



Facultad de Ingeniería en
Ciencias de la Tierra

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Materia:

Diseño de Campo

Título:

Marco Geológico

Elaborado por:

Ramírez López Astrid Isabel
Zambrano Sotomayor Andrei

Guayaquil – Guayas – Ecuador

Fecha:

09 / 06 / 2024

1. Introducción

Ecuador se encuentra situado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, compartido por casi todas las costas continentales e insulares bañadas por el Océano Pacífico. Frente a sus costas, la placa de Nazca está siendo subducida bajo la placa Sudamericana a una velocidad que varía aproximadamente entre 55 y 58 mm por año (Aguirre & Bone, 2018). A lo largo de millones de años estos eventos han generado las condiciones geodinámicas para la formación de las distintas unidades litológicas presentes en el Ecuador. La costa Sur Oeste Ecuatoriana está conformada por formaciones vulcano-sedimentarias en su basamento como Fm. Piñón y Fm. Cayo.

La Formación Cayo definida por Olsson (1942) con relación al pueblo de Puerto Cayo, ha representado un problema para los distintos autores que la han estudiado, debido a que nunca estuvieron de acuerdo sobre su contenido, edad o extensión (Labrousse, 1990). A través de los años la descripción de esta formación se ha ido modificando como por ejemplo en el año 1946 Thalmann la dividió en 3 miembros: Calentura, Cayos.s., Guayaquil y se ha ido actualizando periódicamente hasta obtener las caracterizaciones más recientes como la de Morante (2022).

En el campo de la geología, la práctica y la observación directa de formaciones rocosas y procesos geológicos en su entorno natural, son esenciales para el entendimiento y la interpretación de la historia geológica de una región. En la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) se encuentra aflorando la Fm. Cayo sensu estricto, en la cual mediante una descripción litológica y la correlación de las distintas capas aflorantes se busca comprender la distribución de estas a lo largo del campus.

2. Objetivos:

2.1. Objetivo general

Realizar una caracterización de la litología presente en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), mediante la descripción geológica de los afloramientos y la elaboración de columnas estratigráficas para correlacionar los distintos puntos de estudio.

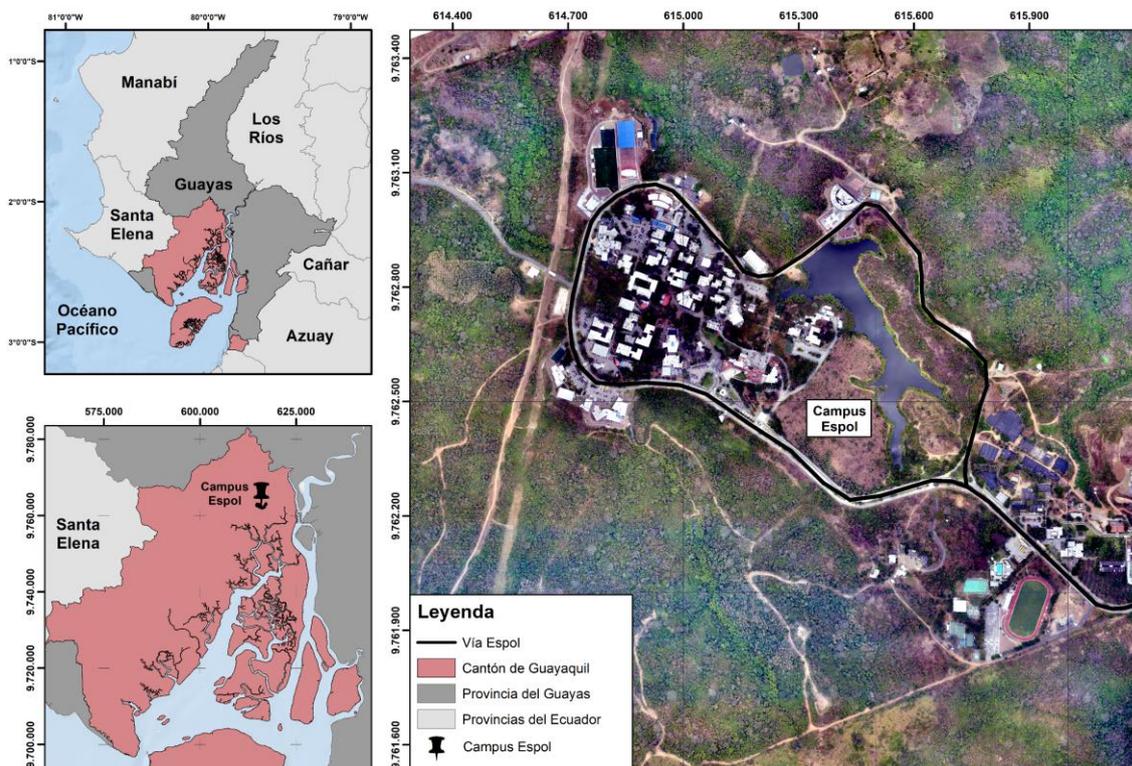
2.2. Objetivo específico

- Elaborar columnas estratigráficas a través del levantamiento geológico en campo para la correlación de las distintas unidades litológicas presentes en la zona.
- Generar un mapa geológico a escala 1:10,000 de ESPOL a partir de la información obtenida en campo para la representación de las unidades litológicas en la zona de estudio.

3. Marco Geográfico

El área de estudio se ubica dentro del Campus de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), al suroeste de las costas ecuatorianas, en la provincia del Guayas – Cantón Guayaquil. La zona consta de 674.35 ha, de las cuales 332.30 ha se consideran bosques protectores.

Figura 1. Mapa de la ubicación del área de estudio.



4. Marco Geológico

El campus Gustavo Galindo, el cual es el área de estudio en el que se enfoca el presente informe, está ubicado en la formación Cayo; específicamente en el miembro sensu stricto. A continuación, se describirá la geología de dicha formación:

4.1. Formación Cayo

Potencia: 3000 m

La localidad tipo de la formación Cayo se encuentra en la orilla S de la Bahía de Puerto Cayo (Bristow, 1979). Está expuesta ampliamente en la Cordillera Chongón Colonche y muy esporádicamente al N de Jama (Baldock et al., 1982). Pequeños afloramientos en la Península de Santa Elena son olistolitos (Feininger, 1980). Tiene un espesor de 3000m en el S y se adelgaza progresivamente al N. Subyace al material terciario que rellena las Cuencas Progreso y Manabí, presenta una Aparente discordancia sobre la Fm Piñón.

Señala una edad que varía del Senoniano al Maestrichtiano (Baldock et al., 1982).

Litología:

La base de la formación está compuesta por brecha volcánica de composición intermedia a básica y toda la parte inferior está dominada por arenisca verde tobácea y wacke (Bristow & Hoffstetter, 1977). Se ha reportado pequeñas cantidades de petróleo, en estas arenas, que pueden considerarse posibles rocas de reservorio, aunque esta condición está limitada, por la presencia de cemento silicio (Nuñez del Arco, 2003).

Más arriba en la sección se presenta menos volcánica y en el tope de la formación las rocas dominantes son argilitas duras a muy duras, localmente silicificadas, usualmente quebradas en fracturas concoidales (Bristow & Hoffstetter, 1977).

Se subdivide en 3 miembros: Calentura, Cayo sensu stricto y Guayaquil.

- **Calentura:**

Su edad está en el rango del Cenomaniano al Turoniano de acuerdo con fósiles índice encontrados en la formación. Consiste en argilitas, argilitas calcáreas, areniscas silicificadas, limonitas y lutitas de color gris oscuro o rojo, es una excelente fuente potencial de hidrocarburos líquidos (Bristow & Hoffstetter, 1977).

La localidad tipo está en la vieja cantera Calentura, 10 Km al NE de Guayaquil, aflora en la región de Guayaquil y el Estero Guaragua que es afluente del Río Paco y constituye la parte basal de la Formación Cayo y descansa sobre rocas andesíticas del tope de Piñón (Bristow & Hoffstetter, 1977).

- **Cayo Senu Stricto:**

Potencia de 1400 m, además, su edad es Turoniano Superior con macrofauna de inoceramus. Esta formación aflora en la Cordillera Chongón Colonche, en Guayaquil, en el Río Bachillero donde el sentido promedio de las paleocorrientes es N260°, indicando así un área fuente al E y un abanico submarino que se desarrolló al W (Bristow & Hoffstetter, 1977).

Está compuesta por alternancia de brechas sedimentarias constituidos principalmente por andesitas, areniscas finas y gruesas de color verdoso frecuentemente grawáquicas y lutitas, a su vez hay fragmentos de arenisca verdosa y brechas sedimentarias que dominan la base de la secuencia y al tope se intensifican las lutitas, pasando transicionalmente al Miembro Guayaquil (Aizprua et al., 2019).

