

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y  
PETRÓLEOS**

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA E  
HIDROGEOLÓGICA COMO APORTE DE CONTENIDOS  
PARA EL MUSEO DE CIENCIAS DE COAQUE**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO**

isra\_carranco@hotmail.com

**PABLO DANIEL NARANJO BRAVO**

pablonaranjo95@gmail.com

**DIRECTOR: Dra. SANDRA PROCEL PhD.**

sandra.procel@epn.edu.ec

**Quito, Marzo 2022**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Israel Daniel Carranco Andino y Pablo Daniel Naranjo Bravo, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según los establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



---

ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO



---

PABLO DANIEL NARANJO BRAVO

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Israel Daniel Carranco Andino y Pablo Daniel Naranjo Bravo, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sandra Procel', is positioned above a horizontal line.

---

SANDRA PROCEL PhD.

DIRECTORA DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por cuidarme y guiarme todos estos años.

A mis padres Fausto y Margoth por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento.

A mi familia: Dayanara, Fausto, Alfredo, Juanito, Anahí, Janine y Diego quienes me han apoyado y han sido mi motivación.

A la Dra. Sandra Procel quien ha confiado en nosotros dándonos su tiempo, conocimiento y herramientas para el desarrollo óptimo de este proyecto de titulación y en lo personal por la motivación brindada para encaminarme hacia el mundo académico.

Al Dr. Pedro Reyes por permitirme formar parte varios proyectos y la confianza depositada en mí.

A la Dra. Ana Cabero por su ayuda en las actividades concernientes como Subdecana que hizo que pueda llegar hasta el último peldaño de la carrera, además por su colaboración en la etapa de campo y redacción.

Al MSc. Fausto Carranco y MSc. Andrés Carranco quienes me colaboraron en el desarrollo de este proyecto y a lo largo de mi carrera académica.

Al Dr. Cristian Vallejo por su colaboración para la elaboración de láminas delgadas.

Al Ingeniero Stalin Pilatasig por su ayuda en la etapa de laboratorio de láminas delgadas y por compartirnos sus conocimientos de manejo de software.

A todos los profesores que compartieron sus conocimientos a lo largo de la carrera.

Al Dr. José Luis Rivera por su ayuda para que pueda continuar en la facultad a pesar de las adversidades que se suscitaron.

A mis amigos Jean Carlo, Pablito, Paúl y Santiago por su amistad sana y sincera.

**Atte. Israel Daniel Carranco Andino**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme y permitirme culminar una meta más en mi vida académica.

A mis padres, por ser el ejemplo de humildad, perseverancia y superación, por siempre impulsarme a conseguir mis metas, por apoyarme e inculcarme a ser cada día una mejor persona.

A la Dra. Sandra Procel, por su confianza en nosotros, por ser nuestra guía, brindarnos su apoyo, su conocimiento, su tiempo, paciencia tanto como profesora y como Directora de este trabajo de titulación, por facilitarnos todos los medios, herramientas en cada etapa de este proyecto para que pueda culminar con éxito.

A la Dra. Ana Cabero y al Dr. Pedro Reyes, por ser un gran apoyo en la realización de este proyecto en las etapas de campo, descripción y redacción.

Al MSc. Fausto Carranco y al MSc. Andrés Carranco por la ayuda prestada en el desarrollo de nuestro proyecto de titulación.

Al Ingeniero Stalin Pilatasig por su apoyo en la etapa de Laboratorio de Láminas Delgadas y el uso de herramientas informáticas.

Al Dr. Cristian Vallejo por su colaboración en el desarrollo de láminas delgadas.

Al Dr. Nicolás Vásquez por incluirme en su proyecto de vinculación.

A todos los profesores que me formaron para llegar a ser un profesional.

A mis hermanos Jhoel y Gabriela por apoyarme, brindarme su cariño, su amor que siempre me han servido de inspiración y motivación.

A mi abuelita Rosa, mi tía Diana, mis tíos Cesar y Betty, mis primos Ronald y Dennis por apoyarme y motivarme a alcanzar mis metas.

A mis amigos Joe, Israel, Fabricio y Alexis por brindarme su amistad sincera.

A Karen por ser mi compañera, por tus palabras de aliento y de motivación, por estar conmigo e impulsarme siempre a salir adelante.

**Atte. Pablo Daniel Naranjo Bravo**

**DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre Margoth Andino y a mi padre Fausto Carranco, quienes son las personas que más amo y son quienes han estado apoyándome en todo momento para que no desmaye y cumpla mis objetivos.

**Israel Daniel Carranco Andino**

**DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Aníbal Naranjo y Flor Bravo y a mis hermanos Jhoel y Gaby, que son las personas que más amo, siempre estuvieron y están acompañándome en cada etapa de mi vida, son la parte fundamental de cada meta y éxito alcanzado.

**Pablo Daniel Naranjo Bravo**

## RESUMEN

El área de estudio se encuentra al noroeste del Ecuador continental, en la región costa, provincia de Manabí, que alberga la comunidad de Coaque y sus alrededores pertenecientes al cantón Pedernales y contenida dentro de la cuenca sedimentaria de Manabí. El estudio muestra una descripción geológica e hidrogeológica con el objetivo de generar un mapa geológico a escala local 1:30.000 y un modelo de flujo subterráneo preliminar a partir del análisis de drenaje e inventario de puntos de agua. El área de cartografía geológica abarca 217.84 km<sup>2</sup>, en el que se analizó 46 puntos de observación y descripción de afloramientos y colecta de muestras para descripción petrográfica (macro y micro), de las cuales se describieron 17 muestras de mano con su respectiva lámina delgada y con ello se define 7 Formaciones Geológicas: La Fm. Piñón está constituida por rocas ígneas cretácicas que conforman el basamento del litoral. En discordancia sobreyace la Fm. Calentura con litologías que van desde tobas hasta areniscas y es contemporánea con la Fm. Cayo que presenta series turbidíticas del Cretácico Tardío. A continuación, en el Eoceno se depositan la Fm. Cerro con tobas de color verde grisáceo y la Fm. Punta Blanca con tobas silíceas ácidas de color beige. Finalmente, en el Mioceno se depositan como relleno sedimentario de la cuenca las Fm. Angostura compuesta de turbiditas con areniscas de gran potencia y la Fm. Subibaja constituida por rocas sedimentarias de grano fino a muy fino como limolitas, lodolitas y arcillolitas. Esta información actualiza a escala local el Mapa Geológico de la Margen Costera Ecuatoriana (Reyes y Michaud, 2012). Por otro lado, se ha elaborado un modelo de flujo subterráneo preliminar a partir del análisis de drenaje de la Cuenca del río Coaque y se establecen los posibles acuíferos que podrían albergar cada una de las Formaciones Geológicas. Por consiguiente, se considera que la Fm. Piñón podría contener acuíferos libres y/o fracturados debido a su distribución espacial y control estructural.



**ABSTRACT**

The studied area is located to northwest of continental Ecuador, in the Coast region, Manabí province, between Coaque and Pedernales which are into the Manabí Sedimentary Basin. This study presents a geological and hydrogeological description to generate a geological map with local scale (1:30.000) and preliminary groundwater flow model as from drainage analysis and water point inventory. The geological mapping area is 217.84 km<sup>2</sup> and there are 46 points that were looked at to make a description of outcrops. Whereas only 17 rock samples were studied using hand samples and thin sections to define seven Geological Formations. The bedrock of Coast region is composed by igneous rocks of Piñón Fm. Into de Cretaceous period, Calentura Fm. is unconformity with Piñón Fm. and contemporaneous with Cayo Fm. The Calentura Fm. presents lithologies from tuffs until sandstones, while Cayo Fm. is composed by turbidites in the end of Cretaceous. To continue in the Eocene, Cerro and Punta Blanca Formations were deposited by tuffs grayish green and beige respectively. Finally, during the Miocene epoch occur the sedimentary fill with turbidites corresponding to Angostura Fm. and fine-grained sedimentary rocks such as siltstones, claystones and mudstones that belong to Subibaja Fm. Consequently, the information presented allows updating the Geological Map of the Ecuadorian Coastal Margin elaborated by Reyes and Michaud (2012). On the other hand, the preliminary groundwater flow model has been developed based on the drainage analysis of the Cuaque River Basin and suggesting a possible aquifer who could content each Geological Formation. Thus, Piñón Formation could contain unconfined and fractured aquifers because of spatial location and structural setting.

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS.....	2
2.1.	OBJETIVO GENERAL .....	2
2.1.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
3.	FUNDAMENTO TEÓRICO.....	3
3.1.	Metodología de recolección de muestras en el área .....	3
3.1.1.	Metodología de recolección de muestras de roca.....	3
3.1.2.	Metodología para la recolección de muestras de suelos.....	4
3.2.	Conceptos básicos, elementos y estudios para el desarrollo cartográfico geológico e hidrogeológico local.....	6
3.2.1.	Nomenclatura geológica litoestratigráfica.....	6
3.2.2.	Nomenclatura para cartografía estandarizada para Ecuador. ....	9
3.2.3.	Mapa geológico .....	10
3.2.4.	Fallas.....	11
3.2.5.	Pliegues.....	13
3.2.6.	Contactos .....	14
3.2.7.	Nomenclatura para hidrogeología .....	16
3.2.8.	Mapa de Inventario de puntos de agua .....	18
3.2.9.	Porosidad .....	19
3.2.10.	Caudal específico.....	21
3.2.11.	Retención específica .....	21

3.2.12.	Potencial o carga hidráulica.....	22
3.2.13.	Gradiente hidráulico .....	22
3.2.14.	Conductividad hidráulica.....	22
3.2.15.	Transmisividad .....	23
3.2.16.	Almacenamiento .....	23
3.2.17.	Modelo conceptual de flujo de agua subterránea .....	24
3.3.	Museología. ....	26
3.3.1.	Rocas, minerales y fósiles: punto de vista histórico .....	26
3.3.2.	Rocas .....	27
3.3.3.	Láminas delgadas de rocas .....	27
3.3.4.	Muestras de mano.....	28
3.3.5.	Sedimentos .....	28
3.3.6.	Muestras de Sedimentos .....	28
3.3.7.	Láminas delgadas de rocas sedimentarias y/o sedimentos .....	28
3.3.8.	Ensayos en sedimentos .....	29
3.4.	Acuíferos .....	30
4.	CONTEXTO REGIONAL .....	35
4.1.	Caracterización del área de estudio .....	35
4.1.1.	Localización del área de estudio.....	35
4.1.2.	Geomorfología.....	36
4.1.3.	Uso y ocupación del suelo .....	37
4.1.4.	Clima .....	38

4.2.	Contexto geodinámico y geológico .....	38
4.2.1.	Modelo geodinámico .....	38
4.2.2.	Dominios estructurales del Ecuador .....	40
4.2.3.	Geología de la costa ecuatoriana .....	42
4.2.4.	Cuencas de Antearco .....	43
4.2.5.	Cordillera Costera.....	45
4.2.6.	Geología de la Cuenca de Manabí.....	46
4.2.7.	Geomorfología de la Cuenca de Manabí.....	46
4.3.	Litoestratigrafía Regional.....	47
4.3.1.	Formación Piñón .....	47
4.3.2.	Formación Calentura .....	48
4.3.3.	Formación Cayo .....	48
4.3.4.	Formación Cerro.....	49
4.3.5.	Formación Zapallo.....	49
4.3.6.	Formación Punta Blanca.....	50
4.3.7.	Formación Playa Rica.....	50
4.3.8.	Formación Dos Bocas.....	51
4.3.9.	Formación Villingota.....	51
4.3.10.	Formación Angostura .....	52
4.3.11.	Formación Subibaja.....	53
4.3.12.	Formación Ónzole .....	53
4.3.13.	Formación Borbón.....	54

4.3.14.	Formación Jama.....	54
4.3.15.	Formación Tablazo .....	55
5.	METODOLOGÍA.....	57
5.1.	Levantamiento bibliográfico de datos existentes.....	57
5.2.	Levantamiento de bases cartográficas, datos meteorológicos, geológicos e hidrogeológicos .....	57
5.2.1.	Levantamiento de las informaciones de los pozos y vertientes existentes . .....	58
5.2.2.	Zonificación del área de estudio.....	58
5.3.	Campo.....	58
5.4.	Laboratorios.....	60
5.4.1.	Laboratorio de Láminas delgadas del Departamento de Geología de la EPN .....	61
5.4.2.	Laboratorio de Sedimentología y Logueo .....	63
5.5.	Cartografía .....	64
5.6.	Modelo Hidrogeológico Conceptual .....	65
5.7.	Técnicas de preparación de muestras para el museo. ....	66
6.	RESULTADOS .....	67
6.1.	Geología Local y cartografía geológica.....	67
6.1.1.	Formación Piñón. ....	67
6.1.2.	Formación Calentura .....	73
6.1.3.	Formación Cayo .....	79

6.1.4.	Formación Cerro.....	83
6.1.5.	Formación Punta Blanca.....	88
6.1.6.	Formación Angostura .....	90
6.1.7.	Formación Subibaja.....	93
6.2.	Modelo Hidrogeológico conceptual .....	99
6.2.1.	Formación Piñón .....	99
6.2.2.	Formación Calentura .....	99
6.2.3.	Formación Cayo .....	100
6.2.4.	Formación Cerro.....	100
6.2.5.	Formación Punta Blanca.....	101
6.2.6.	Formación Angostura .....	101
6.2.7.	Formación Subibaja.....	101
6.2.8.	Cuaternarios.....	102
6.3.	Granulometría de arenas .....	103
6.3.1.	Muestra “AREN_1.2” .....	103
6.3.2.	Muestra “AREN_2.2” .....	104
6.3.3.	Muestra “AREN_3.2” .....	104
6.3.4.	Muestra “PAP_01” .....	105
6.3.5.	Muestra “PAP_02” .....	106
6.4.	Donativos para museo .....	108
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	111
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	113

9. ANEXOS.....	124
----------------	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación de puntos de muestreo y réplicas para arenas de playa. ....	6
<b>Figura 2:</b> Esquema de diseño de un Mapa Geológico.....	11
<b>Figura 3:</b> Modelos idealizados de los diferentes tipos de fallamientos.....	13
<b>Figura 4:</b> Esquema idealizado de un plegamiento en régimen compresivo. ....	14
<b>Figura 5:</b> Clasificación de contactos estratigráficos.....	15
<b>Figura 6:</b> Representación del ciclo hidrológico, zonas de recarga y descarga, líneas de flujo y equipotenciales.....	18
<b>Figura 7:</b> Clasificación de los acuíferos según la presión hidrostática. ....	32
<b>Figura 8:</b> Clasificación de los acuíferos según su porosidad. ....	33
<b>Figura 9:</b> Mapa de ubicación de la zona de estudio. ....	35
<b>Figura 10:</b> Mapa de ubicación de la Cuenca Hidrográfica del Río Cuaque. ....	36
<b>Figura 11 :</b> Modelo geodinámico del Ecuador. ....	40
<b>Figura 12 :</b> Dominios estructurales del Ecuador. ....	41
<b>Figura 13:</b> Ubicación de las cuencas sedimentarias de antearco de la costa ecuatoriana. ....	44
<b>Figura 14 :</b> Columna Estratigráfica de la Cuenca de Manabí. ....	56
<b>Figura 15:</b> Procedimiento para la realización de láminas delgadas. ....	62
<b>Figura 16:</b> Procedimiento de tamizado de muestras de arena. ....	64
<b>Figura 17:</b> Afloramiento de la Formación Piñón - Punto CQ_26. ....	68
<b>Figura 18:</b> Afloramiento de la Formación Piñón - Punto CQ_03. ....	69
<b>Figura 19:</b> Afloramiento de la Formación Piñón - Punto COA_11. ....	70
<b>Figura 20:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_29.....	71



<b>Figura 21:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_26.....	72
<b>Figura 22:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_03.....	72
<b>Figura 23:</b> Afloramiento de la Formación Calentura en discordancia con la Formación Piñón en el punto CQ_14. ....	74
<b>Figura 24:</b> Afloramiento de la Formación Calentura en el punto CQ_18.....	75
<b>Figura 25:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_14.....	76
<b>Figura 26:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_18.....	77
<b>Figura 27:</b> Presencia de fósiles con luz transmitida en la muestra CQ_18. ....	78
<b>Figura 28:</b> Afloramiento de la Formación Cayo en el punto CQ_02.....	80
<b>Figura 29:</b> Afloramiento de la Formación Calentura en el punto CQ_07.....	81
<b>Figura 30:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_02.....	82
<b>Figura 31:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_07.....	83
<b>Figura 32:</b> Afloramiento de la Formación Cerro en el punto CQ_22. ....	84
<b>Figura 33:</b> Afloramiento de la Formación Cerro en el punto CQ_24. ....	85
<b>Figura 34:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_14.....	86
<b>Figura 35:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_14.....	87

<b>Figura 36:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_14.....	88
<b>Figura 37:</b> Afloramiento de la Formación Punta Blanca en el punto CQ_19. ....	89
<b>Figura 38:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_19.....	90
<b>Figura 39:</b> Afloramiento de la Formación Angostura en el punto COA_09.....	91
<b>Figura 40:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra COA_09.....	92
<b>Figura 41:</b> Afloramiento de la Formación Subibaja en el punto CQ_10. ....	94
<b>Figura 42:</b> Afloramiento de la Formación Subibaja en el punto COA_08.....	95
<b>Figura 43:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ_10.....	97
<b>Figura 44:</b> Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra COA_08.....	98
<b>Figura 45:</b> Curva granulométrica de la muestra AREN_1.2. ....	103
<b>Figura 46:</b> Curva granulométrica de la muestra AREN_2.2. ....	104
<b>Figura 47:</b> Curva granulométrica de la muestra AREN_3.2. ....	105
<b>Figura 48:</b> Curva granulométrica de la muestra PAP_01.....	106
<b>Figura 49:</b> Curva granulométrica de la muestra PAP_02.....	107
<b>Figura 50:</b> Ejemplo de donativo de muestra de mano y lámina delgada de una roca.	110

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Rangos de valores de porosidad total y efectiva .....	20
<b>Tabla 2:</b> Rangos de permeabilidad intrínseca (k) y conductividad hidráulica (K).....	22
<b>Tabla 3:</b> Inventarios de puntos visitados de las 2 salidas de campo.....	60
<b>Tabla 4:</b> Muestras de la Formación Piñón con láminas delgadas.....	70
<b>Tabla 5:</b> Muestras de la Formación Calentura con láminas delgadas. ....	75
<b>Tabla 6:</b> Muestras de la Formación Cayo con láminas delgadas. ....	81
<b>Tabla 7:</b> Muestras de la Formación Cerro con láminas delgadas. ....	85
<b>Tabla 8:</b> Muestras de la Formación Punta Blanca con láminas delgadas.....	89
<b>Tabla 9:</b> Muestras de la Formación Angostura con láminas delgadas.....	92
<b>Tabla 10:</b> Muestras de la Formación Subibaja con láminas delgadas.....	96

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Mapa Geológico de Coaque – Pedernales.....	125
<b>Anexo 2:</b> Columna estratigráfica de la zona de estudio.....	127
<b>Anexo 3:</b> Mapa de puntos de muestreo de rocas.....	129
<b>Anexo 4:</b> Tabla de puntos de muestreo.....	131
<b>Anexo 5:</b> Fichas Petrográficas.....	133
<b>Anexo 6:</b> Mapa de distribución fosilífera Pedernales-Coaque-Jama (Formato A0).....	176
<b>Anexo 7:</b> Mapa Inventario de Puntos de Agua – Coaque.....	178
<b>Anexo 8:</b> Modelo de Flujo Subterráneo Preliminar a partir de Análisis de Drenaje... ..	180
<b>Anexo 9:</b> Datos de granulometría de arenas.....	182
<b>Anexo 10:</b> Esquema de medidas de caja de muestras de roca para museo.....	188
<b>Anexo 11:</b> Mapa de puntos de muestreo de arenas.....	190
<b>Anexo 12:</b> Esquema de Ficha de Registro.....	192

## 1. INTRODUCCIÓN

La costa ecuatoriana y la cordillera costera es uno de los cinco dominios morfotectónicos del Ecuador (Vallejo et al., 2009). Se encuentra conformada por terrenos alóctonos volcánicos acrecionados que constituyen el basamento en el Cretácico Tardío y cuencas sedimentarias desarrolladas en el Paleógeno, Neógeno y depósitos Cuaternarios (Jailard et al., 1995). Su morfología se ve afectada debido a la subducción de la Placa Nazca a razón de 5-6 mm/año y se le atribuye el levantamiento y deformación de la margen costera (Gutscher et al., 1999, Hernández, 2012).

Los estudios de cartografía geológica previos en la costa ecuatoriana han sido realizados a escala regional como el Mapa de la Margen Costera Ecuatoriana (Reyes y Michaud, 2012) y el Mapa Geológico del Ecuador (Egüez et al, 2017). No se registran estudios geológicos e hidrogeológicos locales detallados en la zona de estudio.

La zona de estudio se desarrolla en la localidad de Coque y sus alrededores, comunidad ubicada en el Cantón Pedernales, provincia de Manabí. El presente estudio consta de dos enfoques: (1) análisis y cartografía geológica y (2) contexto hidrogeológico de la Cuenca Hidrográfica del río Cuaque. En tal virtud, este documento presenta información geológica detallada como descripción litoestratigráfica, actualización del contenido de cartas geológicas previas para entender el contexto geológico de Coaque – Pedernales. Además, se presenta un Modelo de Flujo Preliminar de las aguas subterráneas dentro la Cuenca Hidrográfica del río Cuaque acompañado de información de las Formaciones geológicas con características favorables para el desarrollo de acuíferos. Todo el contenido generado en este trabajo constará como insumos para la colección del Museo de Ciencias de Coaque.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar geológica e hidrogeológicamente la zona de Coaque como aporte de contenidos para el Museo de Ciencias de Coaque.

#### **2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir el Contexto Geológico de Coaque con base en investigaciones previas y datos recolectados en campo;
- Caracterizar la litología y estratigrafía de la zona de estudio;
- Elaborar el Mapa Geológico de Coaque;
- Zonificar el área de estudio en términos de recarga y descarga local hídrica;
- Describir el contexto hidrogeológico de Coaque, con énfasis en el inventario de puntos de agua;
- Elaborar el Mapa de inventario de puntos de agua.

### 3. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 3.1. Metodología de recolección de muestras en el área

El muestreo es un procedimiento que incluye la toma o captura de material (suelo, roca, arena, agua) de forma que se incluya variedad del área a muestrearse. Este proceso incluye el manejo, etiquetado, transporte y tratamiento de las muestras para las determinaciones analíticas y de laboratorio (Junta de Andalucía, 2018). El objetivo del muestreo es recolectar “*muestras*” distintivas para los distintos propósitos (generales o específicos) del estudio (Alexandre, 2021).

Una muestra es una secuencia ordenada de elementos pertenecientes a una población, estas no necesitan ser distintas pueden repetirse, todo el conjunto de unidades de muestro se denomina tamaño de muestreo (Arnab, 2017). La representatividad de la muestra permite extrapolar y generalizar la descripción de la población. Para cualquier tipo de muestreo es necesario elaborar un plan de muestreo con información previa relacionada a los objetivos del estudio. La metodología para recolección de muestras ha sido clasificada en: (1) metodología para el muestreo de rocas, (2) metodología para el muestreo de suelos, (3) metodología para el muestreo de arena de playa.

##### 3.1.1. Metodología de recolección de muestras de roca

Los afloramientos proporcionan información sobre la historia diagenética, evolución tectónica, procesos de erosión y meteorización de las Formaciones Geológicas registradas en el área de interés. Los resultados de los estudios litológicos aplicados u obtenidos de los afloramientos son aplicables (o reflejan la estructura y composición del) al subsuelo. Sobre los afloramientos es factible documentar datos estructurales como el

tipo de fracturación, diaclasas, fallas, orientación de sus capas o estratos en rumbo y buzamiento, espesor de las capas, litología aparente y la posición de la muestra dentro de la estructura rocosa (Sanhueza, 2004).

González et al. (2002) define 3 tipos de muestras diferentes: (1) muestras inalteradas, (2) muestras parafinadas, (3) muestras alteradas. En la colecta de muestras de roca en un afloramiento son indispensables herramientas como martillo geológico, combo, y cincel. El procedimiento para la extracción de una muestra orientada consta de: (1) escoger el tipo de muestra a obtener, (2) localizar techo y base de la capa o estrato, (3) identificar la zona más representativa del afloramiento, (4) extraer la muestra mediante herramientas descritas anteriormente (en el caso de ser orientada esta debe constar con la dirección de estratificación, indicativo de la dirección del norte), (6) etiquetado y registro. Para el registro de muestras Mancera (2019) recomienda indicar: (1) nombre de la obra o proyecto, (2) fecha del muestreo, (3) número de sondeo y/o código de muestra, (4) localización geográfica, (5) cota o elevación de la muestra, (6) orientación de la muestra, (7) método de muestreo, (8) nombre del muestreador, (9) comentarios de la muestra y/o afloramiento, (10) condiciones climáticas.

### ***3.1.2. Metodología para la recolección de muestras de suelos***

El plan de muestreo para la recolección de muestras de suelos debe contar con la información que permita la clara descripción de un sitio o lugar en el que deben constar: (1) área de muestreo, (2) objetivos del plan, (3) tipo de muestro que den respuesta a los objetivos, (4) cantidad y posición de los puntos de muestreo, (5) procedimientos a llevarse en el campo, (6) etiquetado y conservación de las muestras (Ministerio del Ambiente Peruano, 2014). El procedimiento a llevarse a cabo para el muestreo de suelos consiste de: (1) selección de tipo de muestreo, (2) localización, distribución y puntos de muestreo



con ubicación geográfica en coordenadas UTM (datum WGS84), (3) definir la profundidad del muestreo, (4) parámetros de campo, (5) equipo de muestreo, (6) control de calidad de muestras, (7) etiquetado y preservación de la muestra, (8) tipo de recipiente y el volumen total de la muestra, (9) seguridad y transporte adecuado para la muestra de suelo (Saval, 2011).

### ***3.1.3 Metodología para la recolección de muestras de arena de playa***

Para las muestras de arena de playa se debe considerar que existen diferencias entre muestras de una misma área para lo cual es necesario tener una réplica de muestras de entre 3 a 5 por cada punto de muestreo. La Secretaría de Estado de Medio Ambiente Español (2016) propone el siguiente procedimiento para la recolección de muestras de arena de playa: (1) localizar 3 puntos en un trayecto lineal dentro del área de estudio (la distancia entre puntos varía de acuerdo al área y al tipo de estudio), (2) localizar el punto central de muestreo, (3) ubicar las 2 réplicas o puntos laterales de muestreo a una distancia de 2/3 de la longitud total del trayecto lineal hacia la izquierda y derecha del punto central (se puede coleccionar 2 réplicas adicionales dependiendo del área zona de interés), (4) registrar la ubicación geográfica de cada punto en coordenadas UTM con datum WGS84, (5) dependiendo del estudio varía la profundidad (en fases iniciales se muestrea los 5cm superficiales y en fases a detalle el muestreo debe superar los 5cm de profundidad), (6) para un muestreo óptimo la masa de arena debe ser superior o igual a 200 gr, (7) las muestras son trasvasadas a envases y/o recipientes con capacidad suficiente que aseguren un transporte seguro, (8) etiquetar las muestras (Figura 1).

**Figura 1**

*Ubicación de puntos de muestreo y réplicas para arenas de playa.*



*Nota.* El gráfico representa la localización de los puntos principales y secundarios en el área de interés. Modificado de *ASISTENCIA TÉCNICA EN LAS TAREAS DE IMPLANTACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DE LA ESTRATEGIA* (Secretaría de Estado de Medio Ambiente Español, 2016).

### **3.2. Conceptos básicos, elementos y estudios para el desarrollo cartográfico geológico e hidrogeológico local.**

#### **3.2.1. Nomenclatura geológica litoestratigráfica**

La litoestratigrafía es la sección de la estratigrafía que se dedica a la descripción y a la nomenclatura de las rocas en la superficie de la Tierra con base en la litología y las relaciones estratigráficas (Reguant y Ortiz, 2001). Las principales características de una roca son: (1) composición, (2) textura, (3) estructura, (4) fábrica, (5) color. Estas características se denominan características litológicas y son la base de la clasificación

estratigráfica formal. Henderson et al. (1980) clasifica a estas unidades en litoestratigráficas y litodémicas.

Una unidad litoestratigráfica se define como un cuerpo rocoso que ha sido reconocido con base en sus características litológicas y a la combinación de sus propiedades estratigráficas, puede estar conformada por rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas. Están definidas por rasgos físicos observables a simple vista. Las características que no definen una unidad litoestratigráfica son: (1) edad inferida, (2) lapso de tiempo que representan en la relación estratigráfica, (3) historia geológica, (4) ambiente de formación. La extensión geográfica de la unidad litoestratigráfica depende únicamente de las características litológicas diagnósticas (Reguant y Ortiz, 2001) y obedecen a la Ley de la Superposición (North American Stratigraphic Code NASC, 2004).

Una unidad litodémica está definida por rocas típicamente intrusivas con alto grado de deformación, metamorizadas. Los contactos con otras unidades suelen ser sedimentarios, extrusivos, intrusivos, tectónicos o metamórficos (NASC, 2004).

La litoestratigráfica formal se encuentra dividida jerárquicamente es decir, muestra una subdivisión de menor a mayor importancia y a su magnitud, comenzando desde un flujo (unidad litoestratigráfica más pequeña) hasta la subdivisión denominada Grupo que es la más grande en magnitud (Murphy y Salvador, 1999; NASC, 2005; Reguant y Ortiz, 2001).

#### **3.2.1.1. Flujo (Fl.)**

También denominado derrame, es la unidad litoestratigráfica formal más pequeña de las rocas de derrames volcánicos, se distinguen por la textura, composición, orden de superposición, paleomagnetismo y demás criterios específicos (p.e. extensión), forma

parte de un miembro y es equivalente a un estrato, su abreviatura formal es “Fl.” (IIGE, 2019; NASC, 2004, Reguant y Ortiz, 2001).

#### **3.2.1.2. Estrato o capa (Est. / Cap.)**

Es la unidad más pequeña dentro de las unidades litoestratigráficas formales sedimentarias. Se aplica cuando su distinción es de algún uso particular o específico (p.e. capas de carbón). Adquieren nombres propios o tipo sólo si se consideran unidades formales a capas guía, su abreviatura formal es “Est. / Cap (IIGE, 2019; NASC, 2004, Reguant y Ortiz, 2001).

#### **3.2.1.3. Miembro (Mb.)**

Es un rango inferior a la denominación de “Formación”, sin embargo, un miembro siempre pertenece a una. El objetivo de nombrar a un miembro es que este cuenta con características diferenciales de otras zonas adyacentes en la Formación. No siempre la Formación se divide en miembros, únicamente cuando esta es representativa para fines prácticos y cuando la Formación es heterogénea. Dentro de esta categoría están incluidos de manera formal o informal los “lentes” y “lenguas”, su abreviatura formal es “Mb.” Cap (IIGE, 2019; NASC, 2004, Reguant y Ortiz, 2001).

#### **3.2.1.4. Formación (Fm.)**

Es la unidad formal principal en la clasificación litoestratigráfica, presenta cierto grado homogeneidad litológica con espesores menores a uno hasta varios miles de metros y se diferencia de Formaciones adyacentes. Se caracteriza también por ser cartografiable a escalas considerables en la superficie de la Tierra, además pueden ser interpoladas e interpretadas en el subsuelo. Se debe crear o dar nombres a nuevas Formaciones

únicamente cuando estas pueden dibujarse a escalas regionales, su abreviatura formal es “Formación” (IIGE, 2019; NASC, 2004, Reguant y Ortiz, 2001).

### **3.2.1.5. Grupo (Gpo.)**

Un grupo está conformado por un conjunto de dos o más Formaciones contiguas que cuentan con propiedades litológicas similares. En general son mejor utilizadas en mapas a escalas pequeñas menores a 1:100.000 y análisis regionales. Es aconsejable la creación de grupos únicamente si este proceso permite simplificar la clasificación en regiones determinadas, su abreviatura formal es “Gpo.” (IIGE, 2019; NASC, 2004, Reguant y Ortiz, 2001).

### **3.2.2. Nomenclatura para cartografía estandarizada para Ecuador.**

La cartográfica geológica en el Ecuador sigue la nomenclatura publicada en el documento: “*Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica*”, elaborado por el Instituto de Investigación Geológico Energético (IIGE) en el 2019 en su segunda versión. Expone de manera simplificada diferentes aspectos geológicos y la utilización de simbología estandarizada universal. Para el caso de la cartografía geológica los aspectos a tomar en cuenta son: (1) unidades litoestratigráficas, (2) unidades geocronológicas, (3) delimitaciones por discontinuidades, (4) unidades bioestratigráficas, (5) estructuras geológicas, (6) elementos geomorfológicos.

Los elementos geológicos/cartográficos que utilizan simbología y abreviatura estandarizada son: (1) unidades cronoestratigrafías/geocronológicas, (2) unidades litoestratigráficas, (3) depósitos superficiales, (4) rocas intrusivas, (5) rocas porfídicas, (6) rocas volcánicas y volcanoclásticas, (7) rocas sedimentarias, (8) rocas metamórficas,

(9) minerales, (10) ocurrencias minerales, (11) datos geoquímicos, (12) tipos de alteración hidrotermal, (13) movimientos en masa (IIGE, 2019). Esta nomenclatura que se aplica en Ecuador es una recopilación de estándares internaciones publicados por la USGS (2020), Norma ISO 710 (1989) y Servicios Geológicos de Colombia (2020), Costa Rica (2017), España (2013), Gran Bretaña (2020), México (2015), Perú (2020).

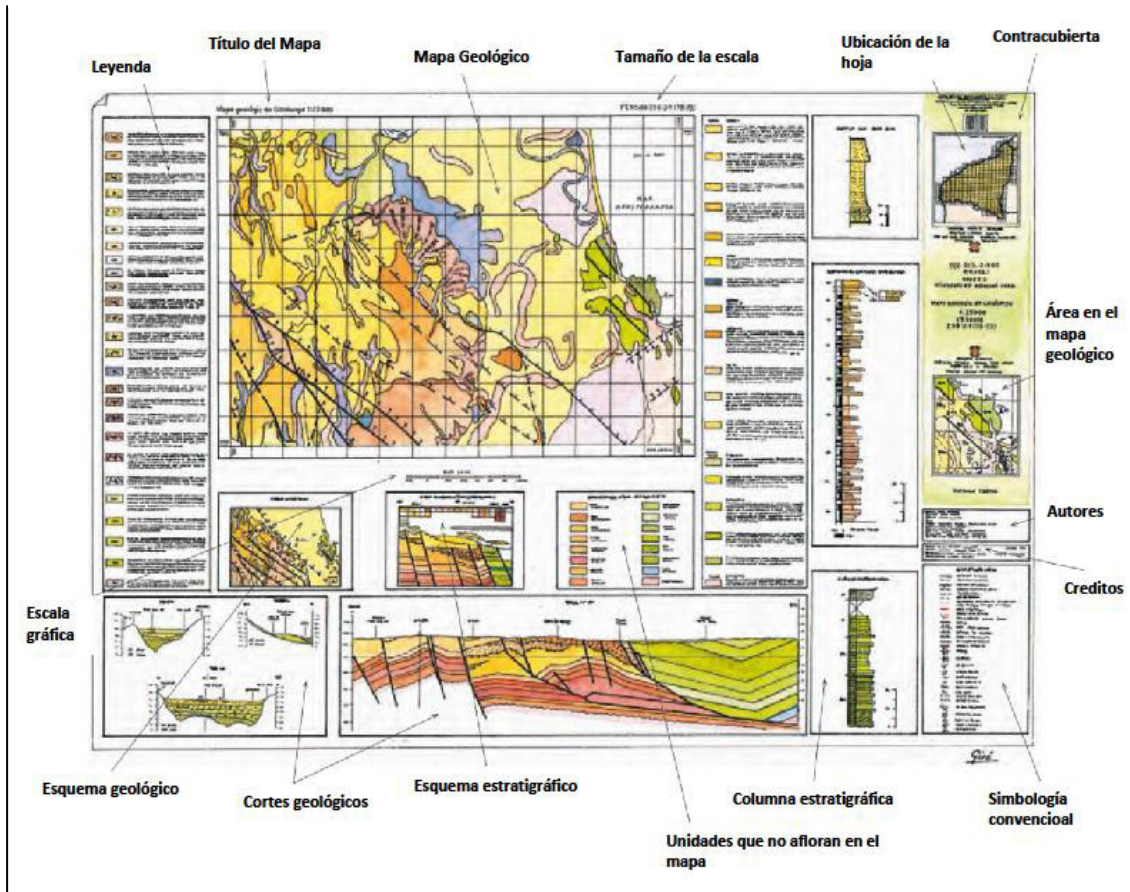
### **3.2.3. Mapa geológico**

Un mapa geológico es una publicación académica/científica que representa la expresión superficial de la configuración geológica de una determinada zona o región, esta información permite una reconstrucción en 3 dimensiones de los cuerpos geológicos (Robador, 2017). Para la elaboración de un mapa geológico es necesario disponer de una base de datos geoespaciales que serán manipulados en Sistemas de Información Geográfica (GIS) y la aplicación de estándares nacionales e internacionales para la elaboración, diseño y simbología del mismo (Servicio Geológico Colombiano, 2020).

Los conjuntos o cuerpos litológicos se definen con base en la escala, características y naturaleza, relaciones espaciales, edad relativa o absoluta. Los diferentes componentes del mapa geológico están representados por símbolos, tramas, y colores que son detallados en la leyenda y que se rigen bajo normas y estándares internacionales (IIGE, 2019). Entre los elementos que constituyen un mapa geológico están: (1) la imagen central que es el mapa geológico en cuestión, (2) leyenda de unidades estratigráficas y simbología, (3) corte geológico (opcional pero recomendable), (4) escala grafica o numérica, (5) indicativo del norte (Robador, 2017) (Figura 2).

Figura 2

Esquema de diseño de un Mapa Geológico.



Nota: Diseño modificado de *¿Cómo es un mapa geológico?* (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, 2021).

### 3.2.4. Fallas

Una falla geológica es una región de fractura sobre la cual se ha producido un movimiento relativo de grandes bloques de roca paralelos a la fractura (plano de falla) cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia mecánica de las rocas (Bates y Jackson, 1980). El movimiento que se produce sobre estas masas rocosas puede ser vertical, horizontal o una combinación de ambos y pueden estar en continuo movimiento durante largos periodos de tiempo. Según Lee et al. (2003), una falla se considera activa cuando ha tenido movimientos históricos en los últimos 10.000 años, al producirse un

deslizamiento de fallas generalmente se producen sismos, pero no todas las fallas generan terremotos muchas de ellas son capaces de moverse asísmicamente. La WSSPC (Western States Seismic Policy Council) ha clasificado 3 tipos de fallas activas:

**Falla activa del Holoceno**, es decir que se ha movido en los últimos 10 000 años.

**Falla activa del Cuaternario Tardío**, es decir que ha tenido movimiento en los últimos 130.000 años.

**Falla activa del Cuaternario** con movimiento en los últimos 1.600.000 años.

Según su movimiento se clasifican en 3 tipos (INPRES, 1983):

**Falla normal:** se produce donde existe presencia de tensiones horizontales, es decir las fuerzas aplicadas sobre las masas de roca son perpendiculares al azimut de la falla y el desplazamiento predominante es vertical con respecto al plano de falla, generalmente, alrededor de  $60^\circ$  con la horizontal. El bloque que se encuentra por sobre el plano de falla se denomina techo y el bloque que se encuentra por debajo del plano de falla se denomina piso (Figura 3A).

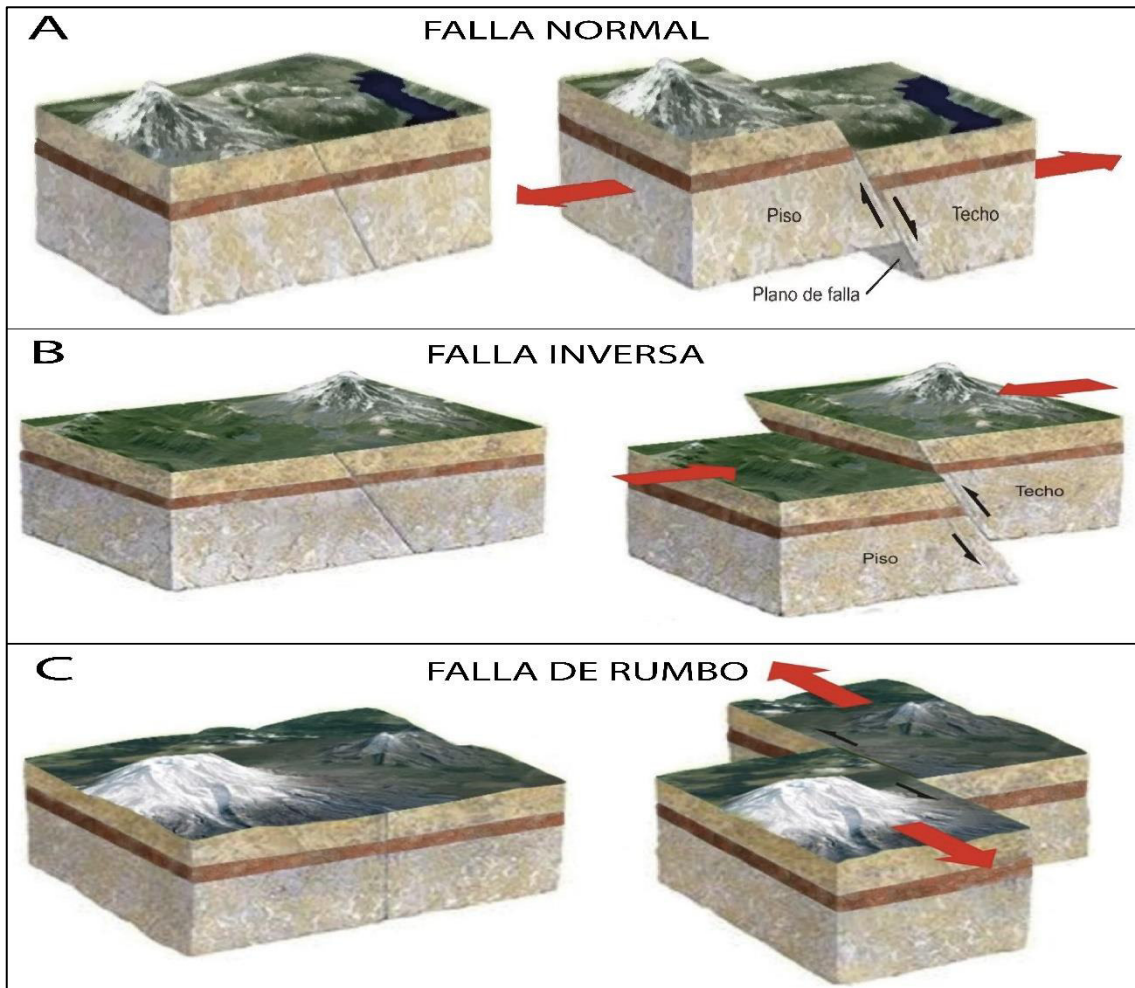
**Falla inversa:** este tipo de falla se genera en regímenes de compresión horizontal con deslizamientos horizontales y un ángulo alrededor de  $30^\circ$  con la horizontal, cuando este ángulo es inferior a los  $45^\circ$  se produce el fenómeno de cabalgamiento (Figura 3B).

**Falla de desgarre o deslizamiento de rumbo:** Se desarrolla a lo largo de planos verticales, sin embargo, el deslizamiento es horizontal, generalmente se produce en los límites transformantes. En este tipo de movimiento se presenta dos tipos de deslizamiento: (1) dextral o movimiento relativo de bloques hacia la derecha y (2) sinistral o movimiento relativo de los bloques hacia la izquierda (Figura 3C).



**Figura 3**

*Modelos idealizados de los diferentes tipos de fallamientos.*



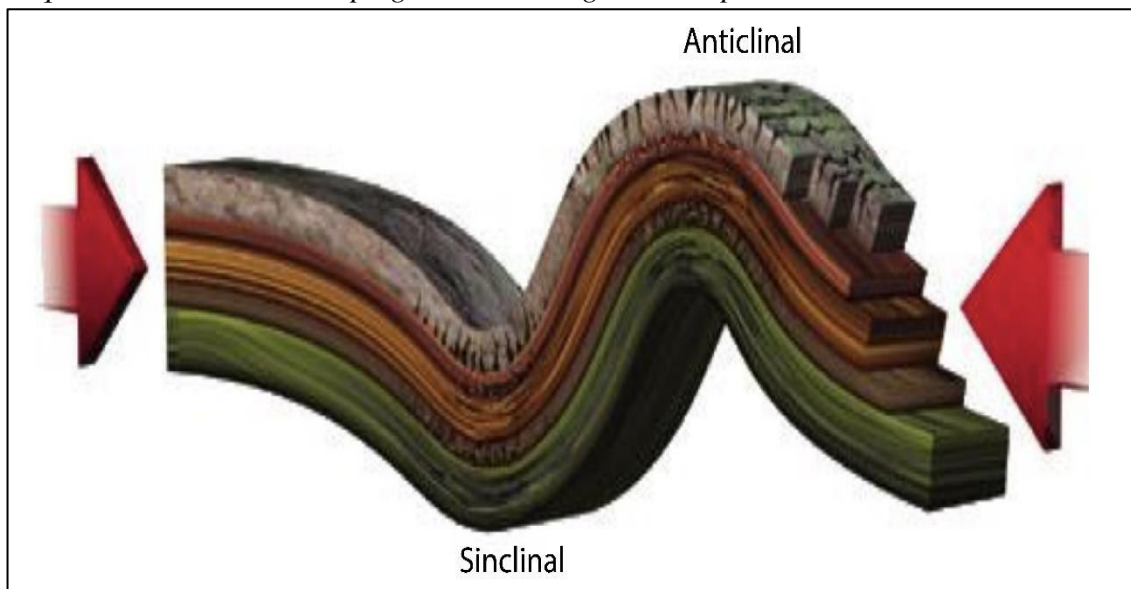
*Nota:* A) Falla normal B) Falla inversa, C) Falla de rumbo. Esquema modificado de *Publicación Técnica N° 18* (INPRES, 1993).

### 3.2.5. Pliegues

Son deformaciones de las capas geológicas o estratos a manera de ondas, se producen como respuesta a esfuerzos compresivos que se dan en un régimen dúctil y no se produce una ruptura (fracturamiento). Cuando presenta una cresta se denomina anticlinal, mientras que si presenta un valle se denomina sinclinal (INPRES, 1993) (Figura 4).

## Figura 4

*Esquema idealizado de un plegamiento en régimen compresivo.*



*Nota: Esquema modificado de *Publicación Técnica N° 18*, (INPRES, 1993).*

### 3.2.6. Contactos

Tarbuck y Lutgens (2005) manifiestan que cuando en los contactos entre capas o estratos rocosos no existe ninguna interrupción estos se denominan contactos concordantes. Por otro lado, los depósitos que se han visto interrumpidos en todo el registro litológico se denominan discontinuidad estratigráfica y representan un largo periodo de tiempo en los que la sedimentación ha sido interrumpida. Entre las principales discontinuidades estratigráficas se presentan:

**Discordancia angular:** Consiste en depósitos y rocas sedimentarias que se encuentran plegadas, inclinadas o deformadas por debajo de estratos planos horizontales más jóvenes, indica una pausa durante la sedimentación, posterior deformación y la reactivación de la sedimentación (Figura 5A).

**Paraconformidad:** Representa una discontinuidad en la sedimentación entre depósitos antiguos y más jóvenes en el tiempo geológico. En este caso, la interrupción de la

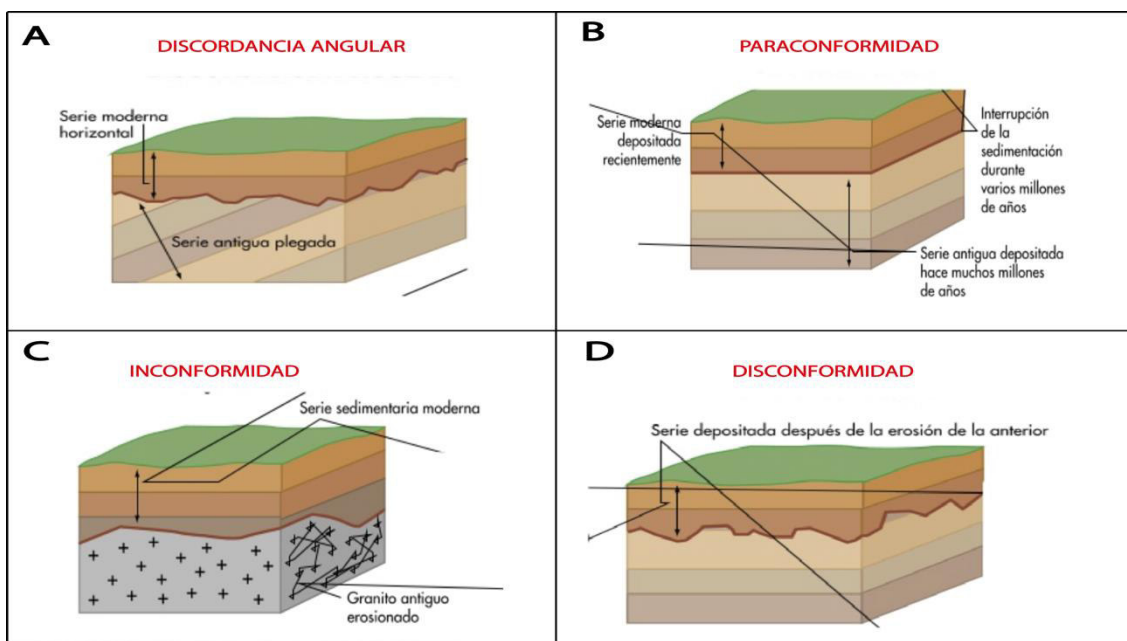
sedimentación duró millones de años, a diferencia de la discontinuidad angular este tipo de disconformidad no presenta deformación, se encuentra delimitada por superficies de erosión (Figura 5B).

**Inconformidad:** Discontinuidad entre series longevas de rocas (ígneas y/o metamórficas) y estratos sedimentarios recientes separados por una superficie de erosión (Figura 5C).

