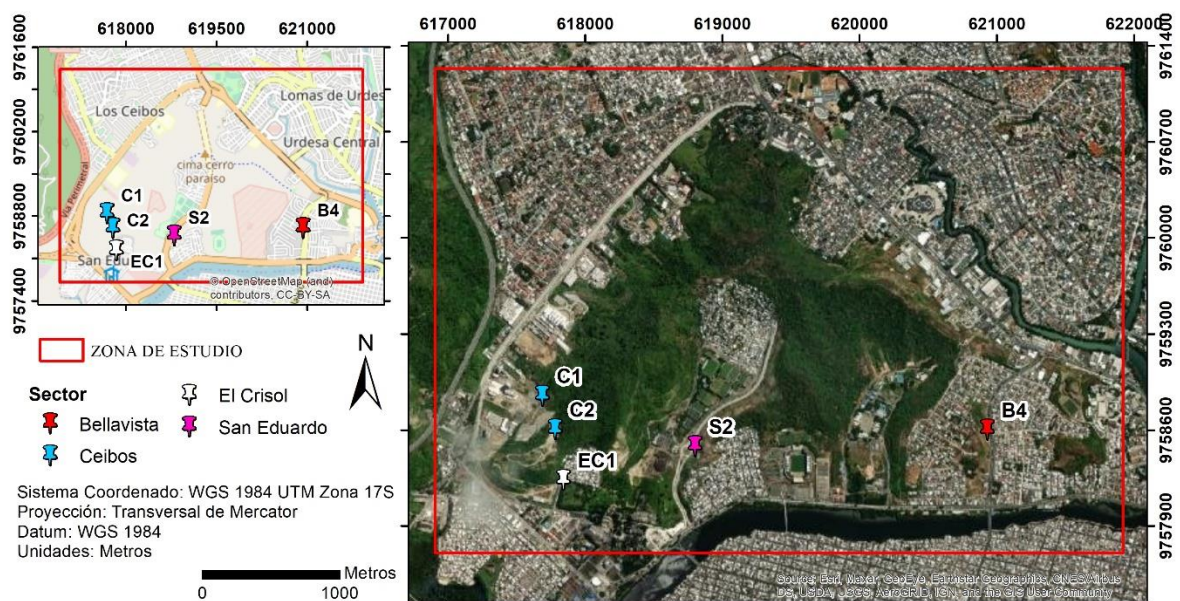


Figura 6.1: Mapa de ubicación de muestra con contenido fósil en la zona de estudio.

Las rocas carbonáticas tienden a diluirse fácilmente y no son áreas adecuadas para asentamiento humano, por lo que se recomienda que exista un mayor control en la

planificación urbana en el sector de “El Crisol” para prevenir eventos que causen pérdidas materiales y/o humanas.

Se lista a continuación las soluciones recomendadas a la caída de roca:

1. Cortina de Malla: malla metálica con sistemas de acoplamiento dependiendo del talud.
2. Diques o Terraplenes: sistemas pasivos ideales cuando un sistema de estabilización de la superficie no se puede instalar (p . ej. para laderas muy grandes) o cuando no es posible interceptar las rocas que caen, ya que toda la pendiente es inaccesible

BIBLIOGRAFÍA


- Collot, J.-Y., Sallares, V., & Pazmiño, N. (2009). *Geología y Geofísica Marina y Terrestre del Ecuador*. (C. N. (CNDM), Ed.) Guayaquil, Ecuador: Argudo & Asociados Impresores. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/36-geologia-y-geofisica-marina-y-terrestre-del-ecuador/file>
- Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). (2017). *Mapa Geológico de la República del Ecuador Escala 1: 1 000 000*. Obtenido de <https://www.geoenergia.gob.ec/mapas-geologicos/>
- Instituto Geográfico Militar. (1979). *Mapa Geológico Provisional de Guayaquil escala 1:100 000*. Guayaquil.
- Mata Coveña, M., & Macías Nowak, A. (2020). *Levantamiento Geológico del Cerro San Eduardo en Guayaquil, Ecuador*. Guayaquil: ESPOL.
- McPhie, J., Doyle, M., & Allen, R. (1993). *Volcanic Textures*. Tasmania: University of Tasmania.
- Núñez del Arco, E. (2003). *Geología del Ecuador*. Guayaquil. Obtenido de <https://pdfcookie.com/documents/pdfcookie-rv3187rex32d>
- Ordoñez, M., Jimenez, N., & Suarez, J. (2006). *Micropaleontología ecuatoriana*. Guayaquil: Petroproduccion, CIGG.
- Sotomayor, D. (10 de Marzo de 2021). Guayaquil: Menos calle, más escombros. *Diario Expreso*.
- Vallejo, C., Horton, B., Spikings, R., & Luzieux, L. (2019). *Late cretaceous to miocene stratigraphy and provenance of the coastal forearc and Western Cordillera of Ecuador: Evidence for accretion of a single oceanic plateau fragment*. *Andean Tectonics*.
- Witt, C., Jimenez, J., Bourgois, J., Michaud, F., Ordoñez, M., & Sosson, M. (2006). Development of the Gulf of Guayaquil (Ecuador) during the Quaternary as an effect of the North Andean Block tectonic escape. *Tectonics*, 25, TC3017.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Información adicional de estaciones del sector Bellavista

Tabla A1: Ficha técnica de la estación 1 del sector Bellavista.

FICHA TÉCNICA			
Ubicación:	Sector:	Bellavista	
	Estación:	Estación 1	
	Referencia:	Cerro. Ingreso por avenida Ing. Jorge Perrone Galarza.	
	Coordenadas:	X	Y
		620777	9759184
Imagen de estación		Descripción	
 <p style="text-align: center;">Figura A1: Afloramiento en estación 1 del sector Bellavista.</p>		<p>Potencia aproximada: 25 metros Buzamiento y dirección de buzamiento: 24°/208°. Abundante vegetación. Intercalaciones de lutita y arenisca.</p> <p>Lutita:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Estratificada ✓ Verde ✓ Centimétrica a decimétrica ✓ Diaclasas ✓ Vetillas de Cuarzo. ✓ Fragmentos de material cristalino verde. <p>Arenisca:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Masiva ✓ Grano fino ✓ Color café y verde ✓ Centimétrico a métrico ✓ Meteorización esferoidal ✓ Fragmentos de material cristalino verde. 	

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

A

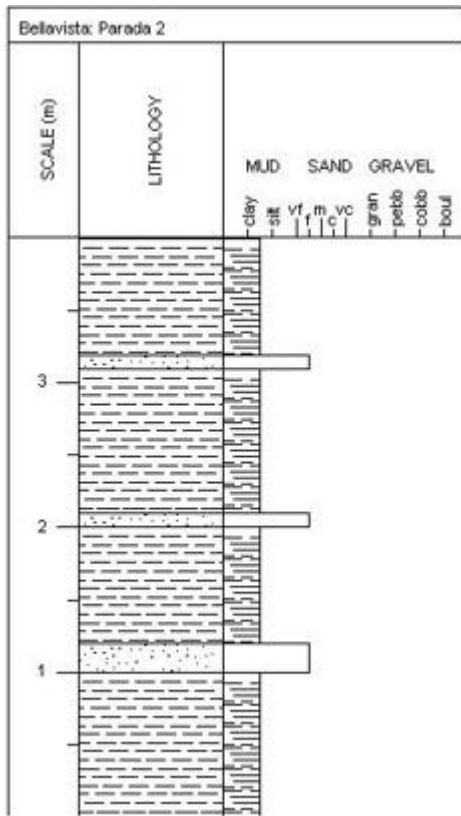



Figura A2: (A) Columna estratigráfica construida en campo de la estación 1. (B) Estratos del afloramiento.

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

APÉNDICE B

Información adicional de estaciones del sector San Eduardo

Tabla B1: Ficha técnica de la estación 5 del sector San Eduardo.