- **Guayaquil:**

Potencia variable, tiene una edad Maestrichtiana debido a la presencia de foraminíferos y ostrácodo. A su vez, el contacto con el miembro inferior Cayo sensu stricto es gradacional y el contacto superior con la Fm. San Eduardo es aparentemente discordante, también posee varias estructuras primarias como pliegues de carga, boudinage, estratificación gradada y laminación (Bristow & Hoffstetter, 1977).

Está constituido por capas estratificadas de 0.2- 0.4m de espesor de lutitas silíceas, lutitas tobáceas, chert nodular bandeado, tobas, arenisca y lutitas fisiles de color verde, variable de gris claro a oscuro y negro (Thalman, 1946). Se observan también vetas de calcedonia azul, casi opalescente, nódulos de pirita y vetas de cuarzo (Bristow y Hoffstetter, 1977), a más de andesitas, calizas litoclásticas y calizas oolíticas algáceas (Vera et al., 1985). La parte superior de la formación es calcárea y contiene más lutitas y arcilla que la parte baja. Su carácter calcáreo puede ser secundario, debido, a la presencia de las calizas San Eduardo.

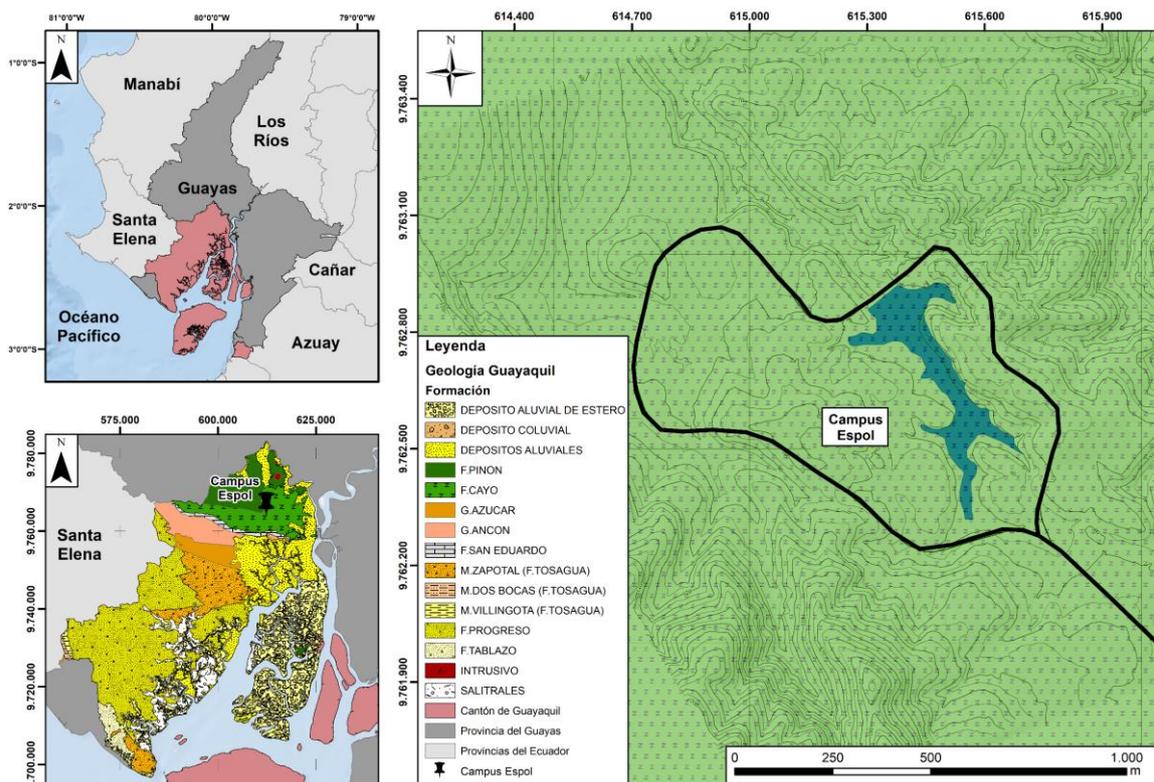
4.2. Estudios recientes

Sin embargo, estudios recientes han podido complementar la información que se conocía antes y que fue obtenida en los distintos léxicos estratigráficos:

Las rocas de la formación Cayo comprende rocas vulcanoclásticas, como tobas, las cuales localmente se denominan “lutitas verdes”. A su vez, grauvacas, lutitas y argilita; las cuales tienen contenido de minerales de zeolita; siendo el más común la heulandita (Aizprua et al., 2019).

A su vez, las rocas que se encuentran con grados de zeolitización son parte de la formación Cayo sensu stricto y a su vez son parte una secuencia de sedimentos marinos y volcanoclastico , la cual comprende un área superior a 1000 kilómetros (Morante, 2022).

Figura 2. Mapa Geológico del área de estudio.



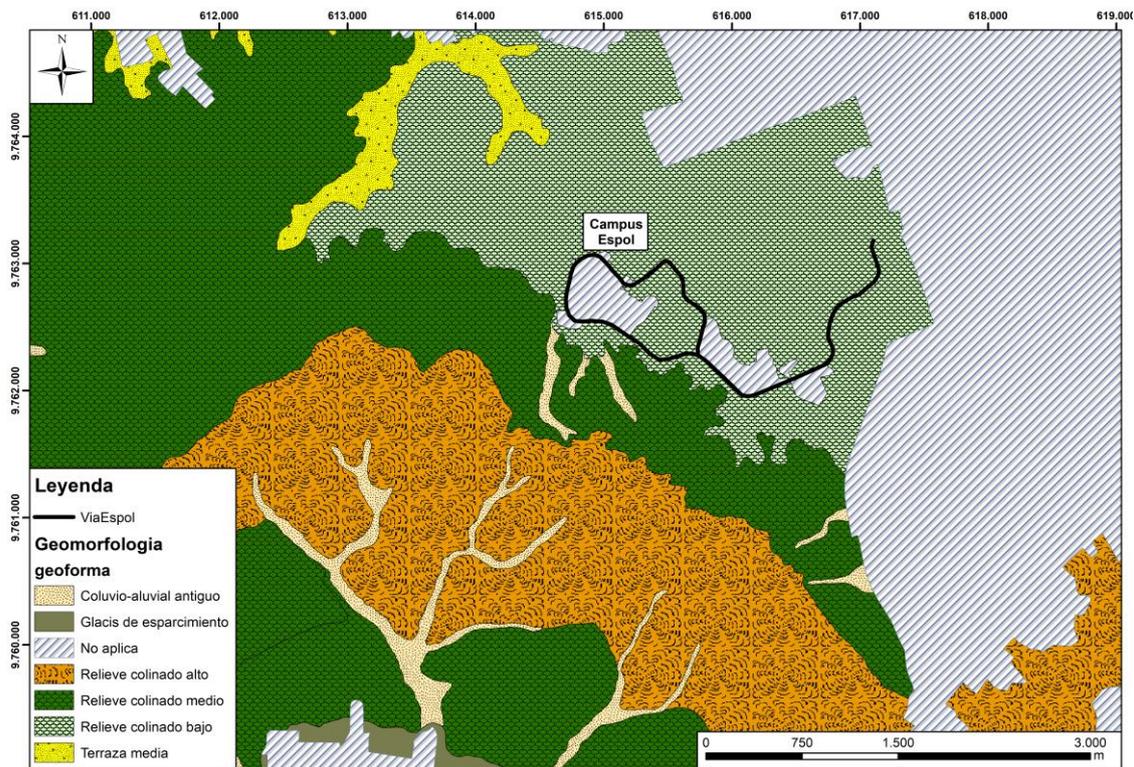
5. Marco Geomorfológico

En la cordillera Chongón Colonche, sobre la cual se encuentra el campus, se aprecian elevaciones que sobrepasan los 500 m.s.n.m. Sin embargo, en la ESPOL se observan cerros de 40 a 90 m.s.n.m; existen también vertientes con pendientes bajas. La vegetación

presente en la zona es característica del bosque tropical seco, lo cual facilita la formación de drenaje dendrítico presente en la zona, ya que el suelo se erosiona creando así canales fluviales con dicho drenaje (Morante et al., 1994).

A su vez, se caracteriza por tener un relieve poco accidentado, destacando las pendientes suaves y con pequeños desniveles. La dirección del drenaje es hacia el norte y está sobre terrenos aluviales (Morante et al., 1994).

Figura 3. Mapa Geomorfológico de la zona de estudio.



6. Marco Tecto-Estructural

6.1. Contexto Geodinámico

La tectónica en el Ecuador está directamente relacionada a su posición geográfica, ya que está ubicado en el centro norte de América del sur sobre la placa continental Sudamericana bajo la cual se introduce la placa oceánica de Nazca. Según cálculos realizados la placa de Nazca converge bajo la placa Sudamericana a una razón de 11.1 cm/año; con una dirección de N80°E (Minster et al., 1974).

Sobre el piso oceánico se encuentra la cordillera submarina de Carnegie que al ser subductada genera un efecto de somerización de la fosa y su pared interna.