**Disconformidad:** Discontinuidad entre series sedimentarias antiguas sometidas a procesos erosivos y una posterior depositación de una nueva serie sedimentaria (Figura 5D).

## Figura 5

Clasificación de contactos estratigráficos.



*Nota:* A) Contacto estratigráfico en discordancia angular, B) Contacto estratigráfico en Paraconformidad, C) Contacto estratigráfico en inconformidad, D) Contacto estratigráfico en disconformidad. Modificado de *Ciencias de la Tierra (8.a ed.)* (Tarbuck y Lutgens, 2005).

### **3.2.7. Nomenclatura para hidrogeología**

#### **3.2.7.1. Ciclo Hidrogeológico y sus componentes**

En el planeta Tierra existe un bajo porcentaje de agua dulce, el 98% de ese pequeño porcentaje corresponde al agua subterránea. El agua circula en la atmósfera, en la parte superficial de los continentes y de manera subterránea; todo esto conjuga el ciclo hidrológico, el cual genera un bucle que no tiene principio ni fin. A pesar de ello, se puede comenzar el ciclo a partir de los océanos (agua superficial), la cual por un proceso de evaporación asciende hacia la atmósfera en función de la energía solar disponible en el planeta, obteniéndose mayor evaporación en zonas ecuatoriales debido a la mayor radiación. El agua evaporada ya en la atmósfera dependiendo de las condiciones climáticas se condensa y se convierte en gotas que caen por precipitación, algunas de ellas se evaporan nuevamente y ascienden, mientras que las demás caen sobre la superficie terrestre (continental u oceánica). La cantidad de agua que llega a la superficie tiene varios caminos, uno de ellos es la escorrentía superficial, es decir se dirige pendiente abajo en forma de drenajes que pueden llegar a fluir como corrientes y desembocar en ríos principales, lagunas u océanos. Otra posibilidad es que exista infiltración, es decir que el agua se introduce por los poros de suelos y/o rocas y recarga zonas de agua subterránea que están en la zona saturada. La escorrentía subterránea se da cuando el agua subterránea se transporta por medios porosos de rocas y sedimentos existentes en esa zona, teniendo en ocasiones una descarga de agua en superficie, y en otras ocasiones se queda en subsuperficie. El ciclo continúa y toma lugar la evaporación, la cual no se restringe a un cuerpo de agua superficial (ríos, lagunas, océanos, reservorios), sino también puede estar desde la zona saturada o desde zonas superficiales (suelos) y es allí

donde la evaporación puede actuar sola o a través de la transpiración de las plantas, a esto se lo conoce como evapotranspiración (Fetter, 2001).

#### **3.2.7.2. Líneas de flujo**

Las líneas de flujo muestran las direcciones instantáneas a lo largo del sistema, que van desde la zona de recarga hasta la zona de descarga de agua subterránea y son perpendiculares a las líneas equipotenciales durante todo el flujo (Freeze y Cherry, 1979) (Figura 6).

#### **3.2.7.3. Líneas equipotenciales**

Las líneas equipotenciales son las huellas o rastros en dos dimensiones de superficies equipotenciales que fueron formadas por puntos de iguales cargas hidráulicas en tres dimensiones. El resultado de la intersección entre líneas de flujo y líneas equipotenciales es conocido como la red de flujo (flow net) (Freeze y Cherry, 1979) (Figura 6).

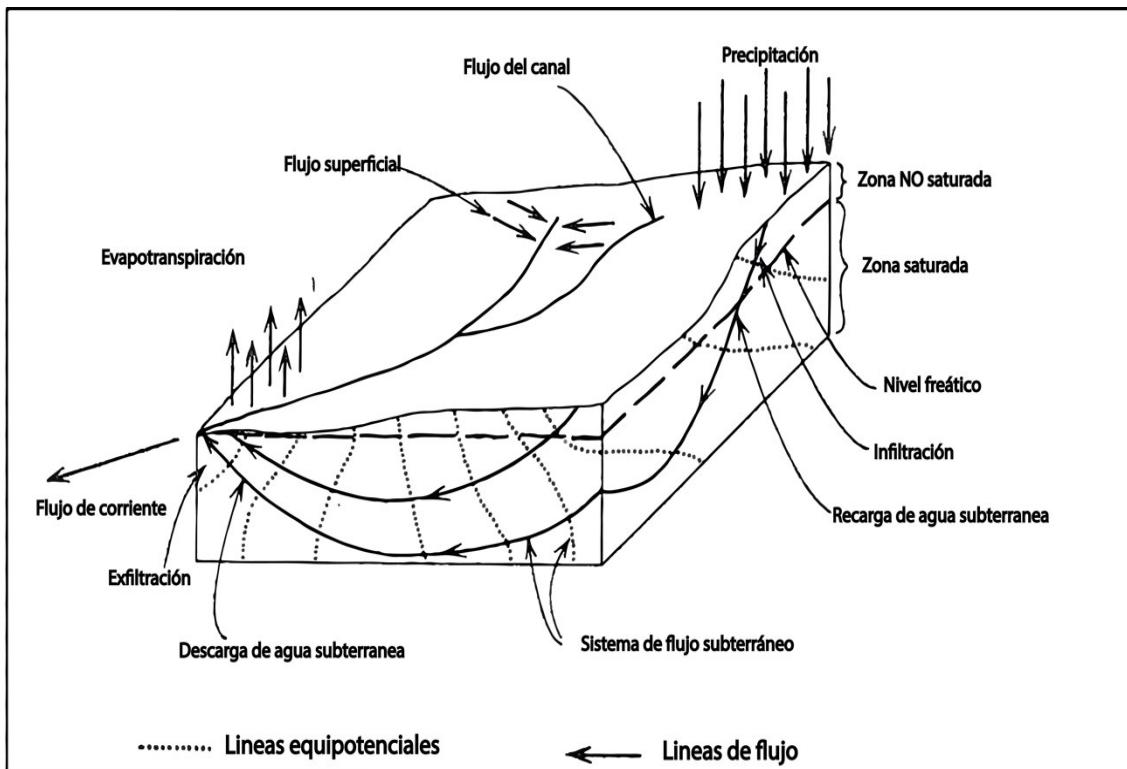
#### **3.2.7.4. Zona de recarga y descarga**

La zona de recarga representa las zonas con cotas altas de una cuenca donde la red de flujo de agua subterránea está alejada del nivel freático y la dirección del flujo tiende a ser hacia abajo cerca de la superficie. Por otro lado, la zona de descarga está descrita por las zonas de la cuenca donde el agua subterránea se direcciona hacia el nivel freático y la dirección del flujo tienden a ser hacia arriba cerca de la superficie. Una diferencia entre las dos zonas se da en que el nivel freático para la zona de recarga está en profundidad, mientras que el nivel freático para la zona de descarga se ubica en o cerca de superficie. Adicionalmente, para delimitar las dos zonas existe un tipo de línea

denominado en inglés “hinge line”, la cual separa la zona de recarga con la de descarga (Freeze y Cherry, 1979).

### Figura 6

Representación del ciclo hidrológico, zonas de recarga y descarga, líneas de flujo y equipotenciales.



Nota: Esquema modificado de *Groundwater* (Freeze y Cherry, 1979).

#### 3.2.8. Mapa de Inventario de puntos de agua

El mapa de puntos de agua representa a la zonificación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Para ello, se muestrea los diferentes puntos de agua como ríos, vertientes y pozos (excavados y perforados), para determinar las zonas de recarga y descarga de la cuenca, factores de flujo del agua subterránea. Cada uno de estos puntos debe estar georreferenciado utilizando el sistema geodésico de coordenadas WGS84.

Además, el mapa debe contar con una leyenda que permita distinguir según el tipo de punto de agua.

El estudio de aguas subterráneas se fundamenta en métodos exploratorios que permiten construir el mapa inventario de puntos de agua el mismo que constituye una herramienta indispensable para la generación de información intrínseca de las zonas acuíferas en estudio y permite la valoración de los recursos hídricos subterráneos. Es la base primordial dentro del levantamiento hidrogeológico para la elaboración de cartografía de aguas subterráneas (mapas piezométricos, mapas de parámetros físico-químicos). La densidad del mapa inventario de puntos de agua está ligada a la escala, el detalle con la que se realiza el levantamiento hidrogeológico, acceso a los diversos puntos de agua y disponibilidad económica (Burbano et al., 2015).

### **3.2.9. Porosidad**

Se conoce como porosidad o porosidad total al cociente entre el volumen de vacíos ( $V_V$ ) y el volumen total ( $V_T$ ) de la muestra que incluye espacios sólidos y vacíos. El valor de la porosidad puede ser expresado como un valor porcentual (%) o un valor decimal.

$$n = \frac{V_V}{V_T}$$

El volumen de vacíos está constituido por los espacios de roca o sedimento que no contienen material sólido, incluyendo poros o fisuras que pueden encontrarse interconectados. El volumen total de la muestra es el resultado de la suma del volumen de vacíos ( $V_V$ ) más el volumen de sólidos ( $V_S$ ). La relación que existe entre el volumen de poros interconectados ( $V_I$ ) y el volumen total ( $V_T$ ) se lo denomina porosidad efectiva ( $n_e$ ).

En ciertos casos la porosidad efectiva puede llegar a ser igual o menor a la porosidad total (Woessner y Poeter, 2020) (Tabla 1).

$$n_e = \frac{V_I}{V_T}$$

**Tabla 1**

*Rangos de valores de porosidad total y efectiva*

<b>Porosidad Total y Efectiva</b>		
<b>Material No Consolidado</b>	<b>Porosidad Total</b>	<b>Porosidad Efectiva</b>
Grava	0.25 - 0.44	0.13 - 0.44
Arena Gruesa	0.31 - 0.46	0.18 - 0.43
Arena Media	--	0.16 - 0.46
Arena Fina	0.25 - 0.53	0.01 - 0.46
Limo, sedimento eólico	0.35 - 0.50	0.01 - 0.39
Arcilla	0.40 - 0.70	0.01 - 0.18
<b>Rocas Cristalinas y Sedimentarias</b>		
Calizas de arrecife y Karst	0.05 - 0.50	--
Caliza, Dolomita	0.00 - 0.20	0.01 - 0.24
Arenisca	0.05 - 0.30	0.10 - 0.30
Limolita	--	0.21 - 0.41
Basalto	0.5 - 0.50	--
Roca cristalina fracturada	0.00 - 0.10	--
Granito meteorizado	0.34 - 0.57	--
Roca cristalina no fracturada	0.00 - 0.05	--

*Nota:* Datos modificados de *Hydrogeologic Properties of Earth Materials and Principles of Groundwater Flow* (Woessner y Poeter, 2020).

La porosidad se clasifica con base en su origen de depósito y consta de dos fases: la primera ocurre en la depositación y litificación de la roca, mientras que la segunda ocurre



en procesos posteriores a la formación de la roca como fracturamientos, metamorfismo, meteorización. Teniendo dos grupos de porosidad: primaria y secundaria.

### **3.2.9.1. Porosidad primaria**

Este tipo de porosidad hace referencia a su proceso de formación. Los factores que influyen en la porosidad primaria de materiales granulares son: el sorteo, la uniformidad, el empaquetamiento y la porosidad intrínseca de cada partícula.

### **3.2.9.2. Porosidad secundaria**

La porosidad secundaria se basa en los procesos posteriores de la formación de una roca, y es capaz de aumentar los valores de porosidad efectiva de un material poroso. Existen muchas rocas que no poseen porosidad al ser formadas como rocas ígneas o metamórficas. Sin embargo, pueden existir procesos posteriores a la formación de la roca como esfuerzos tectónicos y meteorización (física o química), que generen un incremento en el porcentaje de porosidad de la roca (Woessner y Poeter, 2020).

### **3.2.10. Caudal específico**

El término de caudal específico ( $S_y$ ) describe la relación entre el volumen de agua drenada por gravedad ( $V_D$ ) con respecto al volumen total de la muestra ( $V_T$ ) y da como resultado un valor adimensional (Woessner y Poeter, 2020).

$$S_y = \frac{V_D}{V_T}$$

### **3.2.11. Retención específica**

La retención específica ( $S_r$ ) es el cociente entre el volumen retenido ( $V_R$ ) y el volumen total de la muestra ( $V_T$ ). Siendo  $V_R$  el volumen fraccional que no fue drenado y

se quedó adherido al material de los poros debido a las fuerzas capilares. Se calcula también mediante la resta de  $V_I - V_D$  (Woessner y Poeter, 2020).

$$S_r = \frac{V_R}{V_T}$$

### **3.2.12. Potencial o carga hidráulica**

La carga hidráulica ( $h$ ) o fuerza de potencial es una cantidad escalar con la capacidad de generar fuerza y es el resultado de la resta de la cota del punto de agua ( $h_1$ ) menos la altura a la que se encuentra el nivel de agua ( $NA$ ).

$$h = h_1 - NA$$

La carga hidráulica también puede ser representada por la suma de la carga de elevación ( $z$ ) con respecto a un datum conocido más la carga de presión ( $\psi$ ) del fluido (Freeze y Cherry, 1979).

$$h = z + \psi$$

### **3.2.13. Gradiente hidráulico**

El gradiente hidráulico ( $i$ ) es un valor adimensional entre dos puntos y representa el cociente entre la diferencia de cargas hidráulicas ( $\Delta h$ ) de dichos puntos y la diferencia de distancia ( $\Delta L$ ) a lo largo de la línea de flujo. Si el valor del gradiente hidráulico es cero o el valor de  $\Delta h = 0$ , no existe movimiento del agua (Woessner y Poeter, 2020).

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

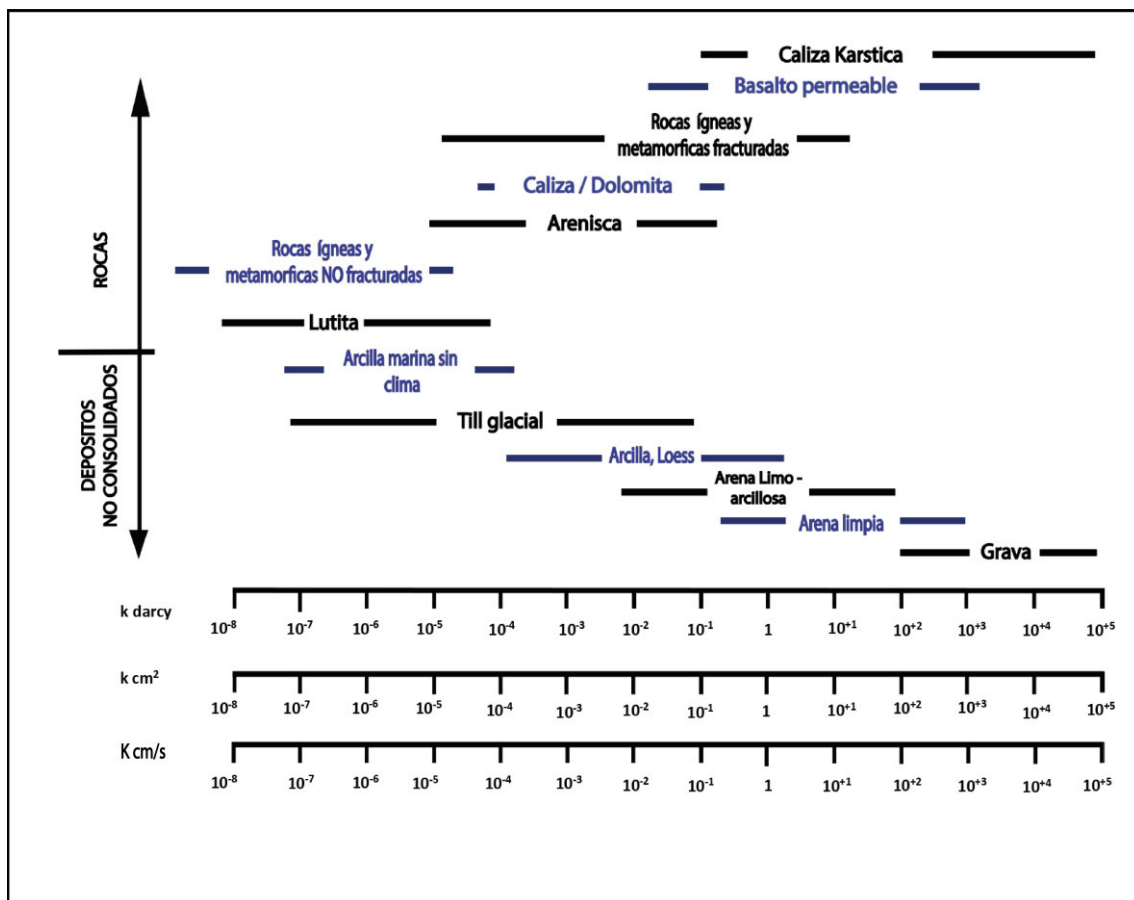
### **3.2.14. Conductividad hidráulica**

La conductividad hidráulica ( $K$ ) es una constante de proporcionalidad que simboliza la facilidad relativa que puede tener un fluido para atravesar por un material

poroso. Es importante recalcar que  $K$  no es una velocidad a pesar de tener unidades de  $L/T$ , sino que representa las propiedades de transmisión dentro de un medio poroso (Woessner y Poeter, 2020) (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Rangos de permeabilidad intrínseca ( $k$ ) y conductividad hidráulica ( $K$ ).*



*Nota:* Datos modificados de *Hydrogeologic Properties of Earth Materials and Principles of Groundwater Flow* (Woessner y Poeter, 2020).

### 3.2.15. Transmisividad

La transmisividad ( $T$ ) es el producto de la conductividad hidráulica ( $K$ ) por el espesor ( $b$ ) del acuífero saturado con unidades  $[L^2/T]$ . La transmisividad representa la capacidad de transmisión en franja lateral de un sistema de acuífero.

$$T = K * b$$

La transmisividad es constante en un acuífero confinado de espesor uniforme con condiciones homogéneas e isotrópicas, mientras que para un acuífero libre (no confinado) la transmisividad varía con respecto al espesor del estrato, donde a mayor espesor mayor será el valor de  $T$  (Woessner y Poeter, 2020).

### **3.2.16. Almacenamiento**

El almacenamiento ( $S$ ) antes conocido con el nombre de “coeficiente de almacenamiento” es representado por la competencia que posee un acuífero para almacenar o liberar agua (Woessner y Poeter, 2020). Siendo así, se define como el valor adimensional de la relación entre el volumen de agua almacenado o liberado por unidad de cambio en la carga hidráulica por una unidad de área (Freeze y Cherry, 1979).

Un acuífero libre está controlado por el caudal específico ( $S_y$ ), es decir por drenaje por gravedad. Además, posee dos componentes: el almacenamiento específico ( $1/L$ ) y el espesor saturado promedio ( $b_{average}$ ) antes y después que el nivel de agua cambie. Mientras que, para un acuífero confinado que permanece saturado cuando ocurre el cambio de carga, no se genera un drenaje por gravedad como en el caso de un acuífero libre (Woessner y Poeter, 2020).

### **3.2.17. Modelo conceptual de flujo de agua subterránea**

Este tipo de modelo representa al sistema de agua subterránea el cual involucra descripciones e interpretaciones geológicas e hidrogeológicas, considerando las propiedades hidráulicas del acuífero, líneas de flujo y equipotenciales (red de flujo), componentes del balance de agua (Ingol y Castañeda, 2017). Perea (2017) define como

modelo conceptual al proceso de desarrollo de un modelo numérico que requiere varias etapas de planificación y construcción. Consta de las siguientes etapas:

- 1. Definición de modelo:** Es el paso más importante de todo el procedimiento, en el mismo debe quedar figurado el funcionamiento del acuífero en cuestión con base en la información disponible y el detalle con la que se realizará el modelo. Este modelo debe integrar los siguientes aspectos: (a) Litología, en este apartado debe quedar plasmado las formaciones geológicas, la composición, el tipo de la permeabilidad asociada, (b) Geometría de las unidades geológicas, como se encuentran distribuidas en extensión y espesor, (c) Balance general de acuífero (recarga, descarga, dirección de flujo), (d) Identificación de la zonas saturada y no saturada y sus espesores aproximados, (e) Caracterización hidráulica (permeabilidad, potencial hidráulico, relaciones hidráulicas con otras unidades geológicas, tipificación del acuífero).
- 2. Definición general del posible modelo:** En esta etapa se incluyen: (a) análisis de objetivos, (b) datos disponibles, (c) grado de complejidad de modelo a utilizar, (d) programa de cálculos numéricos.
- 3. Discretización:** En este apartado se define el tamaño de grano, resolución en el tiempo, la geometría del sistema de acuíferos, las condiciones de contorno del sistema.
- 4. Condiciones de contorno:** Los límites del sistema se definirá con base en la geometría existente y esta dependerá de parámetros como: (a) potencial hidráulico, (b) caudal, (c) relación caudal y potencial del sistema acuífero, (e) acciones externas que se excluyen (recarga procedente de la lluvia, evapotranspiración, bombeos, drenaje hacia ríos, descarga procedente de vertientes, drenaje, actividad antrópica).

La finalidad de estos modelos hidrogeológicos es para usos tales como: (a) Evaluación general del recurso de aguas subterráneas y superficiales, (b) Predicción de efectos de posibles abatimientos, (c) Zonificación de zonas de captura, (d) Aplicación de redes de monitoreo, (e) Rastreo y determinación de contaminantes, (d) Evaluación de riesgos de contaminación, (f) Reglamentación del recurso hídrico, (g) Evaluación de posibles problemas geotécnicos, (h) Gestión y ordenamiento de cuencas.

### **3.3. Museología.**

Etimológicamente, la museología se refiere al estudio de los museos y no a su práctica, que sería área de aplicación de la museografía. Según la definición formal reconoce a lo relacionado y concerniente a los museos. La definición propuesta por Georges Henru Rivière en 1981 indica que “La museología es una ciencia aplicada, la ciencia del museo” es decir que estudia su historia y su rol en la sociedad, las formas específicas de investigación, su manera de conservación física, la presentación, animación y difusión de su institucionalidad. Por otro lado, Deloche (2001) define a la museología como una filosofía envuelta en dos tareas: (1) sirve de metateoría a la ciencia documental intuitiva, (2) ética reguladora de toda institución encargada de administrar la función documental intuitiva concreta.

#### ***3.3.1. Rocas, minerales y fósiles: punto de vista histórico***

“Las rocas tienen memoria”, son el material que constituyen toda la corteza que mide alrededor de 80 kilómetros en las zonas con mayor espesor y es la capa terrestre que alberga todos los recursos que se encuentran a disposición. En una roca se puede leer la historia del lugar, de la Tierra, en ellas quedan registrados procesos como impacto de meteoritos, si estas se calientan o son enterradas. Muchas de sus propiedades como su

mineralogía, color, textura están asociadas generalmente al lugar donde esta se enfrió. La historia de nuestro planeta al igual que los registros en rocas, el registro fósil proporciona gran cantidad de información acerca del pasado de la Tierra, en ellas se puede evidenciar el proceso de cambio y transformación del planeta (Santillán, 2013). La interpretación de los registros fósiles ha jugado un papel importante en el reconocimiento en la antigüedad del planeta y en el desarrollo de nuevas teorías evolutivas. “Los minerales poseen todos los órganos y facultades para la conservación de su propio ser” (Pedrinaci, 1993).

### **3.3.2. Rocas**

Se define como un agregado sólido, consolidado conformado por uno o varios minerales originados de forma natural por procesos endógenos y exógenos (Orozco et al., 2014), ensamblado por agentes cementantes y como resultado de procesos de diagénesis (para el caso de rocas sedimentarias). Según su origen se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas (Ramírez y Alejano, 2004).

### **3.3.3. Láminas delgadas de rocas**

Una lámina o sección delgada es una sección de roca de un espesor aproximado de 3  $\mu\text{m}$  es decir 0,003 cm que se encuentra adherida a un portaobjetos petrográfico (fabricado de vidrio) con resina epoxi para su posterior estudio bajo microscopio petrográfico. Las medidas estandarizadas del portaobjetos petrográfico son 26 mm x 46 mm y por lo general son recubiertos con una capa de vidrio adicional denominada cubre objetos que de la misma manera puede ser adherida con resina epoxi o bálsamo de Canadá, de manera teórica el índice de refracción de la resina epoxi es igual a 1,54 (Hirsh, 2012). Estas láminas son utilizadas para una descripción petrográfica a detalle, colores de interferencia, birrefringencia, relieve, maclas, asociaciones minerales, entre otras.

#### **3.3.4. Muestras de mano**

Una muestra de mano es una sección representativa de un afloramiento que contiene su textura, estructuras, mineralogía. Es muy común que la roca varíe en su composición a escala de afloramiento, muestra de mano e incluso a escala microscópica, dependiendo de los objetivos de estudio la estrategia de muestreo puede ser variable. La escala de estudio en una muestra de mano es de orden centimétrico (Hernández, 2017).

#### **3.3.5. Sedimentos**

Granos no consolidados de minerales, materia orgánica o de rocas preexistentes que por lo general son resultados de procesos de erosión, meteorización y son transportados por agentes como el agua, hielo, viento para luego ser depositados en las cuencas sedimentarias (Oilfield Glossary en Español, 2021).

#### **3.3.6. Muestras de Sedimentos**

Las muestras de sedimentos son recolectadas por diferentes métodos que responden a los distintos objetivos. Definidas las características que deben tener las muestras se escoge las herramientas de extracción (trampa de sedimentos, muestreador tipo recogedor, cilindros), las muestras pueden ser perturbadas y no perturbadas evitando lo posible la contaminación de agentes externos. Estas muestras permiten una variedad de análisis: geoquímicos, contaminación, radioactividad, procedencia, mineralógico, granulométrico (Herranz et al. 2007).

#### **3.3.7. Láminas delgadas de rocas sedimentarias y/o sedimentos**

Al igual que las secciones o láminas delgadas de rocas son rebanadas de restos de minerales o granos sin consolidación de manera natural que han sido consolidados con



resina de manera artificial y así puedan comportarse como un solo cuerpo rocoso, en este caso la resina cumple la función de cemento, para el estudio de porosidad y permeabilidad se le agrega tintes o coloraciones especiales que facilitan la visibilidad de los contactos entre granos (Hernández et al., 2013).

### **3.3.8. *Ensayos en sedimentos***

Entre los diversos ensayos que se pueden realizar en sedimentos y en material no consolidado son los ensayos granulométricos. Un análisis granulométrico de un agregado de sedimentos se comprende al procedimiento ya sea manual o mecánico de separación de partículas según el tamaño de grano con el objetivo de conocer la cantidad en peso por tamaño de partícula. Es necesario diferentes tamices con diferentes aberturas de malla que permitan la discriminación de los materiales en los diferentes tamaños granulométricos (arcilla – limo – arena fina hasta gruesa, gravas y guijarros). Para expresar los resultados los pesos retenidos del material en cada uno de los tamices se expresan en un porcentaje del valor total. Estos ensayos se pueden realizar con sedimentos secos y por lavado siguiendo los estándares ASTM C 136-01 (Método estándar de ensayo para análisis por tamizados de agregados finos y gruesos) y ASTM C 117-95 (Método de ensayo estándar para material más fino que la malla No. 200 en agregado mineral por lavado) (Cañas, 2007). La representación gráfica de los resultados en el ensayo de granulometría se realiza a través de la curva granulométrica graficada en un formato “log-normal” representando el porcentaje de material que atraviesa cada tamiz. Esta gráfica permite conocer datos como son el coeficiente de uniformidad (Cu), coeficiente de concavidad (Cc), módulo de finura (Cañas, 2007).

### 3.4. Acuíferos

Un acuífero es una formación geológica que contiene una cantidad apreciable de agua y permite que esta circule, almacene y sea transmisible con facilidad a través de las rocas que lo componen (ígneas, sedimentarias, metamórficas) y sedimentos. Por otro lado, si la cantidad de agua almacena es considerable, pero le es imposible que agua fluya a través de ella esta se denomina “acuicludo”. Si el flujo de agua dentro de la Formación se lleva a cabo con cierto grado de dificultad es designado “acuitardo”. Se denomina “acuífugo” a aquella Formación Geológica que no contiene agua en su interior porque no permite que la misma circule (Needham, 1970).

Los han sido clasificados según: (1) por la presión hidrostática, (2) el tipo de porosidad y (3) en función del tipo de materiales que lo constituyen.

Según la presión hidrostática los acuíferos se clasifican en:

**Acuífero libre:** También denominado acuífero no confinado o acuífero freático (Villarroya, 2009). En este tipo de acuífero el agua se encuentra por debajo de la formación permeable, se encuentran en contacto directo con la superficie del terreno y el aire de la zona no saturada, el nivel freático es sometida a presión atmosférica (Villarroya, 2009; López et al. 2009; Ordoñez, 2011). El agua es liberada por drenaje ya sea espontáneo o por acción antrópica lo que produce una desaturación (Villarroya, 2009) (Figura 7A).

**Acuífero confinado:** También denominados acuíferos cautivos o a presión. En este tipo de acuífero el límite superior o techo el agua se encuentra a una presión superior a la atmosférica (López et al. 2009). Se encuentran limitados en el subsuelo tanto por arriba como por abajo por capas de materias impermeables. El peso de las capas superiores ejerce una carga o presión sobre el agua (presión intersticial) y

también sobre la estructura del acuífero (tensión intergranular) (Villarroya, 2009).

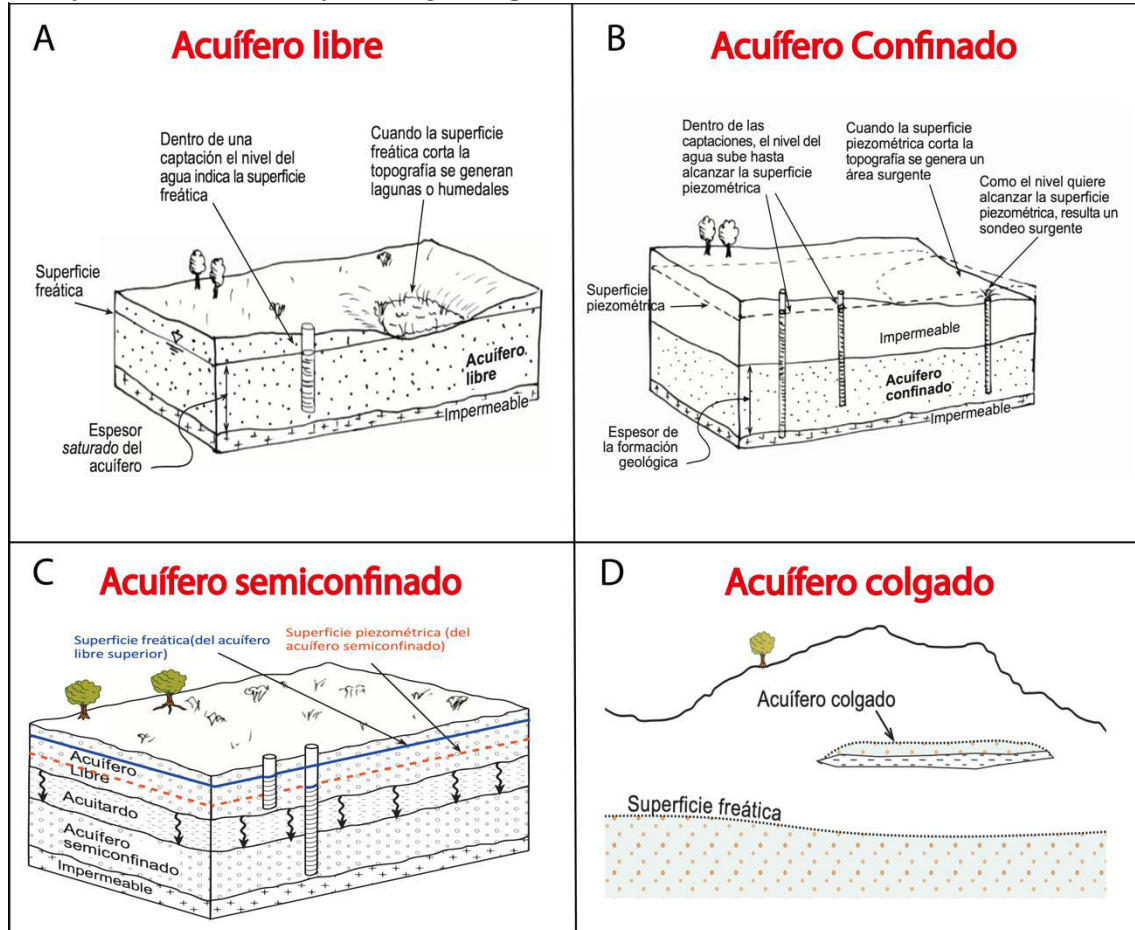
El agua cede por la expansión del agua cuando se produce una descompresión del acuífero (Ordoñez, 2011) (Figura 7B).

**Acuífero semiconfinado:** denominado también semicautivo y es considerado un caso particular dentro de los acuíferos ya que una o ambas de las capas limitantes no son totalmente impermeables, es decir que permiten de alguna manera el flujo y circulación de agua (López et al. 2009). Se considera un sistema físico integrado por un acuífero superior bien alimentado, una capa semipermeable o acuitardo y también por un acuífero semiconfinado. La diferencia del nivel piezómetro entre los acuíferos facilita un movimiento vertical de agua que puede ser ascendente y/o descendente y depende de las posición y geometría de los acuíferos adyacentes (Villarroya, 2009; Ordoñez, 2011) (Figura 7C).

**Acuífero colgado:** Lentejones o capas discontinuas de baja permeabilidad dentro de la zona no saturada, estas capas retienen parte de la recarga durante un periodo de tiempo y generan saturadas extensas en la zona saturada regional (López et al. 2009) (Figura 7D) .

Figura 7

Clasificación de los acuíferos según la presión hidrostática.



Nota: A) Acuífero Libre, B) Acuífero confinado, C) Acuífero semiconfinado, D) Acuífero Colgado. Modificado de *Hidrología Superficial y Subterránea*, (Sanchez, 2017).

Clasificación según el tipo de porosidad, Hispagua (2021) los define como:

**Acuífero detrítico:** conformado por roca sedimentarias o detritos, en la que porosidad y permeabilidad intergranular depende de la porosidad primaria de los materiales que conforman el sistema, pero también puede estar asociada en menos proporción a porosidad secundaria por fisuración, disolución, esto en rocas parcialmente cementadas y/o consolidadas.

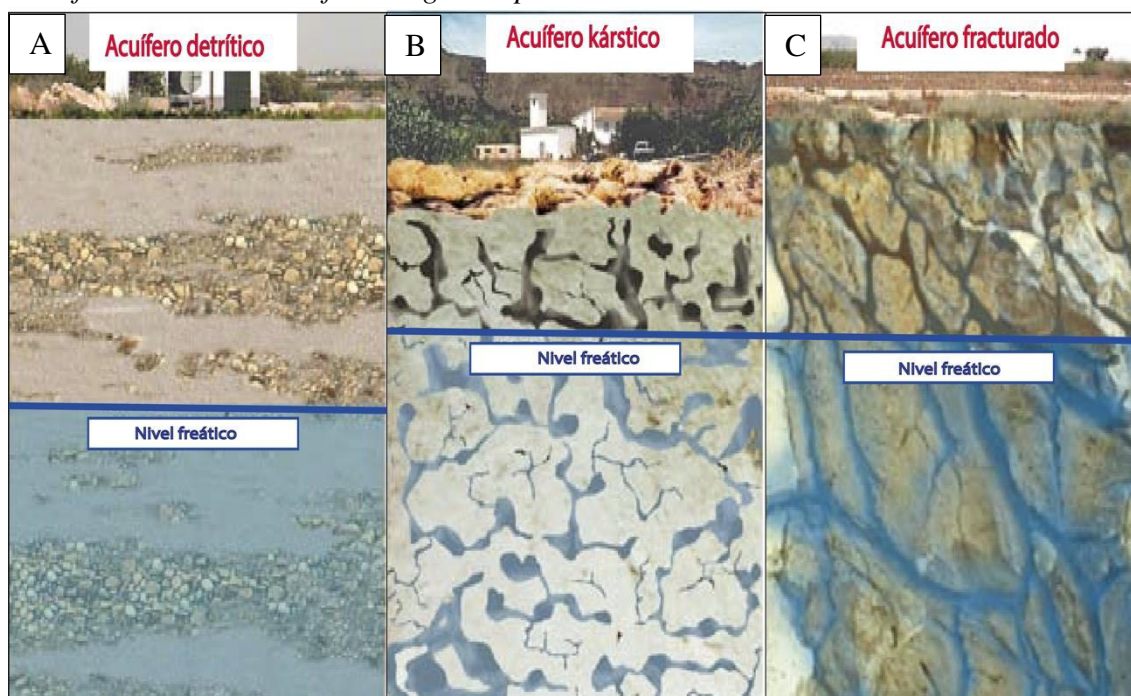
**Acuífero fisurado o fracturado:** este tipo de sistema se emplaza en rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias bien consolidadas en donde la permeabilidad y porosidad se asocia a grietas, fracturas (porosidad secundaria) de origen mecánico (Figura 8A).

**Acuífero kárstico:** corresponden a acuíferos emplazados en rocas carbonadas ya sean calizas, dolomías, yesos. Generalmente, su porosidad y permeabilidad depende de la disolución de sus componentes (porosidad secundaria) (Figura 8B).

**Acuífero mixto:** presenta una combinación de los acuíferos anteriores (porosidad primaria y secundaria), un ejemplo representativo son las calcarenitas (Figura 8C).

## Figura 8

*Clasificación de los acuíferos según su porosidad.*



*Nota:* A) Acuífero detrítico, B) Acuífero kárstico, C) Acuífero fracturado. Modificado

*Hidrogeología de Hispagua (2021).*

López et al. (2009) clasifica a los acuíferos según el del tipo de materiales que lo constituyen.

**Depósitos no consolidados de materiales sueltos:** generalmente constan arenas, gravas, sedimentos de distinta génesis geológica (fluvial, deltaico, cuaternarios) que han sido transportados por agua, viento o hielo. Debido a esta configuración suelen aportar caudales considerables.

**Rocas sedimentarias consolidadas:** sedimentos después del proceso de diagénesis y se clasifican según el origen: detrítico, químico, orgánico. Varían mucho en permeabilidad, porosidad, densidad según el ambiente sedimentario. Las calizas son las que generan un desarrollo de permeabilidad por procesos de disolución (karstificación). Las areniscas y calcarenitas suelen constituir acuíferos.

**Rocas ígneas y metamórficas:** las posibilidades de generar acuíferos en estas formaciones rocosas se ven reducidas a zonas de alteración superficiales o a fracturas como resultado de procesos tectónicos (diacclasas y fallas) que facilitan el movimiento de agua.

**En rocas volcánicas:** en este tipo de materiales el comportamiento hidrogeológico es variable, tanto que podrían o no constituir sistemas acuíferos. Su comportamiento depende del grado de consolidación y porosidad de las rocas que lo conforman. Grietas, escorias, piroclastos son los factores principales en este tipo de sistema. Los parámetros que condicionan la circulación de agua interna son la composición, edad y el grado de alteración.

## 4. CONTEXTO REGIONAL

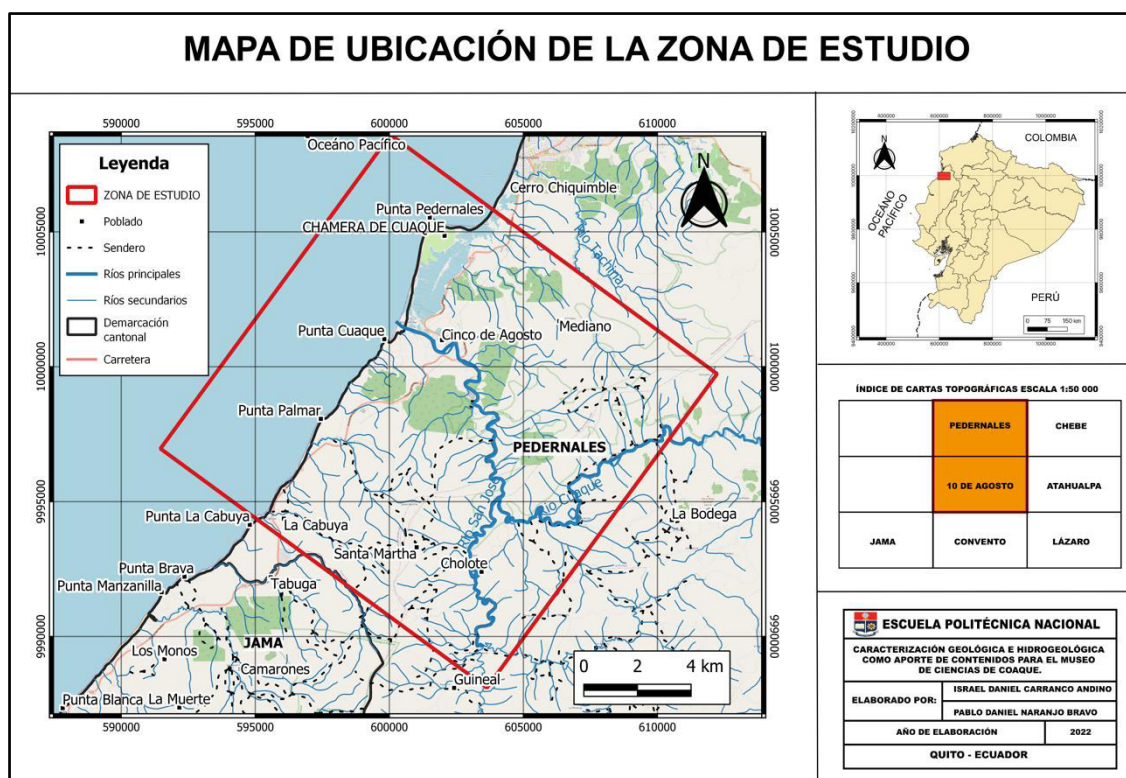
### 4.1. Caracterización del área de estudio

#### 4.1.1. Localización del área de estudio

El área de estudio se encuentra al noroeste del Ecuador continental, en la región costa, provincia de Manabí, que alberga la comunidad de Coaque y sus alrededores pertenecientes al cantón Pedernales y contenida dentro de la cuenca sedimentaria de Manabí. La zonificación del área de estudio se divide en dos secciones, la primera zona constituye la parte de cartografía geológica (Figura 9) que abarca un área de 217,84 km<sup>2</sup> y la segunda zona compone el estudio hidrogeológico de la Cuenca del río Cuaque (Figura 10) con un área de 491,21 km<sup>2</sup>.

**Figura 9**

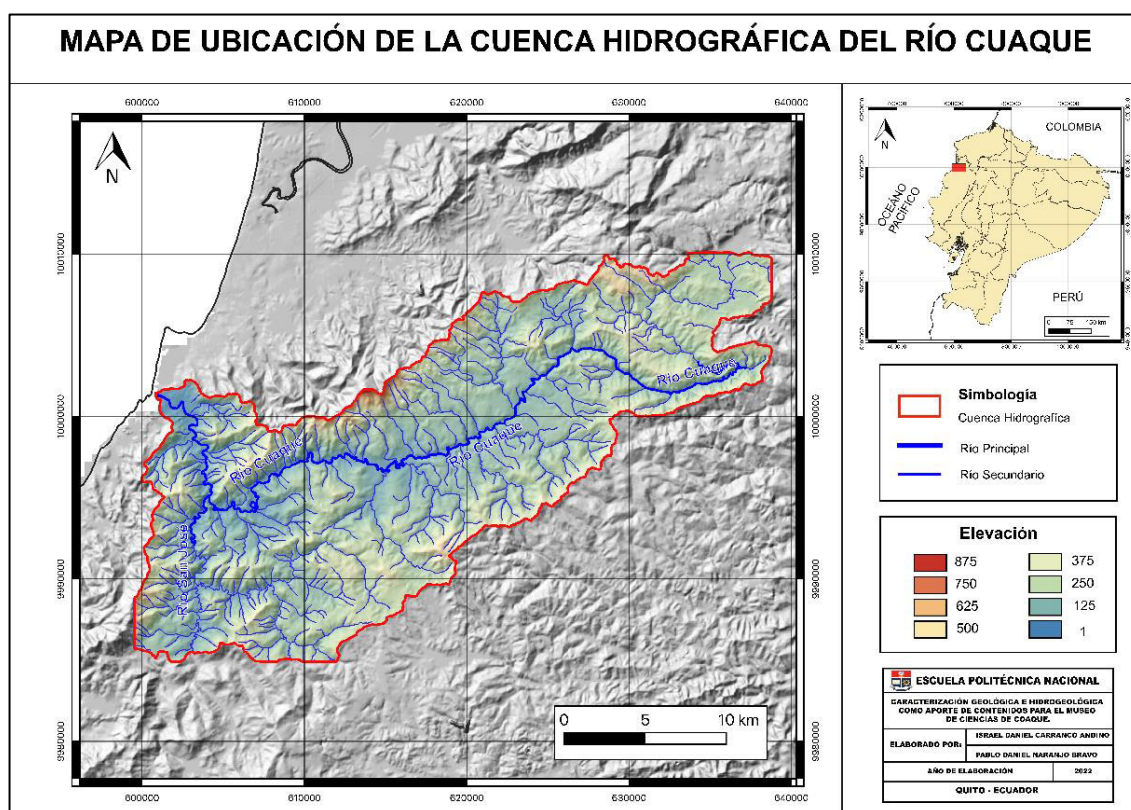
*Mapa de ubicación de la zona de estudio.*



Las vías principales de acceso son: vía Alog-Santo Domingo o Calacalí - La Independencia, las cuales conectan a la ruta del Spondylus iniciando la zona de estudio en el cantón Pedernales al norte, y terminando en el sur en el cantón Jama. La zona de estudio comprende afloramientos en playas, carreteras, vías de segundo y tercer orden comprendidas entre los dos cantones antes mencionados.

**Figura 10**

*Mapa de ubicación de la Cuenca Hidrográfica del Río Cuaque.*



#### 4.1.2. Geomorfología

En la sección norte de la Cuenca de Manabí en donde se establece la zona de estudio se presenta marcada por pendientes fuertes y rellenos sedimentarios sobre el basamento máfico (Formación Piñón). De acuerdo con Winckell (1997) estas formaciones sedimentarias (Eoceno a Mioceno) presentan una deformación asociada a



tectonismo desarrollando relieves monoclinales, mientras que las formaciones más jóvenes muestran estratificación horizontal a sub-horizontal. Conforme con Villegas y Romo (2018), la serie de horst discontinuos es uno de los factores más importantes en el desarrollo de la geomorfología y paisaje local, adicionalmente, otro de los factores que modifican el paisaje es el grado de meteorización y erosión.

#### **4.1.3. *Uso y ocupación del suelo***

El cantón Pedernales está representado por 3 categorías de ordenación de suelos según su pendiente, establecido por Sistema Nacional de Información (SIN). Las dos principales categorías involucran pendientes de 25 al 50% (fuertes colinados), de 50 al 70% (pendientes muy fuertes o escarpados) y en menor proporción pendientes de 0 a 5% (planas a casi planas) que se encuentran principalmente en el margen costero. Según las categorías de uso y cobertura del suelo, se conoce que los porcentajes para el cantón Pedernales son: 10% para bosque natural, 60% constituyen el bosque natural intervenido, 10% para vegetación arbustiva, 15% para áreas de cultivos y 5% del territorio consignadas para camaroneras. De esta manera, se reagrupan en 3 categorías teniendo un 56% del área identificada como antropizada, 25% en cobertura vegetal y 19% perteneciente al Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE). Por otro lado, la clasificación del uso generalizado del suelo para el cantón está constituido mayoritariamente por el uso pecuario, conservación y protección, PANE y agropecuario mixto; mientras que su uso en menor proporción está destinado al uso antrópico, agua, producción, acuícola, agrícola y conservación (GADM-P, 2015).

#### **4.1.4. Clima**

El clima costero ecuatoriano se encuentra modificado por dos corrientes marinas superficiales que atraviesan el Océano Pacífico, estas corrientes son: Corriente Fría de Humboldt y la Corriente Cálida de El Niño (Blandimi, 1998; Fries, 2016). Los climas característicos de la región son el árido tropical al suroeste, seco a húmedo en el centro – sur, muy húmedo en el norte de la región (Varela, 2018).

Existen dos estaciones climáticas definidas: (1) Húmeda, que se presenta en los meses de diciembre y abril-mayo en donde las lluvias son abundantes y la temperatura ambiental es alta. (2) Seca, que se presenta en los meses de junio hasta noviembre o incluso diciembre donde las lluvias son escasas y las temperaturas son bajas (Valera, 2018).

Las precipitaciones anuales en la región oscilan entre 161 mm a 1120 mm, mientras que la temperatura bordea los 26.3°C en los meses de febrero y abril; 22.1°C en el mes de Agosto (Diagnostico Ecológico y Socioeconómico del Área Marino-Costero Parque Nacional Machalilla. Parte 1. INEFAN/ GEF 1997). En la zona de estudio las precipitaciones anuales no superan los 500 mm y el clima característico es cálido seco, la temperatura ambiental promedio fluctúa entre 25°C - 30°C (Varela, 2018).