FICHA TÉCNICA			
Ubicación:	Sector:	San Eduardo	
	Estación:	Estación 5	
	Referencia:	Base Naval San Eduardo – Infantería de Marina	
	Coordenadas:	X	Y
		619912	9758540
Imagen de estación		Descripción	
		<p>Potencia aproximada: 50 metros. Altamente plegado. Cambios bruscos de buzamientos. Presencia de posibles slumps. Presencia de material coluvial poco consolidado. Intercalaciones de estratos masivos y arcilla. Posible presencia de patinas de manganeso. Incrustaciones de material consolidado posiblemente pumita. (color ocre)</p> <p>Estratos masivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Color gris oscuro a beige ✓ Centimétricos <p>Arcilla:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Capas finas 	
<p>Figura B1: Afloramientos en estación 5 del sector San Eduardo.</p>			

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

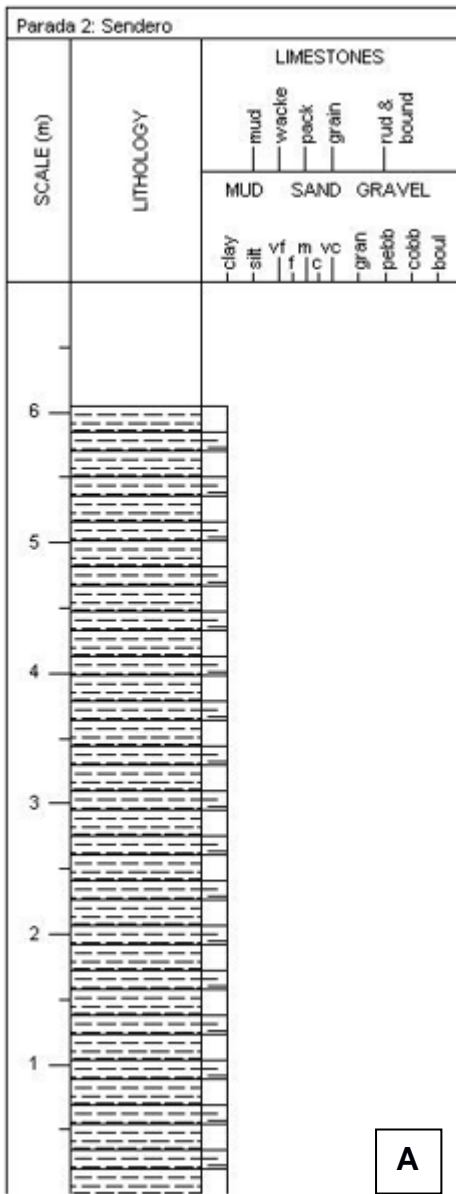



Figura B2: (A) Columna estratigráfica construida en campo de la estación 5. (B) Estratos del afloramiento.

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

Tabla B2: Ficha técnica de la estación 7 del sector San Eduardo.

FICHA TÉCNICA			
Ubicación:	Sector:	San Eduardo	
	Estación:	Estación 7	
	Referencia:	Esquina Av. Barcelona y avenida en dirección al túnel San Eduardo.	
	Coordenadas:	X	Y
		618769	9757926
Imagen de estación		Descripción	
 <p>Figura B3: Afloramiento en estación 7 del sector San Eduardo.</p>		<p>Vegetación abundante. Plegamientos (slumps). Meteorización. Potencia aproximada: 380 metros. Caída de bloques. Intercalación de lutitas y arcilla.</p> <p>Lutitas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Estratificadas ✓ Color: gris claro a gris oscuro, ✓ Centimétrico. <p>Arcilla</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Capas ✓ No consolidado ✓ Color ocre. <p>Presenta incrustaciones de material color negro.</p>	

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

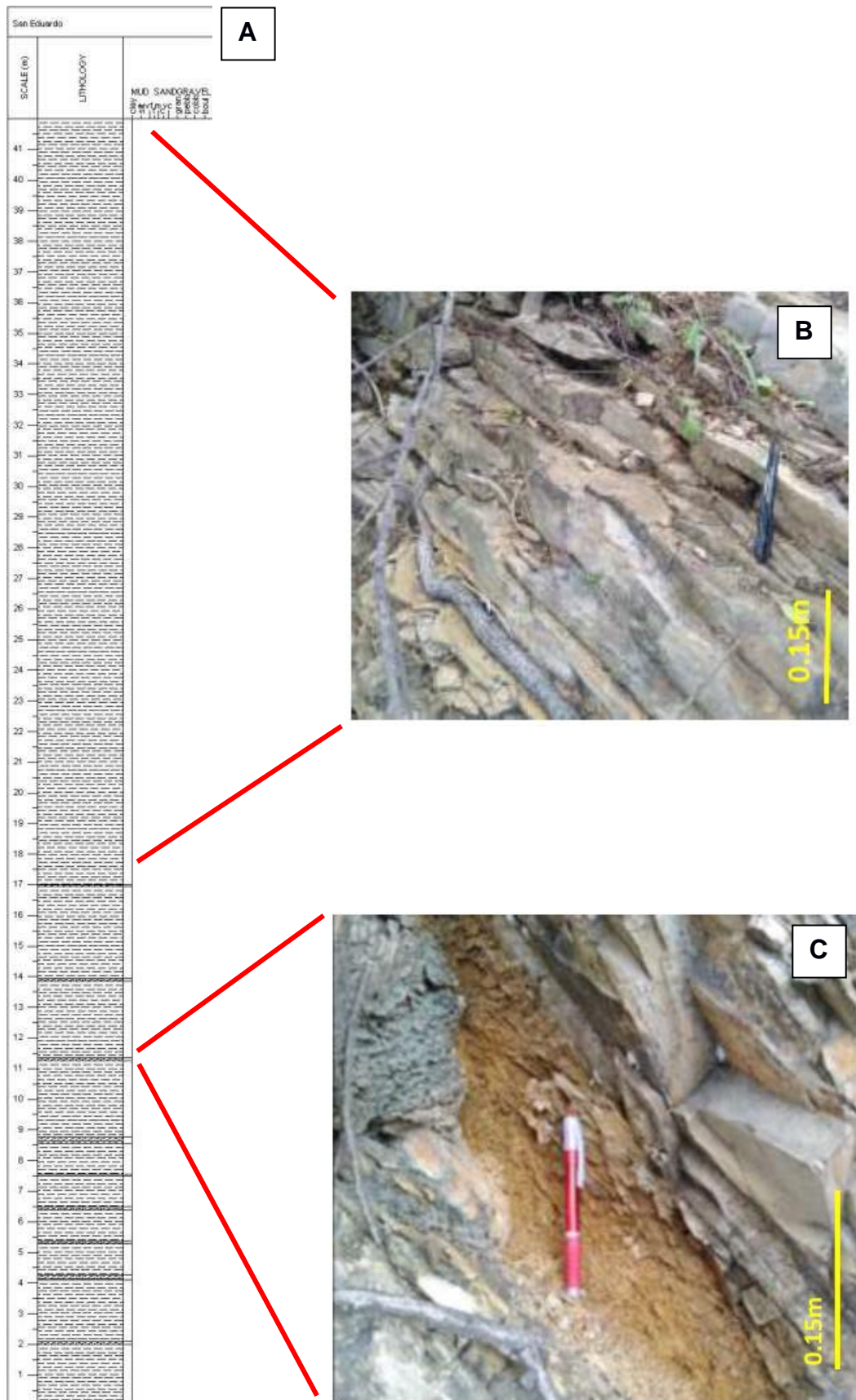



Figura B4: (A) Columna estratigráfica construida en campo de la estación 7. (B y C)

Estratos del afloramiento. Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

APÉNDICE C

Información adicional de estaciones del sector El Crisol

Tabla C1: Ficha técnica de la estación 10 del sector El Crisol.