La costa de Ecuador ha sido identificada como un terreno alóctono de origen oceánico, acrecionada al margen continental andino durante el Cretácico tardío-Terciario temprano (Roperch et al., 1987). La naturaleza alóctona de la costa ecuatoriana está respaldada por un estudio gravimétrico y por estudios paleomagnéticos que muestran una rotación de 70° en el sentido de las agujas del reloj de esta zona desde el Cretácico medio (Feininger & Seguin, 1983). Desde el Eoceno, estas regiones de basamento acrecionado han permanecido en un entorno de antearco (*Figura 4*) (Jaillard et al., 1995)

Figura 4. Ubicación de la costa Suroeste del Ecuador.



Figure 1—Location map of the southern coast of Ecuador.

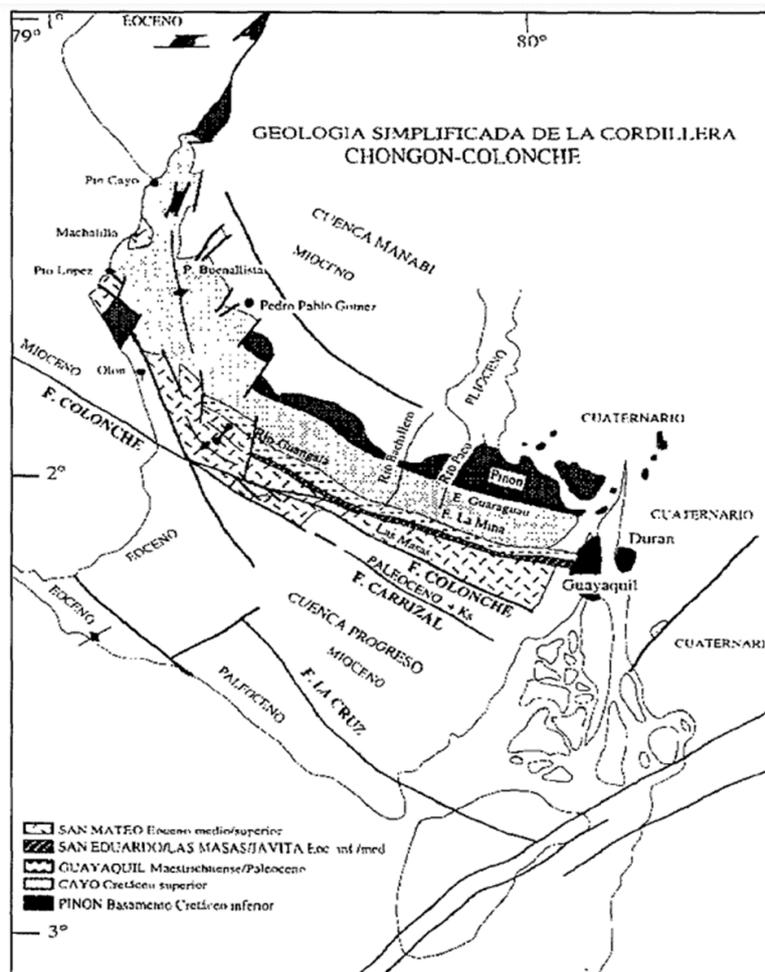
Nota. Datos tomados de Jaillard et al. (1995)

En la costa ecuatoriana se han reconocido dos zonas principales. Están separadas por la actual falla Chongón-Colonche, que ha sido interpretada como un importante rasgo paleogeográfico. Al norte de la falla Chongón-Colonche, en la Cordillera Chongón-Colonche y en la cuenca de Manabí, la sucesión estratigráfica se caracteriza por lechos del Eoceno medio o superior que sobreyacen inconformes al intervalo Cretácico-Paleoceno inferior. Al sur de la falla Chongón-Colonche, la sucesión estratigráfica de la Península de Santa Elena se caracteriza por una gruesa secuencia del Paleoceno superior y por el desarrollo de la cuenca del Progreso, profundamente subsidida y de edad Neógena (Jaillard et al., 1995).

De forma regional, Ecuador se encuentra en un borde de subducción perteneciente a un margen convergente activo de orden acrecionario o erosivo. La zona de estudio se encuentra dentro del orden acrecionario, ya que se caracteriza por la aglomeración de sedimentos que ocurre en la fosa. Al este del campus Espol se encuentra la traza de la falla dextral Guayaquil-Dolores con dirección NNE-SSW y al suroeste está la subducción con movimientos de cizalla que generan una configuración de horst y graben (Collot et al., 2009).

Las estructuras locales que se encuentran al sur de la Cordillera Chongón Colonche presentan estructuras monoclinales con rumbo N110° y un buzamiento de 18° en Guayaquil; al este de la cordillera Chongón Colonche hay fallas de rumbo sinestrales conocidas como El Sistema de Fallas Durán (Benitez, 1995). A su vez, en el estero Guaraguau también se localizó una familia de fallas sinestrales al analizar el contacto existente entre las formaciones Cayo y Piñón (Benitez, 1995).

Figura 5. Geología simplificada de la cordillera Chongón-Colonche.



Nota. Datos tomados de Benitez (1995).

Tanto en la formación Cayo como en la formación Guayaquil se presentan pliegues que tienen una dirección de eje NE-SO que están asociados a fallas sinestrales con dirección NNE-SSO. La diferencia es que las lutitas tobáceas pertenecientes a la formación Cayo se encuentran fracturadas; mientras que las rocas pelíticas silíceas de la Formación Guayaquil no lo están, ya que presentan mayor plasticidad (Benitez, 1995).

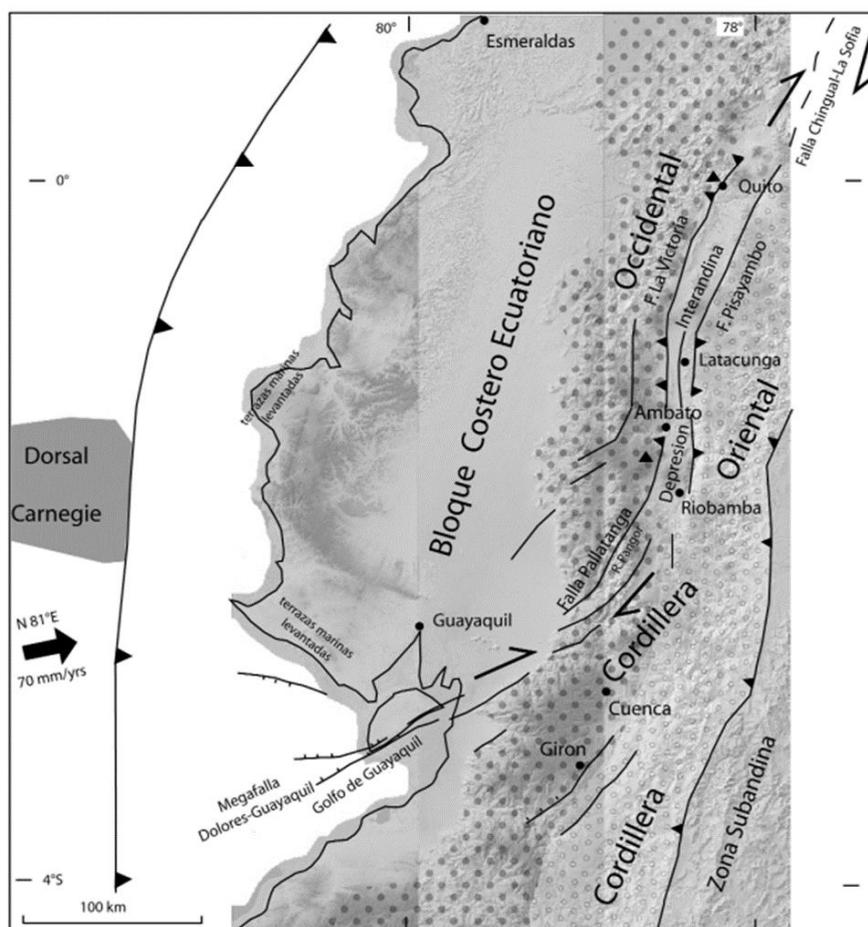
Además, existe una falla dextral denominada La Falla Colonche que permite definir el límite entre la Cordillera Chongón Colonche y Chongón San Vicente. Sobre esa falla se observó un contacto tectónico que, como las rocas eocenas están sobre rocas paleocenas, se le interpretó un cabalgamiento. A su vez, en la Formación Guayaquil hay fallas de desplazamiento dextral paralelas a la Falla Guayaquil y fallas conjugadas que indican que ocurrió una compresión en dirección E-O (Alemán et al., 2021).

6.2. Contexto Estructural

La mega falla Guayaquil-Dolores (también conocida como Guayaquil-Caracas) es un sistema de fallas de desgarre dextral con orientación noreste y fallas inversas con dirección norte, constituyendo el límite oriental a lo largo del cual se desplaza el Bloque NorAndino (Lavenu, 2006). Su extensión comprende desde el golfo de Guayaquil en suroeste de Ecuador, atravesando Colombia y llegando hasta Dolores en Venezuela.