## **4.2. Contexto geodinámico y geológico**

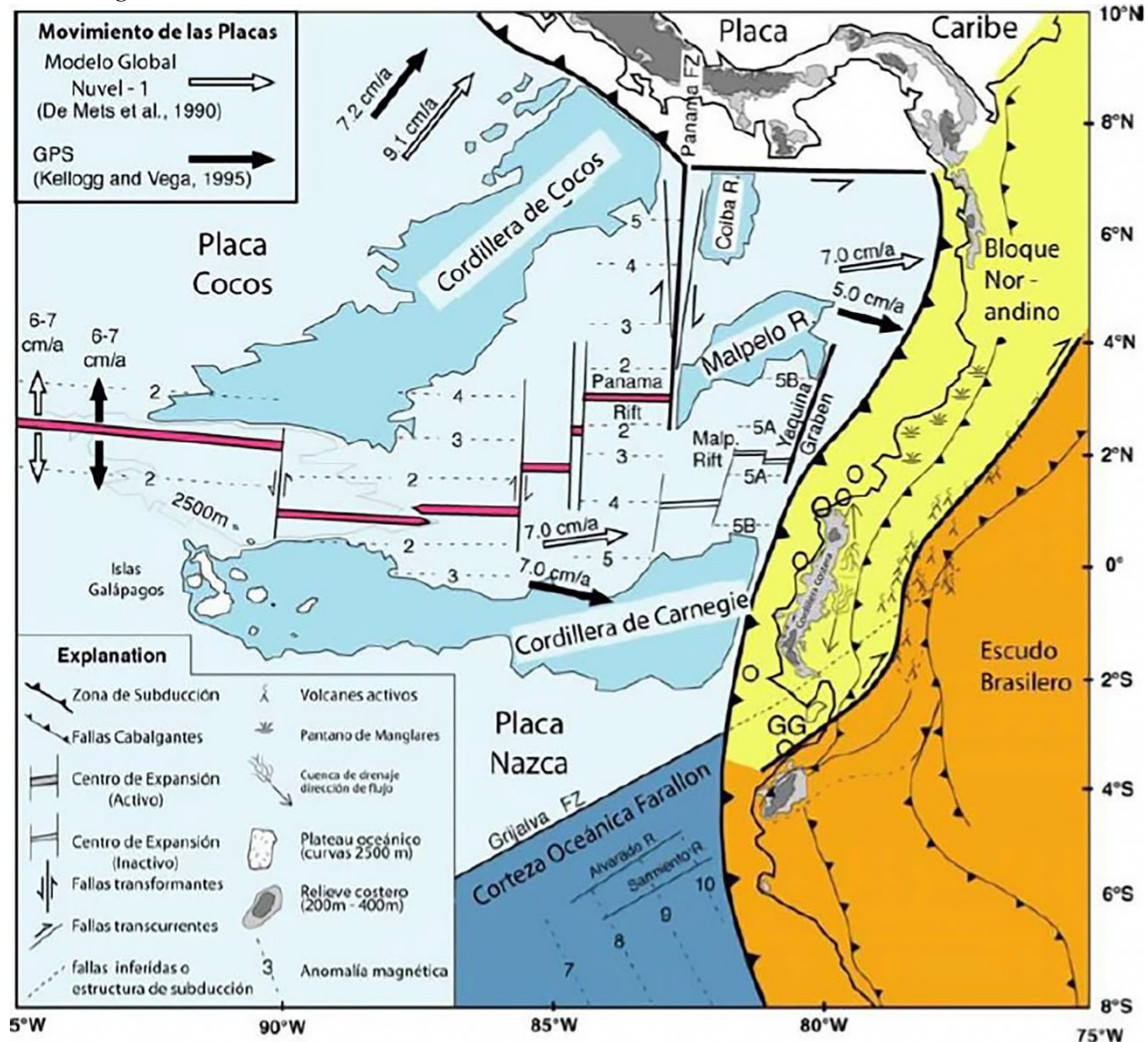
### **4.2.1. Modelo geodinámico**

La margen costera ecuatoriana se encuentra ubicada al Noroeste de Sudamérica entre las latitudes 1°N y 4°S. Este margen costero constituye un límite convergente activo de placas (Cocos, Nazca y Sudamericana), se le atribuye sismicidad y volcanismo activo, levantamiento y deformación (Enríquez, 2018; Chacón, 2018). En latitudes 1°N y 3°S el margen costero ecuatoriano carece de un prisma de acreción desarrollado y presenta

características de un margen en subducción – erosión (Sage et al., 2006). La Placa Nazca se subduce oblicuamente bajo el margen costero ecuatoriano a una velocidad 57-58 mm/año en dirección E-NE (Trenkamp et al., 2002) desde principios del Neógeno (Bethoux et al., 2011). En este proceso es subducida la Cordillera asísmica de Carnegie que se encuentra en latitudes 1°N y 2°S, con 400 km de ancho y 2 km de espesor en dirección W-E, que se formó producto de la interacción del Punto Caliente de Galápagos y el Centro de expansión Cocos – Nazca. A este proceso se le atribuye el levantamiento y deformación de la zona costera, movimiento lateral del Silver Norandino, apertura del Golfo de Guayaquil (Gutscher et al., 1999; Hernández, 2012; Chacón, 2018; Villegas y Romo, 2019). El Sliver Norandino se desliza sobre la megacizalla Dolores – Guayaquil (Alvarado, 2012; 2016) hacia el noreste a una tasa 7,5 a 9,5 mm/año (Nocquet et al., 2014) (Figura 11).

Figura 11

Modelo geodinámico del Ecuador.



Nota: Modelo modificado de *Mode and Timing of terrane accretion in the forearc of the Andes in Ecuador*, (Vallejo, 2006).

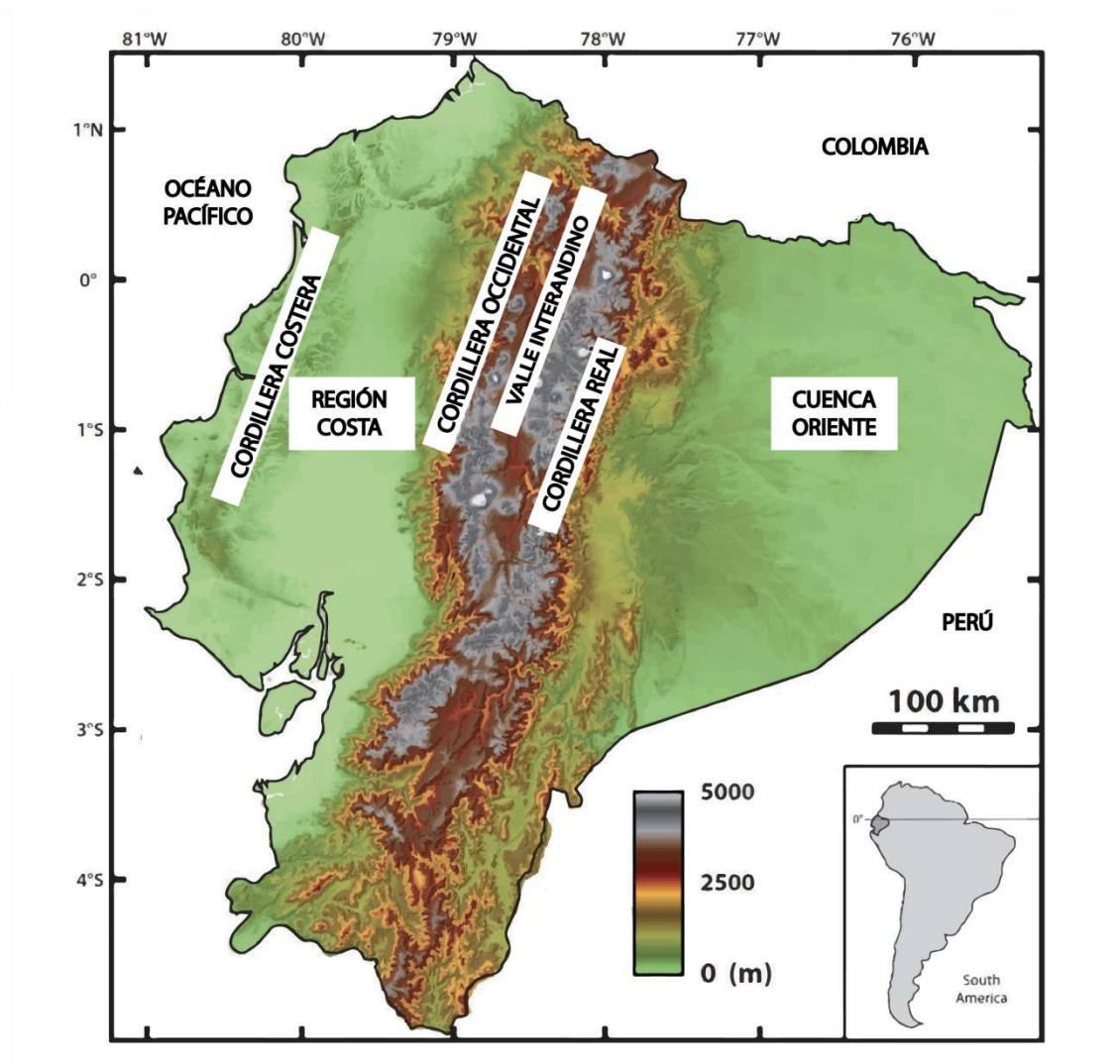
#### 4.2.2. Dominios estructurales del Ecuador

El resultado de la interacción entre la Placa de Nazca y la Sudamericana divide al Ecuador continental en cinco dominios morfotectónicos que coinciden geográficamente con las regiones Costa, Sierra y Amazonía (Faucher y Savoyat, 1973). Estos dominios estructurales: (1) Costa, (2) Cordillera Occidental, (3) Cordillera Real, (4) Valle

Interandino, (5) Cuenca Oriente, cada uno de estos dominios evidencian ambientes tectónicos y geodinámicos propios y particulares (Vallejo et al., 2009) (Figura 12).

**Figura 12**

*Dominios estructurales del Ecuador.*



*Nota: Ilustración modificada de Relief evolution along the active margins: study of the Plio Quaternary Deformation in the coastal Cordillera of Ecuador (Reyes, 2013).*

La zona de estudio se encuentra en la región Costa que se encuentra formada por terrenos oceánicos alóctonos que conforman el basamento acrecionado del Cretácico Tardío y

cuencas sedimentarias con depósitos sedimentarios del Paleógeno, Neógeno y depósitos Cuaternarios (Jaillard et al., 1995).

En el margen costero ecuatoriano se desarrolla la Cordillera Costera con una altura que oscila entre 300 y 600 metros conocida como Cordillera Chongón Colonche en la región sur (Jaillard et al., 1995).

#### ***4.2.3. Geología de la costa ecuatoriana***

La costa ecuatoriana conforma secuencias de antearco que se encuentran limitadas al Este por la Cordillera Occidental y al Oeste por el Océano Pacífico (Lapierre et al., 2000). El basamento está compuesto por la superposición de bloques alóctonos volcánicos oceánicos que corresponden a la Formación Piñón que fueron acrecionados al paleomargen continental provenientes del plateau oceánico Caribe-Colombia (CCOP por sus siglas en inglés) a finales del Mesozoico y otros pertenecientes a la corteza continental (Goosens y Rose, 1973; Jateau et al., 1977; Benítez, 1999, Pedoja et al., 2006; Lapierre et al., 2000; Reyes y Michaud, 2012,). Sobreyaciendo se presenta la Formación San Lorenzo que son rocas volcánicas de arco insular (Benítez, 1996). Sobre esta Formación se encuentra depositada la Formación Cayo Paleoceno-Tardío que son rocas volcano-sedimentarias (Benítez, 1996; Jaillard et al., 1997). Se superpone la Formación San Eduardo (Eoceno Medio) que corresponde a al relleno de la Cuenca de Manabí (Benítez, 1996). Durante el Cenozoico se produce la sedimentación marina litoral, cuyo material es depositado en las cuencas de antearco: (1) Cuenca Borbón en la Provincia de Esmeraldas, (2) Cuenca de Manabí en la Provincia de Manabí, (3) Cuenca de Manta en la Provincia de Manabí, (4) Cuenca Progreso en la Provincia de Guayas (Deniaud, 2000). El relleno sedimentario de las cuencas de antearco se desarrolló en paleoambientes marinos, mareales, de playa que representan ciclos sedimentarios marinos, transgresivos

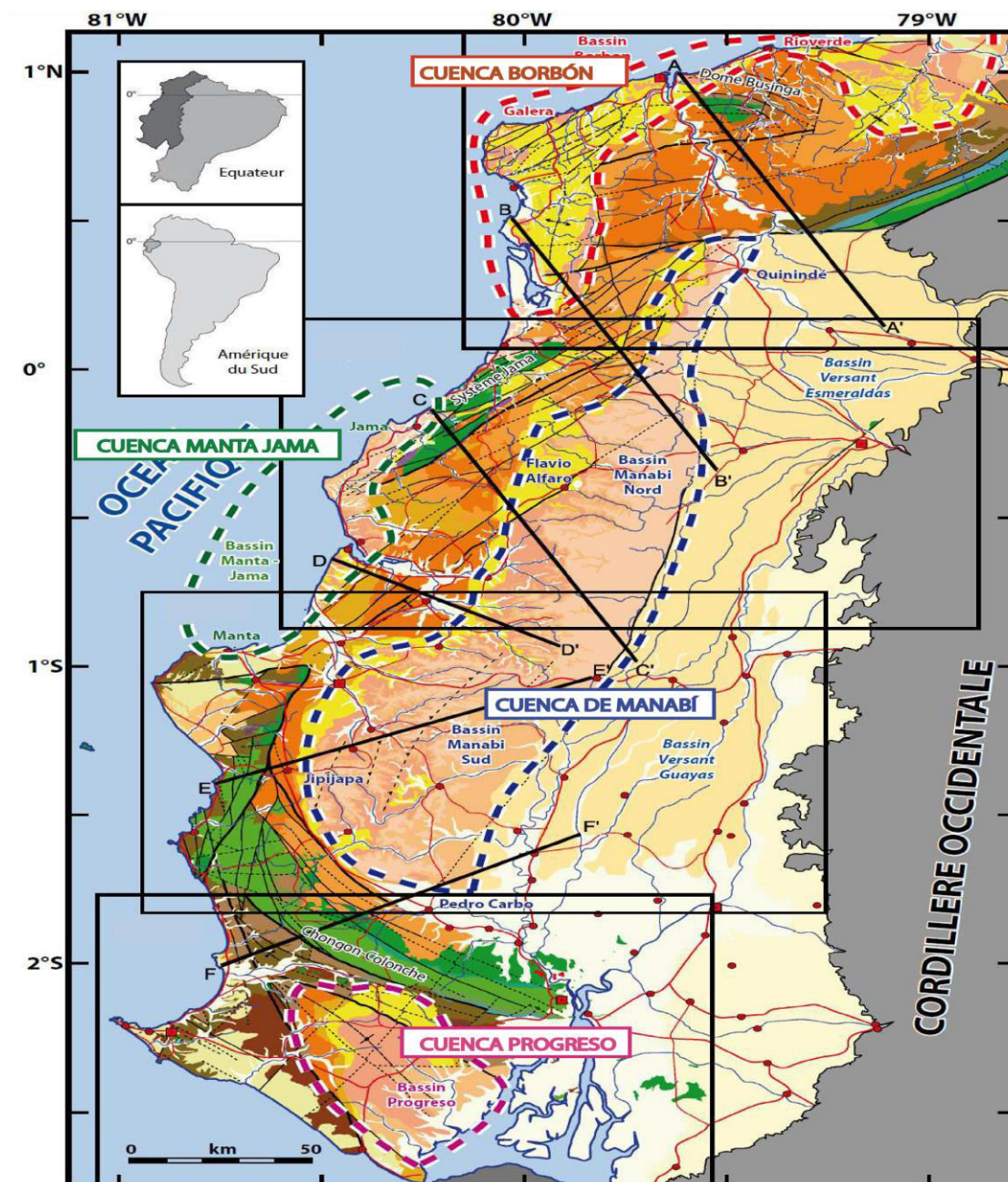
y regresivos, compuestos por alternancia de arcillas, limos, arcillas, areniscas y conglomerados con aporte volcánico provenientes de la actividad volcánica en el Cretácico Superior (Daly, 1989). En el Neógeno se depositan las secuencias sedimentarias de las Formación Borbón y Formación Angostura que son depósitos de grano grueso y las Formaciones Dos Bocas, Villingota, Ónzole que se son secuencias sedimentarias de grano fino (Reyes y Michaud, 2012). Para el Cuaternario la última Formación marina sedimentada es la Formación Tablazo del Pleistoceno (Egüez et al., 1991).

#### **4.2.4. Cuencas de Antearco**

Según Di Celma et al. (2005), históricamente se han depositado 4 cuencas principales: (1) Cuenca de Manabí, (2) Cuenca de Manta – Jama, (3) Cuenca Borbón, (4) Cuenca Progreso, separadas por fallas ortogonales a la subducción activas desde el Oligoceno como resultado del levantamiento costero (Pejoda et al., 2006). Estas cuencas tuvieron una historia de depositación similar. Rosanía (1989) manifiesta que además se desarrollan un conjunto de microcuencas rellenas de sedimentos marinos del Cenozoico Tardío, ubicadas al Este del Sliver Norandino y apartadas con la Cuenca de Manabí por la Cordillera Costera del Plioceno Temprano como es el ejemplo de la Cuenca de Canoa (Di Celma et al., 2005). El desarrollo de estas cuencas de antearco está altamente vinculado con la tasa de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana en los último 70 Ma (Daly, 1989) (Figura 13).

Figura 13

Ubicación de las cuencas sedimentarias de antearco de la costa ecuatoriana.



Nota: En color verde la Cuenca Manta Jama, en color azul Cuenca Manabí, en color rosa el Cuenca Progreso. Modificado de *Relief evolution along the active margins: study of the Plio Quaternary Deformation in the coastal Cordillera of Ecuador* (Reyes, 2013).



El sistema de fallas Chongón-Colonche separa la Cuenca Progreso de la Cuenca de Manabí. Al norte de este sistema de fallas se da el desarrollo de la Cuenca de Manabí, mientras que al sur se desarrolla la cuenca Neógena Progreso en subsidencia (Jaillard et al., 1995). La falla de Esmeraldas divide la Cuenca de Manabí con la Cuenca Borbón, la evolución sedimentaria de estas dos cuencas es similar e inicia en el Oligoceno Superior hasta el Plioceno (Reynaud et al., 1999).

#### **4.2.5. Cordillera Costera**

La Cordillera Costera ecuatoriana es una estructura homogénea en dirección preferencial NNE-SSO de 450km de largo y 75 km ancho, con relieves que oscilan los 300 a 600 metros de altitud. Se encuentra delimita al Oeste por el Océano Pacífico, al Este por la Cuencas Sedimentarias Guayaquil y Esmeraldas, al Norte limita con las Cordillera de los Andes y al Sur con el macizo rocoso Chongón-Colonche (Reyes y Michaud, 2012). Está constituida por litologías variables desde el Cretácico al Cuaternario.

El levantamiento de esta cordillera comienza después de haberse depositado la Formación Borbón que representa la última Formación marina (Pedoja et al., 2006). Esta cordillera se encuentra segmentada en bloques con historias propias de evolución y levantamiento lo que sugiere que el levantamiento costero no es homogéneo: (1) Bloque Portoviejo, (2) Bloque Chongón Colonche, (3) Bloque Jipijapa, (4) Bloque Bahía-Jama, (5) Bloque Mache-Río Verde, (6) Bloque Manta. En este sistema de bloques se encuentran separados por los sistemas de fallas Jipijapa y Jama (Reyes y Michaud, 2012). Regionalmente, la cordillera inicia su levantamiento en la zona central, posteriormente migra hacia el suroeste y se desarrolla hacia el norte de la Península de Santa Elena (Reyes y Michaud, 2012) y ha estado levantándose al menos desde hace 1 Ma (Pedoja, 2006).

#### **4.2.6. Geología de la Cuenca de Manabí**

Los límites de la Cuenca sedimentaria de Manabí son al noreste la Cordillera Jama Coaque, al sur por la Cordillera Chongón-Colonche, al Este por la falla Pichincha y la Cordillera Occidental, al oeste por las fallas Cascol, Jipijapa, Flavio Alfaro, geográficamente se localiza desde la ciudad de Quinindé al norte hasta la ciudad de Pedro Carbo en el sur (Deniaud et al., 1998; 2000; Reyes y Michaud, 2012). El depocentro de depositación se presenta entre las fallas Jama Coaque y falla de Jipijapa (Deniaud et al., 1998; 2000). La cuenca presenta una forma alargada en dirección NNE-SSO.

El sistema de fallas que atraviesa la Cuenca de Manabí la segmenta en bloques rectangulares con una rotación dextral en una dirección predominante N 100°-110°, se conectan al nivel del basamento entre 7000 a 9000 metros de profundidad (Deniaud, 1998; 2000). Las fallas mayores solamente están afectado a rocas del Cretácico al Paleoceno, las deformaciones Neógenas estarían asociadas a fallas más antiguas (Hernández, 2012).

La estratigrafía de la Cuenca de Manabí no es uniforme, la totalidad de las formaciones no están presentes a lo largo de toda la extensión de la cuenca, existe variabilidad en los espesores de estas. En general las litologías dominantes presentan areniscas, lutitas y limonitas (Reyes y Michaud, 2012). Los rangos de edad oscilan del Cretácico Tardío (Formación Piñón) hasta el Mioceno/Plioceno (Formación Borbón) y sobreyacidos por depósitos cuaternarios de la Formación Tablazo (Reyes y Michaud, 2012).

#### **4.2.7. Geomorfología de la Cuenca de Manabí**

Presenta sistema de valles aluviales en el centro de la cuenca, rellenando un anticlinal erosionado (Villegas y Romo, 2018). Según Winckell (1997), la Cuenca de

Manabí muestra relieves con cotas que oscilan entre los 600 a 800 metros al oeste, entre las ciudades de Guayaquil – Quinindé. En la Cuenca de Manabí la Cordillera Costera presenta relieves fuertes y presencia de macizos rocos que se superponen a materiales volcánicos del Cretácico y están sobreyacidas por series sedimentarias deformadas tectónicamente (Villegas y Romo, 2018). Existe la presencia de sistemas de horst discontinuos que forman parte de la Cordillera Costera al norte de la ciudad de Jipijapa en dirección NNE-SSO paralelas a la Cordillera de los Andes con cotas entre 150 a 200 metros (Winckell, 1997).

### **4.3. Litoestratigrafía Regional**

#### **4.3.1. Formación Piñón**

Esta formación constituye el basamento máfico de la zona costera del Ecuador (corteza oceánica acrecionada) (Laínez, 2009), compuesta por rocas ígneas extrusivas e intrusivas (basaltos toleíticos, pillow lavas, gabros, diabasas) (Benítez, 1995) con afinidad geoquímica de plateau oceánico (Aizprúa, 2020), tiene una edad  $88.8 \pm 1.6$  Ma (Luzieux et al., 2006). La localidad tipo de la Formación Piñón se presenta en el río Piñón a 20 Km al suroeste de la ciudad de Portoviejo (Feininger y Bristow, 1980). Las rocas de esta Formación son equivalentes a las rocas de la Formación Pallatanga, estudios le atribuyen una edad U/Pb de  $87.10 \pm 1.6$  Ma (Vallejo et al. 2006),  $88.8 \pm 1.6$  Ma (Luzieux, 2006), Mamberti et al. (2003) sugiere una edad del Cretácico entre 92 a 86 Ma. La mayoría de los afloramientos la Formación Piñón muestra un espesor mayor a 2000 metros, se encuentra subyacente a la Formación Cayo.

### **4.3.2. Formación Calentura**

La Formación Calentura se superpone a la Formación Piñón (Jaillard, 1995), se presentan materiales de arco de islas (tobas, brechas, piroclastos, vidrio volcánico básico, hialoclastitas) en algunos lugares presenta metamorfismo (corona de reacción) (Ordóñez et al., 2006). Para Bristow y Hoffstetter (1977) esta Formación consiste en calizas y pizarras bien silicificadas de color gris oscuro, negro y rojo. Además, presentan sedimentos pelágicos (lutitas, calizas negras laminadas, grawacas y turbiditas) (Jaillard, 1995). Van Melle et al. (2008) divide esta Formación en tres Unidades: (1) Inferior: brechas basálticas a andesíticas, (2) Intermedia: disminución de actividad volcánica, litarenitas, areniscas, avalanchas de escombros retrabajadas intercaladas con capas de cherts, (3) Superior: tobas, margas y litarenitas silicificadas. La presencia de microfósiles (foraminíferos y radiolarios) arroja una edad que va desde Cenomaniense Superior al Turoniense (Thalman, 1946; Sigal, 1969). Muestran secuencias con espesores que bordean los 200 metros. Se le atribuye un ambiente de arco de islas con ambiente marino reductor con temperaturas cálidas (Ordóñez et al., 2006). La localidad tipo de esta Formación es la antigua cantera Calentura que se encuentra localizada a 10 Km al NE de Guayaquil (Bristow y Hoffstetter, 1977).

### **4.3.3. Formación Cayo**

La Formación Cayo consiste en una serie de depósitos sedimentarios que alcanzan espesores de 2 a 3 Km, comprende una secuencia de rocas volcanoclásticas, sedimentarias, flujos de detritos, turbiditas (de alta y baja densidad), areniscas tobáceas y conglomeráticas, grawacas, brechas finas de material volcánico. En la base predominan las brechas volcánicas, tobas verdes (característico), areniscas y grawacas. En la parte

superior es menos volcánica en donde predominan argilitas y cherts, en una secuencia granodecreciente (Feininger y Bristow, 1980; Bristow y Hoffstetter, 1977). La asociación de microfósiles entre los radiolarios establece una edad de Campaneano Medio (Luzieux et al., 2006) y Cenomaniano Superior (Benítez, 1995). Se le atribuye un ambiente turbidítico con aporte volcánico (Benítez, 1995), batial a abisal (Ordóñez et al., 2006), este material pudo haber provenído de la erosión de un arco de islas (Marksteiner et al., 1991). La localidad tipo de esta Formación se encuentra en la localidad de Punta Callo – Pedernales y al sur de Puerto Cayo (Sheppard, 1930).

#### **4.3.4. Formación Cerro**

La composición de la Formación Cerro presenta tobas calcáreas y tobas arenáceas, tobas silíceas, aglomerados tobáceos, areniscas y microbrechas con cemento calcáreo, lutitas tobáceas silíceas y laminadas, margas. Se encuentra en discordancia angular sobre la Formación Cayo (Bristow y Hoffstetter, 1977; Benítez, 1995). La edad de la Formación Cerro es atribuida por la presencia de foraminíferos planctónicos y radiolarios que indica que pertenecen al Eoceno Medio (Ordoñez et al., 2006), el ambiente que se le atribuye es marino de plataforma central a externa con contaminación volcánica (Ordoñez et al., 2006). La localidad tipo de esta Formación se encuentra en el poblado de Cerro a 13 Km al Oeste de la ciudad de Portoviejo (Bristow y Hoffstetter, 1977).

#### **4.3.5. Formación Zapallo**

Esta Formación aflora en franjas estrechas en dirección SW-NE principalmente en la Provincia de Esmeraldas, el espesor varía entre 500 a 1000 metros (Bristow y Hoffstetter, 1977). Se encuentra subdivida en dos miembros: (1) Miembro Inferior, con un espesor que alcanza los 100 metros de sedimentos pelíticos silíceos, ligeramente

calcáreos de color gris, se depositó contemporáneamente con la Formación Cerro, (2) Miembro Superior, compuesta por sedimentos pelíticos gris claros a verdosos algo calcáreos, argilitas gris oscuras, depositada de manera contemporánea a la Formación San Mateo (Benítez, 1995). De manera general presenta lutitas silicificadas con presencia de foraminíferos, tobas, arcillas silíceas, limolitas (Bristow y Hoffstetter, 1977). Se superpone en discordancia con la Formación Piñón y se encuentra por debajo de la Formación Playa Rica (Bristow y Hoffstetter, 1977). Litherland (1993) le asigna una edad Eoceno y Ordoñez et al. (2006) le atribuye una edad Eoceno Medio a Tardío. Ordoñez et al. (2006) propone un ambiente de depósito marino de plataforma externa a talud superior de aguas cálidas en base a la asociación de fósiles foraminíferos planctónicos y bentónicos. La localidad tipo se encuentra en el río Zapallo Grande a 9 Km en sentido E-SE del poblado de Telembí (Sigal, 1969).

#### **4.3.6. Formación Punta Blanca**

Se encuentra en la sección norte de la Cuenca de Manabí, el afloramiento tipo tiene una longitud cercana a 40 km. El espesor de esta formación oscila entre 780 a 1070 metros. Se encuentra compuesta por arcillas silicificadas con intercalaciones tobáceas, tobas aglomeráticas y caliza detrítica (Bristow y Hoffstetter, 1977). La asociación fosilífera de foraminíferos planctónicos sugiere una edad Eoceno Medio y un ambiente de depositación de marino de plataforma externa en aguas no profundas (Bristow y Hoffstetter, 1977; Baldock, 1982).

#### **4.3.7. Formación Playa Rica**

Según Ordoñez et al. (2006) la Formación Playa Rica presenta un espesor que oscila los 600 metros, conformada por rocas de grano fino a muy fino como lutitas de

color café, gris verdoso, areniscas. Hacia el techo de la Formación existe predominio de materiales claros, duros, laminados y alta presencia de foraminíferos en capas, arcillolitas claras, areniscas lito-feldespáticas. La edad sugerida por Ordoñez et al. (2006) es Oligoceno Medio a Tardío. La microfauna fosilífera presente propone un ambiente de sedimentación marino de plataforma externa a talud continental superior de aguas cálidas (Ordoñez et al., 2006).

#### **4.3.8. Formación Dos Bocas**

Descansa de manera discordante sobre la Formación San Mateo, está compuesta por arcillolitas y lutitas de color chocolate (característico), tiene un espesor promedio que va entre 546 a 1012 metros en la cuenca de Manabí, pero en la Cuenca Progreso alcanza los 2400 metros (Bristow y Hoffstetter, 1977), existe presencia fosilífera (radiolarios) y el techo de la Formación presenta limolitas de color gris verdoso a tonalidades amarillentas (Ordoñez et al., 2006). La presencia de fósiles de foraminíferos planctónicos le asigna una edad de Mioceno Temprano a Mioceno Medio (Ordoñez et al., 2006), el ambiente de formación basando en la distribución fosilífera es marino de aguas cálidas de plataforma externa (Ordoñez et al., 2006). La localidad tipo de esta Formación es el poblado de Dos Bocas que se encuentra a 7 Km al este del poblado de Zapotal (Bristow y Hoffstetter, 1977).

#### **4.3.9. Formación Villingota**

En la Cuenca del Progreso se muestra de manera transicional sobre la Formación Dos Bocas y transicional por debajo de la Formación Subibaja. En la Cuenca Manabí se encuentra por debajo de la Formación Angostura y es transicional con la Formación Ónzole (Bristow y Hoffstetter, 1977). En su composición presenta arcillolitas limosas

diatomáceas laminadas, con presencia de escamas de peces, limolitas calcáreas estratificadas (Bristow y Hoffstetter, 1977; Benítez, 1995). Según Ordoñez et al., (2006) la presencia fosilífera y microfossilífera le asigna una edad Mioceno Temprano y un ambiente de formación de plataforma externa a talud superior. La localidad tipo de esta formación se encuentra en el poblado de Villingota, en específico la cantera Sucre (Bristow y Hoffstetter, 1977).

#### **4.3.10. Formación Angostura**

Esta Formación se encuentra principalmente compuesta por areniscas de cuarzo y areniscas cuarzo-feldespáticas con presencia de líticos, restos de hornblenda. En la sección basal de la Formación se compone de conglomerados con un espesor de 100 metros, sobreyaciendo se encuentran intercalaciones de arenas con conchas, limolitas, lutitas y arcillas poco calcáreas, sillitas, presencia de glauconita (solo localmente) con un espesor de 400 metros (Deniaud, 1998). Los nanofósiles encontrados o registrados son calcáreos y foraminíferos. La Formación tiende a ser más fina y uniforme en dirección Oeste intercalándose con facies lodolíticas (Ordoñez et al., 2006). Muestra un carácter transgresivo y sublitoral. Se encuentra discordante en el norte y sur sobre las Formaciones Viche, Pambil, Playa Rica, Villongota, Dos Bocas, Piñón o Cayo (Bristow y Hoffstetter, 1977). La posición paleontológico-estratigráfica de los nanofósiles le otorga una edad correspondiente al Mioceno Medio a Superior (Ordoñez et al., 1998; 2006). Ordoñez et al. (2006) sugiere que el ambiente de depósito es marino de plataforma externa lo que justifica la alta presencia fosilífera y tiende a somerizarse hacia el techo indicando un ambiente de plataforma central de aguas cálidas (Ordoñez et al., 2006). La localidad tipo se ubica sobre el río Santiago en la Provincia de Esmeraldas en las cercanías del estero Angostura (Bristow y Hoffstetter, 1977).



#### **4.3.11. Formación Subibaja**

Bristow y Hoffstetter (1977) subdivide a esta formación en dos miembros: (1) Saiba o Miembro Inferior, compuesta por limolita gris verdosa, cemento calcáreo y alta presencia de foraminíferos, (2) Zacachún o Miembro Principal, constituido por limolita de color gris verdoso, arcilla, arena. Además, muestra presencia de minerales secundarios como pirita, glauconita, micas y fragmentos de carbón. Los estratos presentan estratificación cruzada. La edad de esta Formación ha sido asignada con base en la microfauna y es Mioceno Medio-Superior (Bristow y Hoffstetter, 1977). El ambiente de sedimentación también se asocia a la microfauna presente y sugiere un ambiente marino de plataforma (Ordoñez et al., 2006). La localidad tipo de la Formación Subibaja se localiza a 10 km al sur del pueblo Subibaja en la carretera Guayaquil – Salinas entre las provincias Guayas y Santa Elena (Bristow y Hoffstetter, 1977).

#### **4.3.12. Formación Ónzole**

Esta Formación se encuentra subdivida en dos miembros: Miembro Inferior y Miembro Superior separados por las areniscas del Miembro Súa (Evans y Whittaker, 1982; Benítez, 1995; Ordoñez, 2006). Esta formación tuvo varias denominaciones: (1) Formación Esmeraldas, (2) Formación Picaderos, (3) Formación Charapoto, (4) Formación Calceta, (5) Miembro Guayacán, entre otros (Bristow & Hoffstetter, 1977). El Miembro Ónzole Inferior consta de arcillolitas grises, azules, gris oscuro, lodolitas limosas uniformes, estratos de arenisca pobremente estratificados y presencia fósil como foraminíferos (bentónicos y planctónicos), radiolarios, moluscos y escamas de peces (Benítez, 1995; Ordoñez et al., 2006). El Miembro Ónzole Inferior tiene una edad Mioceno Tardío y para el Miembro Superior se sugiere una edad Plioceno Temprano

(Texaco-Pecten, 1988; Ordoñez, 2006). La asociación microfósilífera sugiere para el Miembro Inferior un ambiente de plataforma continental y para el Miembro Superior, plataforma externa a talud continental (Benítez, 2005; Ordoñez et al., 2006). La localidad tipo de esta Formación se ubica siguiendo el cauce del río Ónzole al Este de la Provincia de Esmeraldas (Bristow y Hoffstetter, 1977).

#### **4.3.13. Formación Borbón**

Se encuentra sobreyaciendo discordante a la Formación Ónzole de manera transicional, se encuentra depositada en las Cuencas Borbón y Manabí (Bristow y Hoffstetter, 1977). Consta de areniscas color gris azulado con tamaño de grano medio a grueso, tobas volcánicas, lentes conglomeráticos y conglomerados basales, abundancia de megafósiles es secuencias estratocrecientes, generalmente presenta estratificación uniforme y horizontal y presenta su mayor espesor en la Cuenca Borbón (Olsson, 1964; Bristow y Hoffstetter, 1977; Deniaud, 1998). A la base se presentan niveles de arcilla y presencia de foraminíferos bentónicos y hacia el techo un nivel métrico de conchas (Deniaud, 1998). De acuerdo con su posición estratigráfica Ordoñez et. al. (2006) asigna una edad Plioceno-Pleistoceno. En relación con la asociación de megafósiles se considera una edad Plioceno-Pleistoceno Temprano (Ordoñez et al., 2006). Marksteiner y Alemán (1991) proponen un ambiente marino marginal a lagoon basado en la presencia fosilífera. Ordoñez et al. (2006) sugiere una regresión marino somera hasta un evento transgresivo. La localidad tipo se ubica en el poblado de Borbón junto al río Santiago (Olsson, 1964).

#### **4.3.14. Formación Jama**

Se presenta en discordancia angular sobre la Formación Borbón, compuesta por areniscas muy fosilíferas, areniscas basales, coquinas duras, arenas guijarrosas,

estratificación cruzada, lentes conglomeráticos con cantos de rocas ígneas (Bristow y Hoffstetter, 1977). Según estudios de Cantalamesa et al. (2005), se asigna una edad 1.16 +/- 0.06 y además asigna un ambiente litoral marino. La localidad tipo se sitúa al costado Sur de la Bahía de Jama (Bristow y Hoffstetter, 1977).

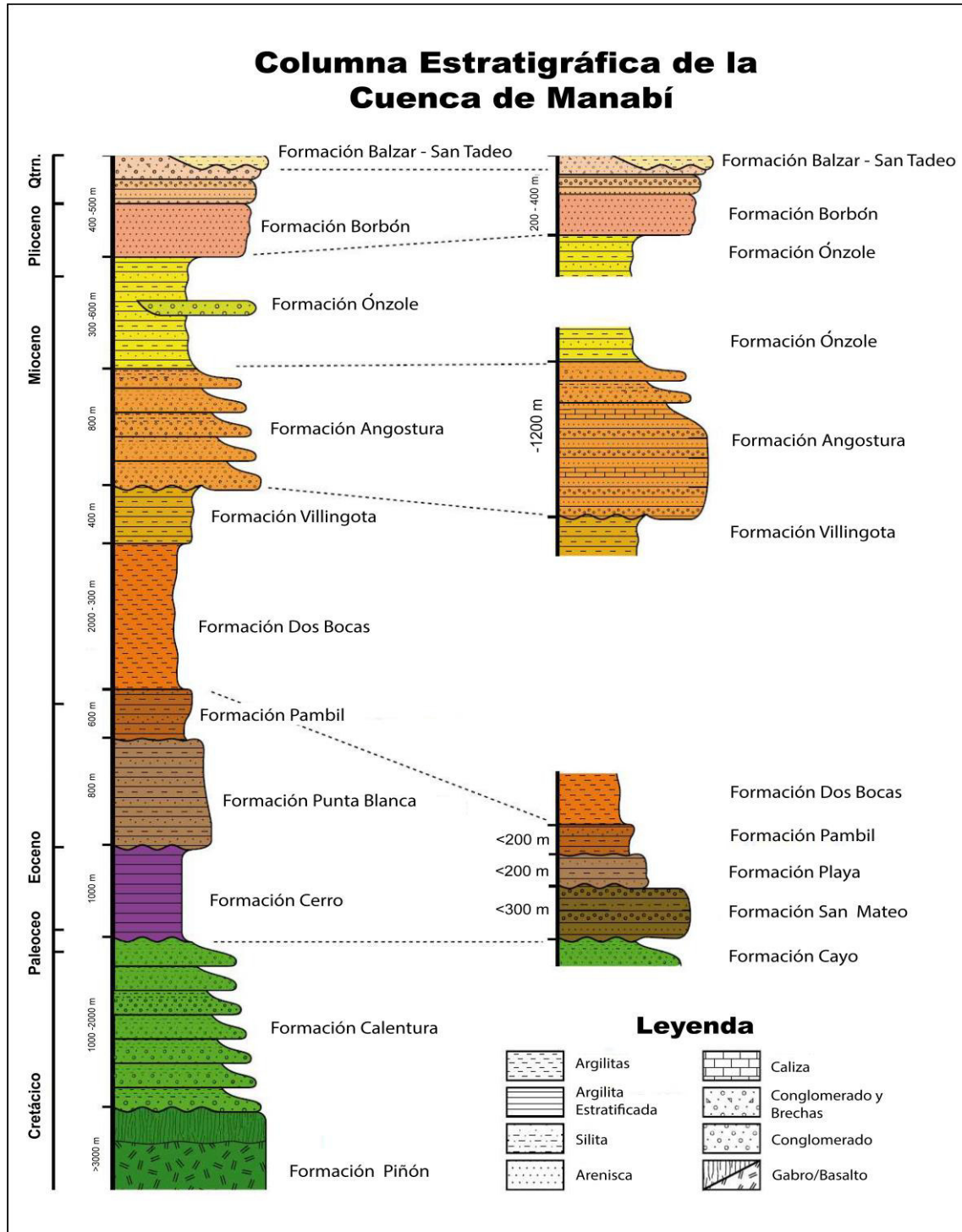
#### ***4.3.15. Formación Tablazo***

Esta Formación está compuesta por terrazas marinas que están compuestas de coquinas, areniscas bioclásticas, conglomerados y areniscas con potencias centimétricas a métricas. A la base se encuentran estratos con estratificación cruzada de limolitas y arcillolitas (Benítez, 1995). Bristow y Hoffstetter (1977) le asignan una edad del Pleistoceno. El ambiente de depósito representa una transición marina – costero (Cisneros, 2017).

La columna estratigráfica de la Cuenca de Manabí se presenta en la Figura 14.

**Figura 14**

*Columna Estratigráfica de la Cuenca de Manabí.*



*Nota: Ilustración modificada de Relief evolution along the active margins: study of the Plio Quaternary Deformation in the coastal Cordillera of Ecuador (Reyes, 2013).*

## 5. METODOLOGÍA

En este capítulo se abordarán los tópicos, metodología, procedimientos, trabajo de campo y laboratorio que se realizó para la realización del presente trabajo.

### 5.1. Levantamiento bibliográfico de datos existentes

Los datos obtenidos se clasificaron en 2 grupos, (1) datos que forman parte del componente geológico y (2) datos que forman parte del componente hidrogeológico.

### 5.2. Levantamiento de bases cartográficas, datos meteorológicos, geológicos e hidrogeológicos

El levantamiento de las bases cartográficas/topográficas se realizó a través del portal Web del Instituto Geográfico Militar (IGM) obteniéndose las hojas topográficas 1:50.000 de Pedernales y Diez de Agosto en formato .jpg y en formato shape (.shp) a escala 1:50000. Para el levantamiento de la cartografía geológica se recopiló información de los repositorios digitales del Instituto de Investigación Geológica y Energética (IIGE). Los artículos científicos – académicos y trabajos de titulación se obtuvieron de portales Web tanto de revistas, repositorios digitales como: ELSIEVER, Researchgate, AcademiaEdu, Repositorio Digital EPN, Repositorio Digital UPSP. Por otro lado, los datos hidrogeológicos, conceptos, ecuaciones se han recopilados de libros como Custodio y Llamas (1976), Frezze and Cherry (1979), Woessner y Poeter (2020).

### ***5.2.1. Levantamiento de las informaciones de los pozos y vertientes existentes***

La información relacionada a la descripción de pozos y vertientes (puntos de agua), se recopiló de la base de datos de la Secretaría del Agua (2014). Con estos datos se elaboró el mapa inventario de puntos de agua de la zona de estudio (Anexo 7).

### ***5.2.2. Zonificación del área de estudio***

Se determinó el área de estudio en base a dos enfoques, el primero fue la localización geográfica del Museo de Ciencias de Coaque y el segundo enfoque se relacionó a la geomorfología, geología e hidrografía del río Cuaque. Los dos enfoques abarcaron todo el poblado de Coaque y sus alrededores, y fue delimitado en base a las vías de acceso de primer y segundo orden que permitieron la accesibilidad a los afloramientos disponibles para realizar el muestreo y mapeo geológico.

## **5.3. Campo**

Las jornadas de campo se realizaron en 2 etapas, la primera de reconocimiento de la zona de estudio y realización parcial de la cartografía del sitio. En esta etapa se viajó de norte a sur visitando los principales afloramientos naturales (quebradas y acantilados de playas) y artificiales (carreteras) correspondientes a cada una de las formaciones geológicas detalladas en este estudio, con base en el mapa Geológico del Margen Costero Ecuatoriano realizado por Reyes y Michaud, (2012) a escala 1:500.000. De esta manera se consiguió la visita de 16 puntos de afloramientos, se recolectó 5 muestras de arena de playa y 1 muestra de agua en la desembocadura del río Cuaque. El código usado para los puntos de afloramientos de la primera etapa fue COA\_##, de las muestras de arena fue AREN\_##, y de la muestra de agua fue AQS\_##. Mientras que en la segunda etapa se realiza un recorrido más amplio con un total de 30 puntos visitados, 24 de ellos fueron

puntos de afloramientos dentro del continente y 6 puntos de afloramientos en el margen costero, lo cual permitió la descripción y discriminación de las formaciones que constituyen el área de estudio; además se recolectó 3 muestras de agua de los ríos Cuaque (2) y San José (1). Los códigos de los puntos de afloramientos de la segunda etapa fue CQ\_## (Tabla 3). Las etapas de campo se llevaron a cabo mediante el geoposicionamiento de los afloramientos usando un GPS (GARMIN-GPSmap 62s) en el Datum WGS84 (Zonas: 17Sur y 17 Norte).

Se recolectaron un total de 17 muestras de rocas para su descripción petrográfica y preparación de muestras para museo. La recolección de muestras de roca se realizó usando un martillo geológico marca Eastwind. Se tomó muestras de rocas características de cada Formación geológica, es decir rocas que contengan la mayor cantidad de información en petrografía, estructuras y grado de preservación. Para ello, se picó el afloramiento y se obtuvo una muestra fresca entre los 20 a 30 cm penetrante desde la superficie del afloramiento. De esta manera se redujo la probabilidad de tener una muestra de roca afectada por la meteorización (física o química). Además, las muestras recolectadas se orientaron con respecto a la base y techo de su posición original en el afloramiento permitiendo así definir en su posterior descripción las estructuras sedimentarias que podrían existir en dichas rocas, en especial para rocas sedimentarias.

**Tabla 3**

*Inventarios de puntos visitados de las 2 salidas de campo.*

<b>Primera salida de campo (COA_##)</b>			<b>Segunda salida de campo (CQ_##)</b>		
<b>Código</b>	<b>UTMX</b>	<b>UTMY</b>	<b>Código</b>	<b>UTMX</b>	<b>UTMY</b>
AQS_1	600412	10001450	CQ_01	610349	9997869
Aren_1	589011	9988536	CQ_02	607966	9996618
Aren_2	589707	9989259	CQ_03	607772	9996513
Aren_3	600436	10001746	CQ_04	606447	9994110
COA_1	588504	9987946	CQ_05	604167	9994610
COA_2	588707	9988168	CQ_06	603873	9995038
COA_3	588877	9988359	CQ_07	603133	9992459
COA_4	588989	9988479	CQ_08	603020	9992546
COA_5	589699	9989271	CQ_09	603567	9993819
COA_6	603554	9996540	CQ_10	603745	9994046
COA_7	605245	9994221	CQ_11	601363	9999409
COA_8	606555	9993255	CQ_12	598724	9996769
COA_9	609147	9986099	CQ_13	597428	9993747
COA_10	599565	9984602	CQ_14	599332	9992817
COA_11	591915	9979781	CQ_15	601557	9990429
COA_12	584608	9983474	CQ_16	602091	9989903
COA_13	586500	9985500	CQ_17	600002	9991973
COA_14.	589986	9989237	CQ_18	600476	9998558
COA_15	602970	9998929	CQ_19	603411	10004248
COA_16	599085	10000000	CQ_20	608475	9998640
			CQ_21	595857	9995447
			CQ_22	597132	9997436
			CQ_23	597720	9998465
			CQ_24	598400	9999119
			CQ_25	601044	10005097
			CQ_26	603554	9996540
			CQ_27	605245	9994221
			CQ_28	606555	9993255
			CQ_29	602970	9998929
			CQ_30	599085	10000000

#### **5.4. Laboratorios**

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó 2 laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional, los cuales fueron: el laboratorio de Láminas delgadas del Departamento de Geología y el laboratorio de Sedimentología y Logueo.



#### ***5.4.1. Laboratorio de Láminas delgadas del Departamento de Geología de la EPN***

En el laboratorio de Láminas Delgadas de la EPN se elaboró un total de 17 láminas. En la preparación de las secciones delgadas se cortó de la muestra de roca con una sierra cortadora y una amoladora marca PRETUL con un disco de concreto de medida 4 ½” y se obtuvo un chip de roca de dimensiones 3.5 cm x 2 cm. Los chips de rocas se pegaron a un portaobjetos usando una resina epoxi y un endurecedor marca ZAP Z-poxy y se dejó secar por 15 minutos. Usando la pulidora INGRAM-WARD 137U que funciona con un motor de vacío se pule la cara de interés del chip hasta obtener una superficie lo más horizontal posible, que después se pegó a un portaobjetos petrográfico usando la misma resina y endurecedor (evitando que se queden burbujas en el interior) y se dejó secar por otros 15 minutos. Finalmente, usando la cortadora INGRAM-WARD 400U con motor a vacío se procedió a cortar el chip a un espesor de 1 mm y se pulió hasta obtener un grosor de 30  $\mu$  y se cubrió con un cubreobjetos (usando bálsamo de Canadá) (Figura 15). Las láminas delgadas fueron usadas para la descripción de fósiles por medio de un Microscopio Petrográfico marca Olympus, usando los aumentos 2.5X, 10X y 40X. Con la cámara marca Olympus del microscopio, se tomaron 4 fotografías por muestra para adjuntar en las fichas petrográficas. (Anexo 5).

## Figura 15

*Procedimiento para la realización de láminas delgadas.*



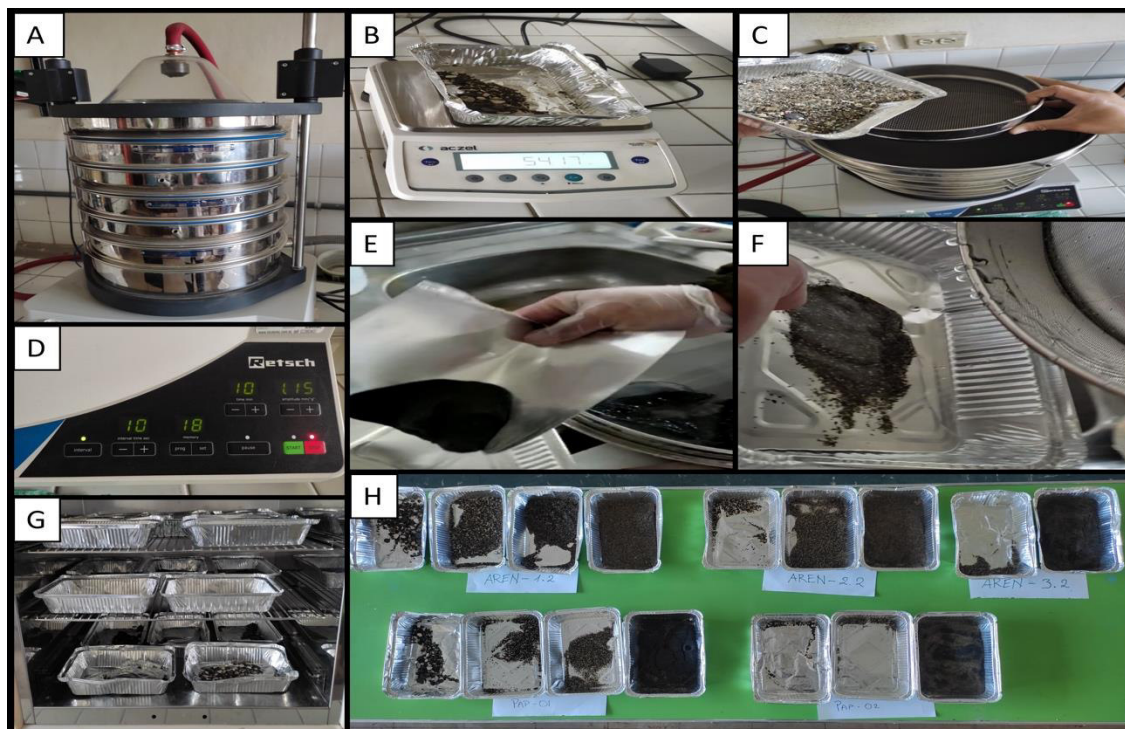
*Notas:* A) Muestras de rocas. B) Corte de rocas para obtención de chips. C) Preparación de resinas y pegado de chips en portaobjetos. D) Chips pegados a láminas petrográficas. E) Pulidora para chips y láminas delgadas. F) Láminas delgadas pulidas. G) Análisis de láminas en microscopio.