FICHA TÉCNICA			
Ubicación:	Sector:	El Crisol	
	Estación:	Estación 10	
	Referencia:	Avenida principal desde la entrada de la ciudadela.	
	Coordenadas:	X	Y
		618120	9758265
Imagen de estación		Descripción	
 <p style="text-align: center;">Figura C1: Afloramiento en estación 10 del sector El Crisol.</p>		<p>Potencia aproximada: 80 metros. Cambios bruscos de buzamiento. Alta meteorización Intercalaciones de lutitas y rocas fisibles</p> <p>Lutita:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Calcarea ✓ Color gris claro <p>Rocas fisibles (Figura C2-B):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Laminares ✓ Color café claro a gris. ✓ Silificación <p>Se observa un estrato diferente (Figura C2-C):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 20cm de espesor ✓ Gris oscuro a negro ✓ Textura vítrea 	

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

APÉNDICE D

Información adicional de estaciones del sector Ceibos

Tabla D1: Ficha técnica de la estación 18 del sector Ceibos.

FICHA TÉCNICA			
Ubicación:	Sector:	Ceibos	
	Estación:	Estación 18	
	Referencia:	Atrás del Supermaxi Ceibos.	
	Coordenadas:	X	Y
		617980	9759649
Imagen de estación		Descripción	
		<p>Potencia aproximada: 5 metros. Bloques desplazados. Posible falla. Plano de falla de buzamiento y dirección de buzamiento de 74°/176°. Intercalación de lutita y arenisca.</p> <p>Lutitas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Estratificadas ✓ Color verde ✓ Centimétrico <p>Arenisca:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Grano grueso ✓ Masiva ✓ Alta meteorización esferoidal. 	
<p>Figura D1: Afloramiento en estación 18 del sector Ceibos.</p>			

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

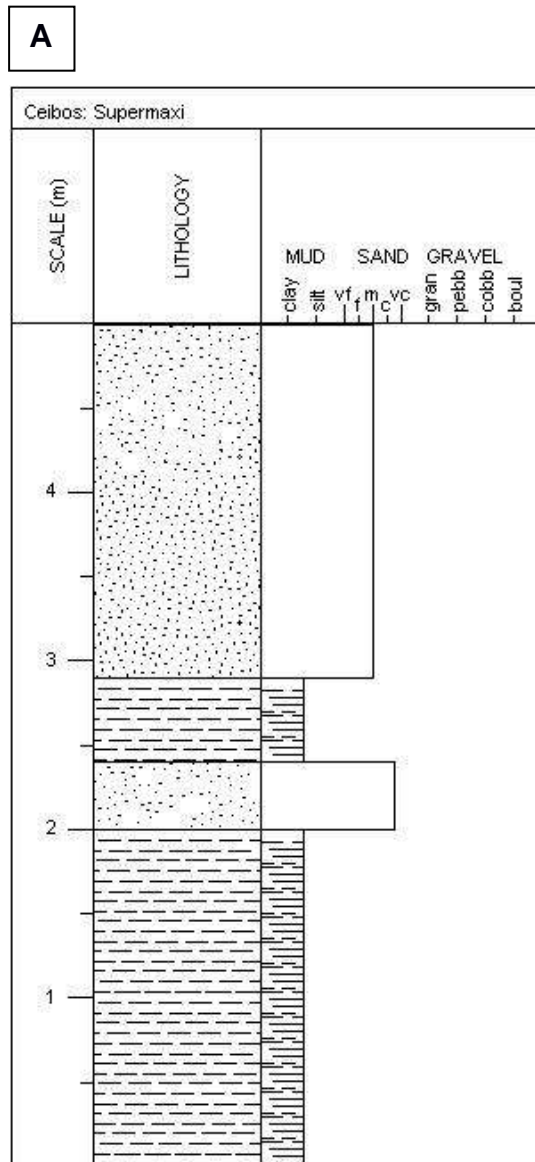



Figura D2: (A) Columna estratigráfica construida en campo de la estación 18. (B) Estratos del afloramiento: Arenisca. (C) Estratos del afloramiento: Lutita.

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

Tabla D2: Ficha técnica de la estación 19 del sector Ceibos.

FICHA TÉCNICA			
Ubicación:	Sector:	Ceibos	
	Estación:	Estación 19	
	Referencia:	Atrás de estación de servicios.	
	Coordenadas:	X	Y
		618228	9759898
Imagen de estación		Descripción	
		<p>Potencia aproximada: 5 metros. Buzamiento y dirección de buzamiento: 21°/177°. Intercalaciones de lutita y arenisca.</p> <p>Lutita:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Color verde ✓ Estratificada. ✓ Silificada. <p>Arenisca:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Grano grueso ✓ Masiva ✓ Meteorización esferoidal. 	
Figura D3: Afloramiento en estación 19 del sector Ceibos.			

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

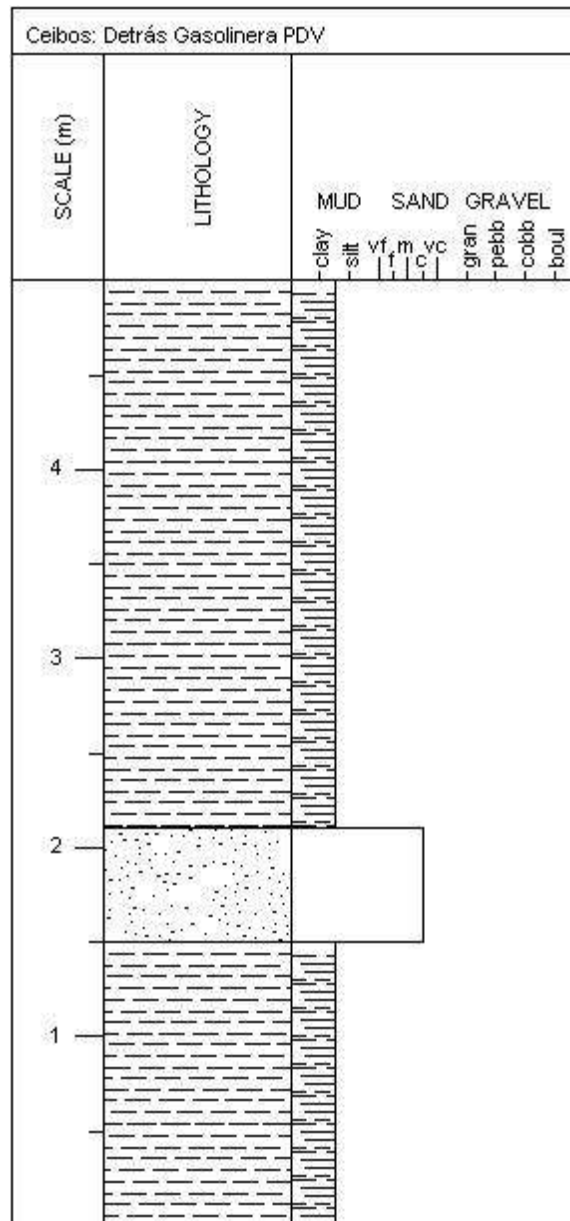


Figura D4: Columna estratigráfica construida en campo de la estación 19.

Fuente: (Mata Coveña & Macías Nowak, 2020)

APÉNDICE E

Fichas de laboratorio correspondientes a las muestras recolectadas en campo.

Tabla E1: Ficha de laboratorio de muestra 1.

espol Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Ficha de rocas sedimentarias

Código de la muestra:	C1		Código del laboratorio:	2021-180
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña		Fecha de recolección:	22/01/2021
Coordenadas:	X	617688	Formación Geológica:	Fm. Cayo
	Y	9758848		
Ubicación geográfica (Localidad):				
Ceibos - Guayaquil				
Descripción macroscópica			Descripción microscópica	
Color	Gris oscuro		Textura	Arenosa limo-arcillosa
Tamaño de grano	Arena media a gruesa		Grado de dispersión del tamaño de grano	Pobrementemente clasificada
Dureza	3		Redondez	Subangulosos
Fractura	Irregular		Esfericidad	Baja
Eferescente a HCl	Sí		Presencia de microfósiles:	Sí
Nombre de la roca:	Litaranita tobácea			
Observaciones:	Matriz de palagonita, plagioclasas con zonaciones concéntricas, cuarzo, minerales opacos posiblemente magnetita; zeolitas, sericita y clorita.			