El sistema de fallas presenta diferentes estados de deformación: normal en el golfo de Guayaquil, con desplazamiento lateral derecho a lo largo de las fallas de Pallatanga y Chincual-La Sofía, y compresivo en la Depresión Central entre Riobamba y Quito. La dorsal asísmica Carnegie es la causa del levantamiento de la costa, formando terrazas marinas cuaternarias (Lavenu, 2006).

Figura 6. Principales rasgos morfoestructurales del Ecuador.



Nota. Datos tomados de Lavenu (2006).

6.3. Contexto tectónico

La subducción de la dorsal de Carnegie durante el Pleistoceno inferior y medio es un parámetro importante del levantamiento costero y de la tectónica en extensión de esta zona. A excepción de la zona de costa, en toda la cadena andina de Ecuador, el campo de deformación actual aparece como homogéneo y el régimen tectónico dominante durante el Cuaternario ha sido una compresión de dirección E-O (Colmenares & Zoback, 2003).

7. Metodología

7.1. Fase I: Búsqueda de información

Esta fase se ejecutó a través de la búsqueda en diversas fuentes bibliográficas como artículos científicos, léxicos especializados, mapas geológicos y tesis en sectores aledaños, para obtener información adicional acerca del área de estudio con la finalidad de agilizar el trabajo en campo (Fase II) y respaldar una futura interpretación, coherente

en relación con el contexto geodinámico de la zona. En esta fase se realizaron las siguientes actividades:

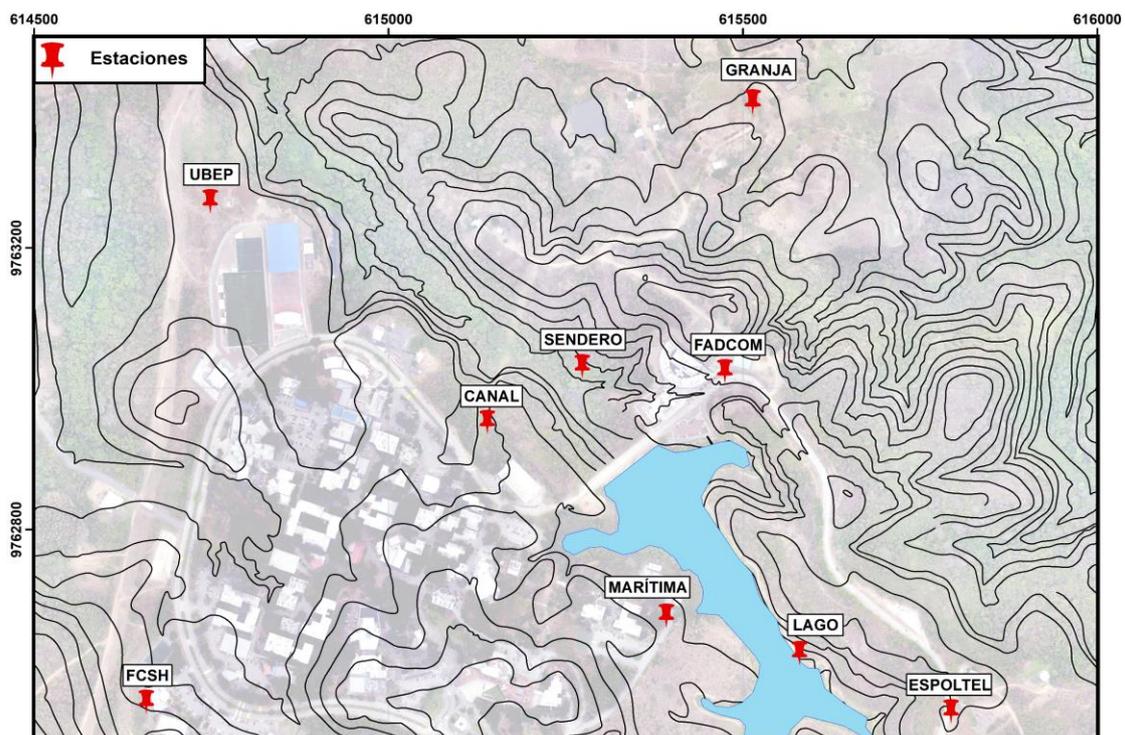
- Se revisó el área de estudio mediante el uso de Google Earth Pro para determinar posibles afloramientos que nos permitan realizar una caracterización litológica.
- Se efectuó una revisión bibliográfica de estudios anteriores y actuales, georreferenciando puntos de interés encontrados como (zonas muestreadas o afloramientos descritos) en ArcMap, los cuales nos sirvieron como guía para crear nuevas estaciones de estudio.

7.2. Fase II: Trabajo en campo

Para la determinación de la litología presente en la zona de estudio, se emplearon métodos de exploración insitu (caracterización geológica) con la finalidad de corroborar la información geológica disponible (Fase I).

- Durante la inspección en campo, se tomaron observaciones detalladas de las características geológicas, como litología, estructuras geológicas, rumbo, buzamiento y cualquier evidencia de procesos geológicos pasados y presentes.
- Se registraron coordenadas geográficas de las estaciones como se puede visualizar en la *Figura 7*.

Figura 7. Mapa de ubicación de las estaciones.



- Se colocaron las distintas litologías encontradas en el mapa 1: 5000.

8. Materiales

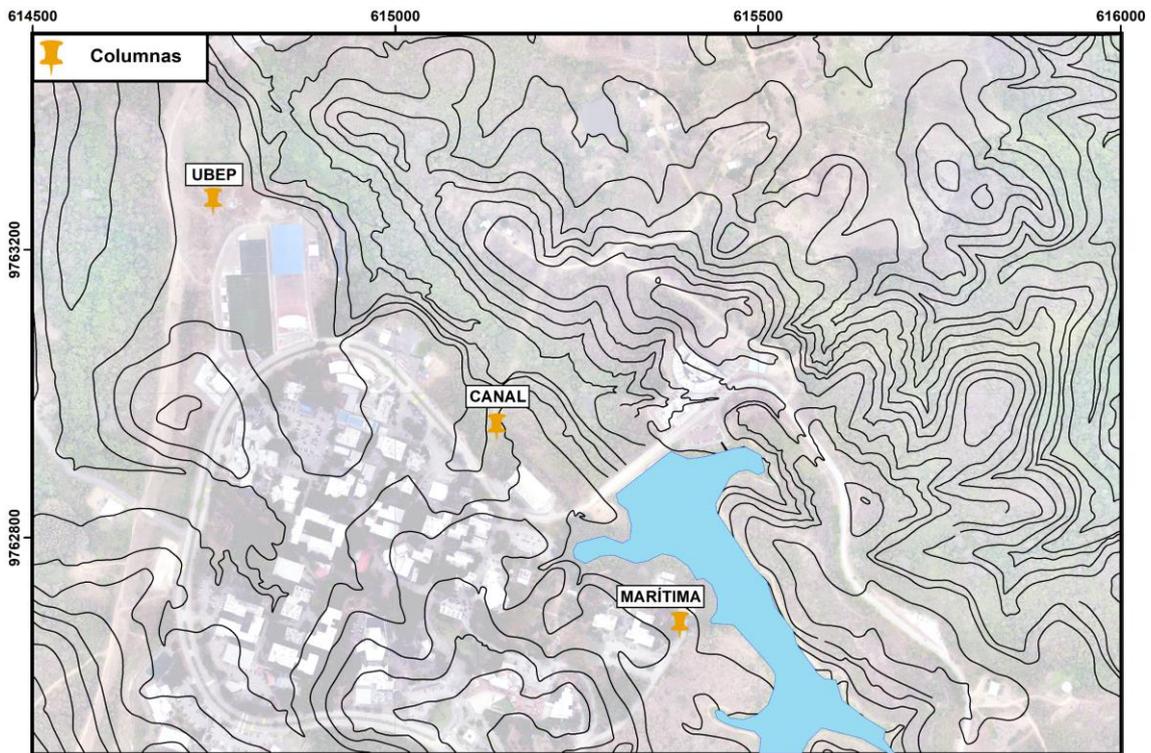
Para la realización del presente trabajo, se utilizarán los siguientes equipos y softwares

Actividad	Materiales	Principio/Función
Equipamiento de campo	Materiales personales de campo 	Protección al usuario y aumentan la eficiencia en campo.
Materiales de campo	Martillo Geológico Brújula Brunton Lupa 	Toma de datos y coordenadas en campo.
	ArcMap 10.5 	Diseño de mapas Elaboración de columnas
	Google Earth Pro ver. 7.3.6.9796 (64-bit) 	Ubicación de los posibles afloramientos.