#### **5.4.2. Laboratorio de Sedimentología y Logueo**

Se analizaron 5 muestras de arenas de playas con el fin de determinar la máxima saturación que pueden alcanzar las mismas. Para ello, se realizó un tamizado de las muestras conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – ASTM. De esta manera, se separaron las muestras en arenas gruesas, arenas medias y arenas finas, y finos (limos y arcillas); este procedimiento se realizó colocando 500g de muestra de sedimentos en contenedores para secarlos en un horno a 40.5°C durante 31 horas y a temperatura ambiente de 18°C durante 69 horas, hasta que las muestras estén completamente secas. Posteriormente, se colocó las muestras en el tamizador electrónico y se realizó un tamizado en húmedo de las muestras. Luego se coloca cada clasificación de arenas saturadas en agua, en diferentes contenedores para pesarlos y volverlos a secar al horno a 40.5°C durante un tiempo de 36 horas, y se realizó una comprobación a 18°C durante 240 horas para verificar que la muestra se haya secado por completo (Figura 16). Finalmente, a cada porción de muestra ya clasificada se repitió el proceso de pesar en seco y así realizar el análisis granulométrico de cada muestra para determinar su nombre con base en la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

**Figura 16**

*Procedimiento de tamizado de muestras de arena.*



*Nota:* A) Orden de tamices. B) Medida de muestra de arena. C) Colocación de muestra de arena en el tamizador electrónico. D) Programación del tiempo de vibración. E) Recolección de arena atrapada en los diferentes tamices. F) Eliminación del exceso de agua. G) Secado de muestras en horno. H) Muestras de arena secas separadas por tamaño de grano.

### 5.5. Cartografía

Se realizó la descripción de los afloramientos para identificar las diferentes litologías expuestas en base a la caracterización petrográfica de rocas, se tomaron de datos estructurales como planos de falla y planos de estratificación, se hizo el levantamiento de columnas estratigráficas y determinación de un posible ambiente de formación en base a las características de las rocas para establecer correlaciones preliminares (Vásconez y

Egüez, 2013). Estas descripciones ayudaron a relacionar las rocas con Formaciones geológicas del margen costero ecuatoriano y elaboración del mapa geológico del área de estudio.

Para la elaboración del mapa geológico se usó una base topográfica obtenida del repositorio digital del IGM de las hojas topográficas 1:50.000 de Pedernales y Diez de Agosto. Los puntos de los afloramientos en los que se han reconocido el tipo de formación geológica se pintarán en el mapa de base cartográfica considerando la geomorfología del sitio. A continuación, se usó el software QGIS para realizar la digitalización del mapa geológico a escala 1:125.000 para un diseño de impresión A4 y a escala 1:30.000 para un diseño de impresión A0, mediante la elaboración de los polígonos de las formaciones geológicas con su respectivo etiquetado y leyenda.

## **5.6. Modelo Hidrogeológico Conceptual**

Se delimitó la Cuenca del río Cuaque con las funciones del complemento GRASS del software QGIS (r.fill.bit, r.watershed, r.water.outlet, r.to.vec). Utilizando el DEM del Ecuador de precisión 30 metros, se lo recortó usando la máscara de la cuenca y se generó el mapa de sombras. Con el mapa de sombras se clasificaron áreas según las alturas y así se determinó las zonas de recarga y descarga. Las líneas de flujo principales y secundarias se dibujaron con base en la diferencia de alturas siguiendo el trazo de los ríos secundarios y principales hasta llegar a la zona de descarga en el Océano Pacífico. Las líneas de infiltración se las colocó conforme a la porosidad de las Formaciones Geológicas. Además, se adaptó un perfil geológico para realizar el modelo 3D de la cuenca y así identificar los posibles acuíferos de cada Formación.

### **5.7. Técnicas de preparación de muestras para museo.**

La preparación de rocas para muestras de museo se lo hizo en el laboratorio de Láminas delgadas del Departamento de Geología de la EPN, mediante el uso de un martillo geológico, una sierra cortadora de roca, y una pulidora. Cada muestra se ajustó a las dimensiones aproximadas de 12 cm x 12 cm x 5cm, las cuales presentaron una superficie plana pulida que facilita la apreciación de su contenido mineralógico y de estructuras (Anexo 10). La preparación de las láminas delgadas se lo realizó en el mismo laboratorio con dimensiones de 2.7 cm x 4.6 cm 0.1 cm y fueron codificadas en la base de cada lámina. En este sentido, se han obtenido 17 muestras de rocas y 17 láminas delgadas para el Museo de Ciencias de Coaque.

Las cajas para las muestras de mano de rocas fueron elaboradas de cartón con forro de color negro y fondo de papel de seda. Las medidas de las cajas son de 12 cm x 12 cm para el espacio de la muestra de roca, 12 cm x 2.5 cm para el espacio de etiquetado y 2 cm de altura de la caja abierta, tal como lo indica el Anexo 10.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Geología Local y cartografía geológica

#### 6.1.1. Formación Piñón.

La Formación Piñón constituye el basamento máfico de la Cuenca de Manabí y conforma los altos estructurales de la zona de estudio caracterizado por fallas inversas que hacen que aflore el basamento. Además, está atravesado por fallas dextrales que cortan una falla inversa al occidente de la zona estudio. La petrografía de composición básica con basaltos afaníticos a porfiríticos de colores negros oscuros con pátinas de manganeso de color gris violáceo brillante y presenta magnetismo. La mayor parte esta formación tiene metamorfismo hidrotermal o de corteza oceánica y presenta diaclasamiento y estructuras columnares producto de un enfriamiento brusco.

Al NW de la zona de estudio, en el corredor Coaque (vía de segundo orden) junto al río Cuaque dentro de una cantera (CQ\_26-UTM: 603554; 9996540) aflora la Formación Piñón compuesta de pillow lavas poco brechificadas, vidrio hialoclastítico y minerales verdes (alterados) (Figura 17). Se observa un perfil de meteorización de 50 metros con colores marrón oscuro, mientras que las rocas frescas se observan de color negro verduzco. Altos estructurales que delimitan los límites W de la Cuenca de Manabí. La petrografía constituida de basaltos porfiríticos con minerales de plagioclasa, piroxenos y anfíboles en menor proporción, dentro de una matriz de vidrio.

**Figura 17**

*Afloramiento de la Formación Piñón - Punto CQ\_26.*



En el poblado de Piedra Maluca, en el corredor Coaque (CQ\_03-UTM: 607772; 9996513) aflora la Formación Piñón con rocas volcánicas meteorizadas de color gris verdoso oscuro con pátinas de manganeso (Figura 18). Se observan rocas volcánicas afaníticas, presencia de magnetismo y vetillas de yeso. No se distingue minerales con lupa, pero se evidencia una matriz vítrea.



### Figura 18

*Afloramiento de la Formación Piñón - Punto CQ\_03.*



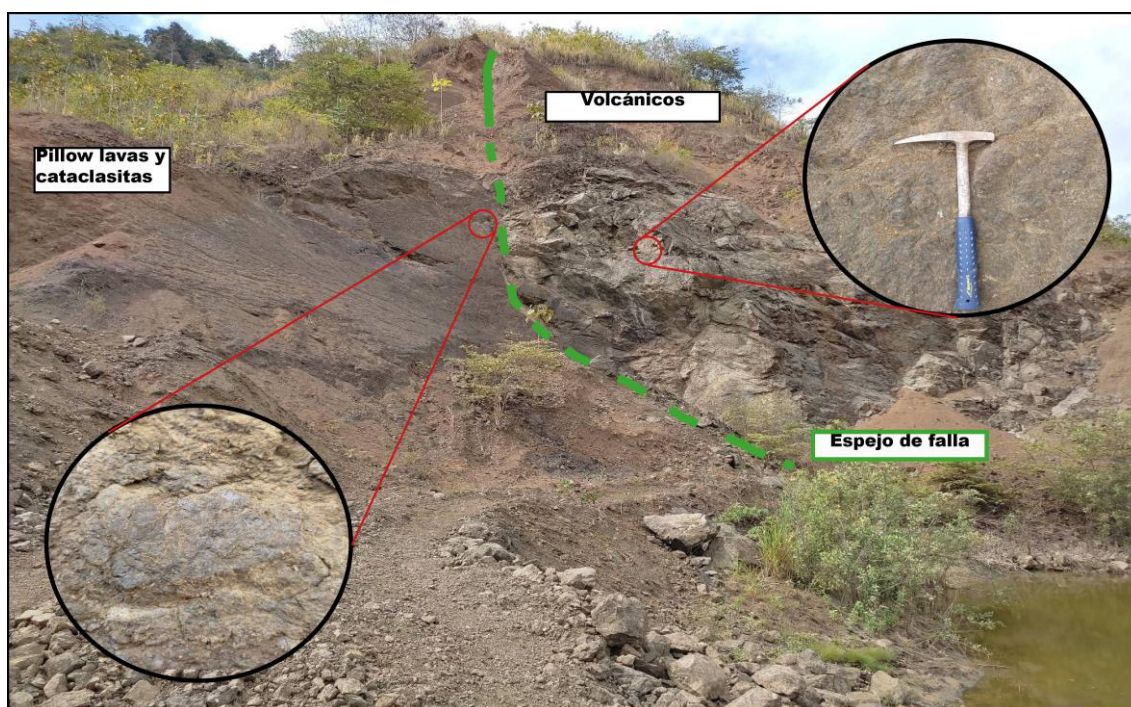
En la vía Diez de Agosto (CQ\_06-UTM: 603872; 9995038) antes de la intersección de los ríos Coaque y San José, aflora la Formación Piñón a un costado de la vía con una potencia de 80 metros y 400 metros de largo. Se observa un afloramiento meteorizado de color marrón oscuro con material que se desprende y cae a la vía. La Formación Piñón continúa aflorando varios kilómetros aguas debajo del río Coaque al costado de la vía Diez de Agosto.

En Jama, camino a Diez de Agosto (COA\_11-UTM: 591914; 9979781) aflora la Formación Piñón en una cantera a un costado de la vía, con un espesor aproximado de 60 metros (Figura 19). Se observó dos tipos de rocas volcánicas: 1) Pillow lavas con pátinas de manganeso de color gris violáceo brillante, también se observan cataclasitas; 2)

Volcánicos de color verde, menos fracturados. Se aprecia un espejo de falla entre los dos tipos de rocas volcánicas.

### Figura 19

*Afloramiento de la Formación Piñón - Punto COA\_11.*



### Análisis microscópico

Se analizaron 3 muestras de la Formación Piñón con un microscopio petrográfico con aumentos de 2.5X y 10X, de las cuales se obtuvo que son basaltos porfiríticos y afaníticos (Tabla 4).

### Tabla 4

*Muestras de la Formación Piñón con láminas delgadas.*

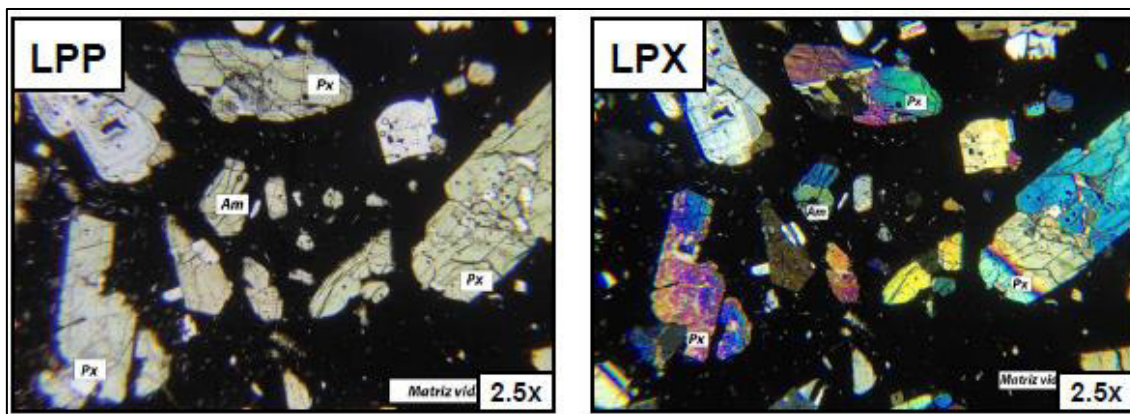
Formación Piñón				
Código	UTM X	UTM Y	Elevación (m)	Nombre de la roca
CQ-03	607772.3873	9996513.369	56	BASALTO
CQ-26	603554	9996540	26	BASALTO
CQ-29	602970	9998929	15	BASALTO

Se realizó 3 láminas delgadas de las muestras de roca: CQ\_29, CQ\_03 y CQ\_26.

La muestra CQ\_29 (UTM: 602970; 9998929) corresponde a un basalto porfirítico con texturas sieve y seriadas, compuesta por 20% de plagioclasas, 30% de piroxenos, 5% de anfíboles, 5% de opacos y una matriz de vidrio con el 40%. Muestra fracturamiento en minerales máficos y los minerales opacos pueden asociarse a magnetita por el leve magnetismo presente en la muestra (Figura 20).

### Figura 20

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_29.*

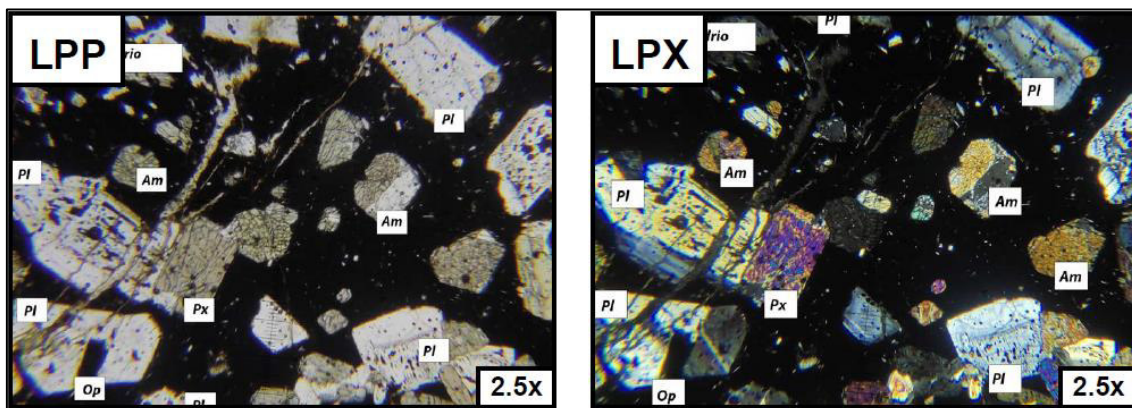


*Nota:* Px (Piroxeno), Am (Anfíbol), Pl (Plagioclasa).

La muestra CQ\_26 (UTM: 603554; 9996540) corresponde a un basalto porfirítico con texturas sieve y seriadas, compuesta por 15% de plagioclasas, 30% de piroxenos con texturas vesicular, 7% de anfíboles, 3% de opacos y una matriz de vidrio con el 45%. Presenta fracturamiento en los minerales máficos y los minerales opacos pueden asociarse a magnetita por el leve magnetismo que presenta la muestra (Figura 21).

### Figura 21

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_26.*

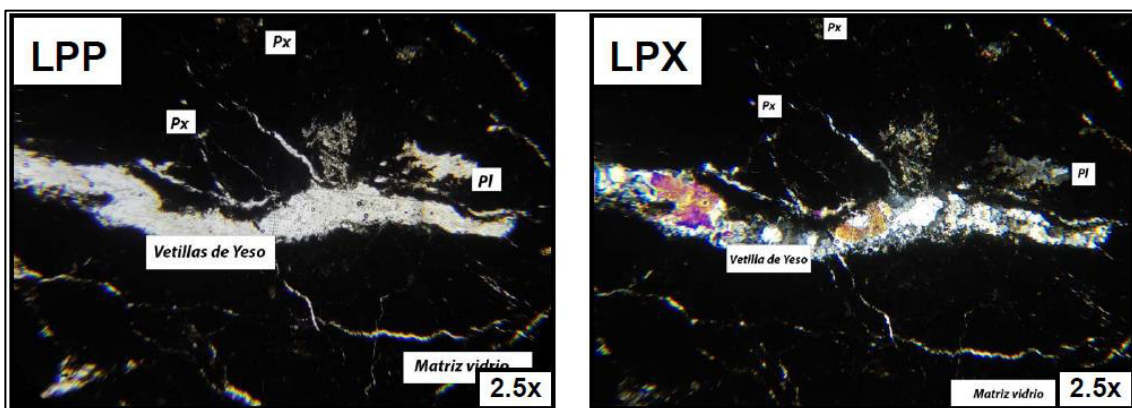


*Nota:* Px (Piroxeno), Am (Anfíbol), PI (Plagioclasa), Op (Opacos).

La muestra CQ\_03 (UTM: 603554; 9996540) corresponde a un basalto afanítico de textura vítrea con vetillas rellenas de yeso y pequeñas proporciones de anhidrita, compuesta por 3% de plagioclasas, 5% de piroxenos fracturados, 20% de yeso, 5% de opacos, 2% de anhidrita y 65% de matriz de vítrea. Presenta fracturamiento en los minerales máficos y los minerales opacos pueden asociarse a magnetita por el leve magnetismo que presenta la muestra (Figura 22).

### Figura 22

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_03.*



*Nota:* Px (Piroxeno), PI (Plagioclasa).

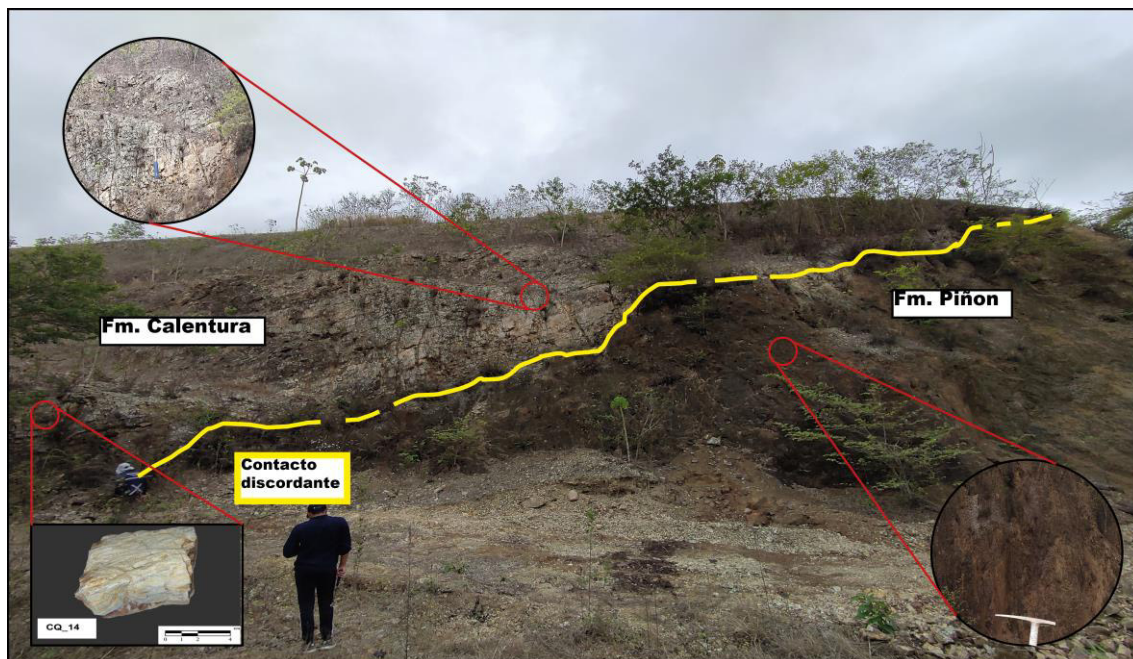
### **6.1.2. Formación Calentura**

La Formación Calentura se presenta discordante sobre la Formación Piñón, intruyendo o sobre rocas sedimentarias de la Formación Cayo al ser Formaciones contemporáneas. Constituye una secuencia de rocas volcánicas máficas a la base, así como tobas y areniscas en fases intermedias y finales, erosivas de los arcos volcánicos. Se diferencia de la Formación Piñón porque esta se deposita en bloques, mientras que la Formación Calentura es mucho más fracturada (hialoclastitas pequeñas) e incluso en ciertas zonas se observa en forma de brecha. En las areniscas de esta Formación tenemos presencia de fósiles como foraminíferos bentónicos como orbitoides y miliólidos, foraminíferos platónicos, radiolarios, bivalvos, fragmentos de briozoos; la gran cantidad de foraminíferos bentónicos y presencia de laminación de la muestra indica un posible ambiente de plataforma somera. En esta Formación podemos encontrar pedernales que varían de tonalidades naranjas a rojizas con vetillas de cuarzo en algunos casos.

Al sur de la zona de estudio, en la vía Diez de Agosto (CQ\_14-UTM: 599331; 9992816) aflora la Formación Calentura en discordancia con la Formación Piñón meteorizada. Se observa un afloramiento de 35 m de largo y 20 m de espesor. Al costado derecho está la Formación Piñón meteorizada de color marrón oscuro y en discordancia angular sobreyace la Formación Calentura con litofacies de tobas volcánicas de color marrón claro (Figura 23). La petrografía de la Formación Calentura se compone de tobas vítreas de color marrón claro, tamaño de grano ceniza, muy fracturada, con vetillas de yeso.

### Figura 23

*Afloramiento de la Formación Calentura en discordancia con la Formación Piñón en el punto CQ\_14.*



Al este de la carretera Troncal del Pacífico (CQ\_18-UTM: 600476; 9998557) aflora la Formación Calentura en dos litofacies: 1) Tobas marrón claro y 2) Areniscas verdes. Las tobas cubren la mayor parte del afloramiento que tiene un espesor aproximado de 15 metros, mientras que a un costado se observa un cambio de litología y se observa areniscas de color verde con carbonatos de calcio. Además, se observa varios bloques de pedernal erosionados y otros in situ, de color rojo claro con vetas de cuarzo (Figura 24).

## Figura 24

*Afloramiento de la Formación Calentura en el punto CQ\_18.*



### Análisis microscópico

Se analizaron 2 muestras de la Formación Calentura con un microscopio petrográfico con aumentos de 2.5X y 10X, de las cuales se obtuvo una calcarenita glauconítica y una toba vítrea (Tabla 5).

### Tabla 5

*Muestras de la Formación Calentura con láminas delgadas.*

Formación Calentura				
Código	UTM X	UTM Y	Elevación (m)	Nombre de la roca
CQ_14	599331.9086	9992816.672	160	TOBA VÍTREA
CQ_18	600476.1543	9998557.978	21	CALCARENITA

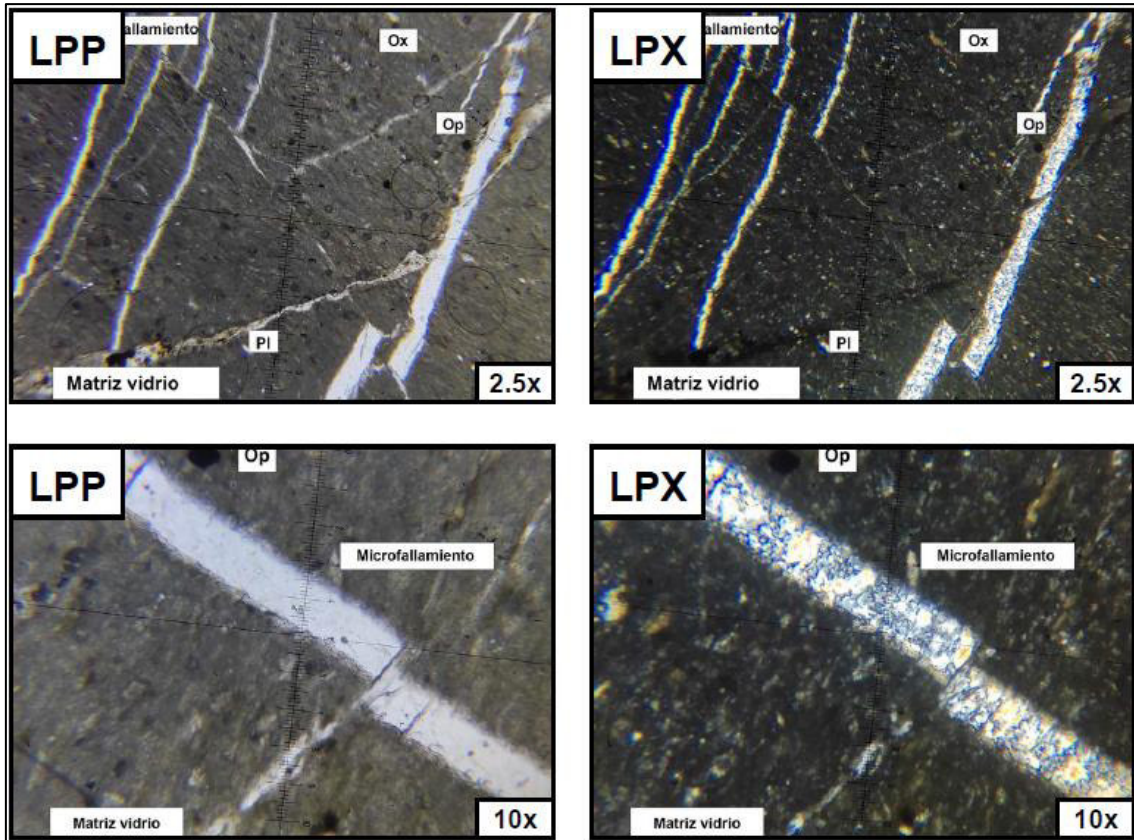
Se realizó 2 láminas delgadas de las muestras de roca: CQ\_14 y CQ\_18.

La muestra CQ\_14 (UTM: 599331; 9992816) corresponde a una toba vítrea de color marrón claro de textura clástica y tamaño de grano tipo ceniza. Presenta pocos minerales de plagioclasa 7%, opacos 3% en una matriz vítrea >50% atravesada por vetillas de yeso.

Presenta microfalloamiento en múltiples direcciones que cortan dichas vetillas y las desplazan de su posición original (Figura 25).

### Figura 25

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_14.*



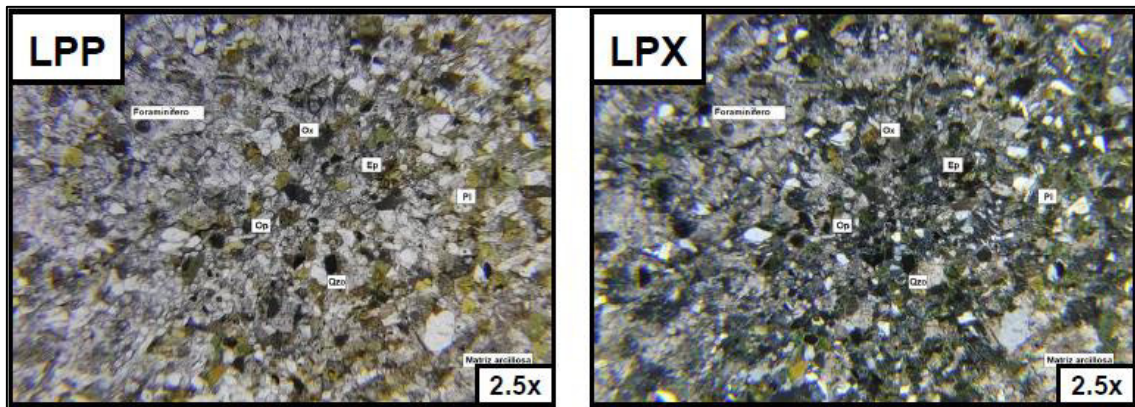
*Nota:* Pl (Plagioclase), Op (Opacos), Ox (Óxidos).

La muestra CQ\_18 (UTM: 600476; 9998557) corresponde a una calcarenita glauconítica de color verde y tamaño de arena de medio a grueso. Presenta laminación y cemento carbonatado con una matriz arcillosa del 35% y minerales como plagioclase, clorita, glauconita, cuarzo, opacos (Figura 26).



**Figura 26**

Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_18.

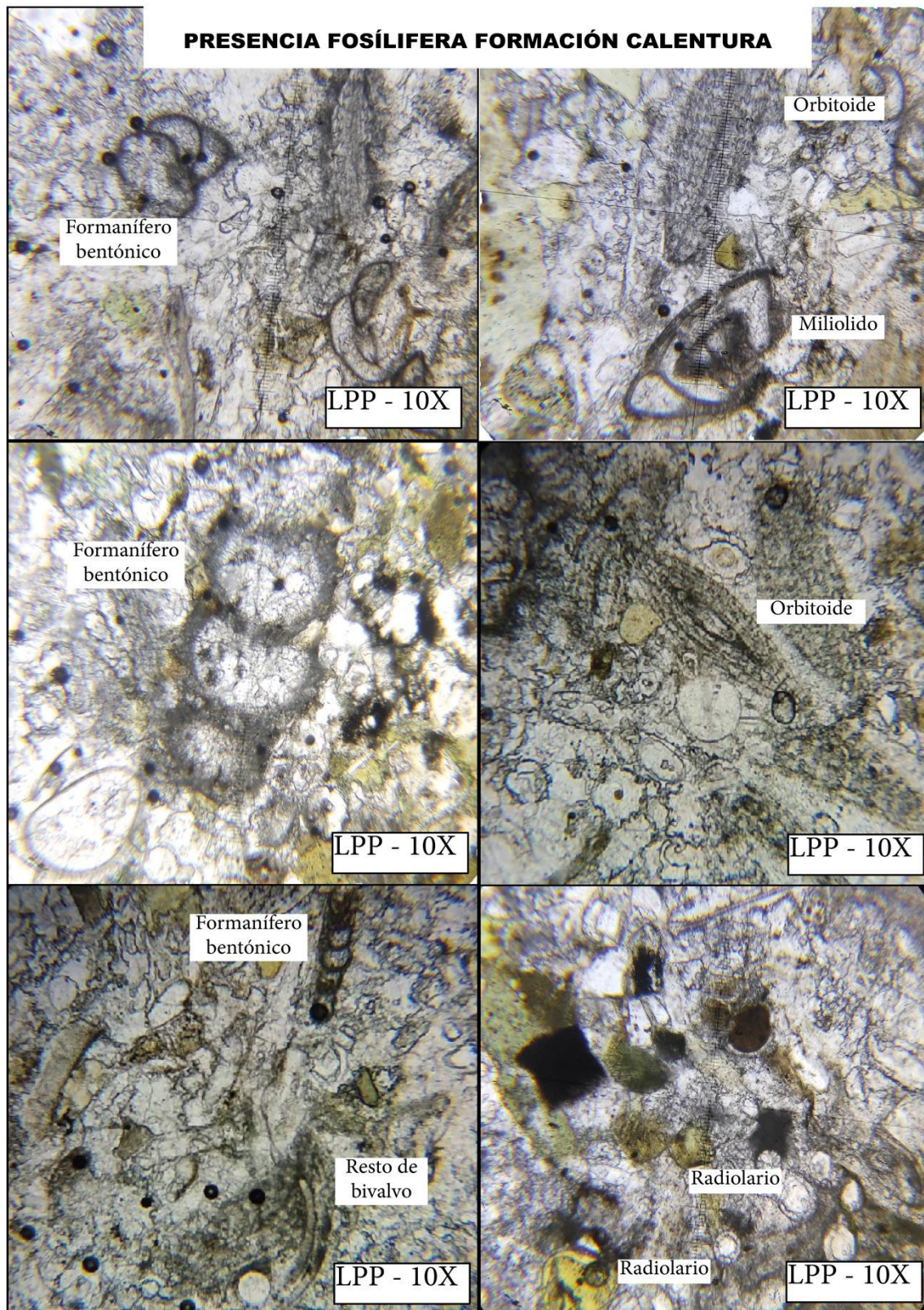


Nota: Pl (Plagioclasa), Qzo (Cuarzo), Ep (Epidota), Op (Opacos), Ox (Óxidos).

Presenta gran cantidad de fósiles como foraminíferos bentónicos, radiolarios, briozoos y bivalvos (Figura 27).

**Figura 27**

*Presencia de fósiles con luz transmitida en la muestra CQ\_18.*



### **6.1.3. Formación Cayo**

Formación de origen sedimentario a diferencia de las Formaciones Piñón y Calentura, aflora en acantilados de las playas de Manabí, así como afloramientos de carreteras con grandes potencias. Consiste en una serie de secuencias turbidíticas compuestas por areniscas a la base de potencia hasta de 3 metros y disminuye el tamaño de grano hasta llegar a lodolitas de color verde botella claro al techo de los estratos, también presenta areniscas con gran cantidad de líticos muy meteorizadas intercaladas con estratos finos de lodolitas de color verde botella característico de esta formación. Esta Formación presenta rasgos de haber sufrido procesos de esfuerzos puesto que se aprecia compresión y deformación de los paquetes estratificados. Las capas de esta formación se encuentran con un rumbo de N30°E y buzamiento de 32°NW.

En una colina al costado NE del corredor Coaque CQ\_02 (UTM: 607966; 9996617) sentido Atahualpa -Diez de Agosto, aflora la Formación Cayo con un paquete de turbiditas altamente meteorizadas de 12 metros de potencia con areniscas con líticos a la base de color marrón a ocre con líticos alterados (verdes) visibles en muestra de mano, intercaladas con capas de lodolitas verdes botella, muy deleznales al techo de la turbidita (Figura 28), ubicado muy cerca del punto CQ\_03 por lo que podría asociarse un contacto con la Formación Piñón.

## Figura 28

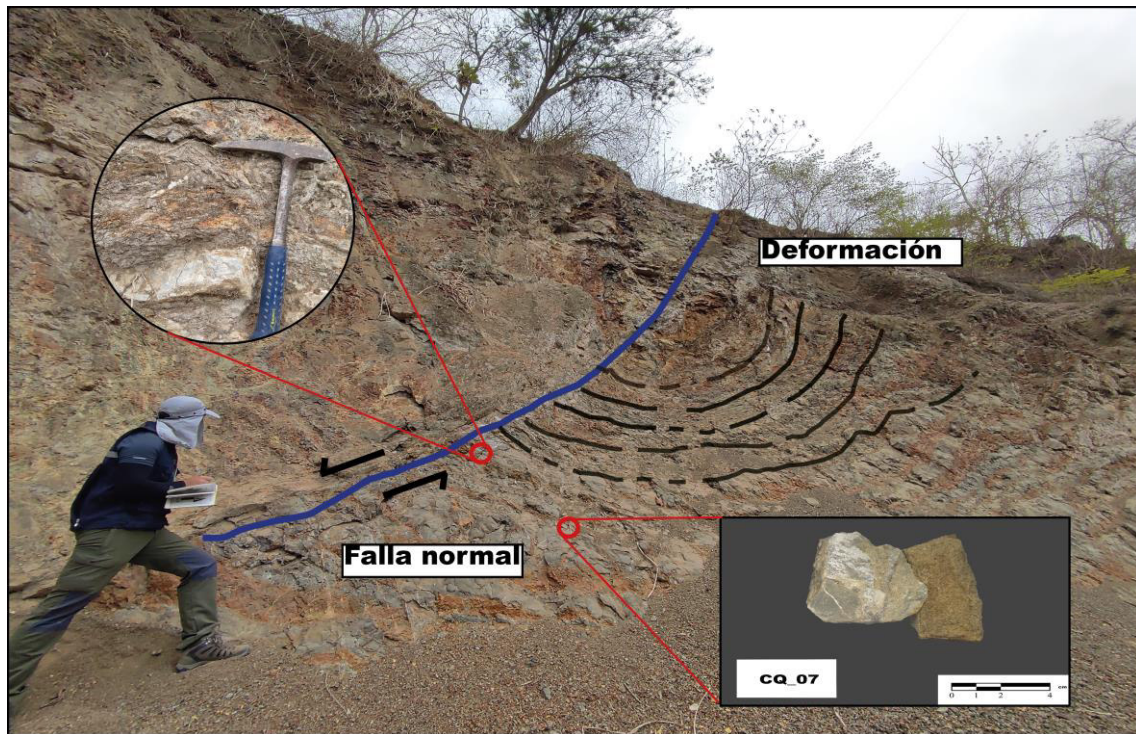
*Afloramiento de la Formación Cayo en el punto CQ\_02.*



En el sector del Cholote, a un costado del río San José CQ\_07 (UTM: 603132; 9992458), se observa un afloramiento de 30 m de potencia de la Formación Cayo que contiene paquetes estratificados de turbiditas con intercalaciones de areniscas y lutitas (Figura 29). Se evidencia la presencia de una falla normal de rumbo N30°E y buzamiento de 58°SE. Los estratos presentan procesos de esfuerzos, se aprecia etapas de compresión y deformación de los paquetes estratificados. En este punto se observa como el río San José sigue un control estructural y marca un contacto entre la Formación Cayo con la Formación Piñón, es decir solo al cruzar el río se observa el cambio litológico.

**Figura 29**

*Afloramiento de la Formación Cayo en el punto CQ\_07.*



### **Análisis microscópico**

Se analizaron 2 muestras de la Formación Cayo con un microscopio petrográfico con aumentos de 2.5X y 10X, de las cuales se obtuvo una volcarenita y una grawaca feldespática (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Muestras de la Formación Cayo con láminas delgadas.*

<b>Formación Cayo</b>				
<b>Código</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Nombre de la roca</b>
CQ_02	607966,1459	9996617,896	51	VOLCARENITA
CQ_07	603132,9147	9992458,552	19	GRAWACA FELDESPÁTICA

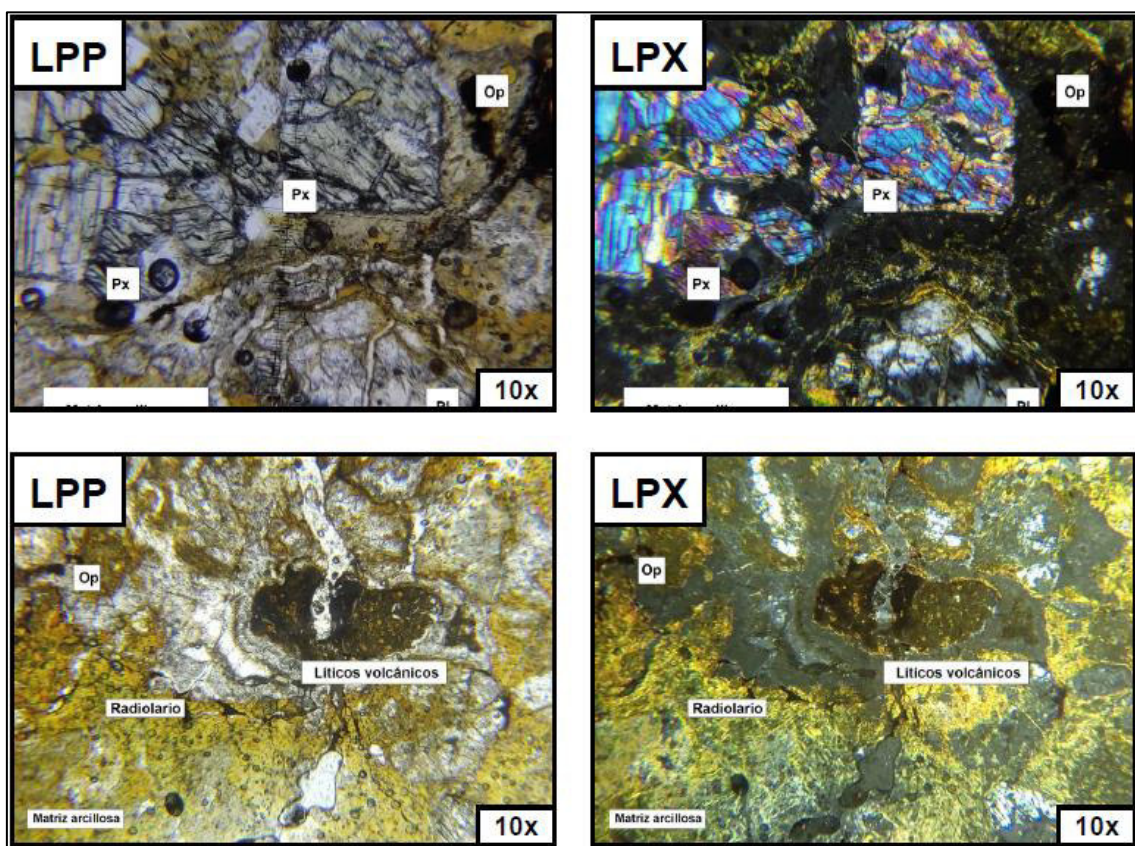
Se realizó 2 láminas delgadas de las muestras de roca: CQ\_02 y CQ\_07.

La muestra CQ\_02 (UTM: 607966; 9996617) corresponde a una volcarenita de color ocre altamente meteorizada, de tamaño de arena medio a grueso pobremente sorteada y matriz

soportada. Compuesta por una matriz arcillosa 65%, 10% de líticos, plagioclasa 15%, feldespatos alcalinos 5%, cuarzo 1%, piroxenos 2% y opacos 2%. La cantidad de líticos volcánicos (posiblemente de la Formación Piñón) ortoga el nombre de volcarenita. Además, presenta microfósiles (radiolarios) (Figura 30).

### Figura 30

Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_02.



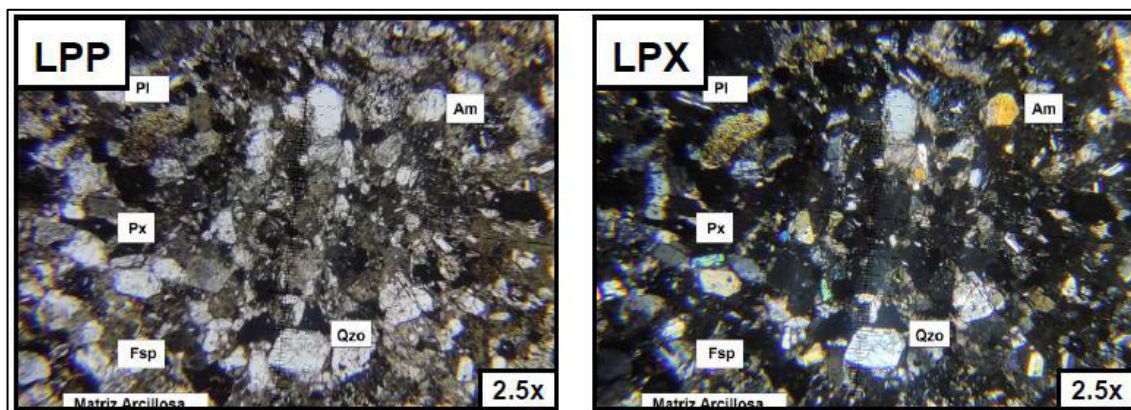
Nota: Px (Piroxeno), Op (Opaco).

La muestra CQ\_07 (UTM: 603132; 9992458) corresponde a una grawaca feldespática de color gris parduzca, de tamaño de grano de arena medio a fino pobremente sorteada y clasto soportado (Figura 31). Compuesta por cemento carbonatado y matriz arcillosa 45%, 20% de líticos, plagioclasa 15%, feldespatos alcalinos 10%, cuarzo 10%, anfíbol

1%, piroxenos 2%, opacos 5% y óxidos 1%. Presenta líticos volcánicos posiblemente de la Formación Piñón.

### Figura 31

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_07.*



*Nota:* Px (Piroxeno), Pl (Plagioclasa), Qzo (Cuarzo), Am (Anfíbol), Fsp (Feldespato), Op (Opaco).

#### 6.1.4. Formación Cerro

La Formación Cerro sobreyace en discordancia angular a la Formación Cayo y está compuesta de capas tobáceas de color verde grisáceo claros, con alto grado de fracturamiento. Aflora a lo largo de línea costera de la zona de estudio en los acantilados de las playas desde el sur como el Cabuyal, intermedio el Palmar y al norte Punta Coaque; comúnmente se la encuentra en contacto con la Formación Cayo silicificada y muy fracturada a la base y también en contacto con depósitos cuaternarios a los costados. Todas las muestras de la Formación Cerro presentan radiolarios y en ocasiones foraminíferos, y para estudio se les han denominado tobas fosilíferas.

En la playa el Palmar CQ\_22 (UTM: 597131; 9997436) aflora la Formación Cerro en una playa de arenas negras (magnéticas) con una potencia de 6 metros (Figura 32). Las rocas

son de color marrón verdosas claras con alto grado de fracturamiento, no muestran reacción al ácido clorhídrico al 10%, poseen laminaciones horizontales a subhorizontales y pátinas de oxidación.

### Figura 32

*Afloramiento de la Formación Cerro en el punto CQ\_22.*

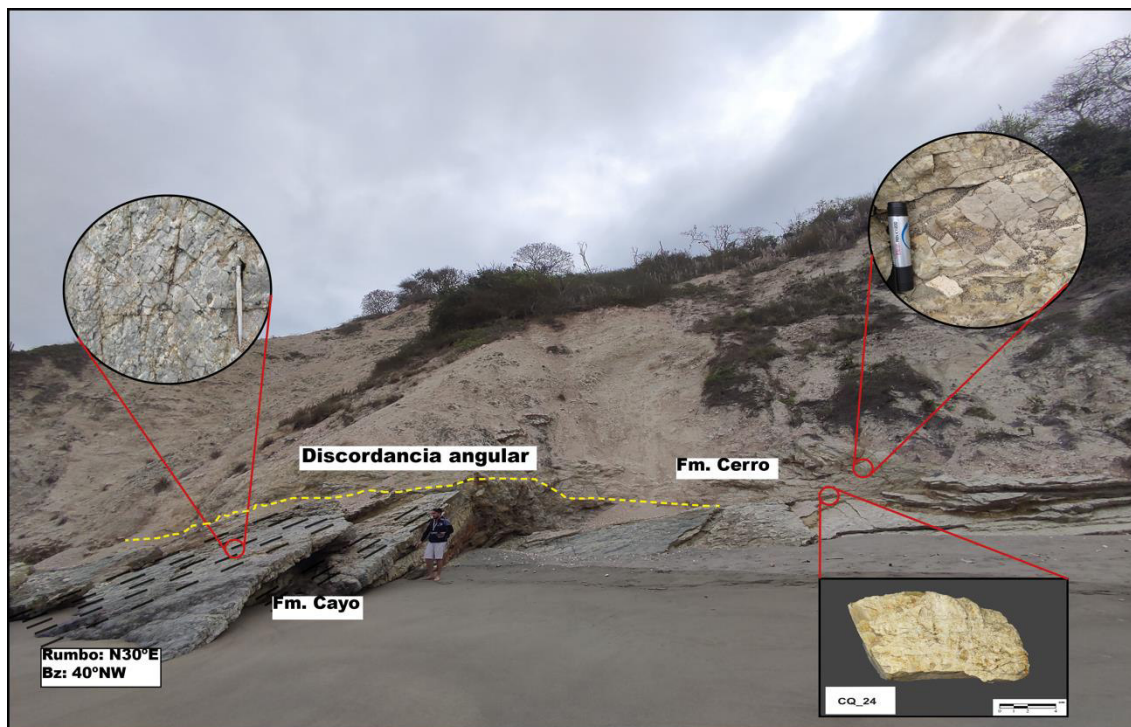


Al norte del Palmar continuando en la línea costera CQ\_24 (UTM: 598400, 9999119) aflora la Formación Cerro sobreyaciendo en discordancia angular a la Formación Cayo que posee las capas inclinadas con rumbo N30°E y buzamiento de 40°NW (Figura 33). El afloramiento tiene una potencia aproximada de 12 metros de rocas colores marrón verdoso claro a blanquecinas verdosas altamente fracturadas.



**Figura 33**

*Afloramiento de la Formación Cerro en el punto CQ\_24.*



### **Análisis microscópico**

Se analizaron 3 muestras de la Formación Cerro con un microscopio petrográfico con aumentos de 2.5X y 10X, de las cuales se obtuvo unas tobas fosilíferas con radiolarios (Tabla 7).

### **Tabla 7**

*Muestras de la Formación Cerro con láminas delgadas.*

<b>Formación Cerro</b>				
<b>Código</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Nombre de la roca</b>
CQ_24	598400	9999119	17	TOBA FOSILÍFERA
COA_16	599085	9999999.99	4	TOBA RADIOLARÍTICA
CQ_22	597131.6283	9997436.488	5	TOBA FOSILÍFERA

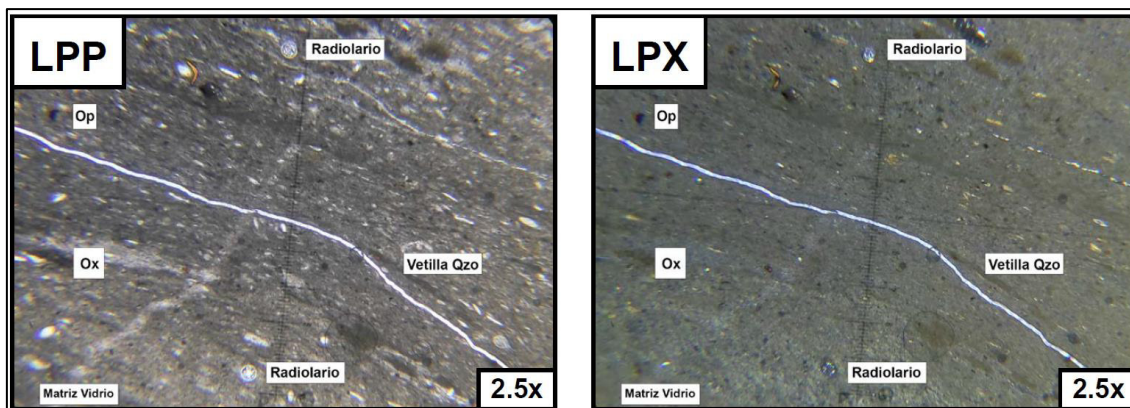
Se realizó 3 láminas delgadas de las muestras de roca: CQ\_22, CQ\_24, COA\_16.