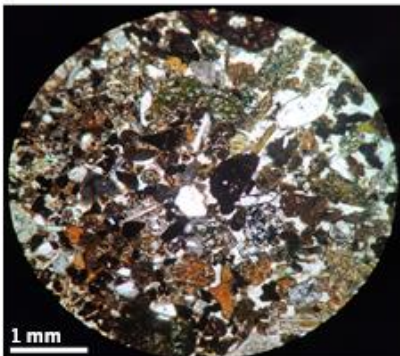
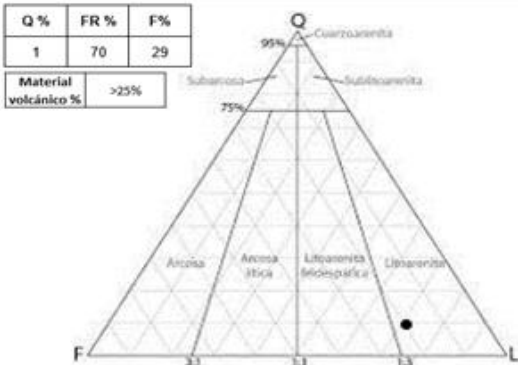
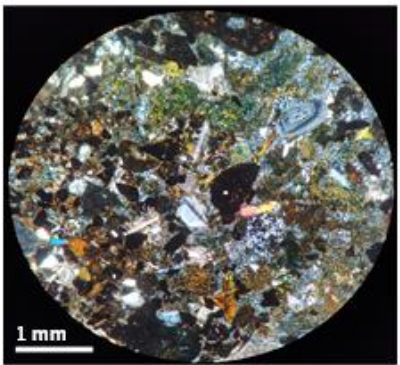
MUESTRA DE MANO		LÁMINA DELGADA						
		<p>Nícoles Paralelos Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>						
<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr> <td>Q %</td> <td>FR %</td> <td>F %</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>70</td> <td>29</td> </tr> </table> <p>Material volcánico % >25%</p> 		Q %	FR %	F %	1	70	29	<p>Nícoles cruzados Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>
Q %	FR %	F %						
1	70	29						

Tabla E2: Ficha de laboratorio de muestra 2.

Código de la muestra:	C2		Código del laboratorio:	2021-181
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña		Fecha de recolección:	22/01/2021
Coordenadas:	X	617781	Formación Geológica:	San Eduardo?
	Y	9758603		
Ubicación geográfica (Localidad):				
Ceibos - Guayaquil				
Descripción macroscópica			Descripción microscópica	
Color	Beige a gris oscuro		Textura	Lutítico - micrítico
Tamaño de grano	Arcilla		Grado de dispersión del tamaño de grano	-
Dureza	3		Redondez	-
Fractura	Angular		Esfericidad	-
Efervescente a HCl	Sí		Presencia de microfósiles:	Sí
Nombre de la roca:	Lutita			
Observaciones:	Microcristales de plagioclasas, minerales opacos, fracturas rellenas por calcita.			


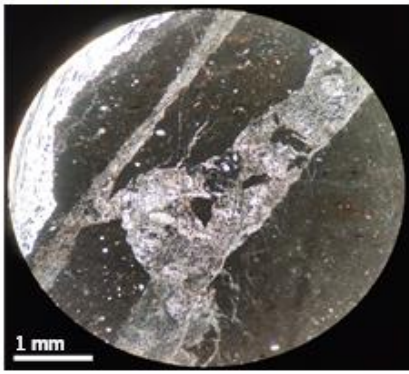
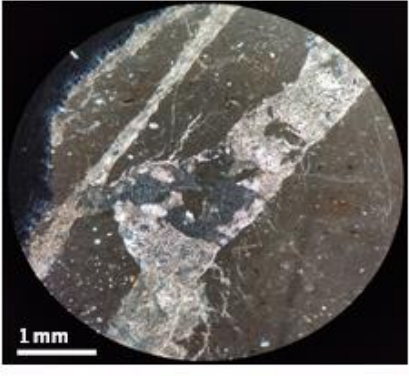
MUESTRA DE MANO	LÁMINA DELGADA																														
	<p>Nícoles Paralelos Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>																														
<p>Composición mineralógica %</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>φ mm</th> <th>Clase</th> <th>Sedimento y tamaño textural</th> <th>Compactada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>254</td> <td rowspan="2">Bollitas</td> <td>Bloque</td> <td rowspan="2">Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Cantos</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td rowspan="5">Arenitas</td> <td>Arena muy gruesa</td> <td rowspan="5">Arenisca</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td>Arena gruesa</td> </tr> <tr> <td>1/4</td> <td>Arena media</td> </tr> <tr> <td>1/8</td> <td>Arena fina</td> </tr> <tr> <td>1/16</td> <td>Arena muy fina</td> </tr> <tr> <td>1/254</td> <td>Lutitas</td> <td>Limo</td> <td>Limolita</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Arcilla</td> <td>Arcillita</td> </tr> </tbody> </table>	φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural	Compactada	254	Bollitas	Bloque	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)	1	Cantos	1	Arenitas	Arena muy gruesa	Arenisca	1/2	Arena gruesa	1/4	Arena media	1/8	Arena fina	1/16	Arena muy fina	1/254	Lutitas	Limo	Limolita			Arcilla	Arcillita	<p>Nícoles cruzados Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>
φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural	Compactada																												
254	Bollitas	Bloque	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)																												
1		Cantos																													
1	Arenitas	Arena muy gruesa	Arenisca																												
1/2		Arena gruesa																													
1/4		Arena media																													
1/8		Arena fina																													
1/16		Arena muy fina																													
1/254	Lutitas	Limo	Limolita																												
		Arcilla	Arcillita																												

Tabla E3: Ficha de laboratorio de muestra 3.

Código de la muestra:	2021-182		Código del laboratorio:	EC1
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña		Fecha de recolección:	20/01/2021
Coordenadas:	X	617842	Formación Geológica:	San Eduardo?
	Y	9758234		
Ubicación geográfica (Localidad):				
El Crisol - Guayaquil				
Descripción macroscópica			Descripción microscópica	
Color	Gris oscuro		Textura	Micrítica
Tamaño de grano	Calculutita		Grado de dispersión del tamaño de grano	Moderadamente clasificada
Dureza	3		Redondez	Subredondeado
Fractura	Irregular		Esfericidad	Baja
Efervescente a HCl	Sí		Presencia de microfósiles:	Sí
Nombre de la roca:	Packstone			
Observaciones:	Alta presencia de fósiles y minerales carbonatados como calcita			


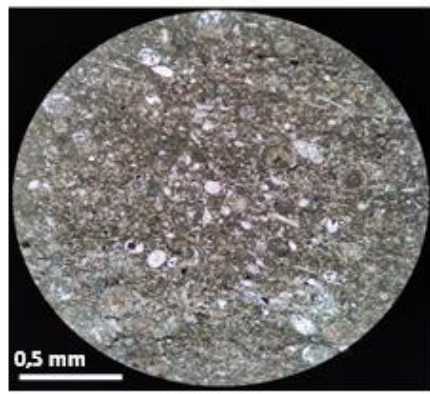










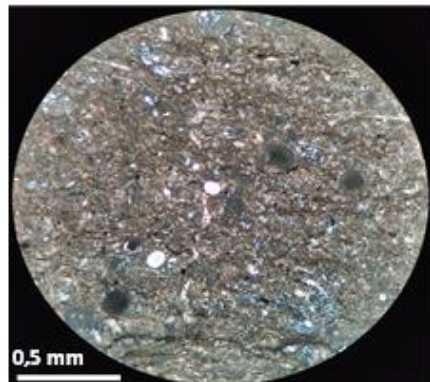





MUESTRA DE MANO	LÁMINA DELGADA																												
	<p>Nícoles Paralelos Aumento 10x</p> 																												
<p>Composición mineralógica %</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Componentes originales no unidos durante la sedimentación</th> <th colspan="2">Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Con barro micrítico</th> <th colspan="2">Sin barro micrítico</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Matriz - soportado</th> <th colspan="2">Grano - soportado</th> </tr> <tr> <td>< 10% granos MUDSTONE</td> <td>> 10% granos WACKESTONE</td> <td>PACKSTONE</td> <td>GRAINSTONE</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>BOUNDSTONE</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Componentes originales no unidos durante la sedimentación		Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción		Con barro micrítico		Sin barro micrítico		Matriz - soportado		Grano - soportado		< 10% granos MUDSTONE	> 10% granos WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE								BOUNDSTONE					<p>Nícoles cruzados Aumento 10x</p> 
Componentes originales no unidos durante la sedimentación		Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción																											
Con barro micrítico		Sin barro micrítico																											
Matriz - soportado		Grano - soportado																											
< 10% granos MUDSTONE	> 10% granos WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE																										
																													
			BOUNDSTONE																										
																													

Tabla E4: Ficha de laboratorio de muestra 4.