9. Resultados

A continuación, se presenta la descripción de todas las estaciones visitadas en campo, de las cuales solo 3 cumplieron con las características necesarias para elaborar columnas detalladas. Dichas estaciones se pueden apreciar en la **Figura 8**.

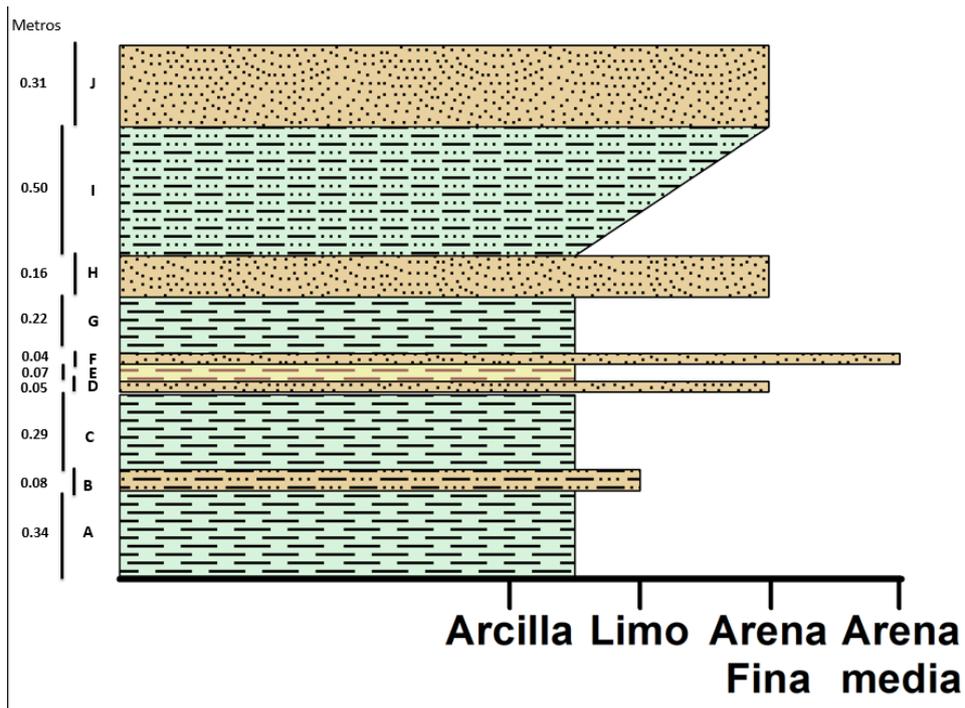
Figura 8: Estaciones donde se elaboraron columnas estratigráficas.

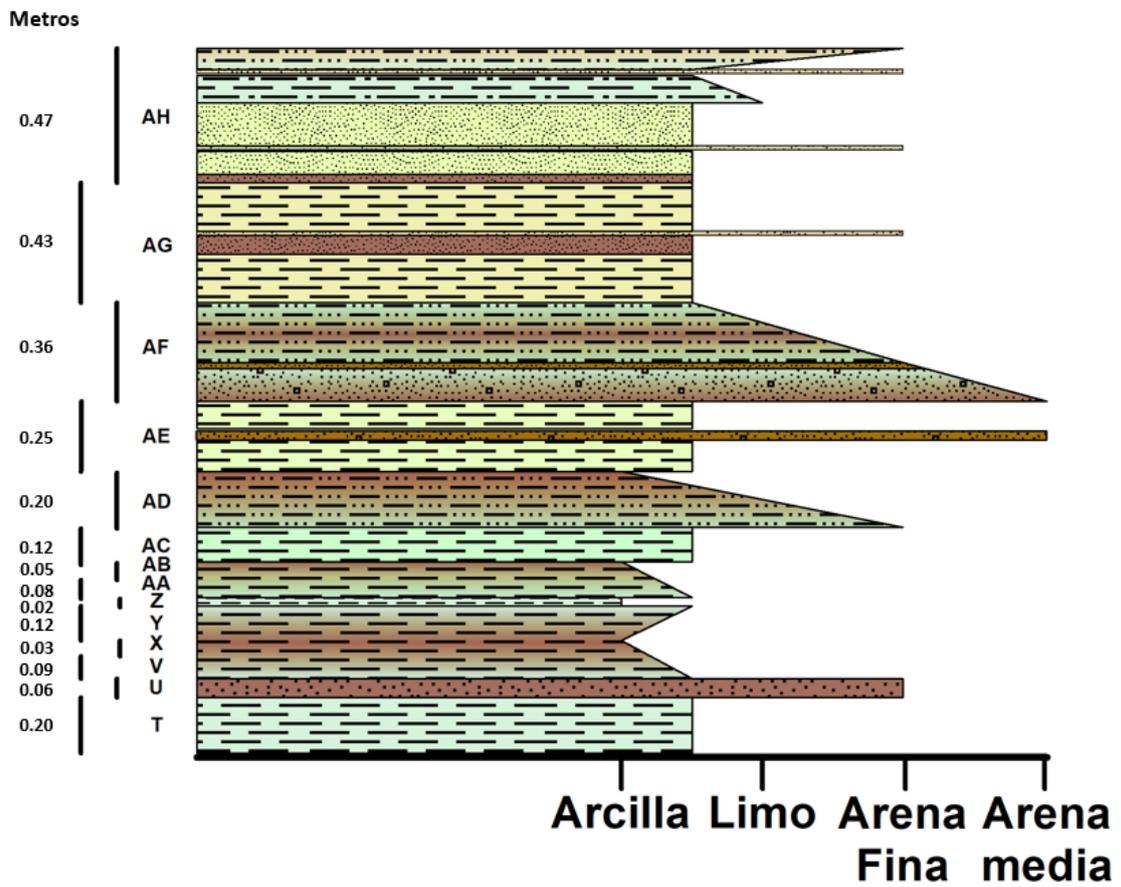
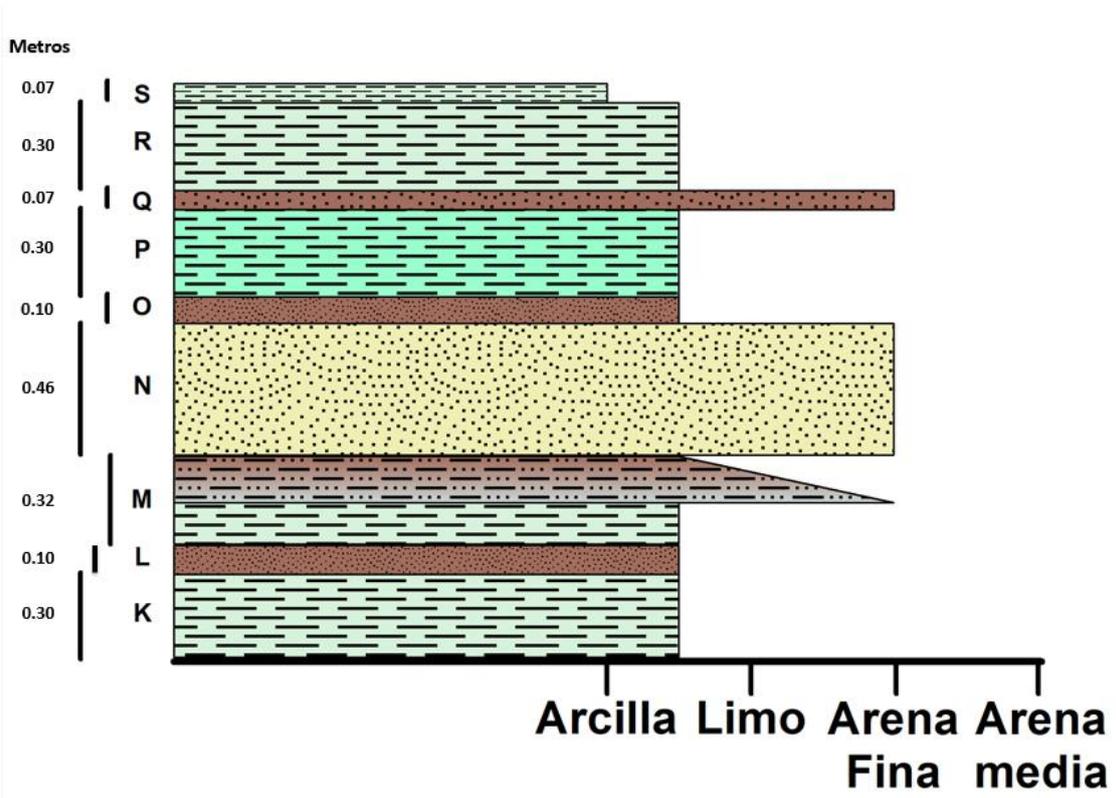