La muestra CQ\_22 (UTM: 597131; 9997436) corresponde a una toba fosilífera de radiolarios, de tamaño de grano de ceniza y clastos angulares a subangulares (Figura 34).

Presenta vetillas rellenas de cuarzo, minerales opacos y óxidos en menor proporción dentro de una matriz vítrea.

### Figura 34

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_14.*

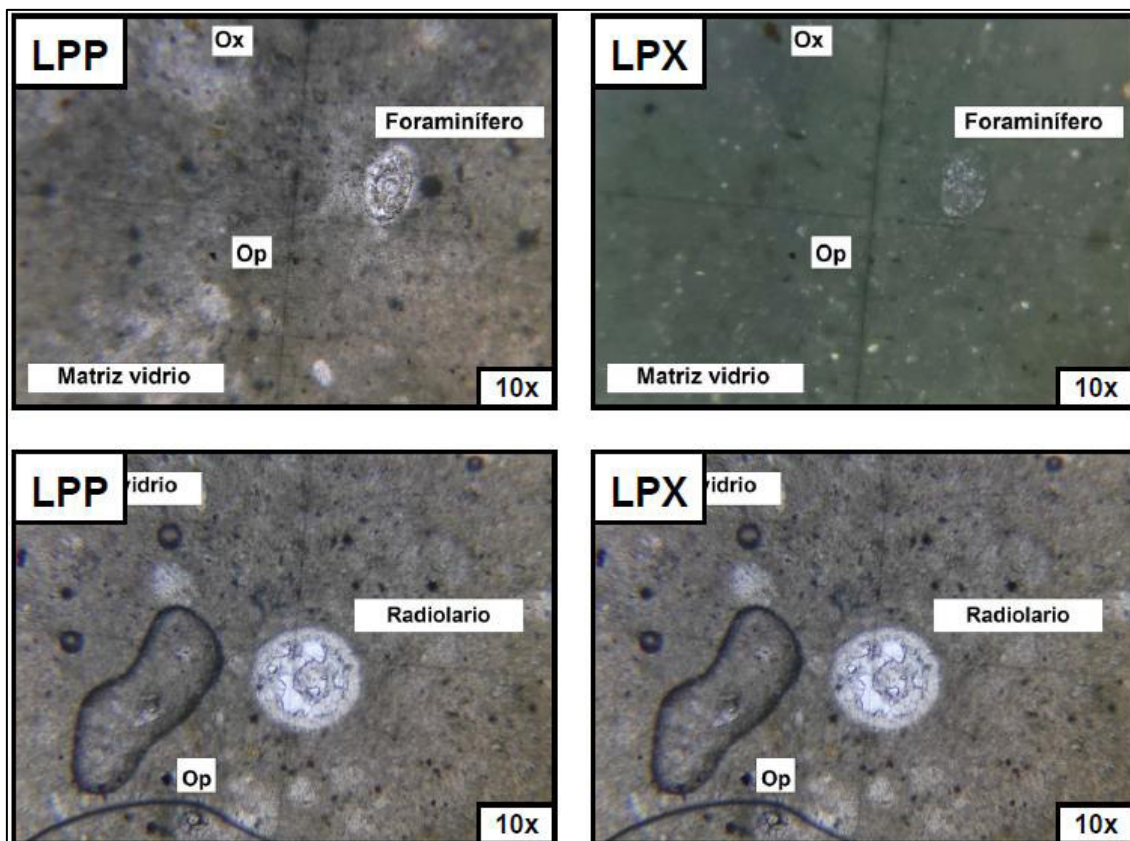


*Nota:* Op (Opaco), Ox (Óxido), Qzo (Cuarzo).

La muestra CQ\_24 (UTM: 598400; 9999119) corresponde a una toba fosilífera de radiolarios y foraminíferos bentónicos, de tamaño de grano de ceniza y su selección es moderadamente sorteada (Figura 35). Presenta microfracturas, cuarzo, minerales opacos y óxidos en menor proporción dentro de una matriz vítrea.

**Figura 35**

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_14.*

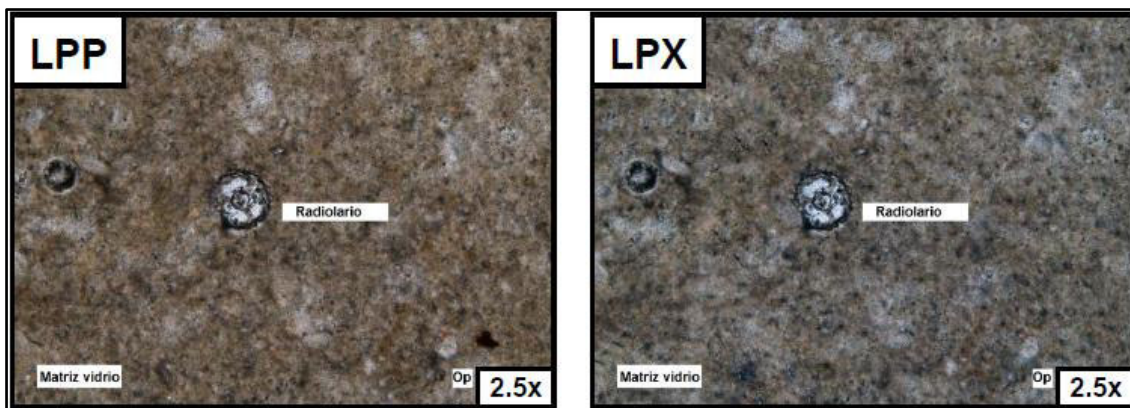


*Nota:* Op (Opaco), Ox (Óxido), Qzo (Cuarzo).

La muestra COA\_16 (UTM: 599085; 9999999) ubicada justo en la línea equinoccial corresponde a una toba fosilífera, de tamaño de grano de ceniza y granos subredondeados. Presenta cuarzo, minerales opacos y óxidos en menor proporción dentro de una matriz vítrea. Su contenido de radiolarios >30% en la muestra atribuye el nombre de toba radiolarítica (Figura 36).

**Figura 36**

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_14.*



### **6.1.5. Formación Punta Blanca**

La Formación Punta Blanca se superpone en discordancia angular a la Formación Cerro y aflora al NW de la zona de estudio. Compuesta de tobas silíceas color rosáceo de composición ácida, tamaño de grano de ceniza, granos bien sorteados. La compactación de sus rocas es moderada, con componentes volcánicos, también presenta vetillas de cuarzo. Esta Formación presenta fósiles de la familia de los Radiolarios.

En la carretera (E15) Troncal del Pacífico CQ\_19 (UTM: 603411; 10004248) aflora la Formación Punta Blanca al costado E de la vía con potencias de 10 a 15 metros y 500 metros sobre el trazado de la vía (Figura 37). Las rocas son de color gris rosáceo ligeramente deleznable al tacto, de tamaño de grano ceniza con vetillas de cuarzo. Compuesta de vidrio, cuarzo, opacos y óxidos.

### Figura 37

*Afloramiento de la Formación Punta Blanca en el punto CQ\_19.*



### Análisis microscópico

Se analizó 1 muestra de la Formación Punta Blanca con un microscopio petrográfico con aumentos de 2.5X y 10X, de las cuales se obtuvo una toba de ceniza con radiolarios (Tabla 8).

### Tabla 8

*Muestras de la Formación Punta Blanca con láminas delgadas.*

Formación Punta Blanca				
Código	UTM X	UTM Y	Elevación (m)	Nombre de la roca
CQ_19	603411.0114	10004248.26	29	TOBA DE CENIZA CON RADIOLARIOS

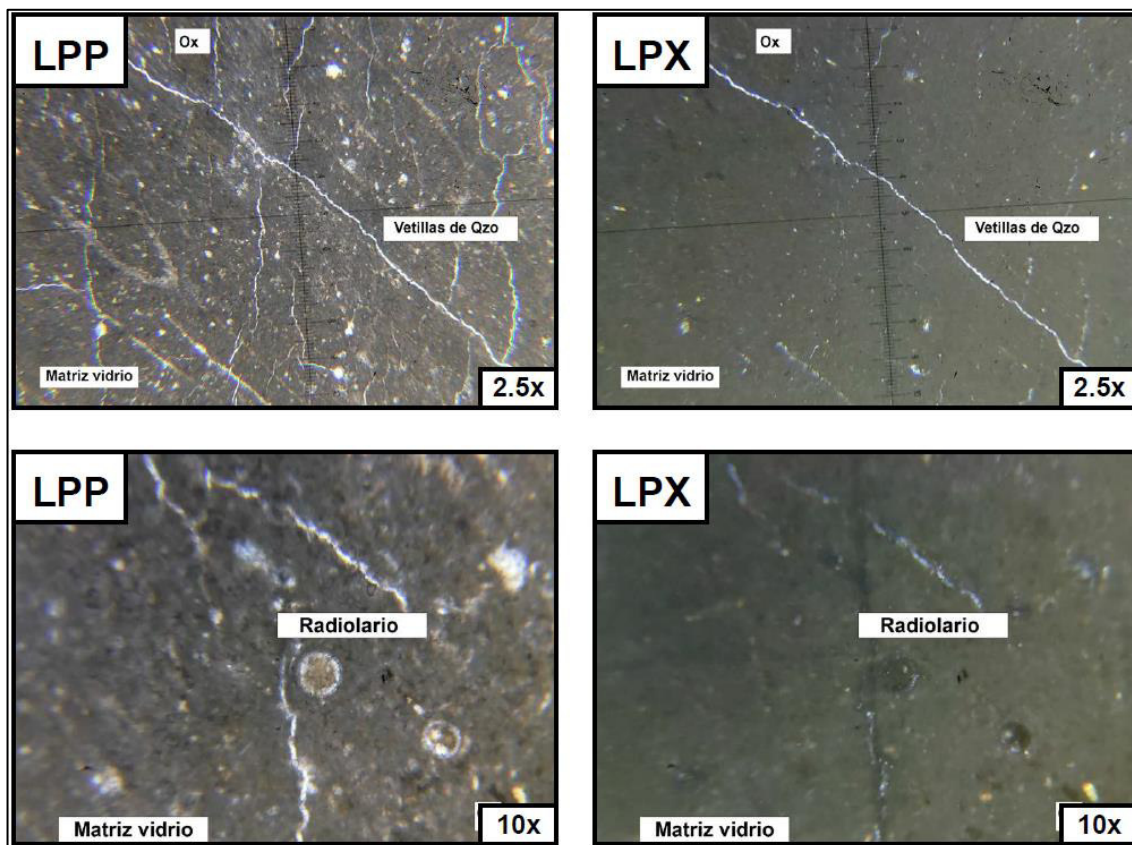
Se realizó 1 lámina delgada de la muestra de roca: CQ\_19.

La muestra CQ\_19 (UTM: 603411; 10004248) corresponde a una toba de ceniza con radiolarios, de tamaño de grano de ceniza y clastos angulares a subangulares (Figura 38).

Presenta vetillas rellenas de cuarzo, minerales opacos y óxidos en menor proporción dentro de una matriz vítrea. Además, presenta radiolarios en la matriz vítrea.

### Figura 38

Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_19.



Nota: Ox (Óxidos).

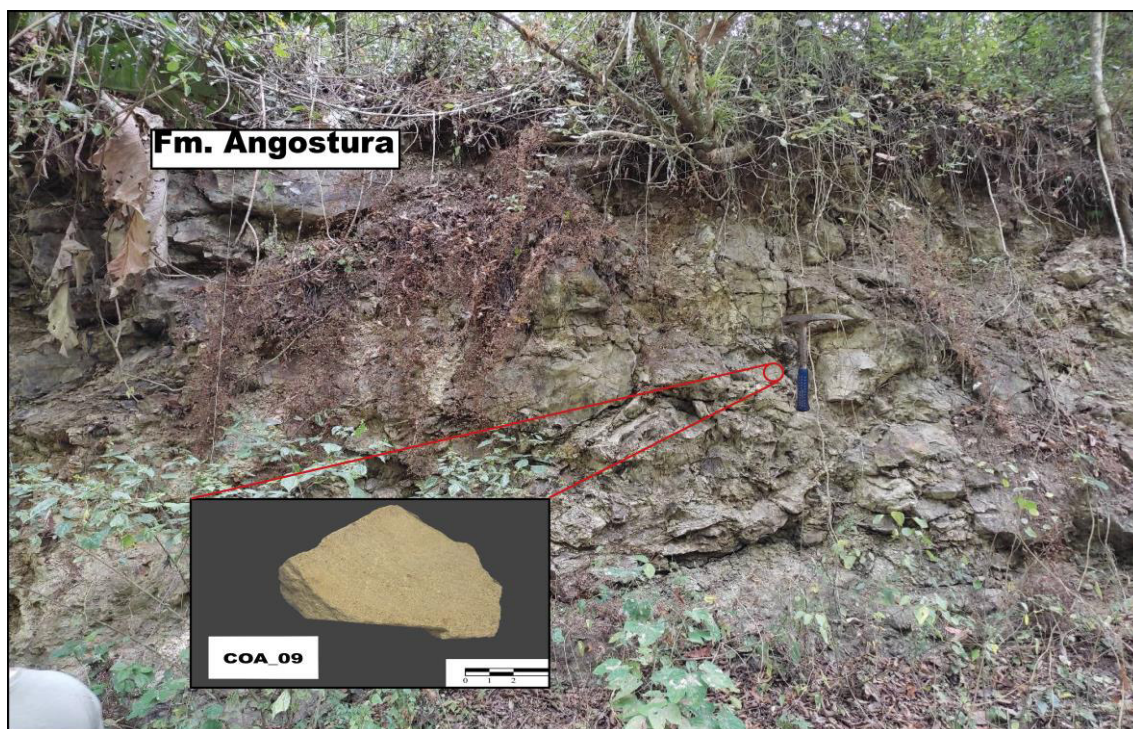
#### 6.1.6. Formación Angostura

La Formación Angostura está compuesta en la base por secuencias turbidíticas con areniscas de gran potencia y al techo lodolitas. Esta Formación aflora en el centro de la Cuenca de Manabí, es decir al E de la zona de estudio. Estudios previos sugieren megafósiles en esta formación, aunque solo se evidencia presencia de radiolarios en lámina delgada.

En la unión del río Tabiaza y Estero Vaca de Monte, en el carretero vía a Diez de Agosto COA\_09 (UTM: 609146; 9986099) aflora la Formación Angostura a un costado del río Tabiaza con una potencia de 5 metros con litología de areniscas color marrón de moderado grado de compactación, granos moderadamente sorteados con esfericidad baja, clasto soportado, submadura y gradación normal (Figura 39).

### Figura 39

*Afloramiento de la Formación Angostura en el punto COA\_09.*



### Análisis microscópico

Se analizó 1 muestra de la Formación Angostura con un microscopio petrográfico con aumentos de 2.5X, 10X y 40X, de las cuales se obtuvo una grawaca feldespática (Tabla 9).

**Tabla 9**

*Muestras de la Formación Angostura con láminas delgadas.*

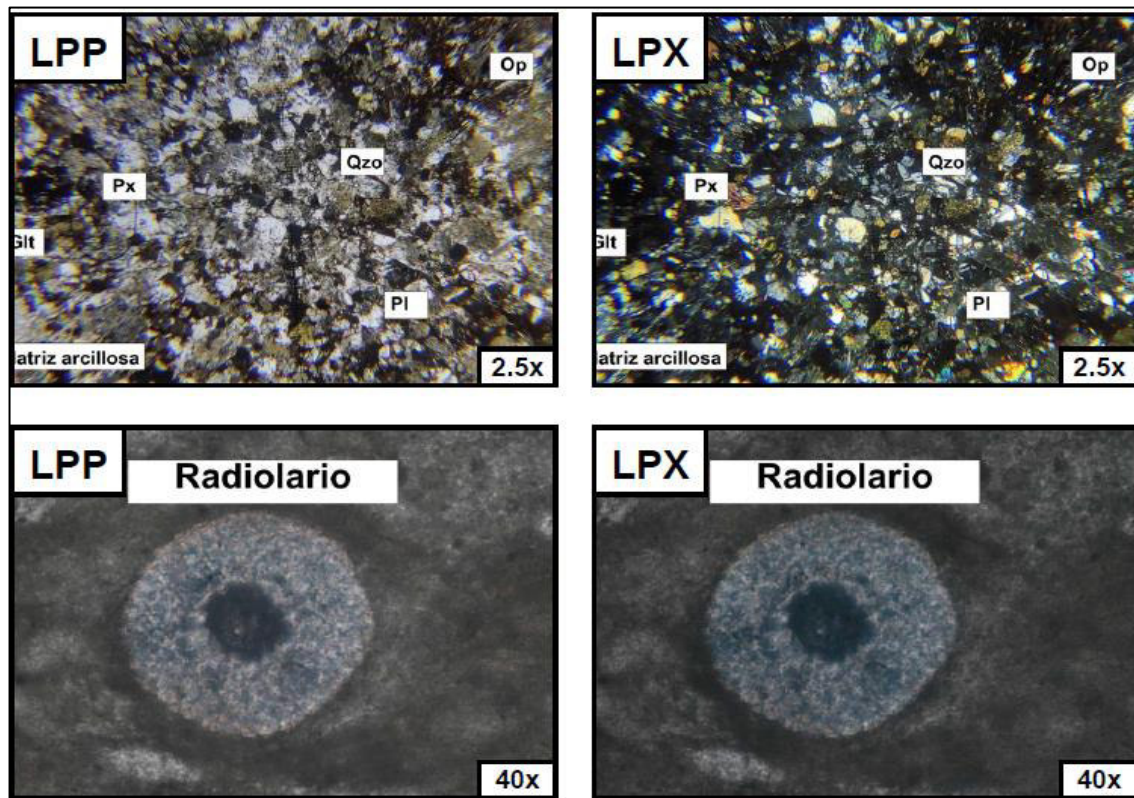
Formación Angostura				
Código	UTM X	UTM Y	Elevación (m)	Nombre de la roca
COA_09	609146,7575	9986099,408	143	GRAWACA FELDESPÁTICA

Se realizó 1 lámina delgada de las muestras de roca: COA\_09.

La muestra COA\_09 (UTM: 609146; 9986099) corresponde a una grawaca feldespática clasto soportado, con matriz arcillosa 25%, líticos (posiblemente de la Formación Piñón) 15%, plagioclasa 40%, máficos (Px, Am) 4%, cuarzo 10%, opacos 1%, glauconita 3 y óxidos 1%. Presencia de radiolarios con aumento de 40X (Figura 40).

**Figura 40**

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra COA\_09.*



*Nota:* Px (Piroxeno), Pl (Plagioclasa), Qzo (Cuarzo), Glt (Glauconita), Op (Opacos).



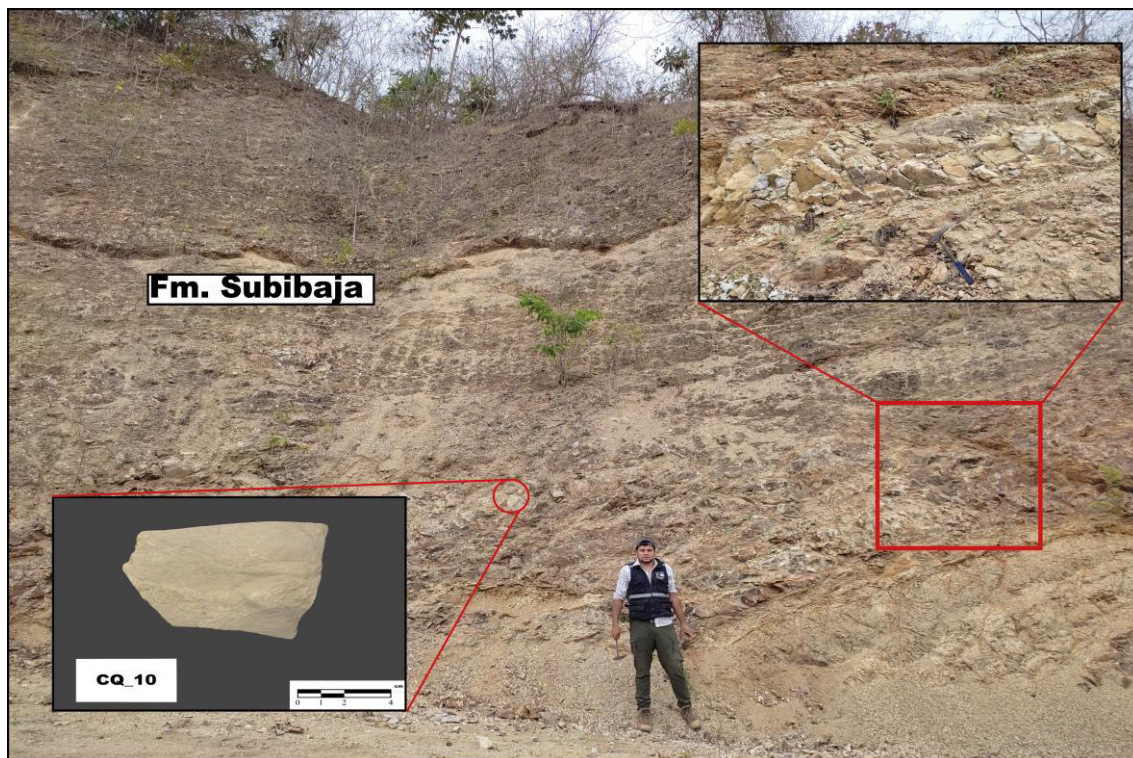
### **6.1.7. Formación Subibaja**

La Formación Subibaja está compuesta de rocas sedimentarias de grano fino a muy fino, es decir por limolitas, lutitas y arcillolitas de color gris verdoso, además suelen presentar laminaciones en su estructura. A nivel microscópico se pueden distinguir minerales como el cuarzo, opacos y óxidos dentro de una matriz arcillosa o de limo, y además presenta radiolarios. Aflora principalmente en el centro de la Cuenca de la Manabí, al E de nuestra zona de estudio separada por una falla inversa con la Formación Piñón, donde se observa un cambio litológico del Cretácico al Mioceno.

Al norte del Cholote, siguiendo el río San José en el camino de segundo orden CQ\_10 (UTM: 603745; 9994045) aflora la Formación Subibaja con un espesor de 18 metros en capas con moderada meteorización (Figura 41). Son capas de material fino (limos) correspondientes a limolitas de color gris verdoso, estructura masiva, fractura concoidea, posible composición silícea por su dureza.

### Figura 41

*Afloramiento de la Formación Subibaja en el punto CQ\_10.*



Siguiendo el Estero Sixto, en el límite entre los pablados Diez de Agosto y Atahualpa COA\_08 (UTM: 606555; 9993254) aflora la Formación Subibaja a un costado del carretero de segundo orden con un espesor de 4 metros (Figura 42). Las rocas presentan un color gris verdoso con un leve grado de meteorización, pero altamente litificadas. Se observa fracturas concoideas atribuyendo una composición silícea, además el tamaño de grano es muy fino del tipo arcilla. No presenta laminaciones en su estructura, pero sí unas pequeñas fracturas en su interior (visibles al cortar la roca con máquina).

**Figura 42**

*Afloramiento de la Formación Subibaja en el punto COA\_08.*



### Análisis microscópico

Se analizó 4 muestras de la Formación Subibaja con un microscopio petrográfico con aumentos de 2.5X, 10X y 40X, de las cuales se obtuvieron arcillolitas, limolitas y una radiolarita (Tabla 10).

**Tabla 10**

*Muestras de la Formación Subibaja con láminas delgadas.*

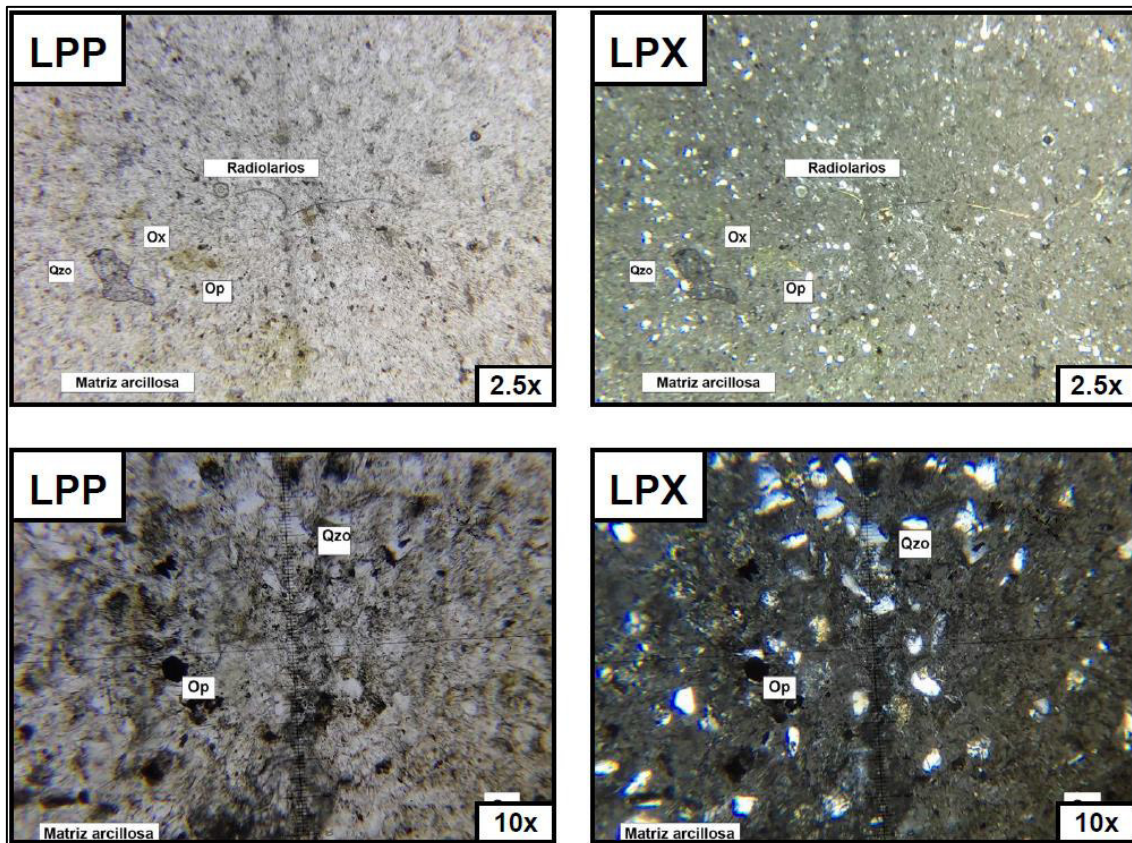
Formación Subibaja				
Código	UTM X	UTM Y	Elevación (m)	Nombre de la roca
CQ_10	603745.1031	9994045.531	62	LIMOLITA SILÍCEA
COA_07	605245.1164	9994221.23	39	ARCILLOLITA
COA_08	606555.4288	9993254.952	60	RADIOLARITA
COA_10	599564.8049	9984602.468	41	ARCILLOLITA

Se realizó 4 láminas delgadas de las muestras de roca: CQ\_10, COA\_07, COA\_08, COA\_10.

La muestra CQ\_10 (UTM: 603745; 9994045) corresponde a una limolita silícea, con 70% de limos y 30% de arcillas, con distribución homogénea. La muestra presenta cuarzo monocristalinos y policristalinos, pocos minerales opacos y radiolarios bien preservados en su matriz (Figura 43).

**Figura 43**

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra CQ\_10.*

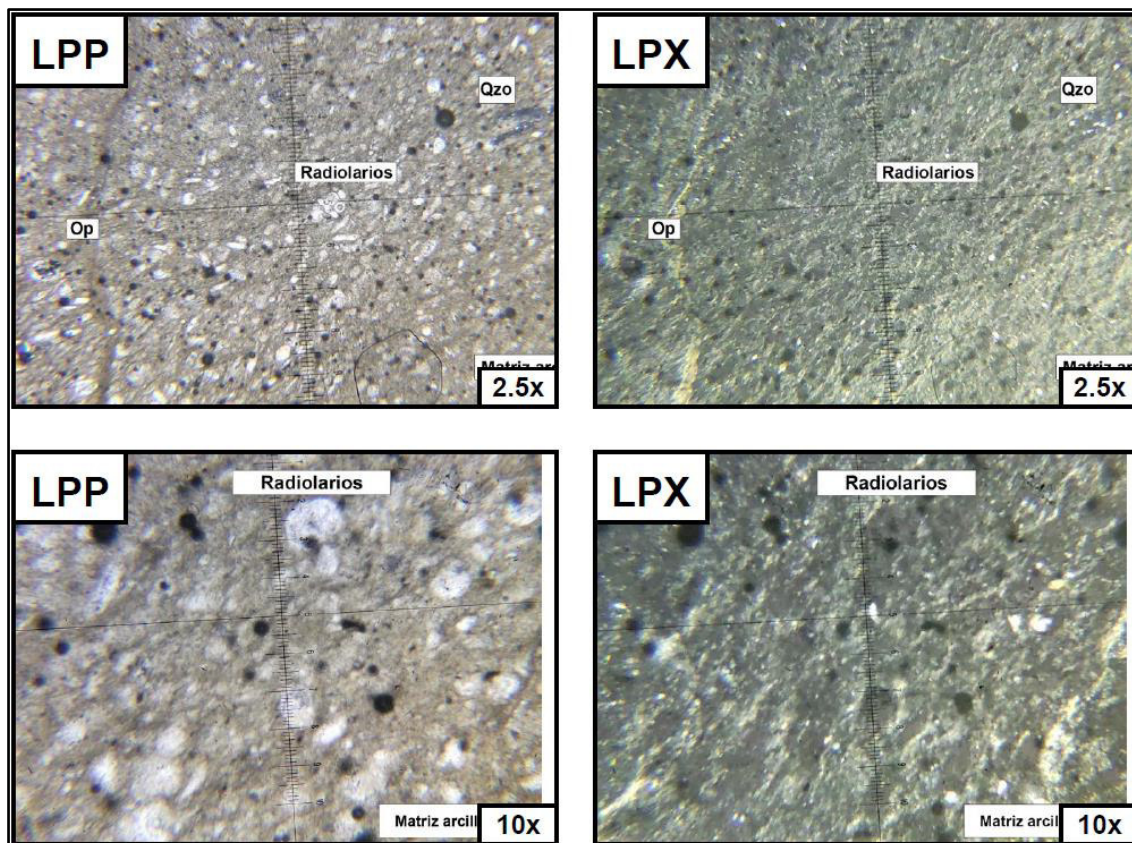


*Nota:* Qzo (Cuarzo), Op (Opacos), Ox (Óxidos).

La muestra COA\_08 (UTM: 606555; 9993254) corresponde a una Radiolarita con arcillas casi en la totalidad de la muestra con distribución homogénea. La muestra presenta cuarzo monocristalinos y policristalinos, pocos minerales opacos y gran cantidad de radiolarios que superan el 50% del contenido clástico de la muestra (Figura 44).

**Figura 44**

*Lámina delgada con luz transmitida y polarizador cruzado de la muestra COA\_08.*



*Nota:* Qzo (Cuarzo), Op (Opacos).

Las muestras COA\_07 y COA\_10 son muy similares en su composición y corresponden a arcillolitas con distribución heterogénea con radiolarios en su matriz (Anexo 5).

## **6.2. Modelo Hidrogeológico conceptual**

Las Formaciones geológicas distribuidas en la zona de estudio han sido clasificadas como acuíferos de acuerdo con la relación con la presión hidrostática (López et al., 2009; Villarroya, 2009; Ordoñez, 2011), tipo de porosidad (Hispagua, 2021), y en función del material constituyente (López et al., 2009).

### **6.2.1. Formación Piñón**

Esta Formación se compone de rocas volcánicas, generalmente basaltos que componen el basamento de la cuenca y se encuentran en profundidad como en superficie. Además, son rocas con alto grado de fracturamiento, existe la posibilidad de ser un acuífero fracturado de acuerdo con su porosidad secundaria. Al aflorar y encontrarse en contacto con la presión atmosférica podría constituir un acuífero libre. De acuerdo con la clasificación de López et al. (2009) se consideraría un acuífero constituido por rocas ígneas.

### **6.2.2. Formación Calentura**

Compuesta por diferentes tipos de rocas desde volcánicas, piroclásticas hasta areniscas. Esta particularidad otorga a la Formación Calentura la posibilidad de albergar diferentes tipos de acuíferos. Según la clasificación por presión hidrostática podría constituir 3 tipos de acuíferos: a) acuífero libre, b) semiconfinado conformado por una capa confinante de la Formación Piñón y una capa semiconfinante correspondiente a la Formación Cerro, c) colgado al encontrarse como lente dentro de las Formaciones Piñón o Cayo. Presenta dos tipos de porosidad de acuerdo con su litología, con porosidad primaria podría conformar un acuífero detrítico y con porosidad secundaria un acuífero fracturado, lo que constituiría un acuífero mixto. En relación a la clasificación del material

constituyente podrían existir acuíferos en rocas sedimentarias consolidadas y en rocas volcánicas.

### **6.2.3. Formación Cayo**

La Formación Cayo está compuesta por secuencias turbidíticas de areniscas y lutitas sobreyaciendo a la Formación Piñón y por debajo de las Formaciones Cerro y Calentura. Al encontrarse esta Formación en superficie podría constituir un acuífero libre y en profundidad albergaría acuíferos confinados por su propia intercalación de lutitas que actuarían como capas confinantes a diferencia de las areniscas. La posibilidad de contener un acuífero semiconfinado y/o colgado se da cuando la secuencia turbidítica está incompleta y la capa superior no es totalmente impermeable, puesto que sobreyacen tobos de las Formaciones Cerro y Calentura. Además, al poseer porosidad primaria se clasificaría como un acuífero detrítico y por el tipo de material constituyente en un acuífero en rocas sedimentarias consolidadas.

### **6.2.4. Formación Cerro**

La Formación Cerro está constituida por capas tobáceas, sobreyaciendo a la Formación Cayo. Podría ser clasificada como un acuífero libre al encontrarse en contacto con la presión atmosférica. En relación con su porosidad secundaria se clasificaría como acuífero fracturado (siempre que las fracturas no se encuentren rellenas) sin embargo, muchas de sus fracturas están rellenas de cuarzo, lo cual dificultaría la existencia de un acuífero. Según el material constituyente esta Formación constituiría un acuífero en rocas volcánicas. En general esta Formación actuaría como capa confinante debido a su tamaño de grano y grado de silicificación.



#### **6.2.5. Formación Punta Blanca**

La Formación Punta Blanca superpone a la Formación Cerro, en la zona de estudio se presenta como lentes dispuestos sobre la superficie. Se compone de tobas silíceas con vetillas rellenas de cuarzo. Esta Formación al estar en contacto con la presión atmosférica podría clasificarse como acuífero libre. Con relación a su material constituyente podría clasificarse como un acuífero en rocas volcánicas. De manera general por su litología la Formación Punta Blanca actuaría mejor como capa confinante al igual que la Formación Cerro.

#### **6.2.6. Formación Angostura**

La Formación Angostura se compone de secuencias turbidíticas entre areniscas y lodolitas. Esta Formación aflora en superficie lo que la clasificaría como un acuífero libre. Estratigráficamente está superpuesta por la Formación Subibaja y actuaría como un acuífero confinado o semiconfinado. Debido a su litología presenta porosidad primaria que la constituye como un acuífero detrítico. Y según el material constituyente se podría clasificar como un acuífero en rocas sedimentarias consolidadas.

#### **6.2.7. Formación Subibaja**

La Formación Subibaja está compuesta por limolitas, lutitas y arcillolitas. Por sus características litológicas no se podría clasificar como un acuífero debido a que esta Formación se comportaría como una capa confinante. Según el tipo de porosidad clasificaría como un acuífero detrítico en rocas sedimentarias consolidadas.

### **6.2.8. Cuaternarios**

Los depósitos cuaternarios por su posición estratigráfica podrían clasificarse como acuíferos libres. Asimismo, según el tipo de porosidad clasificaría como un acuífero detrítico en depósitos no consolidados de materiales sueltos.

El Modelo de Flujo Subterráneo Preliminar a partir de Análisis de Drenaje se muestra en el Anexo 8.

### 6.3. Granulometría de arenas

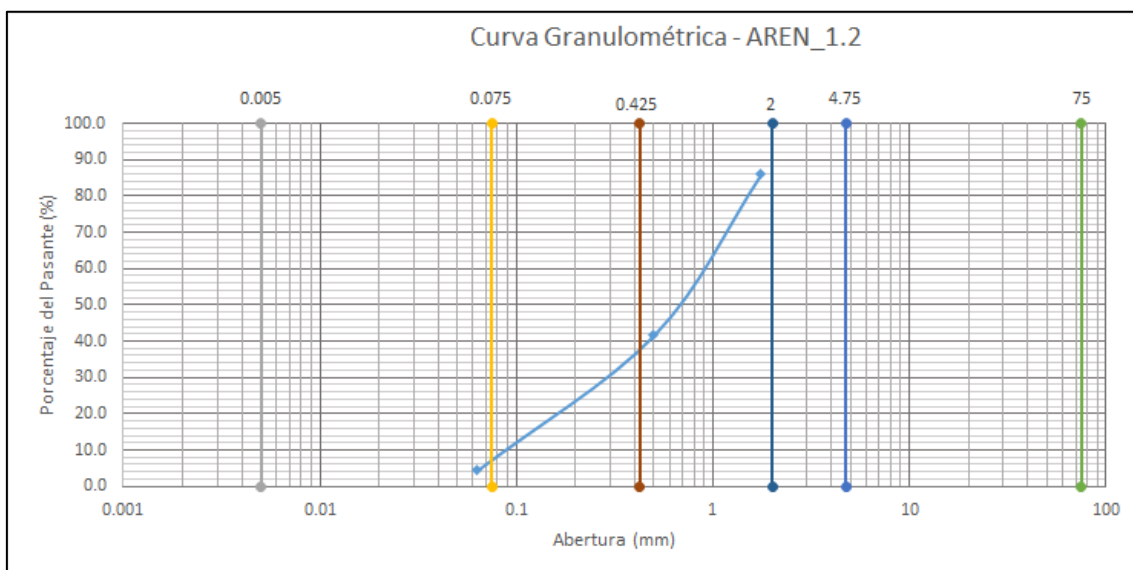
El estudio de granulometría de las 5 muestras de arena de playa generó los siguientes resultados:

#### 6.3.1. Muestra “AREN\_1.2”

La muestra AREN\_1.2 presenta partículas de los siguientes tamaños: arena gruesa, arena media, arena fina y finos (Figura 45). El tamaño de mayor proporción en la muestra es arena media con un 44.3%. Presenta los siguientes valores:  $D_{10} = 0.09$ ,  $D_{30} = 0.29$ ,  $D_{60} = 0.9$ ; con ello se calculó el coeficiente de uniformidad ( $C_u = 10$ ) y el coeficiente de curvatura ( $C_c = 1.03827$ ). Con estos valores se obtuvo que la muestra AREN\_1.2 se clasifica con el nombre de Arena bien sorteada con un símbolo de grupo SW, según la SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

**Figura 45**

*Curva granulométrica de la muestra AREN\_1.2.*

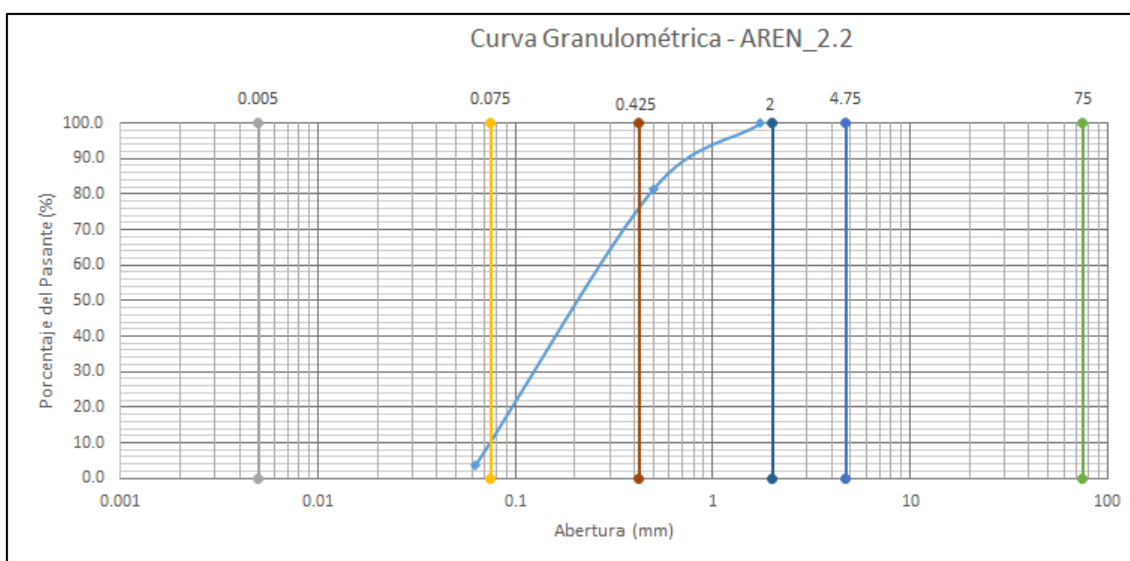


### 6.3.2. Muestra “AREN\_2.2”

La muestra AREN\_2.2 presenta partículas de los siguientes tamaños: arena media, arena fina y finos (Figura 46). El tamaño de mayor proporción en la muestra es arena fina con un 77.9%. Presenta los siguientes valores:  $D_{10} = 0.075$ ,  $D_{30} = 0.13$ ,  $D_{60} = 0.27$ ; y con ello se calculó el coeficiente de uniformidad ( $C_u = 3.6$ ) y el coeficiente de curvatura ( $C_c = 0.83456$ ). Con estos valores se obtuvo que la muestra AREN\_2.2 se clasifica con el nombre de Arena pobremente sorteada con un símbolo de grupo SP, según la SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

**Figura 46**

*Curva granulométrica de la muestra AREN\_2.2.*



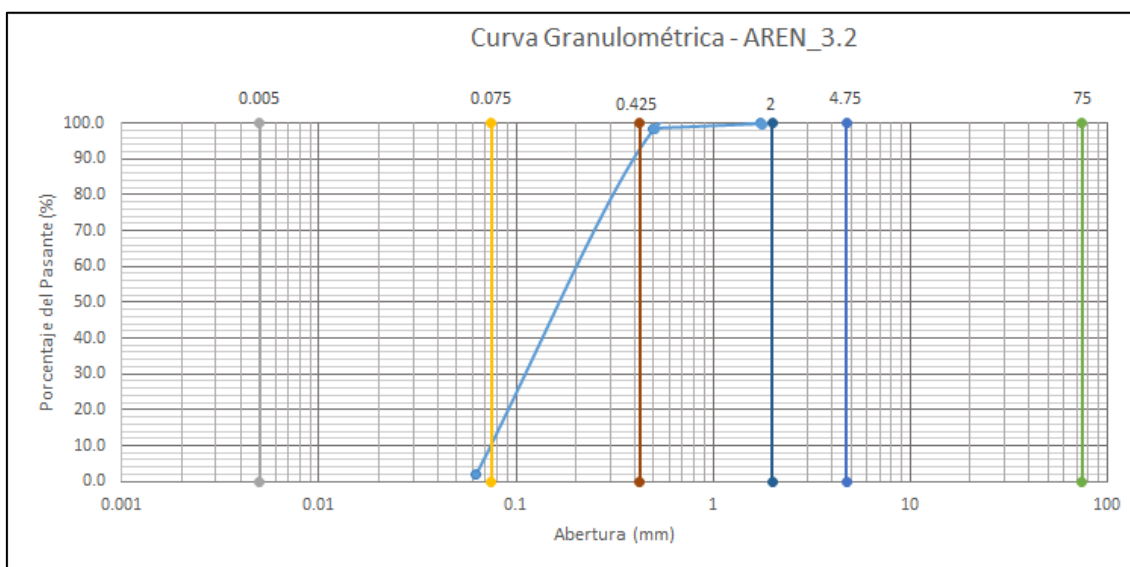
### 6.3.3. Muestra “AREN\_3.2”

La muestra AREN\_3.2 presenta partículas de los siguientes tamaños: arena media, arena fina y finos (Figura 47). El tamaño de mayor proporción en la muestra es el de arena fina con un 96.4%. Presenta los siguientes valores:  $D_{10} = 0.075$ ,  $D_{30} = 0.12$ ,  $D_{60} = 0.2$ ; y con ello se calculó el coeficiente de uniformidad ( $C_u = 2.66$ ) y el coeficiente de

curvatura ( $C_c = 0.96$ ). Con estos valores se obtuvo que la muestra AREN\_3.2 se clasifica con el nombre de Arena pobremente sorteada con un símbolo de grupo SP, según la SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

### Figura 47

*Curva granulométrica de la muestra AREN\_3.2.*

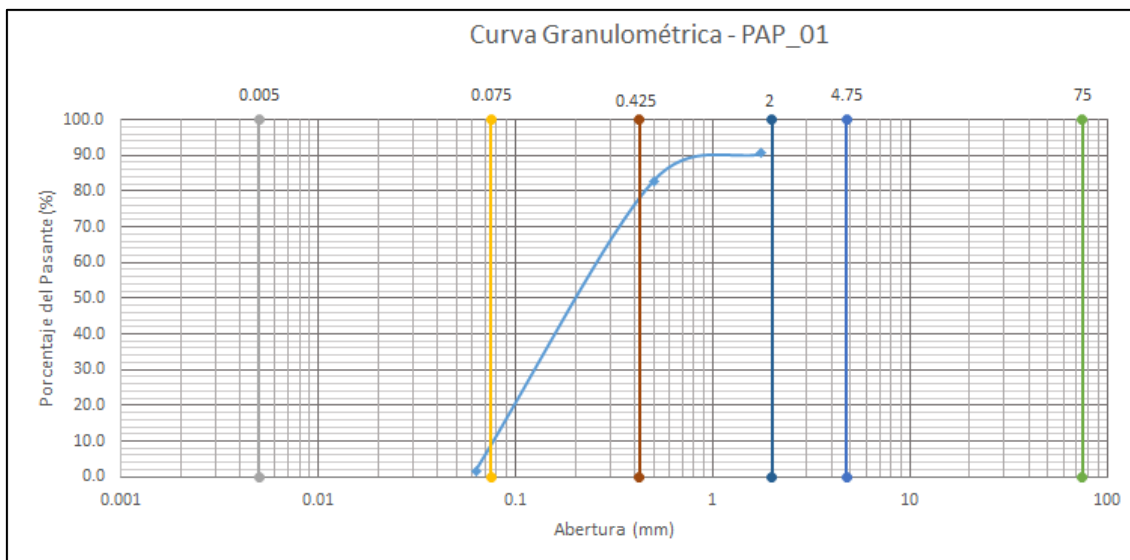


#### 6.3.4. Muestra "PAP\_01"

La muestra PAP\_01 presenta partículas de los siguientes tamaños: arena gruesa, arena media, arena fina y finos (Figura 48). El tamaño de mayor proporción en la muestra es el de arena fina con un 81.3%. Presenta los siguientes valores:  $D_{10} = 0.079$ ,  $D_{30} = 0.13$ ,  $D_{60} = 0.26$ ; y con ello se calculó el coeficiente de uniformidad ( $C_u = 3.29$ ) y el coeficiente de curvatura ( $C_c = 0.8227$ ). Con estos valores se obtuvo que la muestra PAP\_01 se clasifica con el nombre de Arena pobremente sorteada con un símbolo de grupo SP, según la SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

**Figura 48**

*Curva granulométrica de la muestra PAP\_01.*

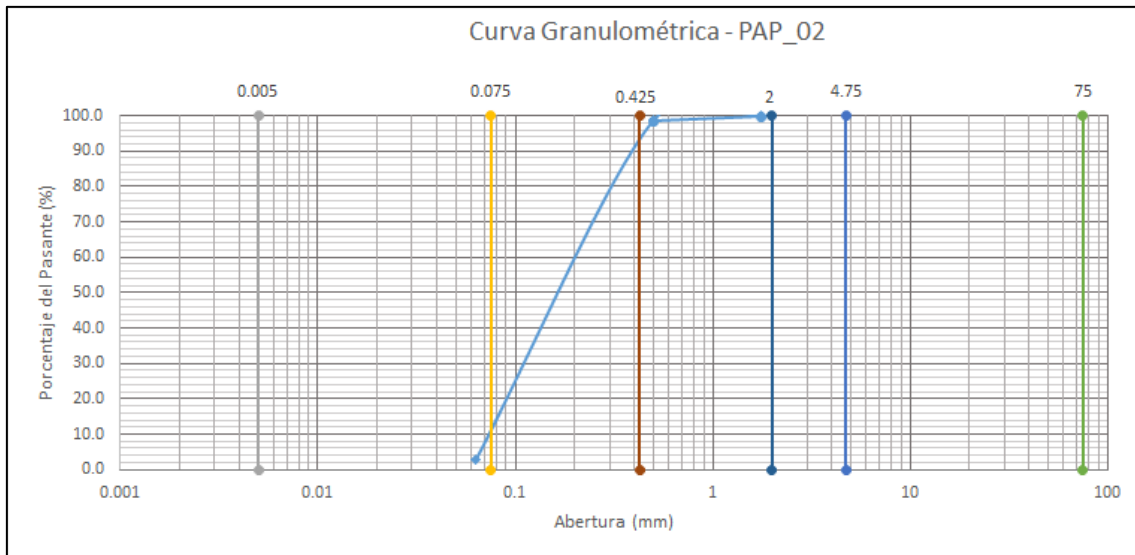


### 6.3.5. Muestra "PAP\_02"

La muestra PAP\_02 presenta partículas de los siguientes tamaños: arena media, arena fina y finos (Figura 49). El tamaño de mayor proporción en la muestra es el de arena fina con un 95.8%. Presenta los siguientes valores:  $D_{10} = 0.074$ ,  $D_{30} = 0.12$ ,  $D_{60} = 0.2$ ; y con ello se calculó el coeficiente de uniformidad ( $C_u = 2.70$ ) y el coeficiente de curvatura ( $C_c = 0.97297$ ). Con estos valores se obtuvo que la muestra PAP\_02 se clasifica con el nombre de Arena pobremente sorteada con un símbolo de grupo SP, según la SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

**Figura 49**

*Curva granulométrica de la muestra PAP\_02.*



#### **6.4. Donativos para museo**

Los museos facilitan el aprendizaje y el conocimiento a través de la fantasía en un proceso imaginativo de tal manera que el contenido que es presentado en el museo es visto desde diferente perspectiva por cada visitante experimentando así una manera distinta de aprendizaje por cada persona. Cada objeto presentado en un museo es un desencadenante de ideas y el principio de los sentimientos hacia la antigüedad, la autenticidad, la belleza, el origen, las artesanías (Jordanova, 1989). Para Jordanova (1989) existen 3 niveles de clasificación de los museos: (1) Toda institución derivada de la naturaleza de sus contenidos (geología, historia natural, bellas artes, historia social, fotografía, tecnología), del tipo de persona en la cual se organiza (grandes escritores, reformadores, coleccionistas) o de la localidad a que se dirige. (2) Se refiere a la clasificación interna de los museos y sus áreas principales (escuelas, períodos, países, artefactos). (3) Niveles de clasificación a escalas individuales (etiquetas que pluralizan las taxonomías de la autoría, autenticidad, antigüedad, valor, originalidad e importancia). De acuerdo Anne et al., (2010) todas las colecciones presentes en un museo deben ser documentadas. Esta documentación debe incluir identificación y descripción completa de cada objeto, todos sus elementos asociados, procedencia, estado, tratamientos y restauraciones realizadas y su localización actual, todos estos datos deben estar almacenados en sistemas de búsqueda de tal manera que el personal y los visitantes puedan consultarlos (ICOM, 2006). La importancia de esta documentación toma valor el momento en que un objeto ingresa a una colección de un museo en donde será examinado, guardado, mostrado, restaurado, prestado y desplazado por lo que necesita una identificación exclusiva para ser usados en investigación, educación o interpretación. La información necesaria que debería constar en la documentación para la gestión de los

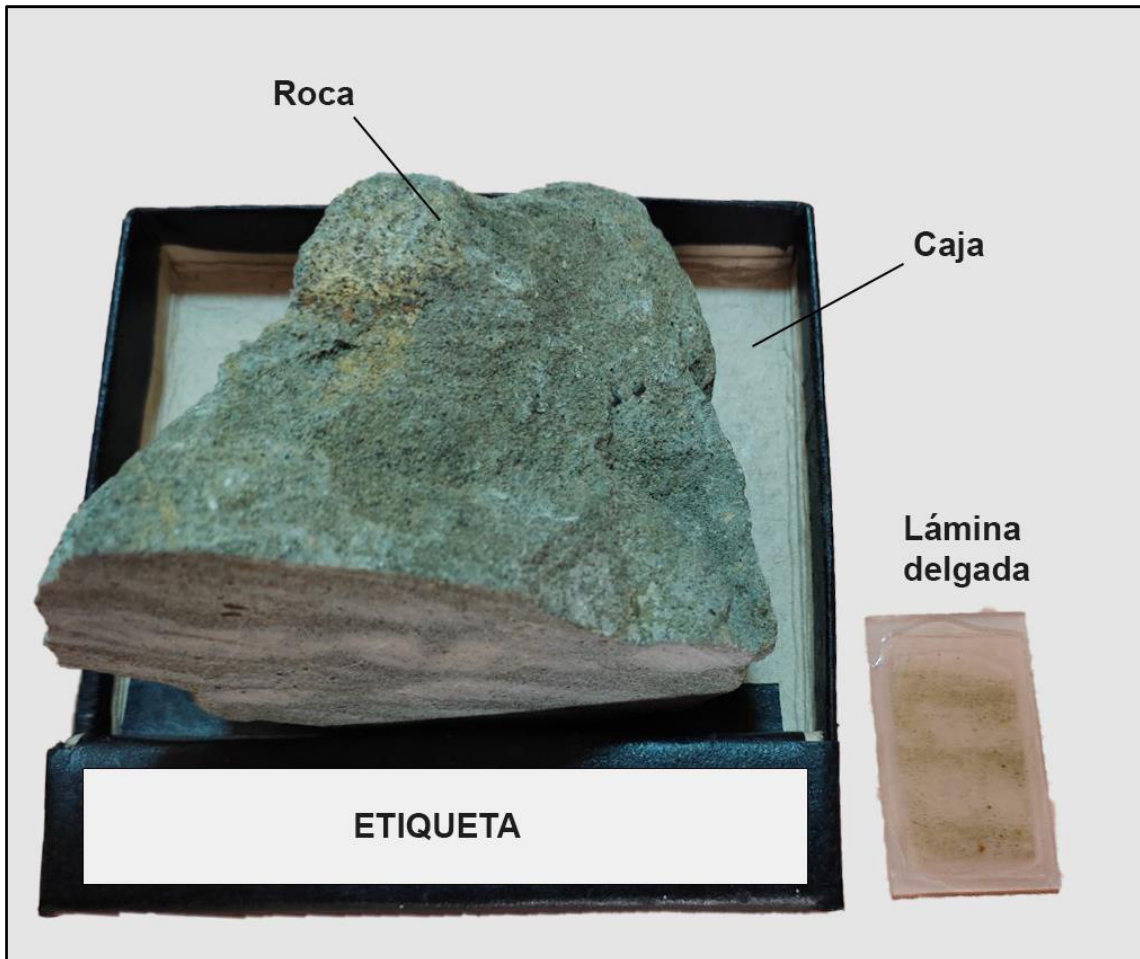


objetos pertenecientes a las colecciones es: (1) establecer la comprobación de propiedad, (2) localización específica del objeto, (3) número de objetos que componen la colección, (4) control de inventario, (5) establecer una identidad exclusiva del objeto, (6) relacionar la documentación con un objeto. Por otro lado, el museo debe garantizar acceso a la documentación de manera eficiente y económica, seguridad de las colecciones, estimación del seguro (Anne et al., 2010). El conjunto de toda la documentación se denomina sistema de documentación. Este sistema consta de los elementos: (1) N° de inventario, (2) Libro de inventario, (3) Sistema de localización, (4) Ficha de identificación, (5) Catalogo Clasificado/indexado, (6) Expedientes (Anne et al., 2010). Según Rocha y Teca (2022) para ingresar un objeto en una colección son necesarias 3 fichas: (1) Ficha de registro (Anexo 12), (2) Ficha de inventario (propia de cada museo), (3) Ficha descriptiva (Anexo 5).