Código de la muestra:	EC2		Código del laboratorio:	2021-183
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña		Fecha de recolección:	20/01/2021
Coordenadas:	X	618120	Formación Geológica:	San Eduardo?
	Y	9758204		
Ubicación geográfica (Localidad):				
El Crisol - Guayaquil				
Descripción macroscópica			Descripción microscópica	
Color	Blanco a Beige		Textura	Afanítica
Tamaño de grano	Ceniza		Grado de dispersión del tamaño de grano	-
Dureza	3		Redondez	-
Fractura	Irregular		Esfericidad	-
Efervescente a HCl	No		Presencia de microfósiles:	-
Nombre de la roca:	Toba de cenizas			
Observaciones:	Porosa, microcristales de cuarzo y plagioclasa, vidrio volcánico (palagonita)			


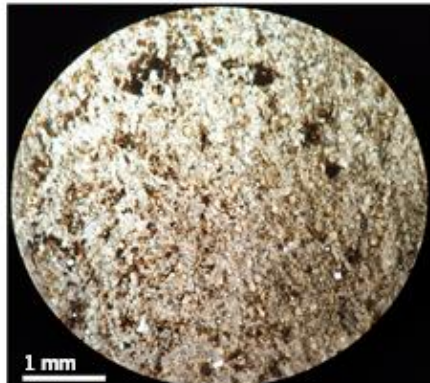
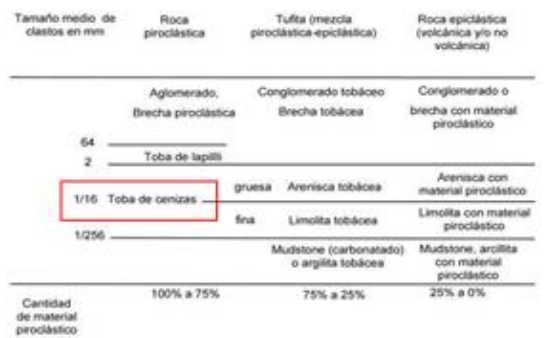
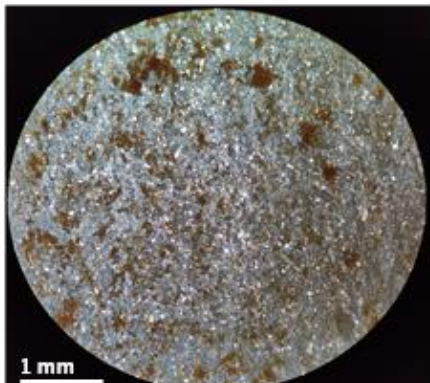
MUESTRA DE MANO	LÁMINA DELGADA
	<p>Nícoles Paralelos Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>
<p>Composición mineralógica %</p>  <p>Tamaño medio de clastos en mm: 64, 2, 1/16, 1/256</p> <p>Cantidad de material piroclástico: 100% a 75%, 75% a 25%, 25% a 0%</p>	<p>Nícoles cruzados Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>

Tabla E5: Ficha de laboratorio de muestra 5.

Código de la muestra:	P1	Código del laboratorio:	2021-184
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña	Fecha de recolección:	23/12/2020
Coordenadas:	X	Formación Geológica:	Fm. Cayo
	Y		
Ubicación geográfica (Localidad):			
El Paraíso - Guayaquil			
Descripción macroscópica		Descripción microscópica	
Color	Beige y café oscuro	Textura	Arenosa limo-arcillosa (A)
Tamaño de grano	Arena media (A) Limo (B)	Grado de dispersión del tamaño de grano	Mal clasificada (A)
Dureza	5 (A) y 4 (B)	Redondez	Subredondeados - redondeados
Fractura	Concoide	Esfericidad	Alta
Efervescente a HCl	No	Presencia de microfósiles:	No
Nombre de la roca:	Transición de arcosa lítica a lutita		
Observaciones:	Fragmentos de roca y cristales de cuarzo, plagioclasas, epidota y zeolitas, micas, sericita, clorita y minerales opacos.		

<p style="text-align: center;">Composición mineralógica % Parte A</p> <table border="1"> <tr> <td>Q</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>FR</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>54</td> </tr> </table>	Q	2	FR	44	F	54	MUESTRA DE MANO	LÁMINA DELGADA PARTE A
	Q	2						
FR	44							
F	54							
		<p style="text-align: center;">LÁMINA DELGADA/CAMBIO DE LITOLOGÍA</p>						

Tabla E6: Ficha de laboratorio de muestra 6A.

Ficha de rocas sedimentarias

Código de la muestra:	P2A		Código del laboratorio:	2021-185
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña		Fecha de recolección:	23/12/2020
Coordenadas:	X	620469	Formación Geológica:	Fm. Cayo
	Y	9759614		
Ubicación geográfica (Localidad):				
El Paraíso - Guayaquil				
Descripción macroscópica			Descripción microscópica	
Color	Gris oscuro		Textura	Rudítica brechoide
Tamaño de grano	Arena media a gruesa		Grado de dispersión del tamaño de grano	Mal clasificada
Dureza	3		Redondez	Subredondeado
Fractura	Irregular		Esfericidad	Alta
Efervescente a HCl	No		Presencia de microfósiles:	No
Nombre de la roca:	Arcosa lítica tobácea			
Observaciones:	Minerales opacos, fragmentos de roca, cristales de cuarzo, glauconita, plagioclasas, epidota, vidrio volcánico alterado en palagonita y esferulitas.			


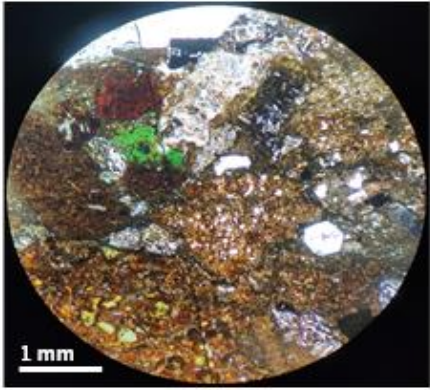
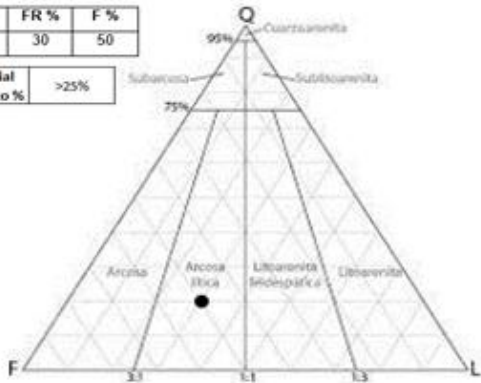
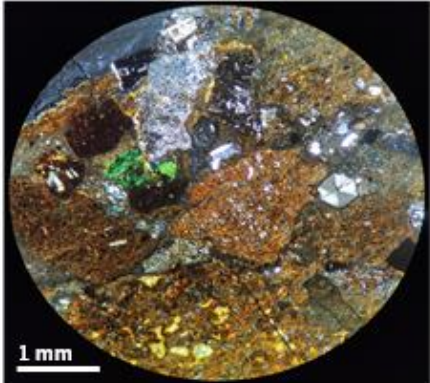
MUESTRA DE MANO		LÁMINA DELGADA						
		<p>Nícoles Paralelos Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>						
<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr> <td>Q %</td> <td>FR %</td> <td>F %</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>30</td> <td>50</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Material volcánico % >25%</div> 		Q %	FR %	F %	20	30	50	<p>Nícoles cruzados Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>
Q %	FR %	F %						
20	30	50						

Tabla E7: Ficha de laboratorio de muestra 6B.