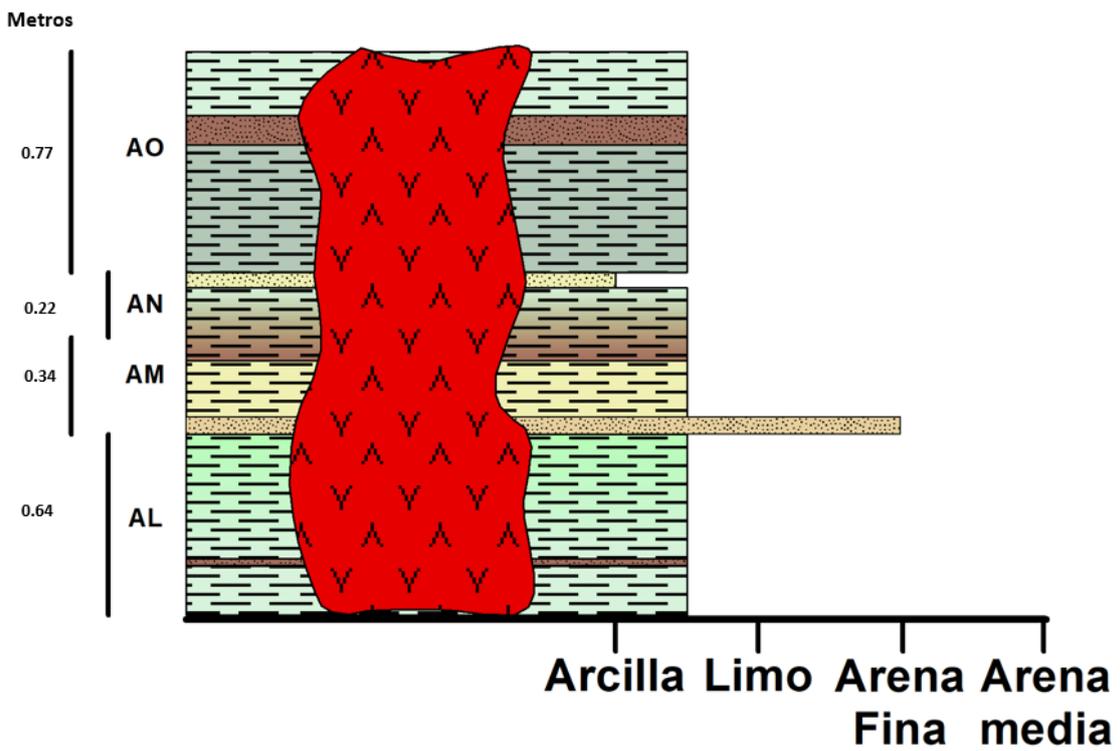
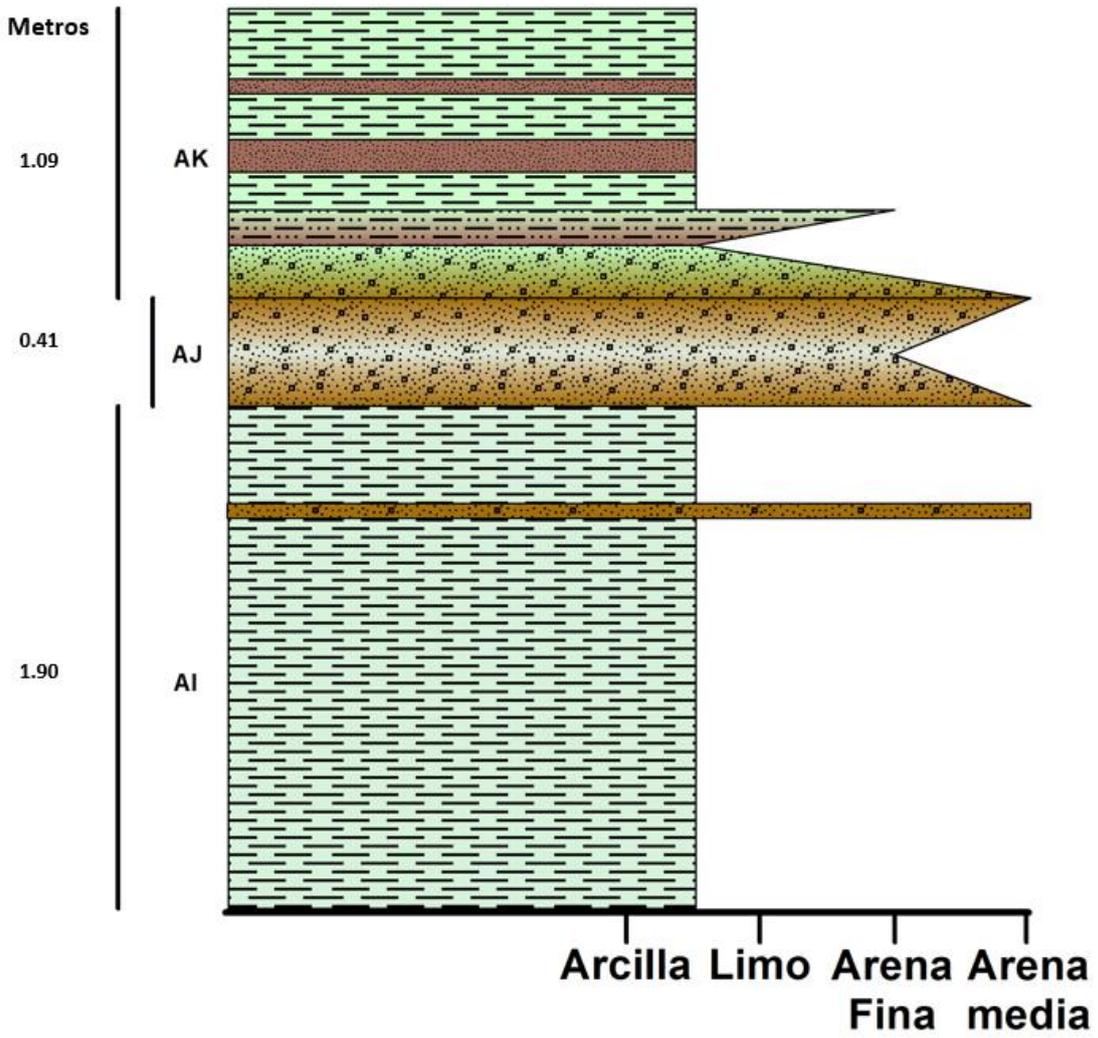
9.1. Facultad Marítima

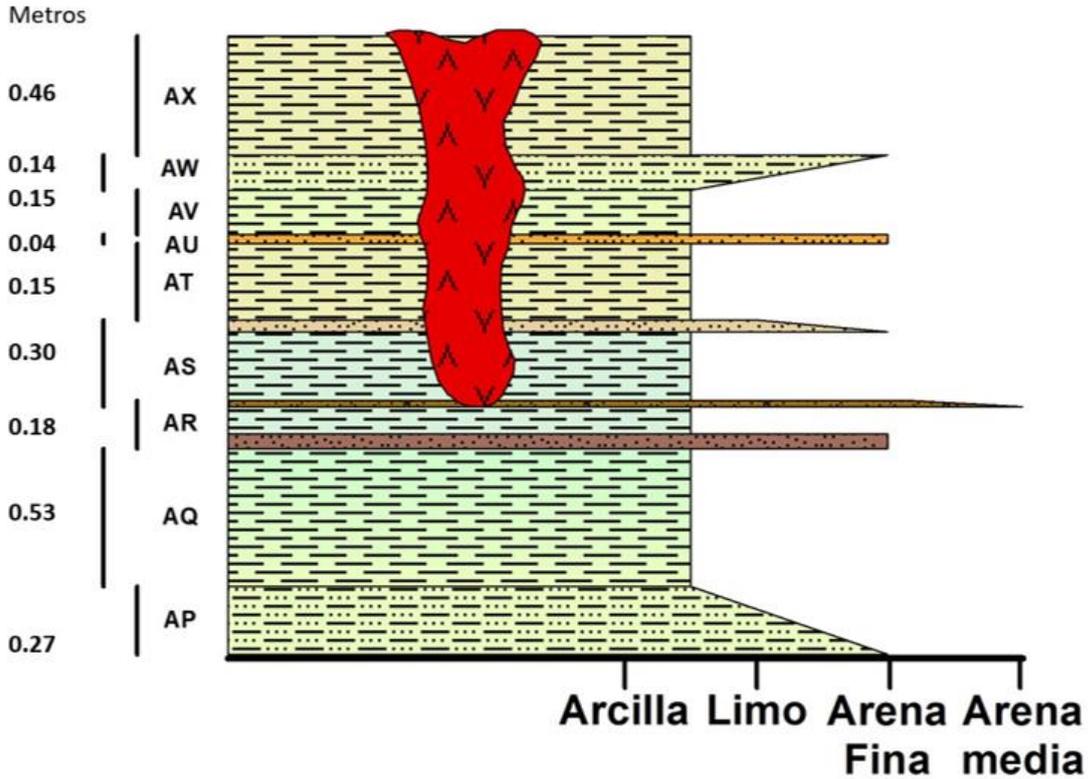
La columna realizada en esta facultad se la dividió en distintas figuras debido a su gran extensión:

Figura 9: Columna estratigráfica de la Facultad de Marítima.