Los resultados del presente trabajo se entregan como donativo a la colección del Museo de Ciencias de Coaque y consta de: 17 muestras de mano de rocas con un corte transversal que corresponden a cada una de las Formaciones Geológicas de la zona de estudio; 17 secciones delgadas correspondientes a las 17 muestras de mano; 3 mapas (Mapa Geológico de Coaque - Pedernales, Mapa de Distribución Fosilífera entre Pedernales – Coaque - Jama, Mapa de Puntos de Muestreo). Además, se adjunta las fichas de registro y descriptivas de cada uno de los objetos entregados a la colección. En la Figura 50 se presenta una muestra de los donativos. De acuerdo con Rocha y Teca (2022) no existe un estándar de dimensiones de corte de rocas para exhibición en museo.

**Figura 50**

*Ejemplo de donativo de muestra de mano y lámina delgada de una roca.*



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 🏠 El Mapa Geológico de Coaque – Pedernales aporta información a escala local con respecto al Mapa de la Margen Costera Ecuatoriana elaborado por Reyes y Michaud (2012), en el cual se actualiza información de las Formaciones Geológicas. Con la nueva información se propone que la Formación Subibaja sustituya el lugar espacial que estaba representada por la Formación Ónzole, así como la Formación Cerro estaría distribuida a lo largo de la línea costera de la zona de estudio.
- 🏠 La Formación Calentura cuenta con litologías de tobas vítreas y calcarenitas glauconíticas, lo cual constituye las unidades intermedia y superior según la división de Van Melle et al. (2008). Las calcarenitas glauconíticas de esta Formación cuentan con un gran aporte de microfósiles, tales como: foraminíferos, radiolarios, orbitoides, briozoos y bivalvos; actualizando así la información propuesta por Thalman (1946) y Sigal (1969).
- 🏠 Existe la presencia de fallas inversas activas con dirección NE-SW paralelas al Sistema de Fallas de Jama, las cuales levantan el basamento y Formaciones cretácicas colocándolas junto a Formaciones miocénicas en superficie.
- 🏠 El río Cuaque sigue la trayectoria de las fallas NE-SW y cambia de rumbo posiblemente al entrar en contacto con una falla dextral, lo que mueve su cauce al NW en dirección al Océano Pacífico.
- 🏠 La Formación Piñón por su alto grado de fracturación y por su distribución tanto en profundidad como en superficie, podría constituir acuíferos libres y acuíferos fracturados. Cabe mencionar que existen rellenos de vetillas en su estructura compuestas de yeso, no generaría problemas para albergar un acuífero.

- ⌚ Las Formaciones Cerro, Punta Blanca y Subibaja presentan litologías que descartarían la presencia de acuíferos, pero actuarían muy bien como capas confinantes.
- ⌚ De acuerdo con el análisis granulométrico de las 5 muestras de arenas de playa, la muestra AREN\_1.2 presenta características y propiedades más favorables para constituir un acuífero libre al ser una arena SW.

### **RECOMENDACIONES**

- ⌚ Realizar campañas de levantamiento de puntos de agua con información de propiedades físicas y químicas, caudales, niveles freáticos y piezométricos.
- ⌚ Realizar campañas de levantamiento geológico con técnicas geofísicas para corroborar la información litológica y estructural actual.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aedo L. (2007). Predicción De Resistencia A La Carga Puntual Y Rqd Mediante Kriging Ordinario En La Mina Cerro Colorado, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- Alexandre P. (2021). Practical Geochemistry (2021 ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-72453-5>.
- Alvarado A. (2012). Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur. Tesis Doctoral, Universidad de Grenoble, 259 p.
- Avaro A, Guichen G. (2010). La Documentación de las Colecciones de los Museos ¿Por qué? ¿Cómo?. Paris. UNESCO, ICCROM et EPA, pp 28.
- Baldock J. (1982). Geología del Ecuador: Boletín de la explicación del mapa Geológico de la República del Ecuador esc. 1:100000. 70p.
- Bates R., Jackson J. (1980). Glassary of Geology. 2nd Edition, American Geological Institute, Virginia.
- Benítez S. (1995). Evolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé suupérieur-Tertiaire. Géol. Alp, 71: 3-173.
- Bethoux N., Segovia M., Alvarez M., Collot Y.-Y., Charvis P., Gailler A., Monfret T. (2011). Seismological study of the central Ecuadorian margin:Evidence of upper plate deformation, Journal of South American Earth Science, v31, n°1, pp 139-152.
- Blandimi C. (1998). El clima y sus características en el Ecuador. Quito, Biblioteca Ecuador. 126 p.
- Botero M., Marín S., Vinasco C. (2015). Metodología para el estudio de Orientación Preferencial de Forma (OPF) en muestras de mano de roca y afloramiento a través

- de procesamiento digital de imagen. Boletín de Ciencias de la Tierra, núm. 38, julio-diciembre, 2015, pp. 5-13 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia.
- Bristow C. R & Hoffstetter R. (1977). Lexique Stratigraphique International; Ecuador, Second edition. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, 412p.
- Burbano, N., Becerra, S., y Pasquel, E. (2015). Introducción a la Hidrogeología del Ecuador. INAMHI.
- Cantalamessa G., Di Celma C., Ragaini L. (2005). Sequence stratigraphy of the Punta Ballena Member of the Jama Formation (Early Pleistocene, Ecuador): insights from integrated sedimentologic, taphonomic and paleoecologic analysis of molluscan shell concentrations.
- Chacón D. (2018) Geología del Cuaternario de la Ciudad de Portoviejo y su Zona de Influencia (Escala 1:20000), Tesis Pregrado, Universidad Central del Ecuador.
- Cisneros A. (2017). Morfo-Tectónica de la Península de Manta e Isla de la Plata y su relación con los procesos de subducción. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Daly M. (1989). Correlations between Nazca/Farallon plate kinematics and forearc basin evolution in Ecuador. *Tectonics*, 8 (4), 769-790.
- Deloche B. (2001). El museo virtual Ed.Trea Gijón. pp 18-19,168 y 203.
- Deniaud Y. (2000). Enregistrements sédimentaire et structural de l'évolution géodynamique des Andes Equatoriennes au cours du Neógene: Etude des bassins d'avant arc et bilan de masse. *Geologie Alpine, Mémoire HS (32)*, 159.

- Departamento de Mecánica Estructural UCA. (2007). Análisis De Tamaño De Partículas Por Tamizado En Agregado Fino Y Grueso Y Determinación De Material Más Fino Que El Tamiz No. 200 (75 um) En Agregado Mineral.
- Di Celma C., Ragaini L., Cantalamessa G., Landini W. (2005). Basin physiography and tectonic influence on sequence architecture and stacking pattern: Pleistocene succession of the Canoa Basin (central Ecuador). Geological Society of America Bulletin - GEOL SOC AMER BULL. 117. 10.1130/B25684.1.
- Egüez, A., Gaona, M., Albán, A., 2017. Mapa Geológico de la República del Ecuador. Ministerio de Minería, INIGEMM, Quito.
- Enríquez A. (2018). Zonificación De La Susceptibilidad De Fenómenos De Remoción En Masa Provocados Por Terremotos En La Ciudad De Portoviejo. Tesis de Pregrado. Universidad Central del Ecuador.
- Evans C., Whittaker J. (1982). The Geology of the western part of the Borbon Basin, North-West Ecuador. Geol. Soc. London, Spec. publ., 10, 191-200.
- Faucher B., Savoyat E. (1973). Esquisse géologique des Andes de l'Équateur. Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique, v. 15, fasc 1-2, pp 115-142.
- Feininger T., Bristow C. (1980). Cretaceous and Paleogene history of coastal Ecuador. Geologische Rundschau, 69: 849-874.
- Fetter, C. W. (2001). Applied Hydrogeology. Prentice-Hall, 4<sup>a</sup> ed., pp 1-4, 24-28. [https://www.academia.edu/37164391/C\\_W\\_Fetter\\_Applied\\_Hydrogeology\\_4th\\_Edition\\_2000\\_Prentice\\_Hall](https://www.academia.edu/37164391/C_W_Fetter_Applied_Hydrogeology_4th_Edition_2000_Prentice_Hall).
- Freeze, R. A. y J. A. Cherry. (1979). Groundwater. Prentice-Hall, 604 pp. <https://www.un->

igrac.org/sites/default/files/resources/files/Groundwater%20book%20-%20English.pdf

GADM-P. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pedernales.

<http://app.sni.gob.ec/sni->

[link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/13600029200](link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/13600029200)

[01\\_1360002920001-PDOT-GR-GAD-PEDERNALES\\_29-12-2016\\_15-13-](01_1360002920001-PDOT-GR-GAD-PEDERNALES_29-12-2016_15-13-)

<32.pdf>

González de Vallejo L., Ferrer M., Ortuño L., Oteo C. (2002). Ingeniería geológica.

Pearson Educación.

Goossens P., Rose W. (1973). Chemical composition and age determination of tholeiitic

rocks in the Basic Igneous Complex, Ecuador. *GSA Bulletin*, 84: 1043-1052.

Gutscher M., Malavieille J., Lallemand S., Collot J. (1999). Tectonic segmentation of the

North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and*

*Planetary Science Letters*, v. 168, p. 255 – 270.

Henderson J., Caldwell W., J. Harrison J. (1980), North American Commission on

Stratigraphic Nomenclature, Report 8—Amendment of code concerning

terminology for igneous and high-grade metamorphic rocks: *Geological Society*

*of America Bulletin*, v. 91, no. 6, p. 374-376.

Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J.,

Piñero-García, A. (2013). *Prácticas de Ingeniería del Terreno*. Universidades de

Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/> ó <http://ocw.ull.es/> (fecha

de acceso). License: Creative Commons BY-NC-SA.

Hernández M. (2012). El Sistema de Fallas de Jama en la Plataforma Continental (OFF-

SHORE) del Margen Ecuatoriano, 143pp.



- Herranz M., Raya B, Liger P., Payeras E., Socias J., Pinilla J. (2007). Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental. Consejo de Seguridad Nuclear Española. Madrid: Consejo de Seguridad Nuclear.
- Hirsch D. (2012). How to make a thin section. Western Washington University
- Hispagua Sistema Español de Información sobre el Agua HISPAGUA. (2021). Hidrogeología. Ministerio de Transporte y Movilidad Urbana Español. <https://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Servicios/Geologia/Aprende-a-interpretar-un-mapa-geologico/Como-es-un-mapa-geologico>
- IGM. (2013). Cartografía de Libre Acceso Escala 50k – Geoportal Ecuador. Geoportal IGM. <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>
- Ingol E., Castañeda M. (2017). Directrices Para El Modelamiento De Aguas Subterráneas En Perú. Doi: 10.13140/RG.2.2.16265.49760.
- Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. (2021). ¿Cómo es un mapa geológico?
- Instituto de Investigación Geológico Energético IIGE. (2019). ESTÁNDARES DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA, SIMBOLIZACIÓN Y ABREVIATURAS PARA LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA. Versión 2.0, Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional De Prevención Sísmica INPRES. (1993). Publicación Técnica N° 18, San Juan, Argentina.
- Jaillard E., Ordoñez M., Benitez S., Berrones G., Jimenez N., Montenegro G., Zambrano I., 1995. Basin development in an accretionary, oceanic floored fore-arc setting: Southern Coastal Ecuador during late Cretaceous-Late Eocene Time. Petroleum

- basins of South America. American Association of Petroleum Geologists. Memoir.
- Jordanova L. (1989). *Objetos de conocimientos. Una perspectiva histórica sobre los museos*, *The new museology*. Londres. Reaktion Books, pp. 22-40.
- Junta de Andalucía. (2018). *Estado y Calidad de los Recursos Naturales*. [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Estado\\_Y\\_Calidad\\_De\\_Los\\_Recursos\\_Naturales/Suelo/Contaminacion\\_pdf/Toma.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Contaminacion_pdf/Toma.pdf)
- Lapierre H., Bosch D., Dupuis V., Polvé M., Maury R. C., Hernández J., Monié P., Yeghicheyan D., Jaillard E., Tardy M., Mercier de Lépinay B., Mamberti M., Desmet A., Keller F., Sénebier F. (2000). Multiple plume events in the genesis of the peri-Caribbean Cretaceous oceanic plateau province. *Journal of Geophysical Research*, v. 105, no B4, pp 8403-8421.
- Lee W., Kanamori H., Jennings Paul., Kisslinger C. *International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology*. Academic Press, 01-07-2003
- Lind D. (2015). *Estadística aplicada a los negocios y la economía (16.a ed.)* [Libro electrónico]. Editorial McGraw-Hill.
- Litherland M., Aspden J. (1993). *Terrane-Boundary Reactivation: A Control on the Evolution of the Northern Andes*. British Geological Survey.
- López J., Fórnes J., Ramos G., Villarroya G. (2009). *Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo*. Instituto Geológico y Minero de España.
- Luzieux L., Heller F., Spikings R., Vallejo C., Winkler W. (2006). Origin and Cretaceous history of the coastal Ecuadorian forearc between 1°N and 3°S: paleomagnetic, radiometric and fossil evidence, *Earth and Planetary Science Letters*, 249: 240-414.

- Mamberti M., Lapierre H., Bosch D., Jaillard E., Hernández J., Polvé M. (2004). The Early Cretaceous San Juan plutonic suite, Ecuador: a magma chamber in an oceanic plateau? (2004). *Can. J. Earth Sci.*, v. 41.
- Marksteiner R., Alemán A. (1991). Coastal Ecuador, technical evaluation agreement: Unpublished internal report, Amoco Production Company and Petroecuador, v. 1, 218 pp.
- Marksteiner R., Alemán. (1991) Coastal Ecuador, technical evaluation agreement: Unpublished internal report, Amoco Production Company and Petroecuador, v. 1, 218 p.
- Ministerio del Ambiente Peruano. (2014). GUÍA PARA EL MUESTREO DE SUELOS, Lima, Perú.
- Monfret T. (2011). Seismological study of the central Ecuadorian margin.
- Murphy M., Salvador A. (1999). International Stratigraphic Guide - An abridged version. Episodes, 255-272. Proyecto Multinacional Andino: Geoci.
- NACSN (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature), 1981, Draft North American stratigraphic code: Canadian Society of Petroleum Geologists, 63 p.
- Nocquet J., Villegas-Lanza J.C., Chlieh M., Mothes P.A., Rolandone F., Jarrin P., Yepes H. (2014). Motion of continental slivers and creeping subduction in the northern Andes, *Nat. Geosci.*, doi:10.1038/ngeo2099.
- Olsson A. (1964). Neogene Mollusks from northwestern Ecuador. Paleontological Research., Institution, Ithaca, New York, 256 p., 38 pis.
- Ordóñez J. (2011). Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. Sociedad Geográfica de Lima, Lima, Perú.

- Ordoñez M., Jiménez N., Suárez J. (2006). Micropaleontología Ecuatoriana. Datos Bioestratigráficos y Paleoecológicos de las cuencas: Graben de Jambelí, Progreso, Manabí, Esmeraldas y Oriente; del levantamiento de la Península de Santa Elena y de las Cordilleras Chongón-Colonche, Costera y Occidental.
- Orozco-Centeno W., Bedoya J., Jiménez-Builes J. (2014). Clasificación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas en secciones delgadas a través programación estructurada. Revista Boletín Ciencias de la Tierra, 36.
- Pedoja K., Dumont J F., Collot J., Ghaleb B., Auclair M., Alvarez V., Labrousse, B. (2006). Quaternary uplift of the Manta Peninsula and La Plata Island and the subduction of the Carnegie Ridge, central coast of Ecuador, Journal of South American Earth Sciences, 22:1-21
- Pedrinacci E. (1993). Concepciones acerca del origen de las rocas. Instituto Andaluz de Formación del Profesorado.
- Perea D., (2017). Metodología para la definición de un modelo conceptual hidrogeológico. Tesis de pregrado. Instituto Politecnico Nacional, Mexico.
- Ramírez P., Alejano L. (2004). Mecánica de rocas: fundamentos e ingeniería de taludes. Red DESIR, Madrid
- Regaunt S., Ortiz R. (2021). Guía Estratigráfica Internacional. Versión abreviada. Revista de la Sociedad Geológica de España, ISSN 0214-2708, Vol. 14, N° 3-4, 2001, pág. 269.
- Reyes P. (2013). Relief evolution along the active margins: study of the Plio Quaternary Deformation in the coastal Cordillera of Ecuador. 312 pp.
- Reyes P., Michaud, F. (2012). Mapa Geológico de la Margen Costera Ecuatoriana.

- Reynaud C., Jaillard E., Lapiere H., Mamberti M., Mascle G.H. (1999). Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: their place in the geodynamic evolution of northwestern South America. *Tectonophysics*, 307: 235– 254.
- Riviere H., (2015). La museología. Ediciones Akal.  
[https://books.google.com.ec/books/about/La\\_museolog%C3%ADa.html?id=Wc snkN4w2xUC&printsec=frontcover&source=kp\\_read\\_button&hl=es&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books/about/La_museolog%C3%ADa.html?id=Wc snkN4w2xUC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).
- Rocha S., Teca P. (2022). Comunicación personal, 7 de marzo del 2020.
- Robador A. (2017). Los mapas geológicos. Instituto Geológico y Minero de España. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural, ISSN 1132-0869, Tomo 14, 2017 (Ejemplar dedicado a: Los mapas de la Naturaleza), ISBN 978-84-697-4765-0, págs. 91-106.
- Rosania G.S. (1989). Petroleum prospects of the sedimentary basins of Ecuador. In: Erickson, G.E., Cañas Pinochet, M.T., Reinemund, J.A. (Eds.), *Geology of the Andes and its Relation to Hydrocarbon and Mineral Resources*, Huston, Texas, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources EarthSciences Series, vol. 11, pp. 415– 430.
- Sage F., Collot J., Ranero R. (2006). Interplate patchiness and subduction-erosion mechanisms: Evidence from depth-migrated seismic images at the central Ecuador convergent margin. *Geology*, 34: 997 - 1000.
- Sánchez F. (2017). *Hidrología Superficial y Subterránea*. Createspace Independent Pub., 414 pp.
- Santillan M., (2013). *Museo de Geología de la UNAM: un recorrido por la evolución de la vida*. Universidad Autónoma de México.

- Saval S. (2011), Curso sobre Remediación de Sitios Contaminados. Encuentro Latinoamericano sobre Remediación de Sitios Contaminados
- Schlumberger. (2021). Oilfield Glossary en Español.  
<https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/s/sediment>
- Secretaría de Estado de Medio Ambiente Español. (2016). ASISTENCIA TÉCNICA EN LAS TAREAS DE IMPLANTACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DE LA ESTRATEGIA MARINA. Madrid, España.
- Servicio Geológico Colombiano. (2020). IMPLEMENTACION DE ESTÁNDARES GEOGRÁFICOS EN EL SERVICIO GEOLOGÍCO COLOMBIANO. Bogotá, Colombia.
- Shepard G. (1979). Shallow Crustal Structure and marine Geology of a convergence zone, North West Perú and South west Ecuador, Thesis P.H.D. en Geología, Univ. de Hawaii, 201p
- Sigal J. (1969). Quelques acquisitions récentes concernant la chronostratigraphie des formations sédimentaires de l'Equateur. Rev. Esp. Micropal., 1, p. 205.
- Tarbuck E., Lutgens F., (2005). Ciencias de la tierra (8.a ed.). Pearson Educación.  
<https://xeologosdelmundo.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>
- Texaco Petroleum Company (1988). Ministerio de Energía y Minas, Dirección Nacional de Hidrocarburos. Registros sísmicos.
- Thalman H. E. (1946). Micropaleontology of Upper Cretaceous and Paleocene in Western Ecuador. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, v. 30, n° 3, pp 337-347.

- Trenkamp R., Kellogg, J., Freymueller, J. & Mora, H. (2002). Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 157-171.
- Vallejo C., Winkler W., Spikings R.A., Luzieux L., Heller F., Bussy F. (2009). Mode and Timing of terrane accretion in the forearc of the Andes in Ecuador. *The Geological Society of America, Memoir 20*: 20pp
- Van Melle J., Vilema W., Faure-Brac B., Ordóñez M., Lapierre H., Jimenez N., Jaillard E., Garcia M. (2008). Pre-collision of the Piñón oceanic terrane of SW Ecuador: stratigraphy and geochemistry of the “Calentura Formation”. *Soc. Géol. Fr. Bull*, n  5: 433-443pp
- Varela L. A., Ron S. R. (2018). Geografía y clima del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <<https://bioweb.bio/geografiaClima.html/>>
- Villarroya F. (2009). Tema: Tipos de acuíferos y parámetros hidrogeológicos. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos. Universidad Complutense.
- Villegas G., Romo M. (2019). Tectono-Estratigrafía Del Borde Centro- Occidental De La Cuenca De Manabí Entre Bahía De Caráquez Y Pedernales. Tesis de Pregrado. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Winckell A. (1997). Relieve y Geomorfología del Ecuador. Apartado 99B.
- Woessner, W. y Poeter, E. (2020). Hydrogeologic Properties of Earth Materials and Principles of Groundwater Flow. The Groundwater Project, Guelph, Ontario, Canada. <https://gw-project.org/books/hydrogeologic-properties-of-earth-materials-and-principles-of-groundwater-flow>

## 9. ANEXOS



**Anexo 1:**

**Mapa Geológico de Coaque –**

**Pedernales.**



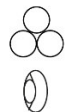
## **Anexo 2:**

Columna estratigráfica de la zona  
de estudio.

### Columna Estratigráfica de la Zona de Estudio

Edad		Ma	Espesor Máximo (m)	Arcilla	Limo	Arena	Grava	Fósiles	Formaciones	Litología				
<b>Fanerozoico</b>	<b>Cuatrn.</b>	Holoceno	<40						Cuaternarios	Sedimentos correspondientes a aluviales y terrazas juvenes.				
		Pleistoceno	0,0117											
	Plioceno	2,58												
		5,333												
	<b>Neógeno</b>	<b>Mioceno</b>		550						Fm. Subibaja	Rocas sedimentarias de grano fino a muy fino (limolitas, lutitas, arcillolitas) de color gris verdoso y presentan laminaciones.			
				400						Fm. Angostura	Areniscas de cuarzo y areniscas cuarzo - feldespáticas, presencia de líticos.			
				400						Fm. Villingota	Arcillolitas limosas diatomáceas laminadas y limolitas calcáreas estratificadas.			
				1012						Fm. Dos Bocas	Arcillolitas y lutitas de color chocolate y limolitas de color gris verdoso a amarillentas.			
				23,03										
			<b>Oligoceno</b>	33,9										
	<b>Eoceno</b>	56,0	1070							Fm. Punta Blanca	Tobas silíceas color beige rosáceo de composición ácida.			
	<b>Paleógeno</b>	<b>Eoceno</b>	800						Fm. Cerro	Tobas de color verde grisáceo claro, alto grado de fracturamiento.				
<b>Paleoceno</b>		66,0												
<b>Mesozoico</b>	<b>Cretácico</b>						2000						Fm. Cayo	Secuencia turbidítica compuestas por areniscas y lodolitas de color verde botella.
							200						Fm. Calentura	Secuencia de rocas volcánicas máficas a la base, tobas y areniscas en fases intermedias a finales.
			100,5	>3000						Fm. Piñón	Basaltos afaníticos a porfíricos de color negro con pátinas de manganeso.			

#### Simbología Fosilífera



Foraminífero

Miliólido



Orbitoide



Bivalvo



Briozoo

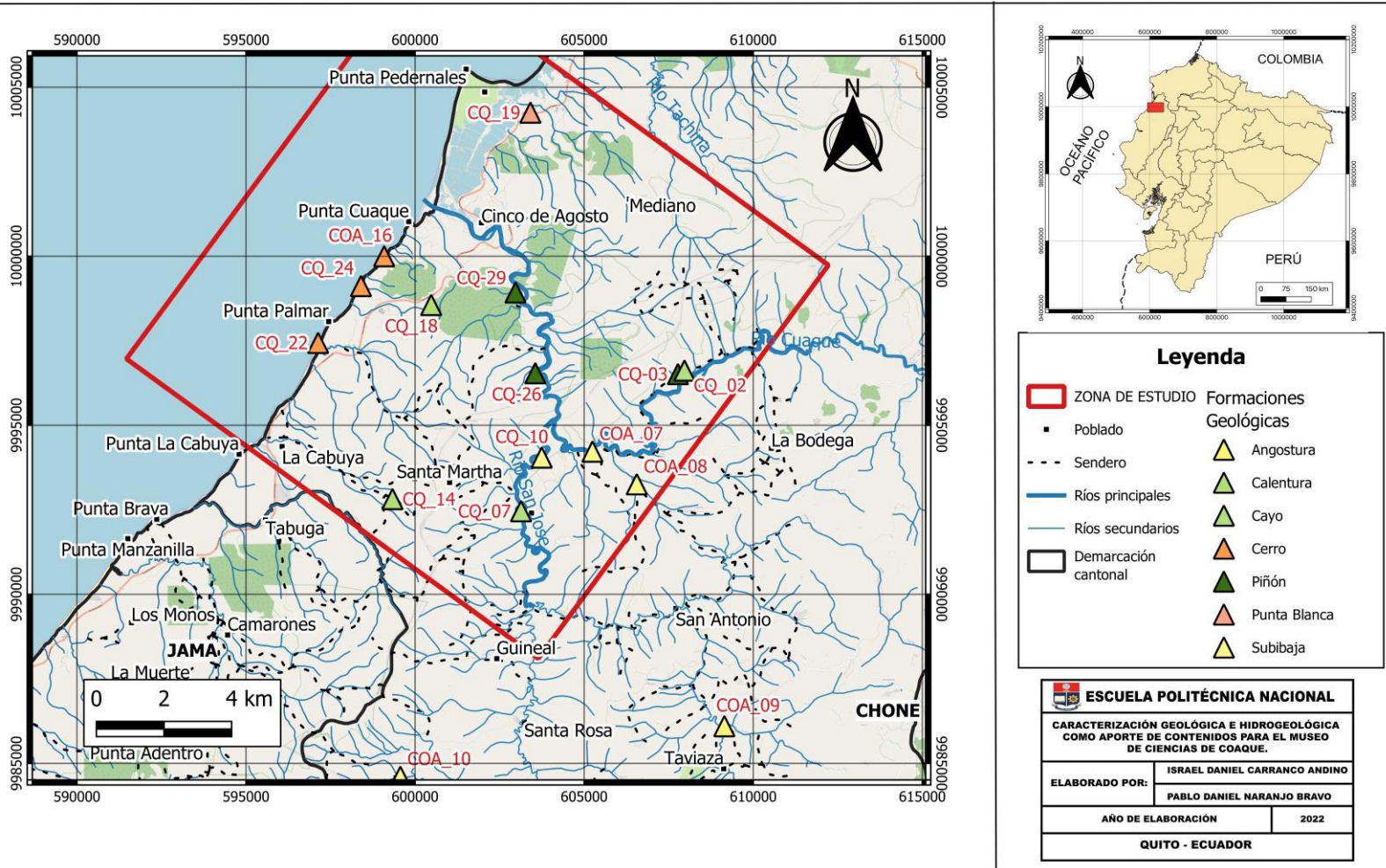


Radiolario

## **Anexo 3:**

Mapa de puntos de muestreo de  
rocas.

# MAPA DE PUNTOS DE MUESTREO DE ROCAS



## **Anexo 4:**

Tabla de puntos de muestreo.


<b>Formación Piñón</b>				
<b>Código</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Nombre de la roca</b>
CQ-03	607772,3873	9996513,369	56	BASALTO
CQ-26	603554	9996540	26	BASALTO
CQ-29	602970	9998929	15	BASALTO
<b>Formación Calentura</b>				
<b>Código</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Nombre de la roca</b>
CQ_14	599331,9086	9992816,672	160	TOBA VÍTREA
CQ_18	600476,1543	9998557,978	21	CALCARENITA
<b>Formación Cayo</b>				
<b>Código</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Nombre de la roca</b>
CQ_02	607966,1459	9996617,896	51	VOLCARENITA
CQ_07	603132,9147	9992458,552	19	GRAWACA FELDESPÁTICA
<b>Formación Cerro</b>				
<b>Código</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Nombre de la roca</b>
CQ_24	598400	9999119	17	TOBA FOSILÍFERA
COA_16	599085	9999999,99	4	TOBA RADIOLARÍTICA
CQ_22	597131,6283	9997436,488	5	TOBA FOSILÍFERA
<b>Formación Punta Blanca</b>				
<b>Código</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Nombre de la roca</b>
CQ_19	603411,0114	10004248,26	29	TOBA DE CENIZA CON RADIOLARIOS
<b>Formación Angostura</b>				
<b>Código</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Nombre de la roca</b>
COA_09	609146,7575	9986099,408	143	GRAWACA FELDESPÁTICA
<b>Formación Subibaja</b>				
<b>Código</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Nombre de la roca</b>
CQ_10	603745,1031	9994045,531	62	LIMOLITA SILÍCEA
COA_07	605245,1164	9994221,23	39	ARCILLOLITA
COA_08	606555,4288	9993254,952	60	RADIOLARITA
COA_10	599564,8049	9984602,468	41	ARCILLOLITA



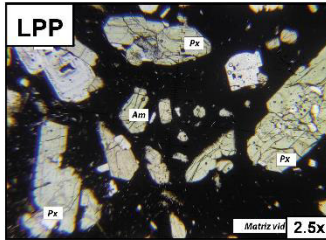
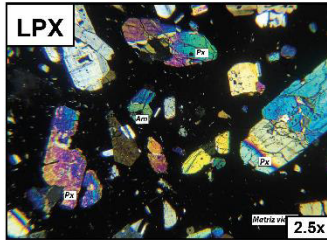
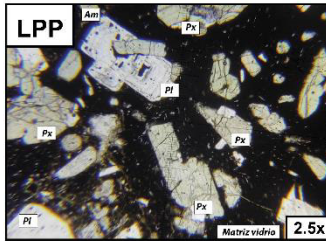
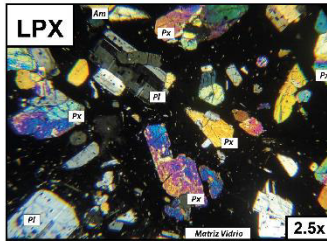
## **Anexo 5:**

Fichas Petrográficas.

# Formación Piñón

<b>CÓDIGO:</b> CQ_29	<b>UTM:</b> 602970; 9998929	<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> <b>Elaborado por:</b> ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO PABLO DANIEL NARANJO BRAVO
<b>Color:</b> Negro		
<b>Textura:</b> Porfírica		
<b>Estructura:</b> Masiva		
<b>Magnetismo:</b> Leve		
<b>Observación:</b> Patina de Mn colo gris violáceo brillante		
		<b>MUESTRA DE MANO</b>  CQ_29

**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**

<b>Mineral:</b> Plagioclasa	%	20	<b>LPP</b> 	<b>LPX</b> 
LUZ POLARIZADA PLANA				
<b>Color:</b> Incoloro			<b>LPP</b> 	<b>LPX</b> 
LUZ POLARIZADA ANALIZADA				
<b>Pleocroísmo:</b> NP				
<b>Relieve:</b> Moderado				
<b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales				
<b>Color de interferencia:</b> Primer orden				
<b>Birrefringencia:</b> Muy baja				
<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética, zonación				
<b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°				
<b>Clivaje:</b> NP				
<b>Observación:</b> Texturas: Sieve y Seriada. Se asocia con minerales máficos.				

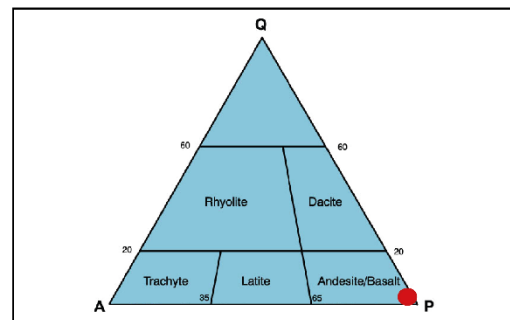
<b>Mineral:</b> Piroxeno	%	30	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden
<b>Color:</b> Verde Claro			<b>Birrefringencia:</b> Moderada
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> Simple
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> 45°
<b>Forma:</b> Subhedrales			<b>Clivaje:</b> Sí (ortogonal)
<b>Observación:</b> Presenta fracturamiento.			

<b>Mineral:</b> Anfíbol	%	5	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden
<b>Color:</b> Verde claro			<b>Birrefringencia:</b> Media
<b>Pleocroísmo:</b> Bajo			<b>Maclas/zonación:</b> Lamelar
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> 25°
<b>Forma:</b> Subhedrales			<b>Clivaje:</b> Sí (120°)
<b>Observación:</b> Presenta fracturamiento.			


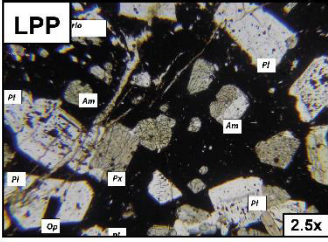
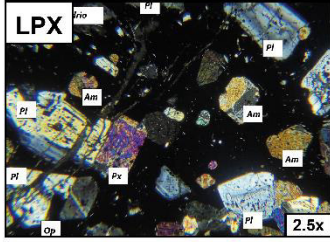
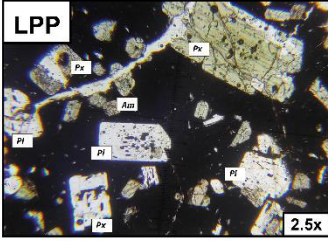
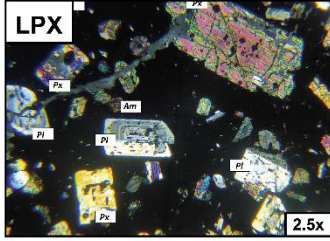
<b>Mineral:</b> Opacos	% 5	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro		<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto		<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedral, Anhedral		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.		

<b>Mineral:</b> Vidrio	% 40	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro		<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> NP		<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedral		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Matriz vidrio volcánico.		

<b>Matriz:</b> Vitrea
<b>Alteración:</b> Baja
<b>Nombre de la roca:</b> Basalto - Fm. Piñón



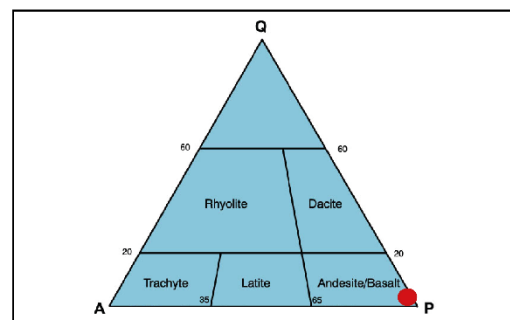
Tomado de: Winter, 2001

<b>CÓDIGO:</b> CQ_26	<b>UTM:</b> 603554; 9996540	<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> <b>Elaborado por:</b> ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO PABLO DANIEL NARANJO BRAVO	
<b>Color:</b> Negro		<b>MUESTRA DE MANO</b> 	
<b>Textura:</b> Porfírica			
<b>Estructura:</b> Masiva			
<b>Magnetismo:</b> Leve			
<b>Observación:</b> Patina de Mn colo gris violáceo brillante			
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>			
<b>Mineral:</b> Plagioclasa	<b>%</b> 15	<b>LPP</b> 	<b>LPX</b> 
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>LPP</b> 	<b>LPX</b> 
<b>Color:</b> Incoloro	<b>Pleocroísmo:</b> NP		
<b>Relieve:</b> Moderado	<b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales	LUZ POLARIZADA ANALIZADA	
<b>Color de interferencia:</b> Primer orden	<b>Birrefringencia:</b> Muy baja	<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden	
<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética, zonación.	<b>Ángulo de extinción:</b> 35°-45°	<b>Birrefringencia:</b> Moderada	
<b>Clivaje:</b> NP	<b>Observación:</b> Texturas: Sieve y Seriada. Se asocia con minerales máficos.	<b>Maclas/zonación:</b> Simple	
<b>Mineral:</b> Piroxeno	<b>%</b> 30	<b>Angulo de extinción:</b> 45°	
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Clivaje:</b> Sí (ortogonal)	
<b>Color:</b> Verde Claro	<b>Observación:</b> Textura vesicular y presenta fracturamiento.	<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden	
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Birrefringencia:</b> Media	
<b>Relieve:</b> Alto		<b>Maclas/zonación:</b> NP	
<b>Forma:</b> Subhedrales		<b>Angulo de extinción:</b> 25°	
<b>Observación:</b> Textura vesicular y presenta fracturamiento.		<b>Clivaje:</b> Sí (120°)	
<b>Mineral:</b> Anfíbol	<b>%</b> 7	<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden	
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Birrefringencia:</b> Media	
<b>Color:</b> Verde claro		<b>Maclas/zonación:</b> NP	
<b>Pleocroísmo:</b> Bajo		<b>Angulo de extinción:</b> 25°	
<b>Relieve:</b> Alto		<b>Clivaje:</b> Sí (120°)	
<b>Forma:</b> Subhedrales		<b>Observación:</b> Presenta fracturamiento.	


<b>Mineral:</b> Opacos	%	3	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedral, Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.			

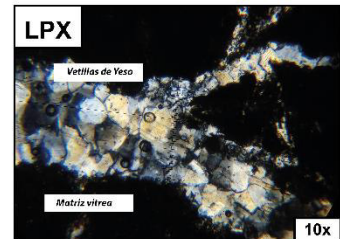
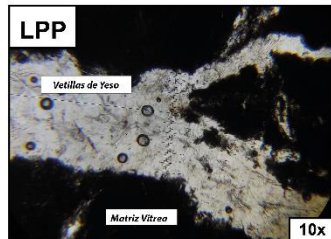
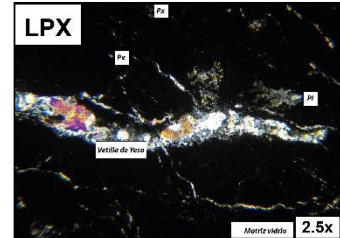
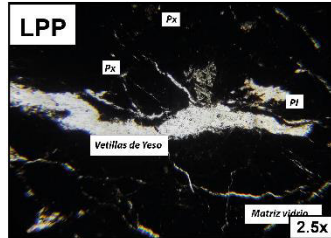
<b>Mineral:</b> Vidrio	%	45	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> NP			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Matriz vidrio volcánico.			

<b>Matriz:</b>	Vítrea
<b>Alteración:</b>	Baja
<b>Nombre de la roca:</b>	Basalto - Fm. Piñón



Tomado de: Winter, 2001

<b>CÓDIGO:</b> CQ_03		<b>UTM:</b> 607772; 9996513		<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> <b>Elaborado por:</b> ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO PABLO DANIEL NARANJO BRAVO	
<b>Color:</b> Negro					
<b>Textura:</b> Afanítica					
<b>Estructura:</b> Masiva					
<b>Magnetismo:</b> Leve					
<b>Observación:</b> Vetillas de yeso y patina de Mn.					
<b>MUESTRA DE MANO</b>					
					
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>					
<b>Mineral:</b> Plagioclasa		<b>%</b>	<b>3</b>	LUZ POLARIZADA PLANA	
<b>Color:</b> Incoloro					
<b>Pleocroísmo:</b> NP					
<b>Relieve:</b> Moderado					
<b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales					
LUZ POLARIZADA ANALIZADA					
<b>Color de interferencia:</b> Primer orden					
<b>Birrefringencia:</b> Muy baja					
<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética					
<b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°					
<b>Clivaje:</b> NP					
<b>Observación:</b> Cristales pequeños en una matriz vítrea					
<b>Mineral:</b> Piroxeno		<b>%</b>	<b>5</b>	LUZ POLARIZADA ANALIZADA	
LUZ POLARIZADA PLANA				<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden	
<b>Color:</b> Verde Claro				<b>Birrefringencia:</b> Moderada	
<b>Pleocroísmo:</b> NP				<b>Maclas/zonación:</b> Simple	
<b>Relieve:</b> Alto				<b>Ángulo de extinción:</b> 45°	
<b>Forma:</b> Subhedrales				<b>Clivaje:</b> Sí (ortogonal)	
<b>Observación:</b> Restos fracturados del mineral.					
<b>Mineral:</b> Yeso		<b>%</b>	<b>20</b>	LUZ POLARIZADA ANALIZADA	
LUZ POLARIZADA PLANA				<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden	
<b>Color:</b> Incoloro				<b>Birrefringencia:</b> Muy baja	
<b>Pleocroísmo:</b> NP				<b>Maclas/zonación:</b> NP	
<b>Relieve:</b> Bajo				<b>Ángulo de extinción:</b> 40°	
<b>Forma:</b> Subhedrales, Anhedrales.				<b>Clivaje:</b> NP	
<b>Observación:</b> Se presenta relleno de vetillas. Asociado en determinados sectores con anhidrita.					

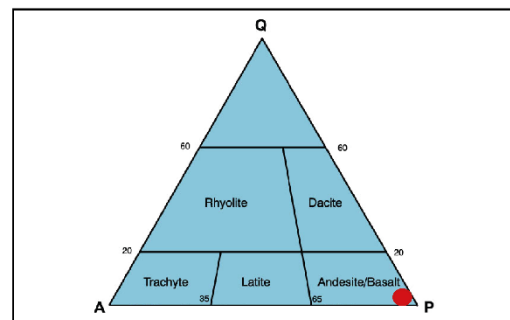


<b>Mineral:</b> Opacos	% 5	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro		<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto		<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedral, Anhedral		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.		

<b>Mineral:</b> Vidrio	% 65	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro		<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> NP		<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedral		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Matriz vidrio volcánico.		

<b>Mineral:</b> Anhidrita	% 2	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> 2do orden
<b>Color:</b> Incoloro		<b>Birrefringencia:</b> Alta
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Bajo		<b>Angulo de extinción:</b> 40
<b>Forma:</b> Anhedral		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Asociado a yeso en baja cantidad en zonas específicas de las vetillas.		

<b>Matriz:</b> Vitrea
<b>Alteración:</b> NP
<b>Nombre de la roca:</b> Basalto - Fm. Piñón



Tomado de: Winter, 2001



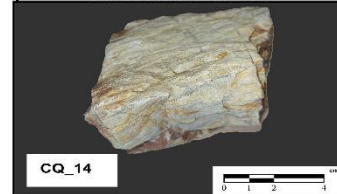
# Formación Calentura

<b>CÓDIGO:</b> CQ 14	<b>UTM:</b> 599331; 9992816
<b>Color:</b> Marrón claro	
<b>Textura:</b> Clástica	
<b>Estructura:</b> Masiva	
<b>Componentes:</b> Volcánicos	
<b>Tamaño de grano:</b> Ceniza	
<b>Redondez/Angulosidad:</b> Subangular a subredondeada	
<b>Selección:</b> Moderadamente sorteado	
<b>Observación:</b> Muestra Silicificada	

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

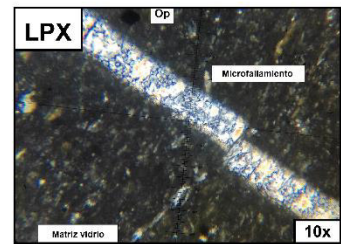
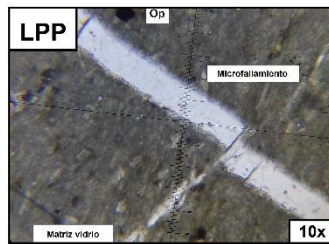
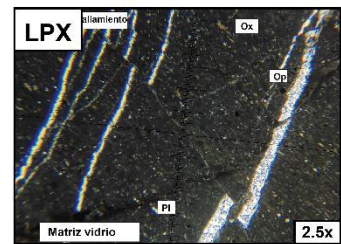
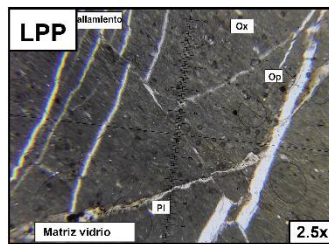
**Elaborado por:**  
ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO  
PABLO DANIEL NARANJO BRAVO

**MUESTRA DE MANO**



**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**

<b>Componentes (%):</b>		
<b>Contenido Principal:</b>	Vidrio	
<b>%Cuarzo:</b>	NP	
<b>%Plagioclasa:</b>	5	
<b>%Feldespatos:</b>	NP	
<b>%Máficos:</b>	NP	
<b>%Micas:</b>	NP	
<b>%Minerales Opacos:</b>	3	
<b>%Fragmentos de roca:</b>	NP	
<b>%Otros:</b>	NP	
<b>Cementación:</b>	Sílicea	
<b>Tipo de porosidad:</b>	Secundaria	
<b>% Porosidad:</b>	10	



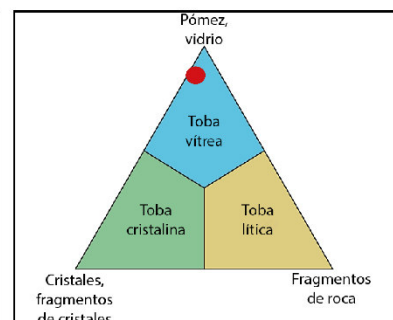
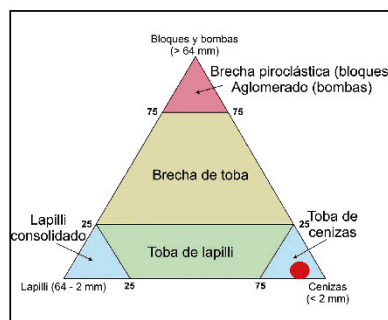
**Observación:** Presenta Vetillas de Yeso. Presencia de microfallas que cortan las vetillas.