Ficha de rocas sedimentarias

Código de la muestra:	P2B		Código del laboratorio:	2021-186
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña		Fecha de recolección:	23/12/2020
Coordenadas:	X	620469	Formación Geológica:	Fm. Cayo
	Y	9759614		
Ubicación geográfica (Localidad):				
El Paraíso - Guayaquil				
Descripción macroscópica			Descripción microscópica	
Color	Gris claro a oscuro		Textura	Lutítica/argilítica
Tamaño de grano	Limo		Grado de dispersión del tamaño de grano	-
Dureza	3		Redondez	-
Fractura	Irregular		Esfericidad	-
Efervescente a HCl	No		Presencia de microfósiles:	No
Nombre de la roca:	Lutita			
Observaciones:	Microcristales micáceos, minerales opacos y minerales esféricos de tonalidades verde			


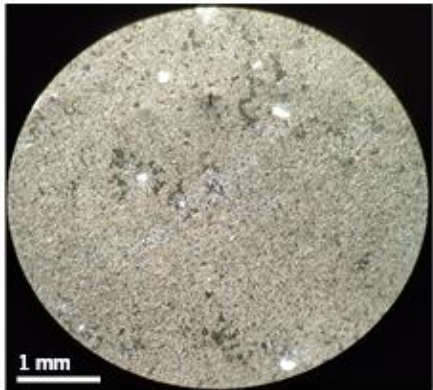
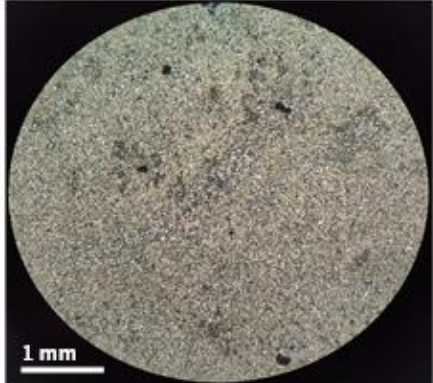
MUESTRA DE MANO		LÁMINA DELGADA																																							
		<p>Nícoles Paralelos Aumento 4x</p> 																																							
Composición mineralógica %		<p>Nícoles cruzados Aumento 4x</p> 																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>φ mm</th> <th>Clase</th> <th colspan="2">Sedimento y tamaño textural</th> <th>Compactada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>254</td> <td rowspan="2">Ruditas</td> <td>Bloque</td> <td rowspan="2">Grava</td> <td rowspan="2">Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Cantos</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td rowspan="5">Arenitas</td> <td colspan="2">Arena muy gruesa</td> <td rowspan="5">Arenisca</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td colspan="2">Arena gruesa</td> </tr> <tr> <td>1/4</td> <td colspan="2">Arena media</td> </tr> <tr> <td>1/8</td> <td colspan="2">Arena fina</td> </tr> <tr> <td>1/24</td> <td colspan="2">Arena muy fina</td> </tr> <tr> <td>1/254</td> <td>Lutitas</td> <td>Limo</td> <td></td> <td>Limolita</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Arcilla</td> <td></td> <td>Arcillita</td> </tr> </tbody> </table>	φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada	254	Ruditas	Bloque	Grava	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)	3	Cantos	1	Arenitas	Arena muy gruesa		Arenisca	1/2	Arena gruesa		1/4	Arena media		1/8	Arena fina		1/24	Arena muy fina		1/254	Lutitas	Limo		Limolita			Arcilla		Arcillita		
φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada																																					
254	Ruditas	Bloque	Grava	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)																																					
3		Cantos																																							
1	Arenitas	Arena muy gruesa		Arenisca																																					
1/2		Arena gruesa																																							
1/4		Arena media																																							
1/8		Arena fina																																							
1/24		Arena muy fina																																							
1/254	Lutitas	Limo		Limolita																																					
		Arcilla		Arcillita																																					

Tabla E8: Ficha de laboratorio de muestra 7.

Ficha de rocas sedimentarias

Código de la muestra:	S1		Código del laboratorio:	2021-187
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña		Fecha de recolección:	07/01/2021
Coordenadas:	X	620314	Formación Geológica:	Fm. Guayaquil
	Y	9758509		
Ubicación geográfica (Localidad):				
San Eduardo - Guayaquil (Base Naval San Eduardo)				
Descripción macroscópica			Descripción microscópica	
Color	Beige y gris claro		Textura	Afanítica
Tamaño de grano	Limo		Grado de dispersión del tamaño de grano	-
Dureza	8		Redondez	-
Fractura	Irregular		Esfericidad	-
Efervescente a HCl	No		Presencia de microfósiles:	No
Nombre de la roca:	Toba de ceniza silificada			
Observaciones:	Porosa, minerales opacos y microcristales no identificables.			


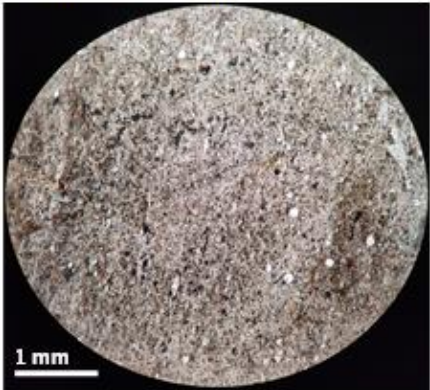
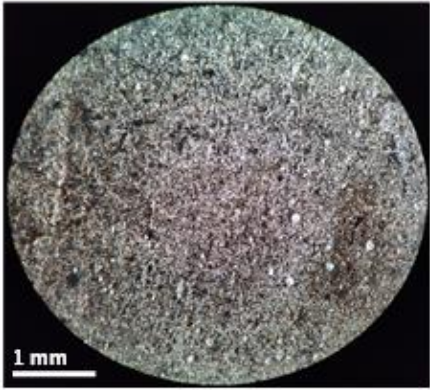
MUESTRA DE MANO		LÁMINA DELGADA																													
		<p>Nícoles Paralelos Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>																													
<p>Composición mineralógica %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño medio de clastos en mm</th> <th>Roca piroclástica</th> <th>Tufita (mezcla piroclástica-epitálica)</th> <th>Roca epitálica (volcánica y/o no volcánica)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>64</td> <td>Aglomerado, Brecha piroclástica</td> <td>Conglomerado tobáceo, Brecha tobácea</td> <td>Conglomerado o brecha con material piroclástico</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Toba de lapilli</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/16</td> <td>Toba de cenizas</td> <td>gruesa Arenisca tobácea</td> <td>Arenisca con material piroclástico</td> </tr> <tr> <td>1/256</td> <td></td> <td>fina Limolita tobácea</td> <td>Limolita con material piroclástico</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Mudstone (carbonatado) o argilita tobácea</td> <td>Mudstone, arenolita con material piroclástico</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de material piroclástico</td> <td>100% a 75%</td> <td>75% a 25%</td> <td>25% a 0%</td> </tr> </tbody> </table>		Tamaño medio de clastos en mm	Roca piroclástica	Tufita (mezcla piroclástica-epitálica)	Roca epitálica (volcánica y/o no volcánica)	64	Aglomerado, Brecha piroclástica	Conglomerado tobáceo, Brecha tobácea	Conglomerado o brecha con material piroclástico	2	Toba de lapilli			1/16	Toba de cenizas	gruesa Arenisca tobácea	Arenisca con material piroclástico	1/256		fina Limolita tobácea	Limolita con material piroclástico			Mudstone (carbonatado) o argilita tobácea	Mudstone, arenolita con material piroclástico	Cantidad de material piroclástico	100% a 75%	75% a 25%	25% a 0%	<p>Nícoles cruzados Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>	
Tamaño medio de clastos en mm	Roca piroclástica	Tufita (mezcla piroclástica-epitálica)	Roca epitálica (volcánica y/o no volcánica)																												
64	Aglomerado, Brecha piroclástica	Conglomerado tobáceo, Brecha tobácea	Conglomerado o brecha con material piroclástico																												
2	Toba de lapilli																														
1/16	Toba de cenizas	gruesa Arenisca tobácea	Arenisca con material piroclástico																												
1/256		fina Limolita tobácea	Limolita con material piroclástico																												
		Mudstone (carbonatado) o argilita tobácea	Mudstone, arenolita con material piroclástico																												
Cantidad de material piroclástico	100% a 75%	75% a 25%	25% a 0%																												

Tabla E9: Ficha de laboratorio de muestra 8.