Ficha de descripción de campo					
Fecha	23	Mes:	6	Número de sección	1
Ubicación (WGS 84-UTM zona 17S)	X: 615405		Y: 9762689		
Lugar	Rampa al final del canal				
Descripción Macroscópica					
Nº Estratos	49	Fracturas	Diaclasas		
Color Estratos	Gris verdoso, negro y marrón		Meteorización	Todos los estratos se encuentran meteorizados con un color de meteorización anaranjado	
Espesor del deposito	1432 cm				
Bosquejo de la Sección					
Descripción Mesoscópica					
Descripción: Color, Fractura, Estructura o Textura, Meteorización, Tamaño, Contacto, Clasificación, Minerales, Gradación, Observaciones					
Estrato A (34 cm): Gris verdoso. Diaclasas. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Muy bien clasificado. Mineral verde. Nódulos color café claro Estrato B (8 cm): Negro con tonalidades violetas. Diaclasas. Estratificado. Muy Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Muy bien clasificado. Deleznable					

Estrato C (29 cm): Gris verdoso. Diaclasas. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Muy bien clasificado. Mineral verde. Nódulos color café claro

Estrato D (5 cm): Marrón. Masivo. Meteorizado. Arena Fina. Contacto Neto. Bien clasificado.

Estrato E (7 cm): Gris verdoso. Diaclasas. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Muy bien clasificado. Minerales verdes. Nódulos color café claro y líneas color marrón rojizo.

Estrato F (4 cm): Marrón. Masivo. Meteorizado. Arena Fina. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales negros elongados. Nódulos color café claro.

Estrato G (22 cm): Gris verdoso. Diaclasas. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Muy bien clasificado. Mineral verde. Nódulos color café claro

Estrato H (16 cm): Marrón. Masivo. Meteorizado. Arena Fina. Contacto Neto. Bien clasificado.

Estrato I (50 cm): Gris verdoso. Diaclasas. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Muy bien clasificado. Mineral verde. Gradación Inversa. Nódulos color café claro de granulometría de arena

Estrato J (31 cm): Marrón. Masivo. Meteorizado. Arena Fina. Contacto Neto. Bien clasificado.

Estrato K (30 cm): Gris verdoso. Diaclasas. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Muy bien clasificado. Mineral verde. Nódulos color café claro

Estrato L (10 cm): Chocolate. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado.

Estrato M (32 cm): Se divide en M1, M2 y M3 contacto neto

M1: Chocolate. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde y blanco anguloso.

M2: Gris chocolate. Masivo. Meteorizado. Arena fina. Contacto Neto. Medianamente clasificado. Minerales negros elongados. Gradación Normal. Agregados color café oscuro deformados y fragmentos arcillosos de color blanco.

M3: Chocolate. Estratificado. Meteorizado. Arcilla. Contacto Gradual. Muy bien clasificado. Gradación Normal. Engloba a la secuencia anterior.

Estrato N (46 cm): Beige Verdoso. Masivo. Meteorizado. Arena fina. Contacto Neto. Bien clasificado.

Estrato O (10 cm): Gris chocolate. Estratificado. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Deleznable.

Estrato P (30 cm): Verde azulado. Estratificado. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde y negros alargados. Nódulos color café claro.

Estrato Q (7 cm): Chocolate. Masivo. Arena fina. Contacto Neto. Bien clasificado. Deleznable.

Estrato R (30 cm): Gris verdoso. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales negros elongados y verdes arcillosos.

Estrato S (7 cm): Gris verdoso. Estratificado. Meteorizado. Arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales negros elongados y verdes arcillosos.

Estrato T (20 cm): Gris verdoso. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales negros elongados y verdes arcillosos.

Estrato U (6 cm): Chocolate. Masivo. Arena fina. Contacto Neto. Bien clasificado. Deleznable.

Estrato V (9 cm): Gris chocolate. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales negros elongados y verdes arcillosos. Gradación Simétrica (Normal a Inversa) Gradación Normal con estrato superior.

Estrato X (3 cm): Chocolate. Estratificado. Arcilla. Contacto Gradual. Bien clasificado. Gradación Simétrica (Normal a Inversa) Gradación Inversa con estrato superior.

Estrato Y (12 cm): Gris chocolate. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales negros elongados y verdes arcillosos. Gradación Simétrica (Normal a Inversa) Gradación Inversa con estrato inferior.

Estrato Z (3 cm): Gris verdoso. Estratificado. Arcilla. Contacto Neto. Muy bien clasificado. Deleznable.

Estrato AA (8 cm): Gris verdoso. Estratificado. Limo. Contacto Gradual. Bien clasificado.

Estrato AB (5 cm): Chocolate. Estratificado. Arcilla. Contacto Gradual. Bien clasificado. Deleznable.

Estrato AC (12 cm): Gris verdoso. Estratificado. Meteorizado. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales negros elongados y verdes arcillosos. Nódulos café claro.

Estrato AD (20 cm):

<p>AD1 (9 cm): Verde grisáceo. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado. Deleznable AD2 (4 cm): Verde grisáceo. Limo. Contacto Gradual. Bien clasificado. Deleznable</p> <p>AD3 (7 cm): Chocolate. Arcilla. Contacto Gradual. Bien clasificado.</p> <p>Estrato AE (25 cm):</p> <p>AE1 (11 cm): Verde olivo. Estratificado. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales negros elongados y verdes arcillosos. Nódulos color café claro. AE2 (4 cm): Café oscuro. Masivo. Arena Media. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde. Pequeños fragmentos de clastos.</p> <p>AE3 (10 cm): Verde olivo. Estratificado. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales negros elongados y verdes arcillosos. Nódulos color café claro. Estrato AF (36 cm):</p> <p>AF1 (7cm): Chocolate. Arena media. Contacto Gradual. Bien clasificado.</p> <p>AF2 (5cm): Verde grisáceo. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales verdes. Lóbulos color chocolate. AF3 (2cm): Café oscuro. Estratificado. Meteorización. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado.</p>
<p>AF4 (10cm): Verde grisáceo. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales verdes. Lóbulos color chocolate. AF5 (2cm): Café oscuro. Estratificado. Meteorización. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado.</p> <p>AF6 (10 cm): Verde grisáceo. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales verdes. Lóbulos color chocolate. Estrato AG (43 cm):</p> <p>AG1 (17 cm): Café verdoso. Meteorización. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde y negros. Nódulos de café claro. AG2 (6 cm): Chocolate. Meteorización. Arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado.</p> <p>AG3 (2 cm): Café claro. Meteorización. Arena fina. Contacto Neto. Bien clasificado.</p> <p>AG4 (16 cm): Café verdoso. Meteorización. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde y negros. Nódulos de café claro. Estrato AH (47 cm):</p> <p>AH1 (2 cm): Chocolate. Meteorización. Arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. AH2 (9 cm): Verde Beige. Meteorización. Arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado.</p> <p>AH3 (1 cm): Café. Meteorización. Arena Fina. Contacto Neto. Bien clasificado. Clastos muy pequeños. Deleznable. AH4 (15 cm): Verde Beige. Meteorización. Arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado.</p> <p>AH5 (3 cm): Gris verdoso. Meteorización. Limo. Contacto Neto. Bien clasificado. Gradación Normal. Deleznable.</p> <p>AH6 (7 cm): Gris verdoso. Meteorización. Limo/ Arcilla. Contacto Gradual. Bien clasificado. Nódulos que engloban material de tamaño de arena. AH7 (2 cm): Café. Meteorización. Arena fina. Contacto Neto. Bien clasificado. Deleznable.</p> <p>AH8 (6 cm): Gris verdoso. Meteorización. Limo/ Arcilla. Contacto Gradual. Bien clasificado. Gradación Inversa. Nódulos que engloban material de tamaño de arena.</p> <p>AH9 (2 cm): Café. Meteorización. Arena fina. Contacto Neto. Bien clasificado. Deleznable. Estrato AI (190 cm):</p> <p>AI1 (148 cm): Gris verdoso. Meteorización. Limo/ arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde arcilloso, negros elongados, rosáceos. Englobados de color café claro y café oscuro de tamaño de arena. Fósiles.</p> <p>AI2 (6 cm): Café. Meteorización. Arena media. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales verdes y negros elongados. Clastos presentes.</p> <p>AI3 (36 cm): Gris verdoso. Meteorización. Limo/ arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde arcilloso, negros elongados, rosáceos. Englobados de color café claro y café oscuro de tamaño de arena.</p> <p>Estrato AJ (41 cm):</p> <p>AJ1 (9 cm): Café. Meteorización. Arena media. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales blancos. Gradación Simétrica (Normal a inversa). Clastos presentes de similar tamaño.</p> <p>AJ2 (17 cm): Café. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales blancos, negros alargados y verdes arcillosos. Gradación Simétrica (Normal a inversa).</p> <p>AJ3 (15 cm): Café. Meteorización. Arena media. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales</p>

blancos. Gradación Simétrica (Normal a inversa). Clastos presentes de similar tamaño.