<b>Mineral:</b> Plagioclasa	<b>%</b> 7	<b>LUZ POLARIZADA ANALIZADA</b>
<b>LUZ POLARIZADA PLANA</b>		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro		<b>Birrefringencia:</b> Muy baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética
<b>Relieve:</b> Moderado		<b>Angulo de extinción:</b> 45°
<b>Forma:</b> Subhedral		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Plagioclasas dispersas en matriz vítrea		

<b>Mineral:</b> Opacos	%	3	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedrales, Anhedrales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.			


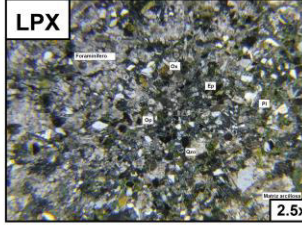
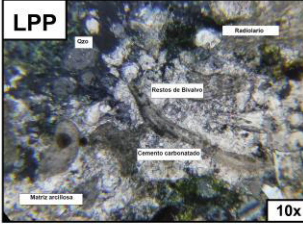
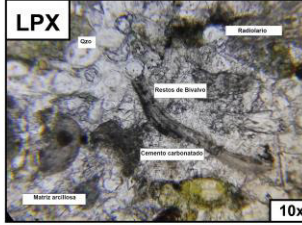
<b>Mineral:</b> Vidrio	%	>50	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> NP			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Matriz vidrio volcánico.			

<b>Matriz:</b> Vítrea
<b>Alteración:</b> NP
<b>Nombre de la roca:</b> Toba Vítrea Fm. Calentura



<b>CÓDIGO:</b> CQ_18	<b>UTM:</b> 600476; 9998557
<b>Color de la muestra:</b> Verde	
<b>Tamaño de grano:</b> Medio a grueso	
<b>Redondez:</b> Subangulares	<b>Esfericidad:</b> Alta
<b>Selección:</b> Moderadamente sorteado	<b>Contactos:</b> Longitudinal, puntual.
<b>Compactación:</b> Alta	<b>Madurez:</b> Subamadura
<b>Relación entre granos:</b> Clasto soportado	
<b>Estructuras:</b> Slump	
<b>Cemento:</b> Carbanatado	<b>% Matriz:</b> Arcilla:10%
<b>Deformación:</b> NP	
<b>Tipo de porosidad:</b> Primaria	<b>% Porosidad:</b> Indefinida
<b>Observaciones:</b> Color determinado por contenido de glauconita. Fósiles.	

<b>DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL</b>																											
<table border="1"> <tr> <td><b>Mineral:</b> Plagioclasa</td> <td><b>%</b> 5</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">LUZ POLARIZADA PLANA</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Color:</b> Incoloro</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Pleocroísmo:</b> NP</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Relieve:</b> Moderado</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales.</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">LUZ POLARIZADA ANALIZADA</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Color de interferencia:</b> 1er Orden</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Birrefringencia:</b> Muy baja</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Maclas/zonación:</b> Polisintética, zonación.</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Clivaje:</b> NP</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Observación:</b> NP</td> </tr> </table>	<b>Mineral:</b> Plagioclasa	<b>%</b> 5	LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color:</b> Incoloro		<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Relieve:</b> Moderado		<b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales.		LUZ POLARIZADA ANALIZADA		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden		<b>Birrefringencia:</b> Muy baja		<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética, zonación.		<b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°		<b>Clivaje:</b> NP		<b>Observación:</b> NP		   
<b>Mineral:</b> Plagioclasa	<b>%</b> 5																										
LUZ POLARIZADA PLANA																											
<b>Color:</b> Incoloro																											
<b>Pleocroísmo:</b> NP																											
<b>Relieve:</b> Moderado																											
<b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales.																											
LUZ POLARIZADA ANALIZADA																											
<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden																											
<b>Birrefringencia:</b> Muy baja																											
<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética, zonación.																											
<b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°																											
<b>Clivaje:</b> NP																											
<b>Observación:</b> NP																											
<table border="1"> <tr> <td><b>Mineral:</b> Clorita</td> <td><b>%</b> 3</td> <td style="text-align: center;">LUZ POLARIZADA ANALIZADA</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">LUZ POLARIZADA PLANA</td> <td><b>Color de interferencia:</b> 1er Orden</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Color:</b> Verde Claro</td> <td><b>Birrefringencia:</b> Baja</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Pleocroísmo:</b> Tonos de verde</td> <td><b>Maclas/zonación:</b> NP</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Relieve:</b> Medio</td> <td><b>Ángulo de extinción:</b> 5°</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Forma:</b> Anhedrales</td> <td><b>Clivaje:</b> NP</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Observación:</b> NP.</td> </tr> </table>	<b>Mineral:</b> Clorita	<b>%</b> 3	LUZ POLARIZADA ANALIZADA	LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden	<b>Color:</b> Verde Claro		<b>Birrefringencia:</b> Baja	<b>Pleocroísmo:</b> Tonos de verde		<b>Maclas/zonación:</b> NP	<b>Relieve:</b> Medio		<b>Ángulo de extinción:</b> 5°	<b>Forma:</b> Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP	<b>Observación:</b> NP.								
<b>Mineral:</b> Clorita	<b>%</b> 3	LUZ POLARIZADA ANALIZADA																									
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden																									
<b>Color:</b> Verde Claro		<b>Birrefringencia:</b> Baja																									
<b>Pleocroísmo:</b> Tonos de verde		<b>Maclas/zonación:</b> NP																									
<b>Relieve:</b> Medio		<b>Ángulo de extinción:</b> 5°																									
<b>Forma:</b> Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP																									
<b>Observación:</b> NP.																											

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**Elaborado por:**  
ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO  
PABLO DANIEL NARANJO BRAVO

**MUESTRA DE MANO**



CQ\_18


<b>Mineral:</b> Cuarzo	%	10	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden	
<b>Color:</b> Incoloro	<b>Birrefringencia:</b> Muy baja		
<b>Pleocroísmo:</b> NP	<b>Maclas/zonación:</b> NP		
<b>Relieve:</b> Bajo	<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua		
<b>Forma:</b> Anhedrales	<b>Clivaje:</b> NP		
<b>Observación:</b> NP			
<b>Mineral:</b> Opacos	%	2	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> NP	
<b>Color:</b> Negro	<b>Birrefringencia:</b> NP		
<b>Pleocroísmo:</b> NP	<b>Maclas/zonación:</b> NP		
<b>Relieve:</b> Alto	<b>Angulo de extinción:</b> NP		
<b>Forma:</b> Subhedrales, Anhedrales	<b>Clivaje:</b> NP		
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.			
<b>Mineral:</b> Glauconita	%	15	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden	
<b>Color:</b> Verde	<b>Birrefringencia:</b> Media		
<b>Pleocroísmo:</b> Verde a verde amarillento	<b>Maclas/zonación:</b> NP		
<b>Relieve:</b> Medio	<b>Angulo de extinción:</b> Recto		
<b>Forma:</b> Anhedral	<b>Clivaje:</b> NP		
<b>Observación:</b> Presente en la matriz.			
<b>Mineral:</b> Fósiles	%	60	
Foraminíferos bentónicos (Orbitoides)			
Foraminíferos bentónicos (Miliólidos)			
Foraminíferos plantónicos			
Bivalvos (restos)			
Radiolarios			
Briozoos (Fragmentos)			
<b>Nombre de la roca:</b> Calcarenita glauconítica - Fm. Calentura			

# Formación Cayo

<b>CÓDIGO:</b> CQ_07	<b>UTM:</b> 603132; 9992458
<b>Color de la muestra:</b> Gris parduzca	
<b>Tamaño de grano:</b> Medio a fino	
<b>Redondez:</b> Angular-subangular	<b>Esfericidad:</b> Baja
<b>Selección:</b> Pobremente sorteado	<b>Contactos:</b> Puntuales, longitudinales.
<b>Compactación:</b> Alta	<b>Madurez:</b> Inmadura
<b>Relación entre granos:</b> Clasto soportado	
<b>Estructuras:</b> NP	
<b>Cemento:</b> Carbonatado	<b>% Matriz:</b> Arcilla: 45%
<b>Deformación:</b> NP	
<b>Tipo de porosidad:</b> Primaria	<b>% Porosidad:</b> Indefinida
<b>Observaciones:</b> Presenta líticos posiblemente de la Fm. Piñón.	

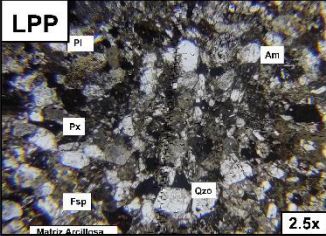
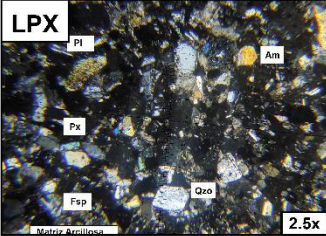
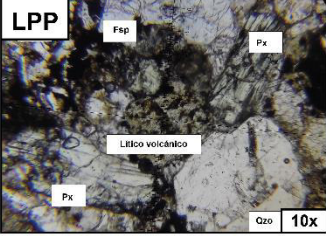
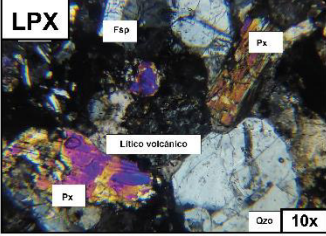
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**Elaborado por:**  
 ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO  
 PABLO DANIEL NARANJO BRAVO

**MUESTRA DE MANO**



**CQ\_07**

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL		
---------------------------	--	--

<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td><b>Mineral:</b> Plagioclasa</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td colspan="3">LUZ POLARIZADA PLANA</td> </tr> <tr> <td><b>Color:</b> Incoloro</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Pleocroísmo:</b> NP</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Relieve:</b> Moderado</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales.</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3">LUZ POLARIZADA ANALIZADA</td> </tr> <tr> <td><b>Color de interferencia:</b> 1er Orden</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Birrefringencia:</b> Muy baja</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Maclas/zonación:</b> Polisintética, zonación.</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Clivaje:</b> NP</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Observación:</b> Textura Sieve, presente en algunos minerales.</td> </tr> </table>	<b>Mineral:</b> Plagioclasa	%	20	LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color:</b> Incoloro			<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Relieve:</b> Moderado			<b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales.			LUZ POLARIZADA ANALIZADA			<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden			<b>Birrefringencia:</b> Muy baja			<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética, zonación.			<b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°			<b>Clivaje:</b> NP			<b>Observación:</b> Textura Sieve, presente en algunos minerales.				
<b>Mineral:</b> Plagioclasa	%	20																																							
LUZ POLARIZADA PLANA																																									
<b>Color:</b> Incoloro																																									
<b>Pleocroísmo:</b> NP																																									
<b>Relieve:</b> Moderado																																									
<b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales.																																									
LUZ POLARIZADA ANALIZADA																																									
<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden																																									
<b>Birrefringencia:</b> Muy baja																																									
<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética, zonación.																																									
<b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°																																									
<b>Clivaje:</b> NP																																									
<b>Observación:</b> Textura Sieve, presente en algunos minerales.																																									
																																									

<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td><b>Mineral:</b> Piroxeno</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td colspan="3">LUZ POLARIZADA PLANA</td> </tr> <tr> <td><b>Color:</b> Verde Claro</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Pleocroísmo:</b> NP</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Relieve:</b> Alto</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Forma:</b> Anhedrales</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Observación:</b> NP.</td> </tr> </table>	<b>Mineral:</b> Piroxeno	%	2	LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color:</b> Verde Claro			<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Relieve:</b> Alto			<b>Forma:</b> Anhedrales			<b>Observación:</b> NP.			<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">LUZ POLARIZADA ANALIZADA</td> </tr> <tr> <td><b>Color de interferencia:</b> 2do Orden</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Birrefringencia:</b> Moderada</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Maclas/zonación:</b> Simple</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Angulo de extinción:</b> 45°</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Clivaje:</b> Sí (ortogonal)</td> <td></td> </tr> </table>	LUZ POLARIZADA ANALIZADA		<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden		<b>Birrefringencia:</b> Moderada		<b>Maclas/zonación:</b> Simple		<b>Angulo de extinción:</b> 45°		<b>Clivaje:</b> Sí (ortogonal)	
<b>Mineral:</b> Piroxeno	%	2																																
LUZ POLARIZADA PLANA																																		
<b>Color:</b> Verde Claro																																		
<b>Pleocroísmo:</b> NP																																		
<b>Relieve:</b> Alto																																		
<b>Forma:</b> Anhedrales																																		
<b>Observación:</b> NP.																																		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA																																		
<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden																																		
<b>Birrefringencia:</b> Moderada																																		
<b>Maclas/zonación:</b> Simple																																		
<b>Angulo de extinción:</b> 45°																																		
<b>Clivaje:</b> Sí (ortogonal)																																		

<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td><b>Mineral:</b> Anfíbol</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td colspan="3">LUZ POLARIZADA PLANA</td> </tr> <tr> <td><b>Color:</b> Verde claro</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Pleocroísmo:</b> Bajo</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Relieve:</b> Alto</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td><b>Forma:</b> Anhedrales</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Observación:</b> NP.</td> </tr> </table>	<b>Mineral:</b> Anfíbol	%	1	LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color:</b> Verde claro			<b>Pleocroísmo:</b> Bajo			<b>Relieve:</b> Alto			<b>Forma:</b> Anhedrales			<b>Observación:</b> NP.			<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">LUZ POLARIZADA ANALIZADA</td> </tr> <tr> <td><b>Color de interferencia:</b> 2do Orden</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Birrefringencia:</b> Media</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Maclas/zonación:</b> Lamelar</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Angulo de extinción:</b> 25°</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Clivaje:</b> Sí (120°)</td> <td></td> </tr> </table>	LUZ POLARIZADA ANALIZADA		<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden		<b>Birrefringencia:</b> Media		<b>Maclas/zonación:</b> Lamelar		<b>Angulo de extinción:</b> 25°		<b>Clivaje:</b> Sí (120°)	
<b>Mineral:</b> Anfíbol	%	1																																
LUZ POLARIZADA PLANA																																		
<b>Color:</b> Verde claro																																		
<b>Pleocroísmo:</b> Bajo																																		
<b>Relieve:</b> Alto																																		
<b>Forma:</b> Anhedrales																																		
<b>Observación:</b> NP.																																		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA																																		
<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden																																		
<b>Birrefringencia:</b> Media																																		
<b>Maclas/zonación:</b> Lamelar																																		
<b>Angulo de extinción:</b> 25°																																		
<b>Clivaje:</b> Sí (120°)																																		

<b>Mineral:</b> Cuarzo	%	10	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		Color de interferencia: 1er Orden	
Color: Incoloro		Birrefringencia: Muy baja	
Pleocroísmo: NP		Maclas/zonación: NP	
Relieve: Bajo		Angulo de extinción: Oblicua	
Forma: Anhedrales		Clivaje: NP	
<b>Observación:</b> Monocristalinos y policristalinos.			
<b>Mineral:</b> Opacos	%	5	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		Color de interferencia: NP	
Color: Negro		Birrefringencia: NP	
Pleocroísmo: NP		Maclas/zonación: NP	
Relieve: Alto		Angulo de extinción: NP	
Forma: Subhedrales, Anhedrales		Clivaje: NP	
<b>Observación:</b> Isotropos.			
<b>Mineral:</b> Feldespatos	%	10	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		Color de interferencia: 1er Orden	
Color: Incoloro		Birrefringencia: Baja	
Pleocroísmo: NP		Maclas/zonación: Carlsbad	
Relieve: Bajo		Angulo de extinción: 35	
Forma: Subhedrales		Clivaje: NP	
<b>Observación:</b> NP			
<b>Mineral:</b> Óxidos	%	1	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		Color de interferencia: NP	
Color: Amarillentos a ocre		Birrefringencia: NP	
Pleocroísmo: NP		Maclas/zonación: NP	
Relieve: Alto		Angulo de extinción: NP	
Forma: Anhedrales		Clivaje: NP	
<b>Observación:</b> Producto de la oxidación/alteración.			
<b>Nombre de la roca:</b> Grawaca Feldespática - Fm. Cayo			



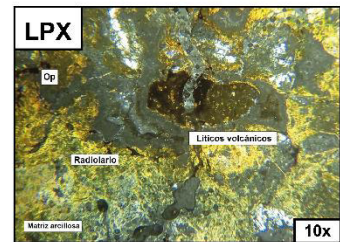
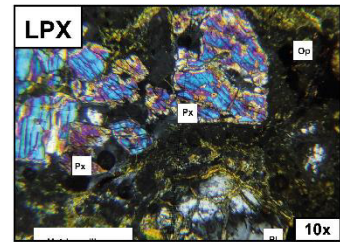
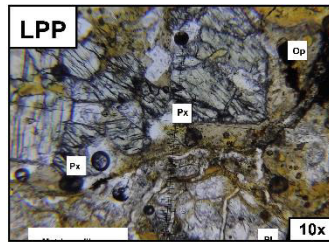
<b>CÓDIGO:</b> CQ_02	<b>UTM:</b> 607966; 9996617
<b>Color de la muestra:</b> Ocre	
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a medio	
<b>Redondez:</b> Subredondeado	<b>Esfericidad:</b> Medio a Alta
<b>Selección:</b> Pobremente sorteado	<b>Contactos:</b> Puntuales, flotantes.
<b>Compactación:</b> Baja	<b>Madurez:</b> Submadura
<b>Relación entre granos:</b> Matriz soportado	
<b>Estructuras:</b> NP	
<b>Cemento/Matriz:</b> Arcilla	<b>% Matriz:</b> 65
<b>Deformación:</b> NP	
<b>Tipo de porosidad:</b> Primaria	<b>% Porosidad:</b> Indefinida
<b>Observaciones:</b> Alta meteorización, 10% de líticos, fósiles.	

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**Elaborado por:**  
 ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO  
 PABLO DANIEL NARANJO BRAVO



**DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL**

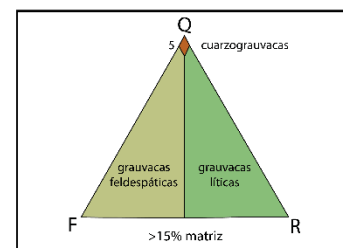
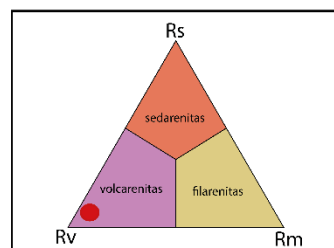
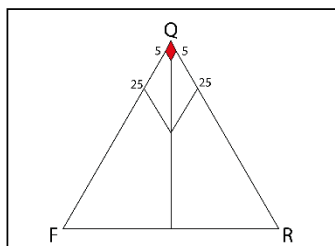
<b>Mineral:</b> Plagioclasa	<b>%</b>	15
LUZ POLARIZADA PLANA		
<b>Color:</b> Incoloro		
<b>Pleocroísmo:</b> NP		
<b>Relieve:</b> Moderado		
<b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales.		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA		
<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden		
<b>Birrefringencia:</b> Muy baja		
<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética.		
<b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°		
<b>Clivaje:</b> NP		
<b>Observación:</b> NP		



<b>Mineral:</b> Piroxeno	<b>%</b>	2	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden	
<b>Color:</b> Verde Claro		<b>Birrefringencia:</b> Moderada	
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> Simple	
<b>Relieve:</b> Alto		<b>Angulo de extinción:</b> 45°	
<b>Forma:</b> Anhedrales		<b>Clivaje:</b> Sí (ortogonal)	
<b>Observación:</b> Fracturados.			

<b>Mineral:</b> Cuarzo	%	1	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro			<b>Birrefringencia:</b> Muy baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Bajo			<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua
<b>Forma:</b> Anhedrales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Monocristalinos.			
<b>Mineral:</b> Opacos	%	2	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedrales, Anhedrales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos.			
<b>Mineral:</b> Feldespatos	%	5	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro			<b>Birrefringencia:</b> Baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> Carlsbad
<b>Relieve:</b> Bajo			<b>Angulo de extinción:</b> 35
<b>Forma:</b> Subhedrales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> NP			

**Nombre de la roca:** Volcarenita - Fm. Cayo



# Formación Cerro

<b>CÓDIGO:</b> CQ 22	<b>UTM:</b> 597131; 9997436
<b>Color:</b> Marrón verdosa clara	
<b>Textura:</b> Clástica	
<b>Estructura:</b> Masiva	
<b>Componentes:</b> Volcánicos	
<b>Tamaño de grano:</b> Ceniza	
<b>Redondez/Angulosidad:</b> Angulares a subangulares	
<b>Selección:</b> Moderadamente sorteado	
<b>Observación:</b> Laminación de los componentes.	

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

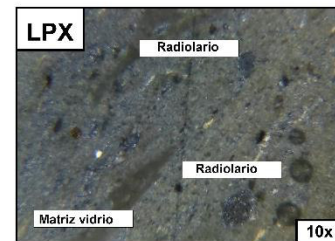
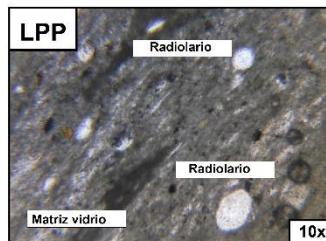
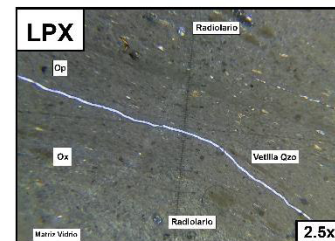
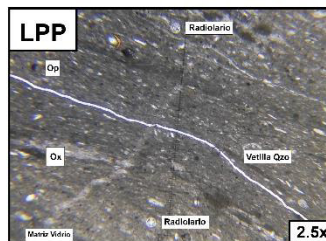
**Elaborado por:**  
ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO  
PABLO DANIEL NARANJO BRAVO

**MUESTRA DE MANO**



**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**

<b>Componentes (%):</b>		
<b>Contenido Principal:</b>	Vidrio	
<b>%Cuarzo:</b>	3	
<b>%Plagioclasa:</b>	NP	
<b>%Feldespatos:</b>	NP	
<b>%Máficos:</b>	NP	
<b>%Micas:</b>	NP	
<b>%Minerales Opacos:</b>	5	
<b>%Fragmentos de roca:</b>	NP	
<b>%Otros:</b>	Óxidos: 2	
<b>Cementación:</b>	Sílicea	
<b>Tipo de porosidad:</b>	Secundaria	
<b>% Porosidad:</b>	5	



**Observación:** Presenta Vetillas de Qzo. Presencia de fósiles: radiolarios.

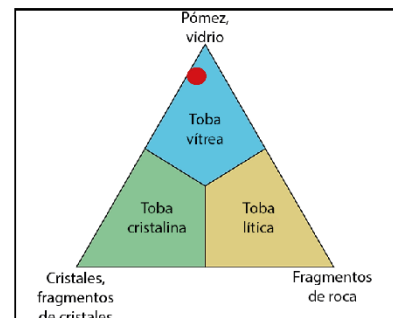
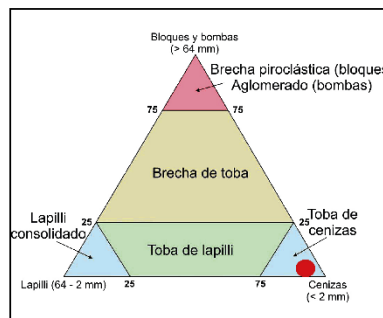
<b>Mineral:</b> Cuarzo	<b>%</b> 3	<b>LUZ POLARIZADA ANALIZADA</b>
<b>LUZ POLARIZADA PLANA</b>		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro		<b>Birrefringencia:</b> Muy baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Bajo		<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua
<b>Forma:</b> Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Presenta cuarzos fracturados.		


<b>Mineral:</b> Opacos	%	3	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedral, Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.			

<b>Mineral:</b> Vidrio	%	>50	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> NP			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Matriz vidrio volcánico.			

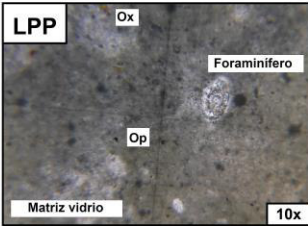
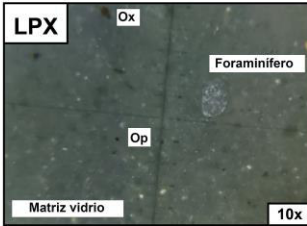
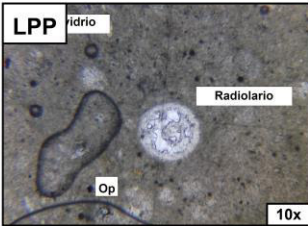
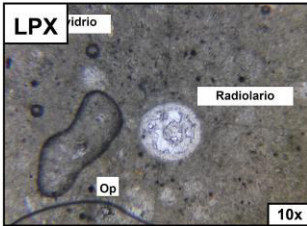
<b>Mineral:</b> Óxidos	%	2	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Amarillentos a ocre			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedral, Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Producto de oxidación.			

<b>Matriz:</b> Vítrea
<b>Alteración:</b> NP
<b>Nombre de la roca:</b> Toba Fosilífera Fm. Cerro



<b>CÓDIGO:</b> CQ_24	<b>UTM:</b> 598400; 9999119	<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> <b>Elaborado por:</b> ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO PABLO DANIEL NARANJO BRAVO
<b>Color:</b> Marrón verdosa clara		
<b>Textura:</b> Clástica		
<b>Estructura:</b> Masiva		
<b>Componentes:</b> Volcánicos		
<b>Tamaño de grano:</b> Ceniza		
<b>Redondez/Angulosidad:</b> Angulares a subangulares		
<b>Selección:</b> Moderadamente sorteado		
<b>Observación:</b> Laminación de los componentes.		<b>MUESTRA DE MANO</b> 

**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**

<b>Componentes (%):</b> <b>Contenido Principal:</b> Vidrio <b>%Cuarzo:</b> 5 <b>%Plagioclasa:</b> NP <b>%Feldespatos:</b> NP <b>%Máficos:</b> NP <b>%Micas:</b> NP <b>%Minerales Opacos:</b> 5 <b>%Fragmentos de roca:</b> NP <b>%Otros:</b> Óxidos: < 1 <b>Cementación:</b> Silícea <b>Tipo de porosidad:</b> Secundaria <b>% Porosidad:</b> 15	<b>LPP</b> Ox 	<b>LPX</b> Ox 
	<b>LPP</b> Vidrio 	<b>LPX</b> Vidrio 
<b>Observación:</b> Presenta microfracturas. Presencia de fósiles: radiolarios y foraminíferos bentónicos.		

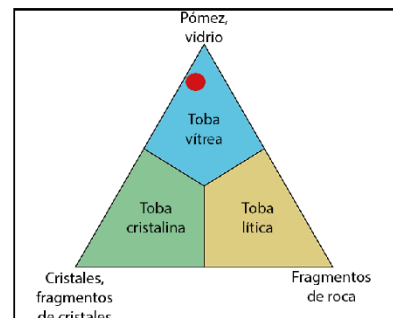
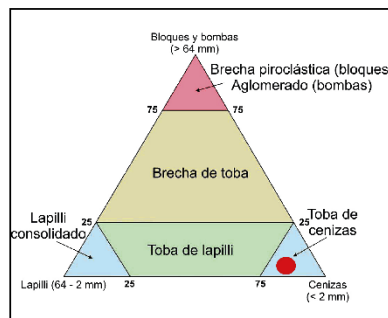
<b>Mineral:</b> Cuarzo	% 5	<b>LUZ POLARIZADA ANALIZADA</b>
<b>LUZ POLARIZADA PLANA</b>		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro		<b>Birrefringencia:</b> Muy baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Bajo		<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua
<b>Forma:</b> Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Mayoritariamente monocristalinos.		

<b>Mineral:</b> Opacos	%	5	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedral, Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.			



<b>Mineral:</b> Vidrio	%	>50	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> NP			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Matriz vidrio volcánico.			

<b>Mineral:</b> Óxidos	%	< 1	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Amarillentos a ocre			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedral, Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Producto de oxidación.			





<b>Matriz:</b> Vítrea
<b>Alteración:</b> NP
<b>Nombre de la roca:</b> Toba Fossilífera Fm. Cerro



<b>CÓDIGO:</b> COA_16	<b>UTM:</b> 599085; 9999999
<b>Color:</b> Marrón verdosa clara	
<b>Textura:</b> Clástica	
<b>Estructura:</b> Masiva	
<b>Componentes:</b> Volcánicos	
<b>Tamaño de grano:</b> Ceniza	
<b>Redondez/Angulosidad:</b> Subredondeados	
<b>Selección:</b> Moderadamente sorteado	
<b>Observación:</b> Componentes alineados y forma estratificación laminar.	

<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b>	
<b>Elaborado por:</b>	
ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO PABLO DANIEL NARANJO BRAVO	
<b>MUESTRA DE MANO</b>	
	
<b>COA_16</b>	

**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>Componentes (%):</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Contenido Principal:</b></td> <td colspan="2">Vidrio</td> </tr> <tr> <td><b>%Cuarzo:</b></td> <td colspan="2">3</td> </tr> <tr> <td><b>%Plagioclasa:</b></td> <td colspan="2">NP</td> </tr> <tr> <td><b>%Feldespatos:</b></td> <td colspan="2">NP</td> </tr> <tr> <td><b>%Máficos:</b></td> <td colspan="2">NP</td> </tr> <tr> <td><b>%Micas:</b></td> <td colspan="2">NP</td> </tr> <tr> <td><b>%Minerales Opacos:</b></td> <td colspan="2">3</td> </tr> <tr> <td><b>%Fragmentos de roca:</b></td> <td colspan="2">NP</td> </tr> <tr> <td><b>%Otros:</b></td> <td colspan="2">Óxidos: &lt; 1</td> </tr> <tr> <td><b>Cementación:</b></td> <td colspan="2">Sílicea</td> </tr> <tr> <td><b>Tipo de porosidad:</b></td> <td colspan="2">Secundaria</td> </tr> <tr> <td><b>% Porosidad:</b></td> <td colspan="2">10</td> </tr> </table>	<b>Componentes (%):</b>			<b>Contenido Principal:</b>	Vidrio		<b>%Cuarzo:</b>	3		<b>%Plagioclasa:</b>	NP		<b>%Feldespatos:</b>	NP		<b>%Máficos:</b>	NP		<b>%Micas:</b>	NP		<b>%Minerales Opacos:</b>	3		<b>%Fragmentos de roca:</b>	NP		<b>%Otros:</b>	Óxidos: < 1		<b>Cementación:</b>	Sílicea		<b>Tipo de porosidad:</b>	Secundaria		<b>% Porosidad:</b>	10		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p><b>LPP</b></p>  <p>Matriz vidrio <span style="float: right;">Op 2.5x</span></p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p><b>LPX</b></p>  <p>Matriz vidrio <span style="float: right;">Op 2.5x</span></p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p><b>LPP</b></p>  <p>Matriz vidrio <span style="float: right;">10x</span></p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p><b>LPX</b></p>  <p>Matriz vidrio <span style="float: right;">10x</span></p> </div> </div>	<p><b>Observación:</b> Alta presencia fosilífera de radiolarios (mayor al 50%).</p>
<b>Componentes (%):</b>																																									
<b>Contenido Principal:</b>	Vidrio																																								
<b>%Cuarzo:</b>	3																																								
<b>%Plagioclasa:</b>	NP																																								
<b>%Feldespatos:</b>	NP																																								
<b>%Máficos:</b>	NP																																								
<b>%Micas:</b>	NP																																								
<b>%Minerales Opacos:</b>	3																																								
<b>%Fragmentos de roca:</b>	NP																																								
<b>%Otros:</b>	Óxidos: < 1																																								
<b>Cementación:</b>	Sílicea																																								
<b>Tipo de porosidad:</b>	Secundaria																																								
<b>% Porosidad:</b>	10																																								

<b>Mineral:</b> Cuarzo	%	3	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden	
<b>Color:</b> Incoloro	<b>Birrefringencia:</b> Muy baja		
<b>Pleocroísmo:</b> NP	<b>Maclas/zonación:</b> NP		
<b>Relieve:</b> Bajo	<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua		
<b>Forma:</b> Anhedrales	<b>Clivaje:</b> NP		
<b>Observación:</b> Mayoritariamente monocristalinos.			

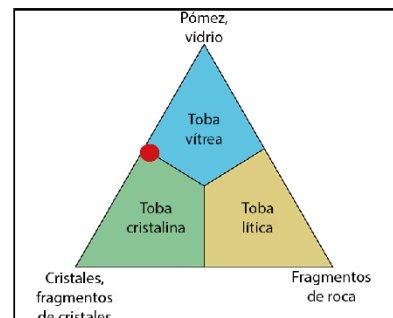
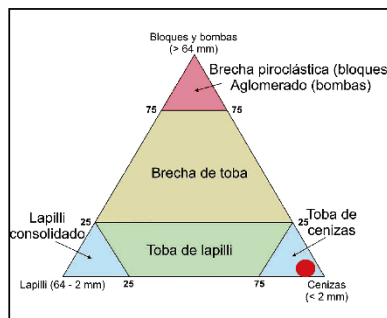


<b>Mineral:</b> Opacos	%	5	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhaciales, Anhaciales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.			

<b>Mineral:</b> Vidrio	%	>50	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> NP			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Matriz vidrio volcánico.			

<b>Mineral:</b> Óxidos	%	< 1	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Amarillentos a ocre			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhaciales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Producto de la oxidación.			

<b>Matriz:</b> Vítrea
<b>Alteración:</b> NP
<b>Nombre de la roca:</b> Toba Radiolarítica Fm. Cerro



# Formación Punta Blanca

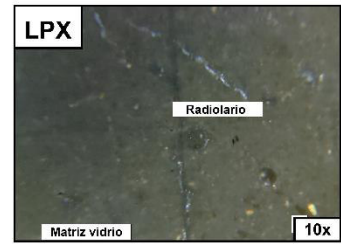
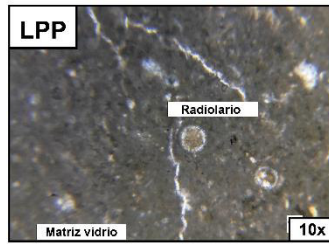
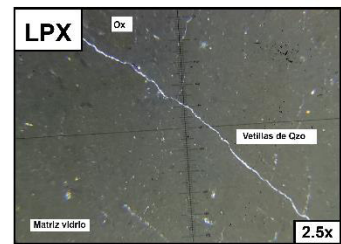
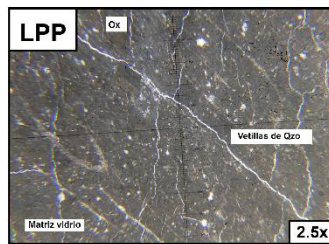
<b>CÓDIGO:</b> CQ 19	<b>UTM:</b> 603411; 10004248
<b>Color:</b> Beige rosáceo	
<b>Textura:</b> Clástica	
<b>Estructura:</b> Masiva	
<b>Componentes:</b> Volcánicos	
<b>Tamaño de grano:</b> Ceniza	
<b>Redondez/Angulosidad:</b> Angulares a subangulares	
<b>Selección:</b> Bien sorteado	
<b>Observación:</b> Presenta vetillas de Qzo.	

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**Elaborado por:**  
 ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO  
 PABLO DANIEL NARANJO BRAVO



**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**

<b>Componentes (%):</b>		
<b>Contenido Principal:</b>	Vidrio	
<b>%Cuarzo:</b>	10	
<b>%Plagioclasa:</b>	NP	
<b>%Feldespatos:</b>	NP	
<b>%Máficos:</b>	NP	
<b>%Micas:</b>	NP	
<b>%Minerales Opacos:</b>	1	
<b>%Fragmentos de roca:</b>	NP	
<b>%Otros:</b>	Óxidos: 2	
<b>Cementación:</b>	Sílicea	
<b>Tipo de porosidad:</b>	Secundaria	
<b>% Porosidad:</b>	10	



**Observación:** Compactación baja; vetillas de Qzo; alta presencia de radiolarios; composición ácida por su coloración.

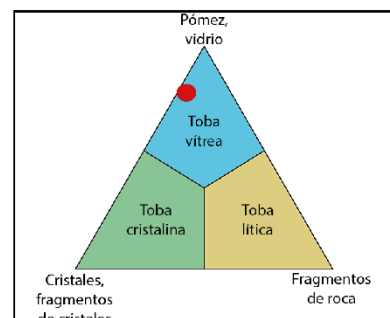
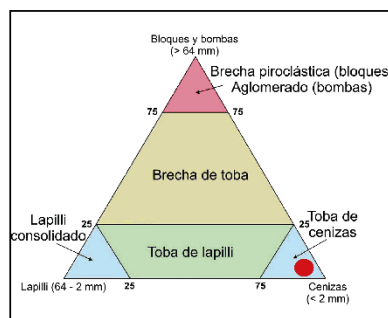
<b>Mineral:</b> Cuarzo	<b>%</b> 10	<b>LUZ POLARIZADA ANALIZADA</b>
<b>LUZ POLARIZADA PLANA</b>		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro		<b>Birrefringencia:</b> Muy baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Bajo		<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua
<b>Forma:</b> Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Relleno de las vetillas.		

<b>Mineral:</b> Opacos	%	1	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedral, Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.			

<b>Mineral:</b> Vidrio	%	>50	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> NP			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Matriz vidrio volcánico.			

<b>Mineral:</b> Óxidos	%	2	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Amarillentos a ocre			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Producto de la oxidación.			

<b>Matriz:</b> Vítrea
<b>Alteración:</b> NP
<b>Nombre de la roca:</b> Toba de ceniza con Radiolarios. Fm. Punta Blanca



# Formación Angostura

<b>CÓDIGO:</b> COA_09	<b>UTM:</b> 609146; 9986099
<b>Color de la muestra:</b> Marrón	
<b>Tamaño de grano:</b> Medio	
<b>Redondez:</b> Subangular-angular	<b>Esfericidad:</b> Baja
<b>Selección:</b> Moderadamente sorteado	<b>Contactos:</b> Flotantes, puntuales, long
<b>Compactación:</b> Media	<b>Madurez:</b> Submadura
<b>Relación entre granos:</b> Clasto soportado	
<b>Estructuras:</b> Gradación normal	
<b>Cemento/Matriz:</b> Arcillosa	<b>% Matriz:</b> 25
<b>Deformación:</b> NP	
<b>Tipo de porosidad:</b> Primaria	<b>% Porosidad:</b> Indefinida
<b>Observaciones:</b> 15% de líticos, posiblemente de la Fm. Piñón.	

<b>DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL</b>		
<b>Mineral:</b> Plagioclasa	%	40
LUZ POLARIZADA PLANA		
<b>Color:</b> Incoloro		
<b>Pleocroísmo:</b> NP		
<b>Relieve:</b> Moderado		
<b>Forma:</b> Euhedrales, subhedrales.		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA		
<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden		
<b>Birrefringencia:</b> Muy baja		
<b>Maclas/zonación:</b> Polisintética, zonación.		
<b>Ángulo de extinción:</b> 35-45°		
<b>Clivaje:</b> NP		
<b>Observación:</b> Alto contenido de plagioclasas. Presenta radiolarios.		

**LPP**

**LPX**

**LPP Radiolario**

**LPX Radiolario**

<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b>	
<b>Elaborado por:</b>	
ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO	
PABLO DANIEL NARANJO BRAVO	

**MUESTRA DE MANO**

**COA\_09**

<b>Mineral:</b> Cuarzo	%	10	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro			<b>Birrefringencia:</b> Muy baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Bajo			<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua
<b>Forma:</b> Anhedrales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Relleno de las vetillas.			
<b>Mineral:</b> Opacos	%	1	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedrales, Anhedrales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos, podría asociarse a magnetita.			
<b>Mineral:</b> Glauconita	%	3	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> 2do Orden
<b>Color:</b> Verde			<b>Birrefringencia:</b> Media
<b>Pleocroísmo:</b> Verde a verde amarillento			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Medio			<b>Angulo de extinción:</b> Recto
<b>Forma:</b> Anhedral			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Asociado con sedimentos clásticos en la roca sedimentaria (arenisca).			
<b>Mineral:</b> Óxidos	%	1	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Amarillentos a ocre			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Anhedrales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Producto de la oxidación/alteración.			
<b>Nombre de la roca:</b> Grawaca Feldespática - Fm. Angostura			

# Formación Subibaja




<b>CÓDIGO:</b> CQ_10	<b>UTM:</b> 603745; 9994045
<b>Color de la muestra:</b> Gris verdosos	
<b>Limo:</b> Sí	<b>Arcilla:</b> Sí
<b>Arena:</b> No	<b>Contenido orgánico:</b> No
<b>Posible composición:</b> Silícea	
<b>Laminación:</b> Sí	
<b>Litificación:</b> Alta	
<b>Fractura / Fisilidad:</b> Concoidea	<b>Fábrica:</b> Dispersa
<b>Estructuras:</b> Masiva	<b>Laminación (Micro):</b> No
<b>Tamaño de grano:</b> Limo, Arcilla	<b>%:</b> 70, 30
<b>Distribución:</b> Homogénea	<b>Porosidad:</b> Alta
<b>Observación:</b> Arcillas posiblemente del tipo Illita.	

Minerales Identificables	
En FRACCIÓN GRUESA	(%)
Cuarzo	75
Óxidos	10
Opacos	15
En FRACCIÓN FINA	
Arcilla (Illita)	
Cuarzo	
Fósiles: Radiolarios	

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**Elaborado por:**  
ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO  
PABLO DANIEL NARANJO BRAVO

**MUESTRA DE MANO**

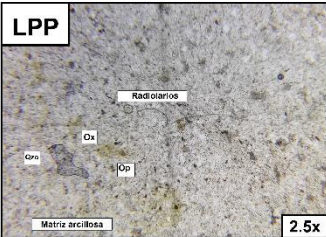


**CQ\_10**

**DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL**

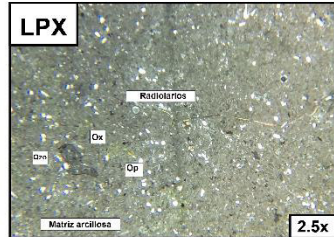
Minerales Identificables	
En FRACCIÓN GRUESA	(%)
Cuarzo	75
Óxidos	10
Opacos	15
En FRACCIÓN FINA	
Arcilla (Illita)	
Cuarzo	
Fósiles: Radiolarios	

**LPP**



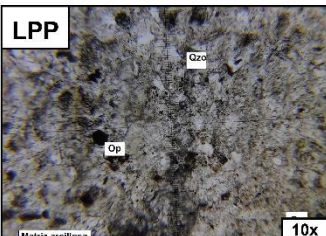
Radiolarios  
Qz  
Op  
Matriz arcillosa  
2.5x

**LPX**



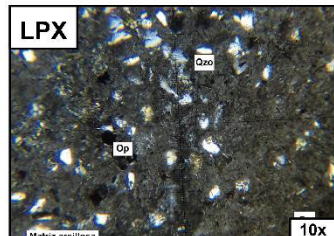
Radiolarios  
Qz  
Op  
Matriz arcillosa  
2.5x

**LPP**



Qz  
Op  
Matriz arcillosa  
10x

**LPX**



Qz  
Op  
Matriz arcillosa  
10x

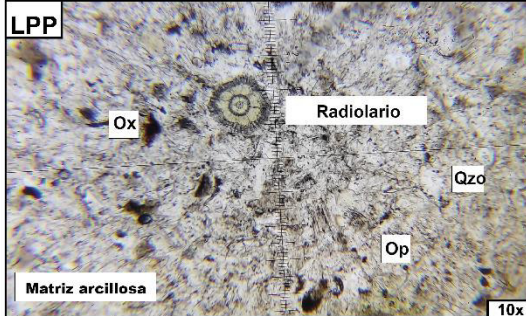
**Observación:** Concentraciones de arcillas observadas en la lámina delgada.

<b>Mineral:</b> Cuarzo	%	75	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro			<b>Birrefringencia:</b> Muy baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Bajo			<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua
<b>Forma:</b> Anhedrales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Monocristalinos y policristalinos.			

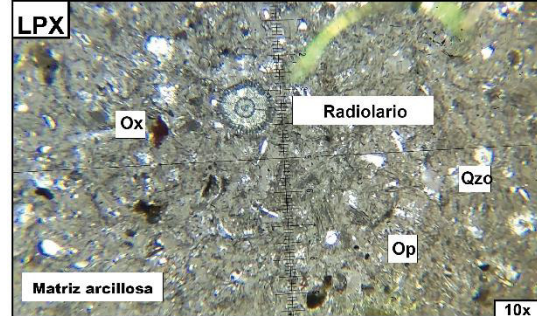
<b>Mineral:</b> Opacos	%	10	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA			<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro			<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP			<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto			<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedrales, Anhedrales			<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos.			

MICROFÓSILES



Nombre: Radiolario

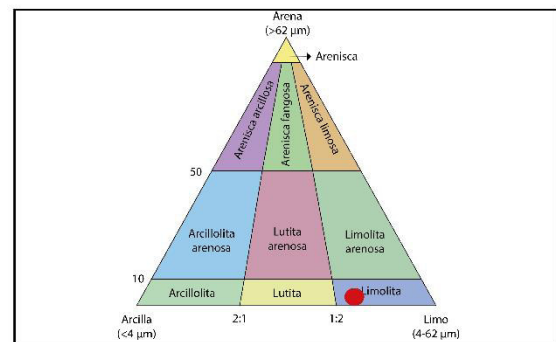
Características:



Nombre: Radiolario

Características: Se extingue al cruzar nicoles.

Nombre de la roca:  
Limolita silícea - Fm. Subibaja




<b>CÓDIGO:</b> COA_07	<b>UTM:</b> 605245; 9994221
<b>Color de la muestra:</b> Marrón claro	
<b>Limo:</b> Sí	<b>Arcilla:</b> Sí
<b>Arena:</b> No	<b>Contenido orgánico:</b> Sí
<b>Posible composición:</b> Silíceo	
<b>Laminación:</b> No	
<b>Litificación:</b> Alta	
<b>Fractura / Fisilidad:</b> Irregular	<b>Fábrica:</b> Dispersa
<b>Estructuras:</b> Laminación convoluta	<b>Laminación (Micro):</b> No
<b>Tamaño de grano:</b> Limo, Arcilla	<b>%:</b> 15, 85
<b>Distribución:</b> Heterogénea	<b>Porosidad:</b> Alta
<b>Observación:</b> Microfracturas	

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**Elaborado por:**  
ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO  
PABLO DANIEL NARANJO BRAVO

**MUESTRA DE MANO**

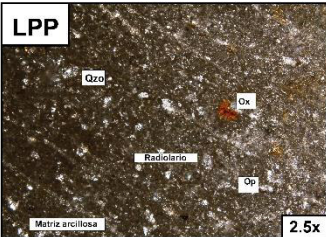


**COA\_07**

**DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL**

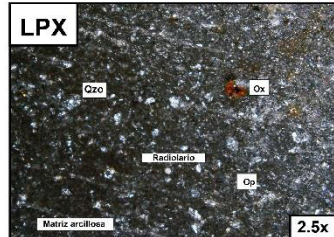
Minerales Identificables	
<b>En FRACCIÓN GRUESA</b>	<b>(%)</b>
<b>Cuarzo</b>	80
<b>Óxidos</b>	15
<b>Opacos</b>	5
<b>En FRACCIÓN FINA</b>	
<b>Arcilla</b>	
<b>Cuarzo</b>	
<b>Óxidos</b>	
<b>Fósiles:</b> Foraminíferos bentónicos y radiolarios.	

**LPP**



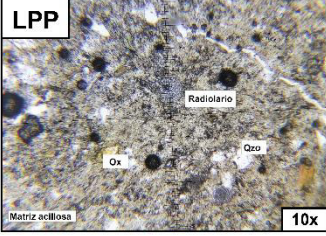
2.5x

**LPX**



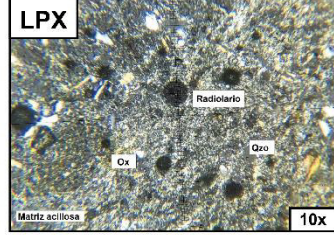
2.5x

**LPP**



10x

**LPX**



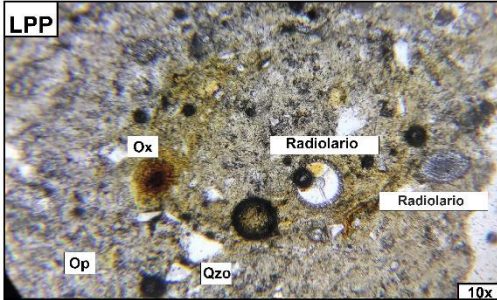
10x

**Observación:** Microfracturas alineadas rellenas con arcillas

<b>Mineral:</b> Cuarzo	<b>%</b> 80	<b>LUZ POLARIZADA ANALIZADA</b>
<b>LUZ POLARIZADA PLANA</b>		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro		<b>Birrefringencia:</b> Muy baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Bajo		<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua
<b>Forma:</b> Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Monocristalinos y policristalinos.		