Ficha de rocas sedimentarias

Código de la muestra:	S2	Código del laboratorio:	2021-188
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña	Fecha de recolección:	20/01/2021
Coordenadas:	X	618800	Formación Geológica:
	Y	9758479	
Ubicación geográfica (Localidad):			
San Eduardo - Guayaquil			
Descripción macroscópica		Descripción microscópica	
Color	Gris claro	Textura	Lutítica limosa
Tamaño de grano	Limo	Grado de dispersión del tamaño de grano	-
Dureza	3	Redondez	-
Fractura	Concoide	Esfericidad	-
Efervescente a HCl	No	Presencia de microfósiles:	Sí
Nombre de la roca:	Lutita		
Observaciones:	Cuarzo, plagioclasas, biotita, posiblemente clorita, micas, sericita.		


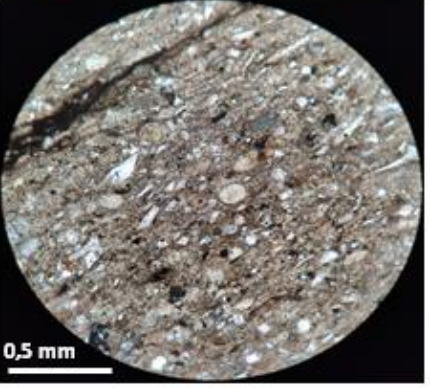
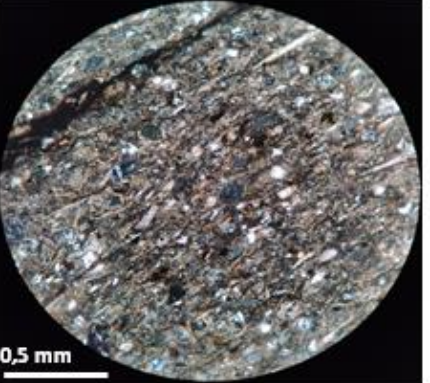
MUESTRA DE MANO	LÁMINA DELGADA																														
	<p>Nícoles Paralelos Aumento 10x</p>  <p>0,5 mm</p>																														
Composición mineralógica %	<p>Nícoles cruzados Aumento 10x</p>  <p>0,5 mm</p>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>φ mm</th> <th>Clase</th> <th>Sedimento y tamaño textural</th> <th>Compactada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>254</td> <td rowspan="2">Ruditas</td> <td>Bloque</td> <td rowspan="2">Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Cantos</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td rowspan="5">Arenitas</td> <td>Arena muy gruesa</td> <td rowspan="5">Arenisca</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td>Arena gruesa</td> </tr> <tr> <td>1/4</td> <td>Arena media</td> </tr> <tr> <td>1/8</td> <td>Arena fina</td> </tr> <tr> <td>1/16</td> <td>Arena muy fina</td> </tr> <tr> <td>1/254</td> <td>Lutitas</td> <td>Limo</td> <td>Limolita</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Arcilla</td> <td>Arcillita</td> </tr> </tbody> </table>	φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural	Compactada	254	Ruditas	Bloque	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)	2	Cantos	2	Arenitas	Arena muy gruesa	Arenisca	1/2	Arena gruesa	1/4	Arena media	1/8	Arena fina	1/16	Arena muy fina	1/254	Lutitas	Limo	Limolita			Arcilla	Arcillita	
φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural	Compactada																												
254	Ruditas	Bloque	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)																												
2		Cantos																													
2	Arenitas	Arena muy gruesa	Arenisca																												
1/2		Arena gruesa																													
1/4		Arena media																													
1/8		Arena fina																													
1/16		Arena muy fina																													
1/254	Lutitas	Limo	Limolita																												
		Arcilla	Arcillita																												

Tabla E10: Ficha de laboratorio de muestra 9.

Ficha de rocas sedimentarias

Código de la muestra:	B1	Código del laboratorio:	2021-189
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña	Fecha de recolección:	11/12/2020
Coordenadas:	X	Formación Geológica:	Fm. Cayo
	Y		
Ubicación geográfica (Localidad):			
Bellavista - Guayaquil			
Descripción macroscópica		Descripción microscópica	
Color	Beige, gris y verde	Textura	Lutítica/limosa
Tamaño de grano	Limo	Grado de dispersión del tamaño de grano	-
Dureza	4	Redondez	-
Fractura	Concoide	Esfericidad	-
Efervescente a HCl	No	Presencia de microfósiles:	Sí
Nombre de la roca:	Lutita		
Observaciones:	Cuarzo, vidrio volcánico (palagonita), material de tonalidades verde, glauconita, micas, sericita, minerales opacos. Fracturas rellenas de calcita.		


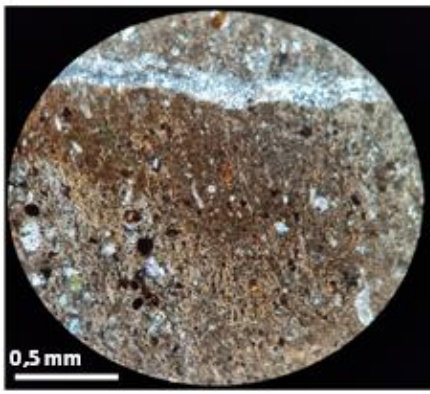
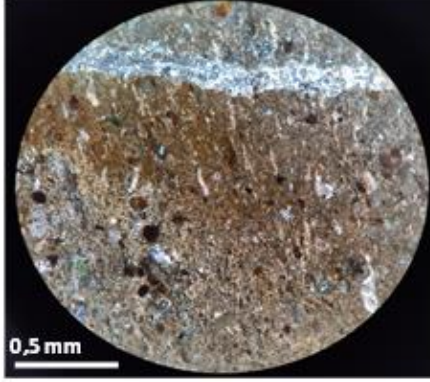
MUESTRA DE MANO		LÁMINA DELGADA																																										
		 <p>Nícoles Paralelos Aumento 10x</p>																																										
<p style="text-align: center;">Composición mineralógica %</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>φ mm</th> <th>Clase</th> <th colspan="2">Sedimento y tamaño textural</th> <th>Compactada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>256</td> <td rowspan="2">Ruditas</td> <td>Bloque</td> <td rowspan="2">Grava</td> <td rowspan="2">Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Cantos</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td rowspan="4">Arenitas</td> <td colspan="2">Arena muy gruesa</td> <td rowspan="4">Arenisca</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td colspan="2">Arena gruesa</td> </tr> <tr> <td>1/4</td> <td colspan="2">Arena media</td> </tr> <tr> <td>1/8</td> <td colspan="2">Arena fina</td> </tr> <tr> <td>1/16</td> <td></td> <td colspan="2">Arena muy fina</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/256</td> <td>Lutitas</td> <td>Limo</td> <td></td> <td>Limolita</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Arcilla</td> <td></td> <td>Arcillita</td> </tr> </tbody> </table>		φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada	256	Ruditas	Bloque	Grava	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)	2	Cantos	1	Arenitas	Arena muy gruesa		Arenisca	1/2	Arena gruesa		1/4	Arena media		1/8	Arena fina		1/16		Arena muy fina			1/256	Lutitas	Limo		Limolita			Arcilla		Arcillita	 <p>Nícoles cruzados Aumento 10x</p>	
φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada																																								
256	Ruditas	Bloque	Grava	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)																																								
2		Cantos																																										
1	Arenitas	Arena muy gruesa		Arenisca																																								
1/2		Arena gruesa																																										
1/4		Arena media																																										
1/8		Arena fina																																										
1/16		Arena muy fina																																										
1/256	Lutitas	Limo		Limolita																																								
		Arcilla		Arcillita																																								

Tabla E11: Ficha de laboratorio de muestra 10.

Ficha de rocas sedimentarias

Código de la muestra:	B2		Código del laboratorio:	2021-190
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña		Fecha de recolección:	11/12/2020
Coordenadas:	X	620810	Formación Geológica:	Fm. Guayaquil
	Y	9758856		
Ubicación geográfica (Localidad):				
Bellavista - Guayaquil				
Descripción macroscópica			Descripción microscópica	
Color	Beige, gris y verde		Textura	Lutítica/limosa
Tamaño de grano	Limo		Grado de dispersión del tamaño de grano	-
Dureza	4		Redondez	-
Fractura	Concoide		Esfericidad	-
Efervescente a HCl			Presencia de microfósiles:	No
Nombre de la roca:	Lutita			
Observaciones:	Laminaciones de sedimentación. Minerales opacos, vidrio volcánico, material de tonalidades verde.			

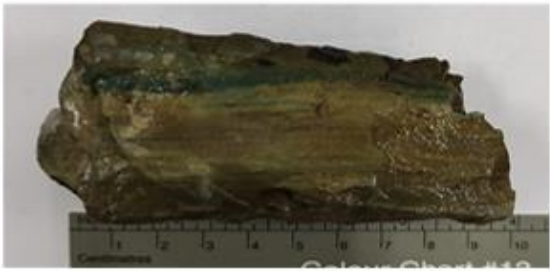
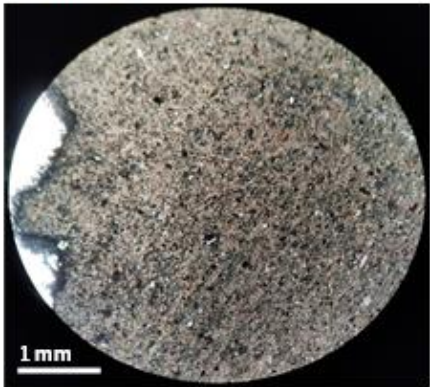
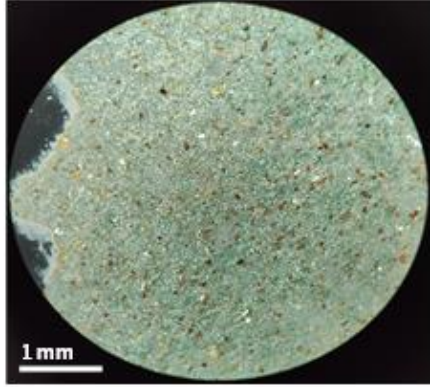

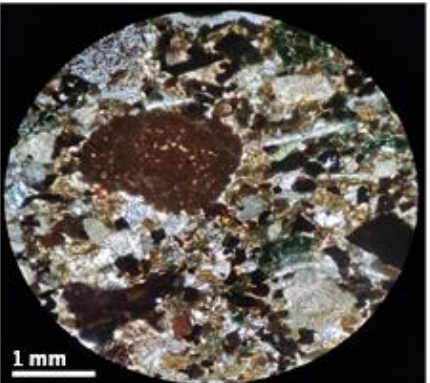
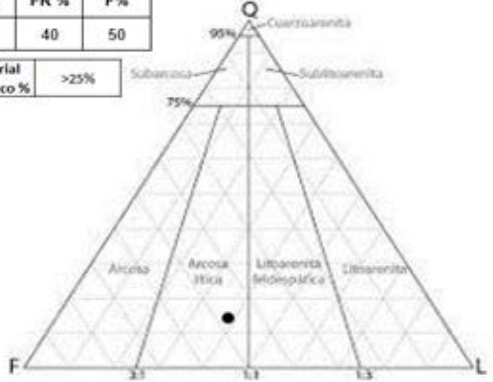
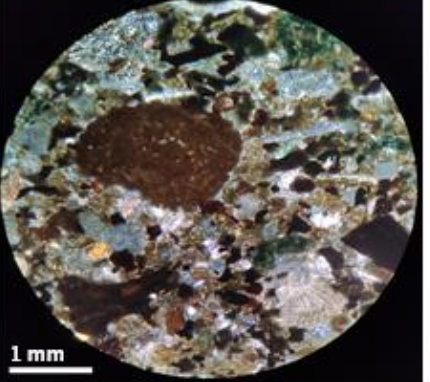
MUESTRA DE MANO		LÁMINA DELGADA																																								
		<p>Nícoles Paralelos Aumento 4x</p> 																																								
Composición mineralógica %		<p>Nícoles cruzados Aumento 4x</p> 																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>φ mm</th> <th>Clase</th> <th colspan="2">Sedimento y tamaño textural</th> <th>Compactada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>256</td> <td rowspan="2">Ruditas</td> <td>Bloque</td> <td rowspan="2">Grava</td> <td rowspan="2">Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Cantos</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td rowspan="4">Arenitas</td> <td colspan="2">Arena muy gruesa</td> <td rowspan="4">Arenisca</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td colspan="2">Arena gruesa</td> </tr> <tr> <td>1/4</td> <td colspan="2">Arena media</td> </tr> <tr> <td>1/8</td> <td colspan="2">Arena fina</td> </tr> <tr> <td>1/26</td> <td></td> <td colspan="2">Arena muy fina</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/256</td> <td>Lutitas</td> <td>Limo</td> <td></td> <td>Limolita</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Arcilla</td> <td></td> <td>Arcillita</td> </tr> </tbody> </table>	φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada	256	Ruditas	Bloque	Grava	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)	2	Cantos	1	Arenitas	Arena muy gruesa		Arenisca	1/2	Arena gruesa		1/4	Arena media		1/8	Arena fina		1/26		Arena muy fina			1/256	Lutitas	Limo		Limolita			Arcilla		Arcillita	
φ mm	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada																																						
256	Ruditas	Bloque	Grava	Según forma: Conglomerado (redondeado) Brecha (anguloso)																																						
2		Cantos																																								
1	Arenitas	Arena muy gruesa		Arenisca																																						
1/2		Arena gruesa																																								
1/4		Arena media																																								
1/8		Arena fina																																								
1/26		Arena muy fina																																								
1/256	Lutitas	Limo		Limolita																																						
		Arcilla		Arcillita																																						

Tabla E12: Ficha de laboratorio de muestra 11.

Código de la muestra:	B3	Código del laboratorio:	2021-191
Muestra tomada por:	Arianna Macías Nowak Mariela Mata Coveña	Fecha de recolección:	11/12/2020
Coordenadas:	X	620932	Formación Geológica:
	Y	9758601	
Ubicación geográfica (Localidad):			
Bellavista - Guayaquil			
Descripción macroscópica		Descripción microscópica	
Color	Café oscuro	Textura	Rudítica
Tamaño de grano	Arena media a gruesa	Grado de dispersión del tamaño de grano	Mal clasificados
Dureza	3	Redondez	Subangulosos-subredondeados
Fractura	Concoide	Esfericidad	Alta
Efervescente a HCl	Sí	Presencia de microfósiles:	Sí
Nombre de la roca:	Arcosa lítica		
Observaciones:	Matriz silicea, minerales opacos, plagioclasa, cuarzo, fragmentos de roca.		

MUESTRA DE MANO		LÁMINA DELGADA								
		<p>Nícoles Paralelos Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>								
<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr> <td>Q %</td> <td>FR %</td> <td>F %</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>40</td> <td>50</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr> <td>Material volcánico %</td> <td>>25%</td> </tr> </table> 		Q %	FR %	F %	10	40	50	Material volcánico %	>25%	<p>Nícoles cruzados Aumento 4x</p>  <p>1 mm</p>
Q %	FR %	F %								
10	40	50								
Material volcánico %	>25%									