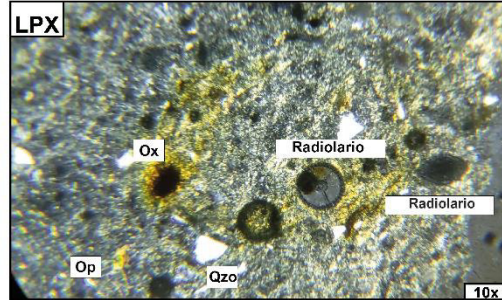
<b>Mineral:</b> Opacos	<b>%</b> 5	<b>LUZ POLARIZADA ANALIZADA</b>
<b>LUZ POLARIZADA PLANA</b>		<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro		<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto		<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedrales, Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos.		

MICROFÓSILES



Nombre: Radiolarios

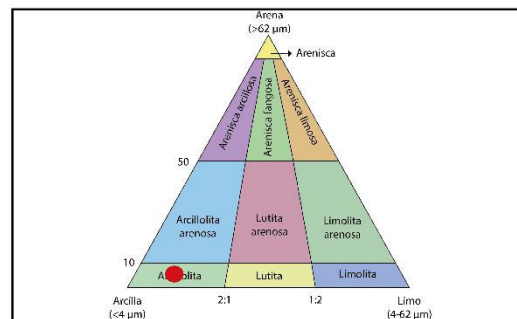
Características: Se observan dos tipos de radiolarios.



Nombre: Radiolarios


Características: El radiolario es isótropo con LPX.

Nombre de la roca:  
Arcillolita - Fm. Subibaja



<b>CÓDIGO:</b> COA_08	<b>UTM:</b> 606555; 9993254
<b>Color de la muestra:</b> Gris Verdoso	
<b>Limo:</b> No	<b>Arcilla:</b> Si
<b>Arena:</b> No	<b>Contenido orgánico:</b> No
<b>Posible composición:</b> Sílicea	
<b>Laminación:</b> Si	
<b>Litificación:</b> Alta	
<b>Fractura / Fisilidad:</b> Concoidea	<b>Fábrica:</b> Dispersa
<b>Estructuras:</b> Masiva	<b>Laminación (Micro):</b> No
<b>Tamaño de grano:</b> Arcilla	<b>%:</b> 100
<b>Distribución:</b> Homogénea	<b>Porosidad:</b> Alta
<b>Observación:</b> NP	

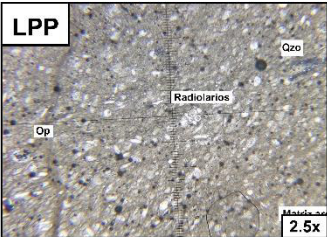
<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b>
<b>Elaborado por:</b> ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO PABLO DANIEL NARANJO BRAVO

<b>MUESTRA DE MANO</b>

<b>COA_08</b>

**DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL**

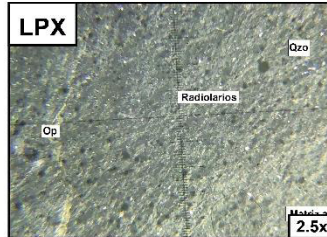
<b>Minerales Identificables</b>		
<b>En FRACCIÓN GRUESA</b>	<b>(%)</b>	
<b>Cuarzo</b>	40	
<b>Óxidos</b>	5	
<b>Opacos</b>	5	
<b>Radiolarios</b>	50	
<b>En FRACCIÓN FINA</b>		
<b>Arcilla</b>		
<b>Fósiles:</b> Radiolarios		

**LPP**



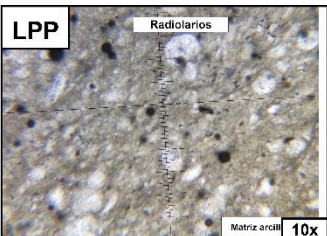
2.5x

**LPX**



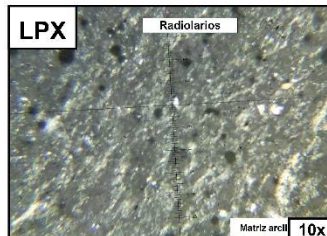
2.5x

**LPP**



Matriz arcill 10x

**LPX**



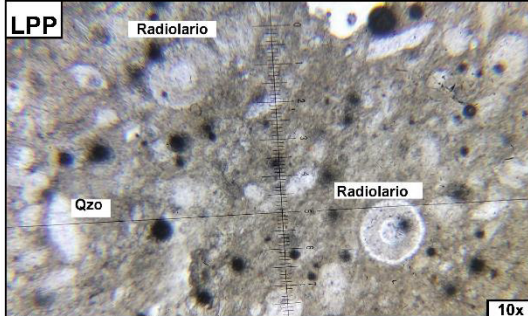
Matriz arcill 10x

**Observación:** La presencia de radiolarios supera el 50%.

<b>Mineral:</b> Cuarzo	<b>%</b> 80	<b>LUZ POLARIZADA ANALIZADA</b>
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden
<b>Color:</b> Incoloro		<b>Birrefringencia:</b> Muy baja
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Bajo		<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua
<b>Forma:</b> Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Monocristalinos y policristalinos.		

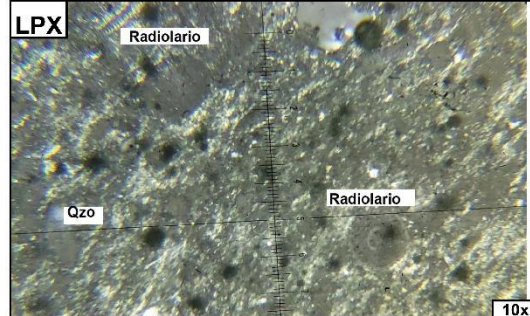
<b>Mineral:</b> Opacos	<b>%</b> 5	<b>LUZ POLARIZADA ANALIZADA</b>
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> NP
<b>Color:</b> Negro		<b>Birrefringencia:</b> NP
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP
<b>Relieve:</b> Alto		<b>Angulo de extinción:</b> NP
<b>Forma:</b> Subhedrales, Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP
<b>Observación:</b> Isotropos.		

MICROFÓSILES



**Nombre:** Radiolarios

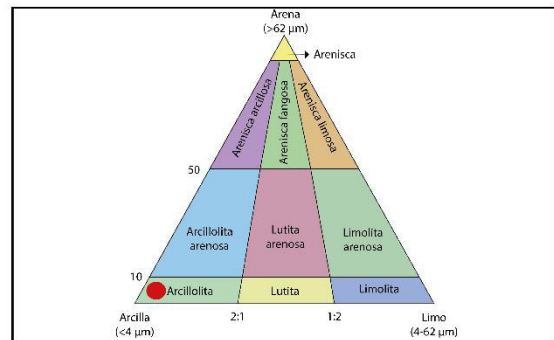
**Características:** Gran cantidad de radiolarios en la matriz.



**Nombre:** Radiolarios


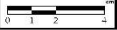
**Características:** Isótropos en LPX.

**Nombre de la roca:**  
Radiolarita- Fm. Subibaja



<b>CÓDIGO:</b> COA_10	<b>UTM:</b> 599564; 9984602
<b>Color de la muestra:</b> Gris claro	
<b>Limo:</b> Sí	<b>Arcilla:</b> Sí
<b>Arena:</b> No	<b>Contenido orgánico:</b> Sí
<b>Posible composición:</b> Silícea	
<b>Laminación:</b> No	
<b>Litificación:</b> Alta	
<b>Fractura / Fisilidad:</b> Irregular	<b>Fábrica:</b> Dispersa
<b>Estructuras:</b> Masiva	<b>Laminación (Micro):</b> No
<b>Tamaño de grano:</b> Limo, Arcilla	<b>%:</b> 10, 90
<b>Distribución:</b> Homogénea	<b>Porosidad:</b> Alta
<b>Observación:</b> NP	

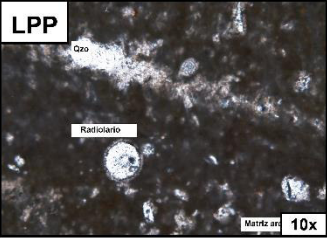
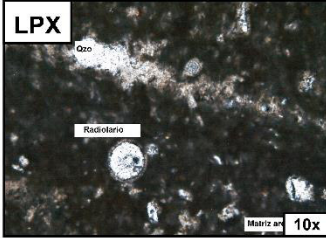
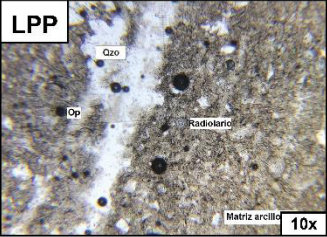
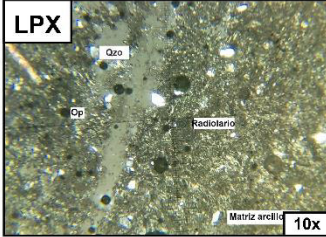
  

<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b>	
<b>Elaborado por:</b> ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO PABLO DANIEL NARANJO BRAVO	
<b>MUESTRA DE MANO</b>	
	
<b>COA_10</b>	

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL	
<b>Minerales Identificables</b>	
<b>En FRACCIÓN GRUESA (%)</b>	
<b>Cuarzo</b>	80
<b>Opacos</b>	20
<b>En FRACCIÓN FINA</b>	
<b>Arcilla</b>	
<b>Fósiles:</b> Radiolarios y Foraminífero bentónico	
<b>Observación:</b> Radiolarios muy pequeños, visibles con un aumento de 40X	

<b>LPP</b>	<b>LPX</b>
	
<b>LPP</b>	<b>LPX</b>
	

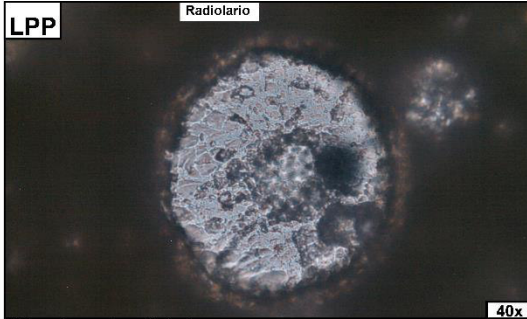
  

<b>Mineral:</b> Cuarzo	%	80	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> 1er Orden	
<b>Color:</b> Incoloro		<b>Birrefringencia:</b> Muy baja	
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP	
<b>Relieve:</b> Bajo		<b>Angulo de extinción:</b> Oblicua	
<b>Forma:</b> Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP	
<b>Observación:</b> Monocristalinos.			

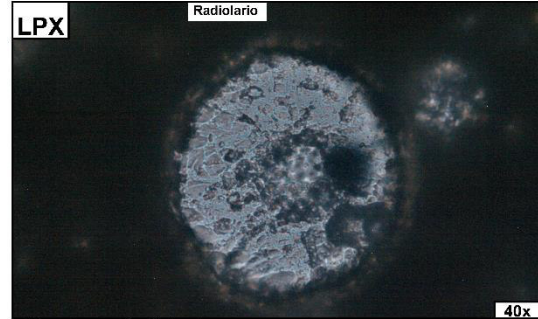
  

<b>Mineral:</b> Opacos	%	20	LUZ POLARIZADA ANALIZADA
LUZ POLARIZADA PLANA		<b>Color de interferencia:</b> NP	
<b>Color:</b> Negro		<b>Birrefringencia:</b> NP	
<b>Pleocroísmo:</b> NP		<b>Maclas/zonación:</b> NP	
<b>Relieve:</b> Alto		<b>Angulo de extinción:</b> NP	
<b>Forma:</b> Subhedrales, Anhedrales		<b>Clivaje:</b> NP	
<b>Observación:</b> Isotropos.			

MICROFÓSILES

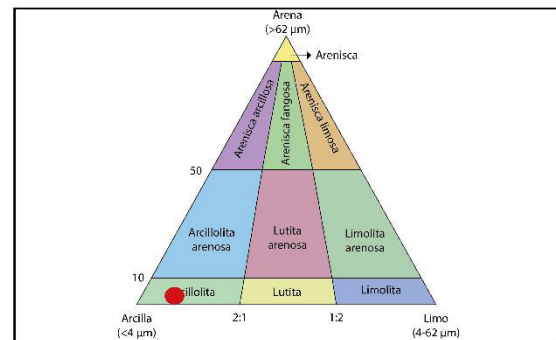


**Nombre:** Radiolario  
**Características:** Se puede apreciar la recristalización del ejemplar.



**Nombre:** Radiolario  
**Características:** Se observa bien la porosidad de su estructura.

**Nombre de la roca:**  
 Arcillolita - Fm. Subibaja





# Otros

<b>CÓDIGO:</b> COA_04	<b>UTM:</b> 588989; 9988479
<b>Color de la muestra:</b> Gris verdosa	
<b>Tamaño de grano:</b>	<b>%:</b>
Muy grueso	10
Medio	20
Fino	70
<b>Composición de los granos:</b>	<b>Tipos:</b>
Aloquímicos / Ortoquímicos	Bioclastos / Cemento y matriz
<b>Redondez:</b> Redondeado	<b>Selección:</b> Pobremente sorteado
<b>Compactación:</b> Alta	<b>Cemento:</b> Calcáreo
<b>Fósiles:</b> Crinoideo, bivalvo	<b>Estructuras orgánicas:</b> No
<b>Observación:</b> Textura clástica, clasto soportada.	

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**Elaborado por:**  
 ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO  
 PABLO DANIEL NARANJO BRAVO



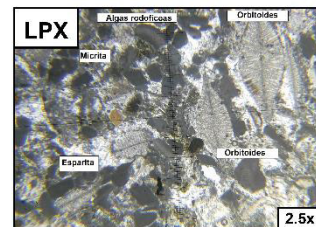
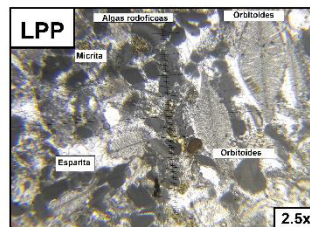
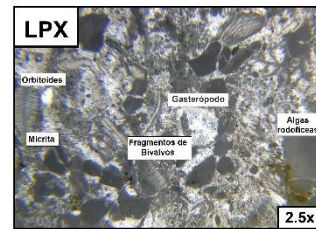
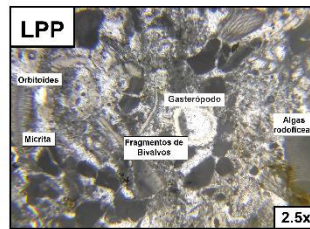
**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**

ESQUELETO					
COMPONENTES:	TIPOS:	%:	TAMAÑO:	FORMA:	COMPOSICIÓN:
Intraclastos	Piroxeno	1	Fino	Anhedral	Máfica
	Cuarzo	1	Fino	Anhedral	Ácida
	Clorita	1	Fino	Anhedral	Máfica
Ooides	NP				
Fósiles	F. Orbitoides	35	Medio	Lenticulares	Calcárea
	Bivalvos	9	Medio	Cóncava	Calcárea
	Gasterópodos	1	Fino	Circular	Calcárea
	Algas Rodofíceas	45	Medio a grueso	Alargadas	Calcárea
	Briozoos	7	Medio	Cilíndrica	Calcárea
Peloides	NP				
Agregados	NP				
Otros	NP				

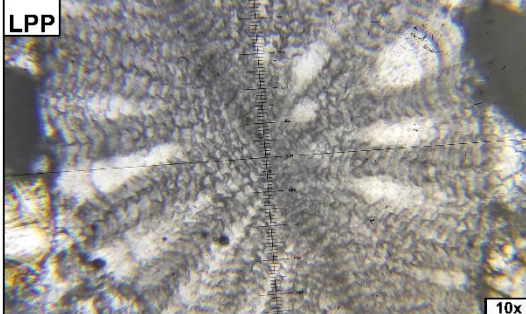
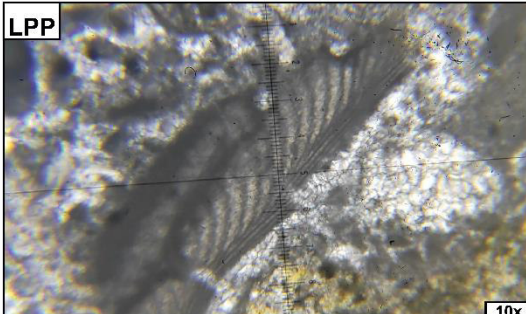
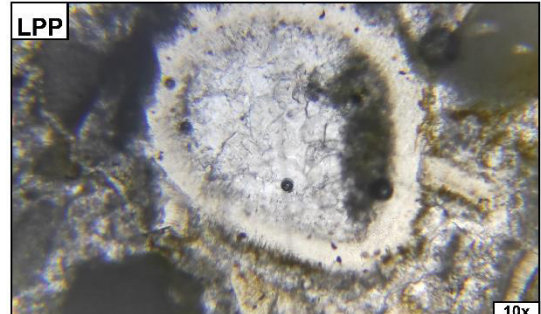
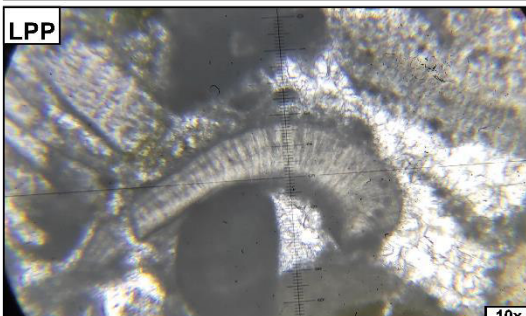
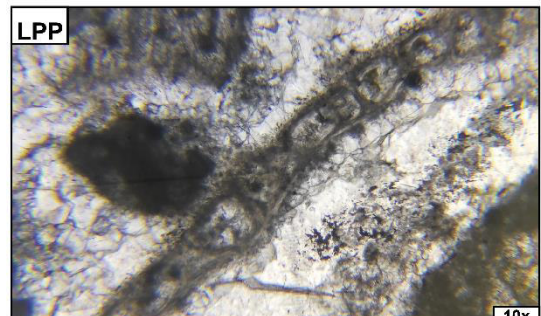
MATRIZ	
Tipo	Micrita
Morfología	Cúmulos y bandas

CEMENTO	
Fases	Esparita
Tipos	Mosaico
Mineralogía	Calcita
Otros	NP

Procesos Diagenéticos	Recristalización
-----------------------	------------------



## MICROFÓSILES

**Nombre:** Orbitoide**Características:** Pertenece a la familia de los foraminíferos bentónicos. Sección axial**Nombre:** Orbitoide**Características:** Sección axial. Presenta embriones centrales complejos.**Nombre:** Algas rodofíceas.**Características:** Muestra las celdillas celulares**Nombre:** Gasterópodo.**Características:** Posible recristalización de aragonito. Tipo de abertura Holostomada, vista anterior.**Nombre:** Bivalvo**Características:** Fragmento de bivalvo, corte transversal, región dorsal.**Nombre:** Briozoo**Características:** Alta recristalización en las celdas internas. Se observa corte longitudinal.**Nombre de la roca:**

Caliza bioclástica / Grainstone

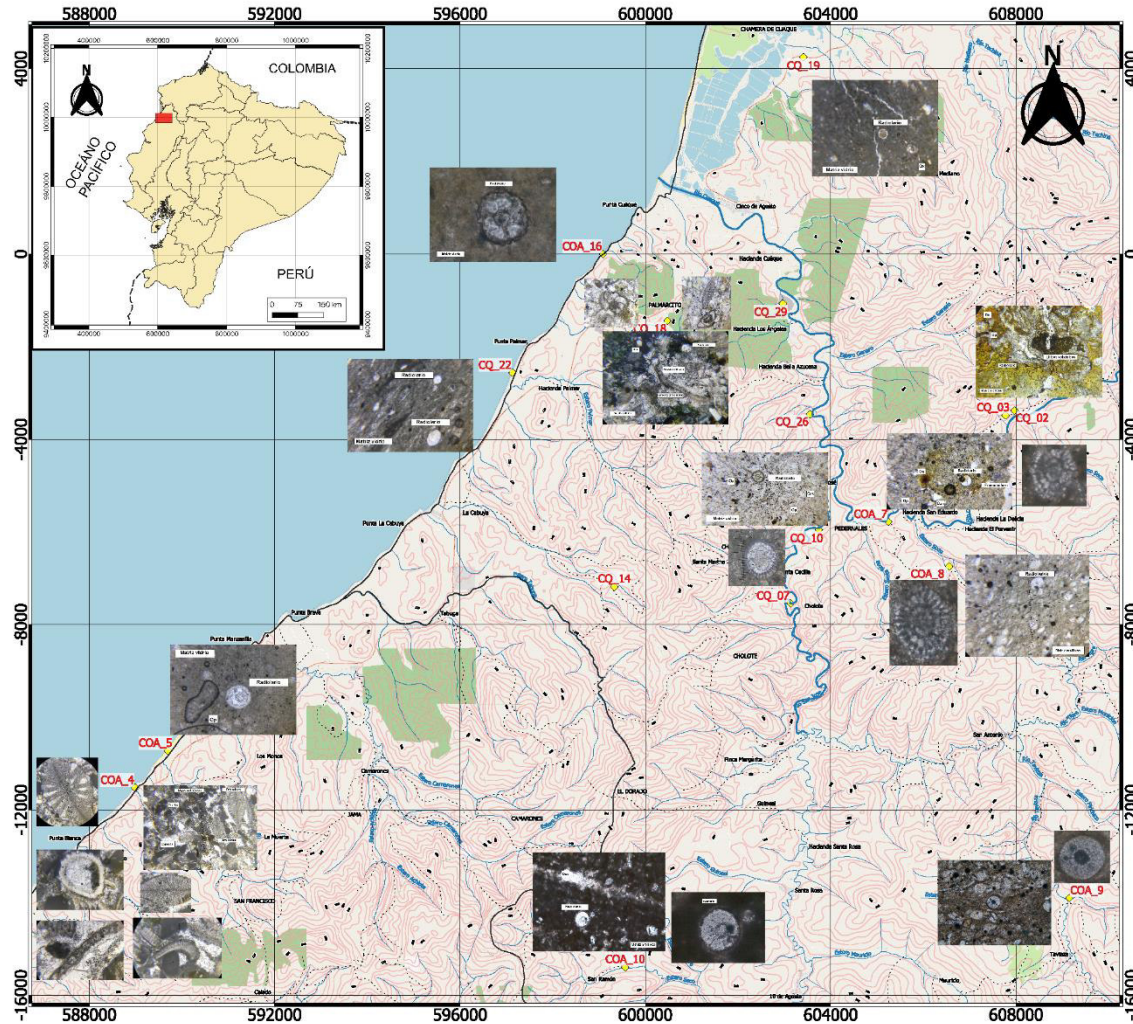
## **Anexo 6:**

Mapa de distribución fosilífera

Pedernales-Coaque-Jama

(Formato A0).

# MAPA DE DISTRIBUCIÓN FOSILÍFERA ENTRE PEDERNALES - COAQUE - JAMA



DATOS TOPOGRÁFICOS  
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR  
CARTAS TOPOGRÁFICAS USADAS: PEDERNALES Y 10 DE AGOSTO.  
DÁTUM: WGS84 - ZONA 17S

Escala: 0 1 2 3 4 km

## LEYENDA

	<b>RADIOLARIOS</b> FAMILIA: Radiolaria o Radiozoa COMPOSICIÓN: Sílice ORIGEN: Organismos protistas planctónicos y marinos DISTRIBUCIÓN LOCAL: COA_05, COA_05, COA_07, COA_08, COA_09, COA_10, COA_16, CQ_02, CQ_10, CQ_16, CQ_19, CQ_22
	<b>MILIOLIDOS</b> FAMILIA: Miliolina (Foraminifera) COMPOSICIÓN: Calcita magnesiana ORIGEN: Aguas someras y cálidas DISTRIBUCIÓN LOCAL: CQ_18
	<b>ORBITOLIDES</b> FAMILIA: Orbitolidae (Foraminifera) COMPOSICIÓN: Calcárea ORIGEN: Mares someras tropicales y subtropicales DISTRIBUCIÓN LOCAL: CQ_18, COA_04, COA_07, COA_10
	<b>GASTERÓPODOS</b> CLASE: Gastropoda COMPOSICIÓN: Calcárea en su mayoría ORIGEN: Moluscos de concha externa, presentes en casi todo tipo de ambiente (marino y terrestre) DISTRIBUCIÓN LOCAL: COA_04
	<b>BIVALVOS</b> CLASE: Bivalvia COMPOSICIÓN: Calcárea ORIGEN: Aguas marinas cercanas a la línea costera DISTRIBUCIÓN LOCAL: COA_04, CQ_18
	<b>ALGAS RODOFÍCEAS</b> CLASE: Phaeophyceae ORIGEN: Aguas marinas DISTRIBUCIÓN LOCAL: COA_04
	<b>BRIOZOO</b> CLASE: Bryozoa COMPOSICIÓN: Calcárea ORIGEN: Mayoritariamente marinas DISTRIBUCIÓN LOCAL: COA_04

Información obtenida de: Camacho H., 2007. Los Invertebrados fósiles. 1ed., Buenos Aires, Argentina: Fundación de Historia Félix de Azara, Universidad Maimónides, 800p.

## Simbología

◆ Puntos Láminas Delgadas	— Ríos Secundarios	— Carretera
— Senderos	— Río Principal	□ Demarcación cantonal

INDICE DE CARTAS TOPOGRÁFICAS ESCALA 1:50 000

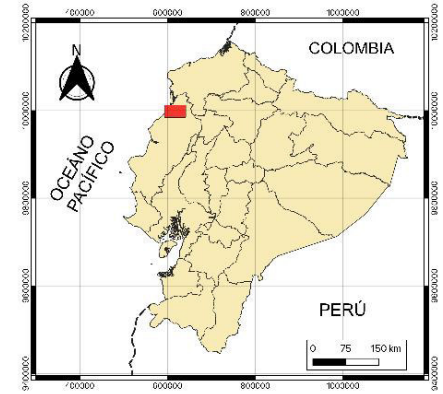
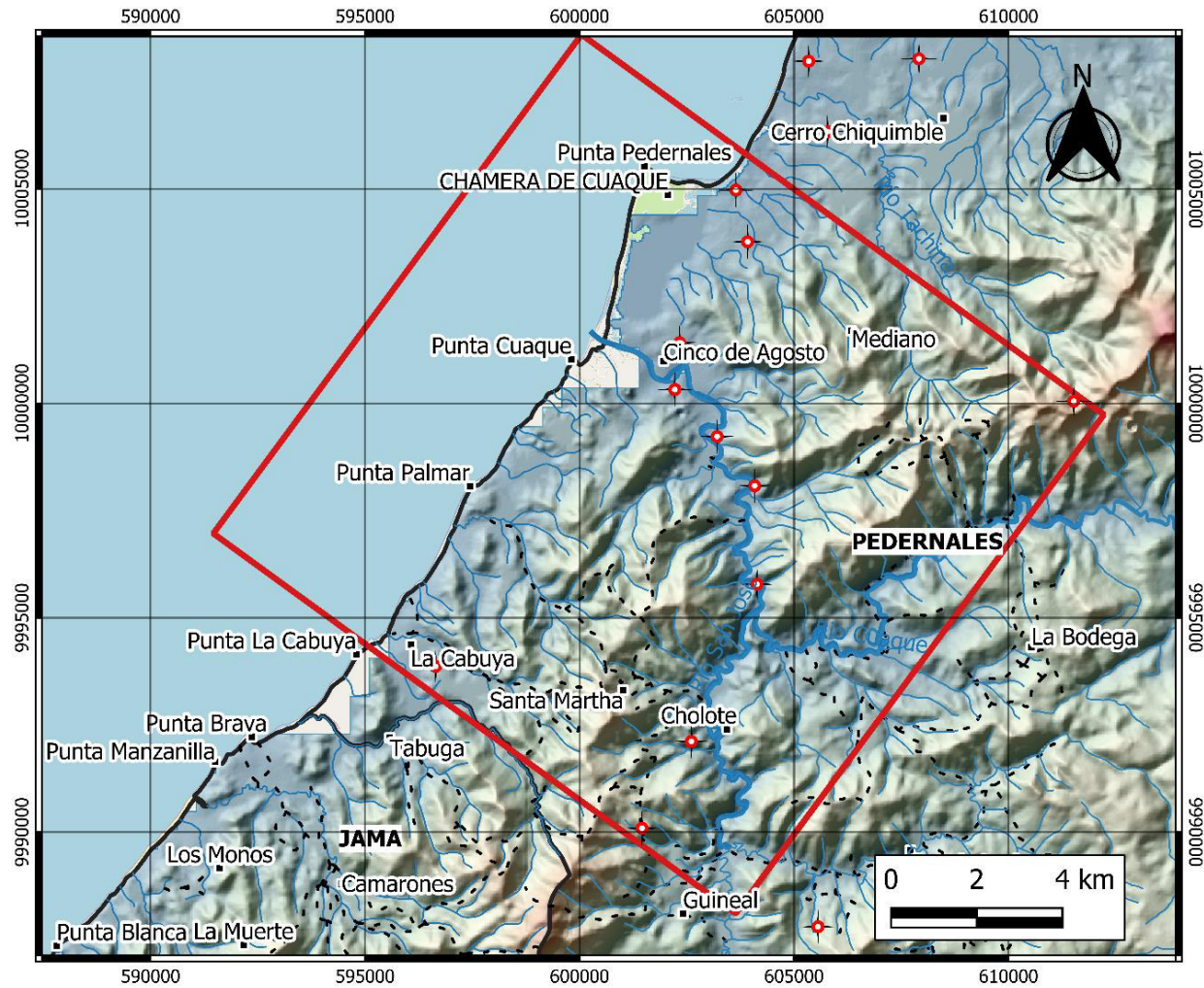
	PEDERNALES	CHEBE
	10 DE AGOSTO	ATAHUALPA
JAMA	CONVENTO	LÁZARD

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA COMO APORTES DE CONTENIDOS PARA EL MUSEO DE CIENCIAS DE COAQUE.	
ELABORADO POR:	ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO PABLO DANIEL NARANJO BRAVO
AÑO DE ELABORACIÓN	2022
QUITO - ECUADOR	

## **Anexo 7:**

# Mapa Inventario de Puntos de Agua – Coaque.

# MAPA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA - COAQUE



**Leyenda**

- Puntos de agua (SENAGUA, 2014)
- Demarcación cantonal
- ZONA DE ESTUDIO
- Poblado
- Ríos principales
- Sendero
- Ríos secundarios
- Elevación 1
- Elevación 189
- Elevación 378
- Elevación 566
- Elevación 754

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA COMO APORTE DE CONTENIDOS PARA EL MUSEO DE CIENCIAS DE COAQUE.**

<b>ELABORADO POR:</b>	ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO
	PABLO DANIEL NARANJO BRAVO
<b>AÑO DE ELABORACIÓN</b>	2022
<b>QUITO - ECUADOR</b>	

## **Anexo 8:**

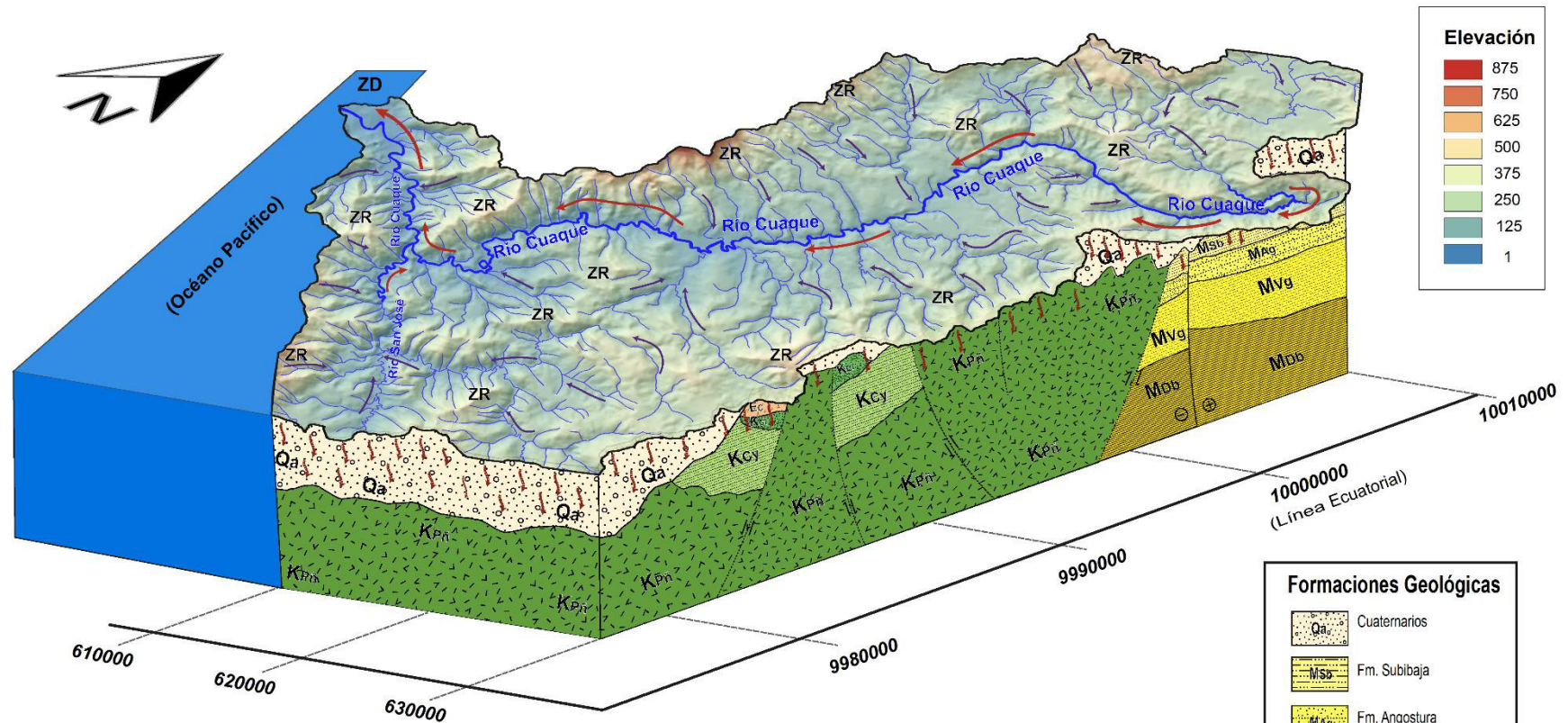
Modelo de Flujo Subterráneo

Preliminar a partir de Análisis de







Drenaje.











# Modelo de Flujo Subterráneo Preliminar a partir del Análisis de Drenaje



 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b>	
<b>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA COMO APORTE DE CONTENIDOS PARA EL MUSEO DE CIENCIAS DE COAQUE.</b>	
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO</b> <b>PABLO DANIEL NARANJO BRAVO</b>
<b>AÑO DE ELABORACIÓN</b>	<b>2022</b>
<b>QUITO - ECUADOR</b>	

<b>Simbología</b>			
	Línea de flujo principal	<b>ZD</b>	Zona de descarga
	Línea de flujo secundaria		Fallas normales
	Línea de infiltración		Fallas inversas
<b>ZR</b>	Zona de recarga		Fallas dextrales

<b>Formaciones Geológicas</b>	
	Cuaternarios
	Fm. Subibaja
	Fm. Angostura
	Fm. Vilingota
	Fm. Dos Bocas
	Fm. Cerro
	Fm. Cayo
	Fm. Calentura
	Fm. Piñón

## **Anexo 9:**

Datos de granulometría de  
arenas.

Secado de muestras de arenas brutas									
Temperatura (°C)	40.5	40.5	18	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5
Tiempo (horas)	1	2	69	2	3	6	16	16	1
Código	Mi (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)
AREN_1.2	500	494.46	490.99	487.57	485.82	483.85	482.82	482.17	482.15
AREN_2.2	500	494.76	490.66	482.55	480.89	479.21	478.52	478.17	478.17
AREN_3.2	500	494.32	490.11	482.41	480.85	479.73	479.32	479.15	479.14
PAP_01	500	496.49	494.19	494.25	493.5	492.95	492.68	492.56	492.56
PAP_02	500	493.62	488.41	476.98	473.8	469.46	468.26	468.16	468.16

Secado de Arena AREN_1.2						
Masa seca inicial (g)	482.15					
	Masa seca inicial (g)	482.15				
	Temperatura (°C)	40.5	40.5	40.5	18	
	Tiempo (horas)	16	1	19	240	
Malla No.	Tamaño de grano	Mwi (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)
12	Arenas gruesas	67.81	67.35	67.35	67.35	67.4
35	Arenas medias	274.81	227.63	215.11	213.83	215.48
230	Arenas finas	234.08	200.12	183.96	179.93	180.92
	Suma sin finos	576.7	495.1	466.42	461.11	463.8
	Finos				21.04	18.35
	Suma total	576.7	495.1	466.42	482.15	482.15

Secado de Arena AREN_2.2						
Masa seca inicial (g)	478.17					
	Masa seca inicial (g)	478.17				
	Temperatura (°C)	40.5	40.5	40.5	18	
	Tiempo (horas)	16	1	19	240	
Malla No.	Tamaño de grano	Mwi (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)
12	Arenas gruesas	0	0	0	0	0
35	Arenas medias	115.5	89.36	88.17	88.11	88.6
230	Arenas finas	474.54	439.57	420.67	372.26	373.97
	Suma sin finos	590.04	528.93	508.84	460.37	462.57
	Finos				17.8	15.6
	Suma total	590.04	528.93	508.84	478.17	478.17

Secado de Arena AREN_3.2						
Masa seca inicial (g)	479.14					
	<b>Masa seca inicial (g)</b>	479.14				
	<b>Temperatura (°C)</b>	40.5	40.5	40.5	18	
	<b>Tiempo (horas)</b>	16	1	19	240	
<b>Malla No.</b>	<b>Tamaño de grano</b>	<b>Mwi (g)</b>	<b>Md (g)</b>	<b>Md (g)</b>	<b>Md (g)</b>	<b>Md (g)</b>
12	Arenas gruesas	0	0	0	0	0
35	Arenas medias	10.45	7.4	7.34	7.34	7.4
230	Arenas finas	577.04	541.25	523.45	461.89	463.35
	<b>Suma sin finos</b>	587.49	548.65	530.79	469.23	470.75
	Finos				9.91	8.39
	<b>Suma total</b>	587.49	548.65	530.79	479.14	479.14

Secado de Arena PAP_01						
Masa seca inicial (g)	492.56					
	<b>Masa seca inicial (g)</b>	492.56				
	<b>Temperatura (°C)</b>	40.5	40.5	40.5	18	
	<b>Tiempo (horas)</b>	16	1	19	240	
<b>Malla No.</b>	<b>Tamaño de grano</b>	<b>Mwi (g)</b>	<b>Md (g)</b>	<b>Md (g)</b>	<b>Md (g)</b>	<b>Md (g)</b>
12	Arenas gruesas	46.63	46.63	46.63	46.63	46.71
35	Arenas medias	50.8	38.04	37.71	37.7	38.02
230	Arenas finas	461.08	433.49	420.76	400.37	400.61
	<b>Suma sin finos</b>	558.51	518.16	505.1	484.7	485.34
	Finos				7.86	7.22
	<b>Suma total</b>	558.51	518.16	505.1	492.56	492.56

Secado de Arena PAP_02						
Masa seca inicial (g)	468.16					
	Masa seca inicial (g)	468.16				
	Temperatura (°C)		40.5	40.5	40.5	18
	Tiempo (horas)		16	1	19	240
Malla No.	Tamaño de grano	Mwi (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)	Md (g)
12	Arenas gruesas	0	0	0	0	0
35	Arenas medias	9.25	6.28	6.14	6.13	6.26
230	Arenas finas	568.69	522.67	509.27	448.28	449.07
	Suma sin finos	577.94	528.95	515.41	454.41	455.33
	Finos				13.75	12.83
	Suma total	577.94	528.95	515.41	468.16	468.16

AREN_1.2						
Análisis granulométrico						
Malla No.	Abertura malla (mm)	Masa retenida (g)	Masa acumulada Retenida (g)	%Retenido	%Retenido acumulado	% Pasante
12	1.75	67.35	67.35	14.0	14.0	86.0
35	0.5	213.83	281.18	44.3	58.3	41.7
230	0.063	179.93	461.11	37.3	95.6	4.4
Bandeja		21.04	482.15	4.4	100.0	0.0
<b>Masa total final (g)</b>		482.15				

AREN_2.2						
Análisis granulométrico						
Malla No.	Abertura malla (mm)	Masa retenida (g)	Masa acumulada Retenida (g)	%Retenido	%Retenido acumulado	% Pasante
12	1.75	0	0	0.0	0.0	100.0
35	0.5	88.11	88.11	18.4	18.4	81.6
230	0.063	372.26	460.37	77.9	96.3	3.7
Bandeja		17.8	478.17	3.7	100.0	0.0
<b>Masa total final (g)</b>		478.17				

AREN_3.2						
Análisis granulométrico						
Malla No.	Abertura malla (mm)	Masa retenida (g)	Masa acumulada Retenida (g)	%Retenido	%Retenido acumulado	% Pasante
12	1.75	0	0	0.0	0.0	100.0
35	0.5	7.34	7.34	1.5	1.5	98.5
230	0.063	461.89	469.23	96.4	97.9	2.1
Bandeja		9.91	479.14	2.1	100.0	0.0
<b>Masa total final (g)</b>		479.14				

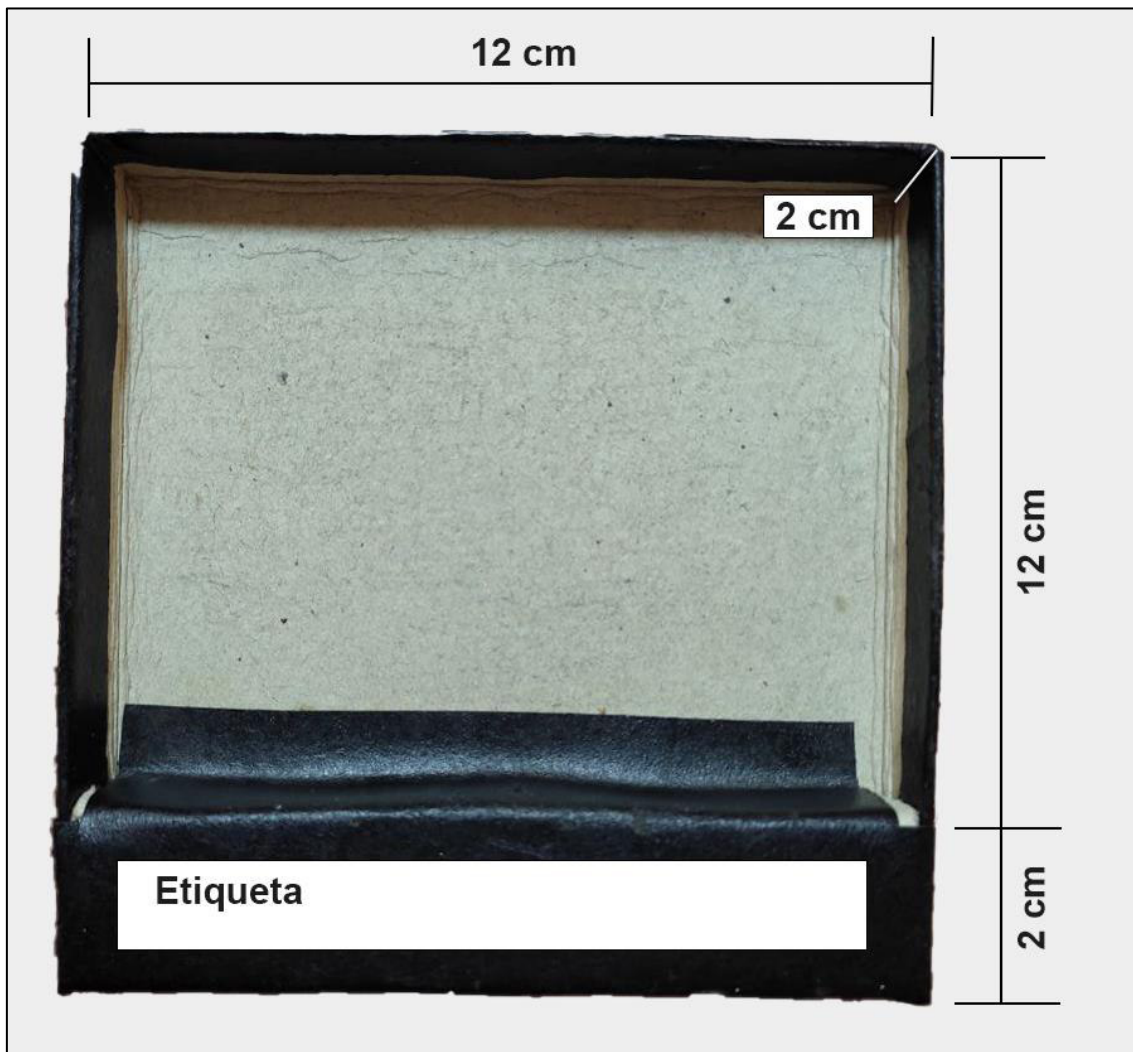
PAP_01						
Análisis granulométrico						
Malla No.	Abertura malla (mm)	Masa retenida (g)	Masa acumulada Retenida (g)	%Retenido	%Retenido acumulado	% Pasante
12	1.75	46.63	46.63	9.5	9.5	90.5
35	0.5	37.7	84.33	7.7	17.1	82.9
230	0.063	400.37	484.7	81.3	98.4	1.6
Bandeja		7.86	492.56	1.6	100.0	0.0
<b>Masa total final (g)</b>		492.56				

PAP_02						
Análisis granulométrico						
Malla No.	Abertura malla (mm)	Masa retenida (g)	Masa acumulada Retenida (g)	%Retenido	%Retenido acumulado	% Pasante
12	1.75	0	0	0.0	0.0	100.0
35	0.5	6.13	6.13	1.3	1.3	98.7
230	0.063	448.28	454.41	95.8	97.1	2.9
Bandeja		13.75	468.16	2.9	100.0	0.0
<b>Masa total final (g)</b>		468.16				

## **Anexo 10:**

Esquema de medidas de caja  
de muestras de roca para  
museo.

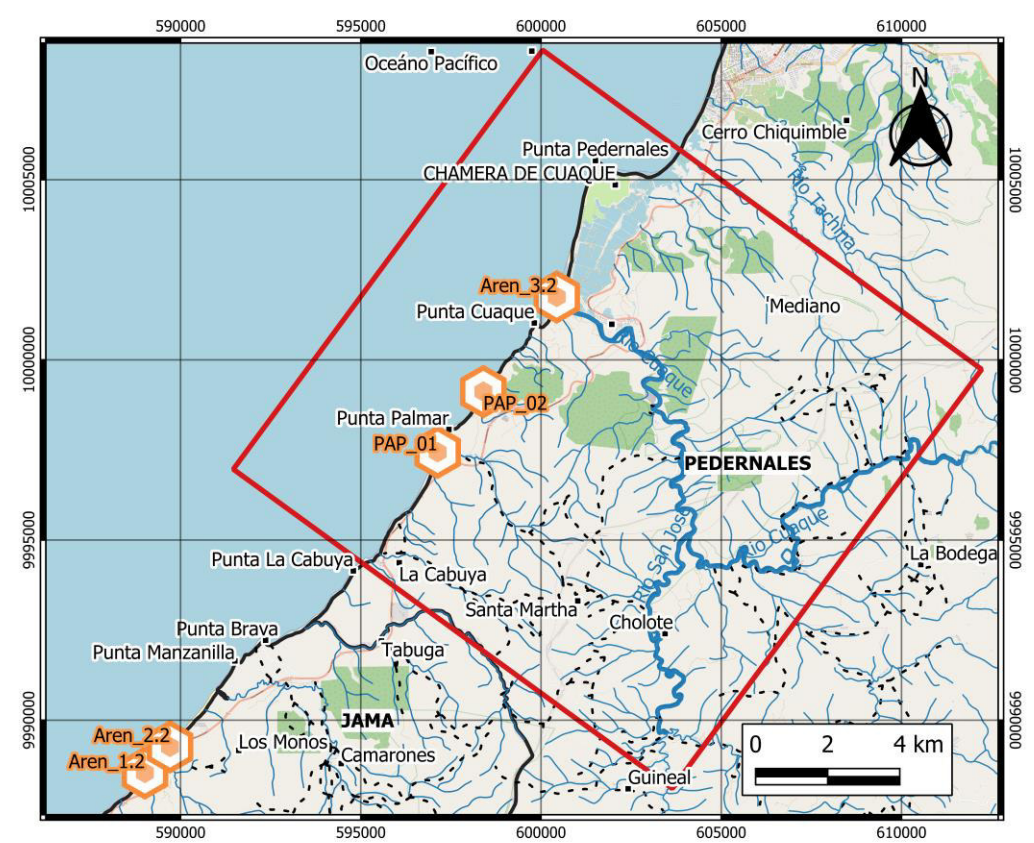




## **Anexo 11:**

Mapa de puntos de muestreo  
de arenas.

# MAPA DE PUNTOS DE MUESTREO DE ARENAS



**Legenda**

- ZONA DE ESTUDIO
- Ríos secundarios
- Poblado
- Demarcación cantonal
- Sendero
- Muestras de Arena
- Ríos principales

<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b>	
<b>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA COMO APORTE DE CONTENIDOS PARA EL MUSEO DE CIENCIAS DE COAQUE.</b>	
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>ISRAEL DANIEL CARRANCO ANDINO</b>
	<b>PABLO DANIEL NARANJO BRAVO</b>
<b>AÑO DE ELABORACIÓN</b>	<b>2022</b>
<b>QUITO - ECUADOR</b>	

**Anexo 12:**

Esquema de Ficha de

Registro.

**FICHA DE REGISTRO N° 00**

<b>CÓDIGO:</b>	<b>UTM:</b>
<b>NOMBRE:</b>	
<b>FORMACIÓN GEOLÓGICA:</b>	
<b>NOMBRE DEL COLECTOR:</b>	
<b>FECHA DE LA COLECTA:</b>	
<b>ELEMENTOS RELACIONADOS:</b>	
<b>ELABORADO POR:</b>	
<b>REVISADO POR:</b>	
<b>ACTUALIZADO POR:</b>	

**FOTOGRAFÍA DE LA MUESTRA**