Estrato AK (109 cm):

AK1 (20 cm): Café. Meteorización. Arena media. Contacto Gradual. Bien clasificado. Gradación Normal

AK2 (4 cm): Gris verdoso. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado.

AK3 (9 cm): Gris verdoso. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado. AK4 (15 cm): Chocolate. Limo/arcilla. Contacto Gradual. Bien clasificado

AK5 (12 cm): Gris verdoso. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado

AK6 (18 cm): Gris verdoso. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado. Ak7 (5 cm): Gris verdoso. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado

AK8 (26 cm): Café. Meteorización. Arena media. Contacto Gradual. Bien clasificado. Gradación Normal.

Estrato AL (64 cm):

AL1 (18 cm): Gris verdoso. Meteorización. Limo/arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde y negro elongado.

AL2 (3 cm): Chocolate. Meteorización. Limo/arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado.

AL3 (15 cm): Gris verdoso. Meteorización. Limo/arcilla. Contacto Gradual. Bien clasificado. Mineral verde y negro elongado.

AL4 (30 cm): Verde grisáceo. Meteorización. Limo/arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde y negro elongado.

Estrato AM (34 cm):

AM1 (5 cm): Café. Meteorización. Arena fina. Contacto Neto. Bien clasificado. Líticos presentes

AM2 (20 cm): Verde chocolate. Meteorización. Limo/ arcillo. Contacto Neto. Bien clasificado. Lóbulos de tamaño de arena y material plástico deformado de color café.

AM3 (9 cm): Chocolate. Meteorización. Limo/ arcillo. Contacto Gradual. Bien clasificado. Deleznable.

Estrato AN (22 cm):

AN1 (17 cm): Verde grisáceo. Meteorización. Limo/ arcillo. Contacto Gradual. Bien clasificado. Deleznable.

AN (5 cm): Beige verdoso. Meteorización. Arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Deleznable.

Estrato AO (77 cm):

AO1 (45 cm): Gris chocolate. Meteorización. Limo/arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Material plástico deformado de color café.

AO2 (10 cm): Chocolate. Meteorización. Limo/arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Agregados de material más grueso de tamaño de arena. Material plástico deformado de color café.

AO3 (22 cm): Beige verdoso. Meteorización. Limo/arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Mineral verde arcilloso y negros redondeados. Agregados de material más grueso de tamaño de arena color café y de tamaño de limo color café más claro.

Estrato AP (27 cm)

AP1 (26 cm): Café verdoso. Meteorización. Arena fina. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales verdes y negros

AP2 (1 cm): Café verdoso. Meteorización. Limo/ arcilla. Contacto Gradual. Bien clasificado. Minerales verdes y negros

Estrato AQ (53 cm): Café claro verdoso. Meteorización. Limo/ arcilla. Contacto Gradual (se hace más verdoso a medida que sube). Bien clasificado. Minerales verdes y negros.

Estrato AR (18 cm):

AR1 (5 cm): Chocolate. Arena fina. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales negros.

AR2 (10 cm): Gris verdoso. Limo/ arcilla. Contacto Neto. Agregados café chocolate de tamaño de limo.

AR3 (3 cm): Café oscuro. Arena media. Contacto Gradual. Gradación Normal (arenisca media a arenisca fina). Clastos presentes.

Estrato AS (30 cm):

AS1 (26 cm): Gris verdoso. Limo/ arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Agregados café chocolate de tamaño de limo.

AS2 (4 cm): Café claro. Arena fina. Contacto gradual (arena fina a limo). Bien clasificado.

Estrato AT (15 cm): Café verdoso con tonalidades amarillas. Limo/ arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado

Estrato AU (4cm): Café amarillento. Arena fina. Contacto Neto. Bien clasificado. Deleznable.

Estrato AV (15 cm): Crema verdoso. Limo/ arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado
 Estrato AW (14 cm): Crema naranja. Limo/ arcilla a Arena fina. Contacto gradual. Bien clasificado.
 Estrato AX (46 cm): Café verdoso. Limo/ arcilla. Contacto Neto. Bien clasificado. Minerales rojizos, negros y blancos. Intrusivos:

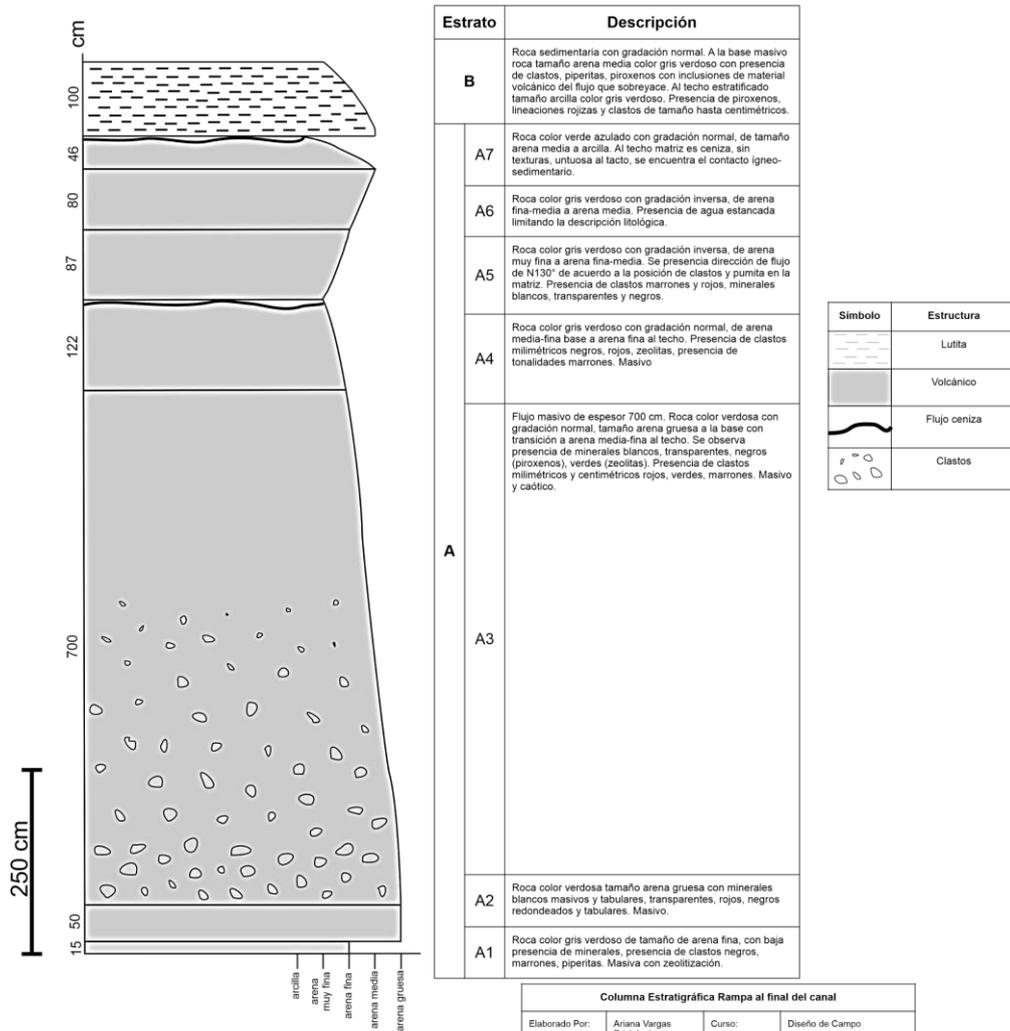
Intrusivo1: La roca es masiva, presenta palagonización del vidrio en arcilla y tiene una textura similar a la pumita. Roca de grano grueso con minerales blancos y transparentes, zeolitas, minerales negros elongados y negros redondeados. El contacto entre el cuerpo y la roca encajante es nítido, y se observa una aureola de cataclasita de 2 cm de espesor.

Intrusivo2: Colores blanquecinos, verdosos y naranjas debido a la oxidación roca muy meteorizada, más liviana que el intrusivo 1, arcillosa, muy frágil y deleznable

9.2. Rampa al final del canal junto al coliseo

Figura 10: Columna estratigráfica de la rampa al final del canal

Columna Estratigráfica Rampa al final del canal junto al coliseo



Escala milimétrica 1:50

Columna Estratigráfica Rampa al final del canal			
Elaborado Por:	Ariana Vargas	Curso:	Diseño de Campo
	Erick León	Fecha:	25/Agosto/2024
Coordenadas UTM Zona 17S:	X: 615182	Referencia de ubicación:	Rampa al final del canal entrando por la bajada a la derecha del coliseo antiguo
	Y: 9762937		

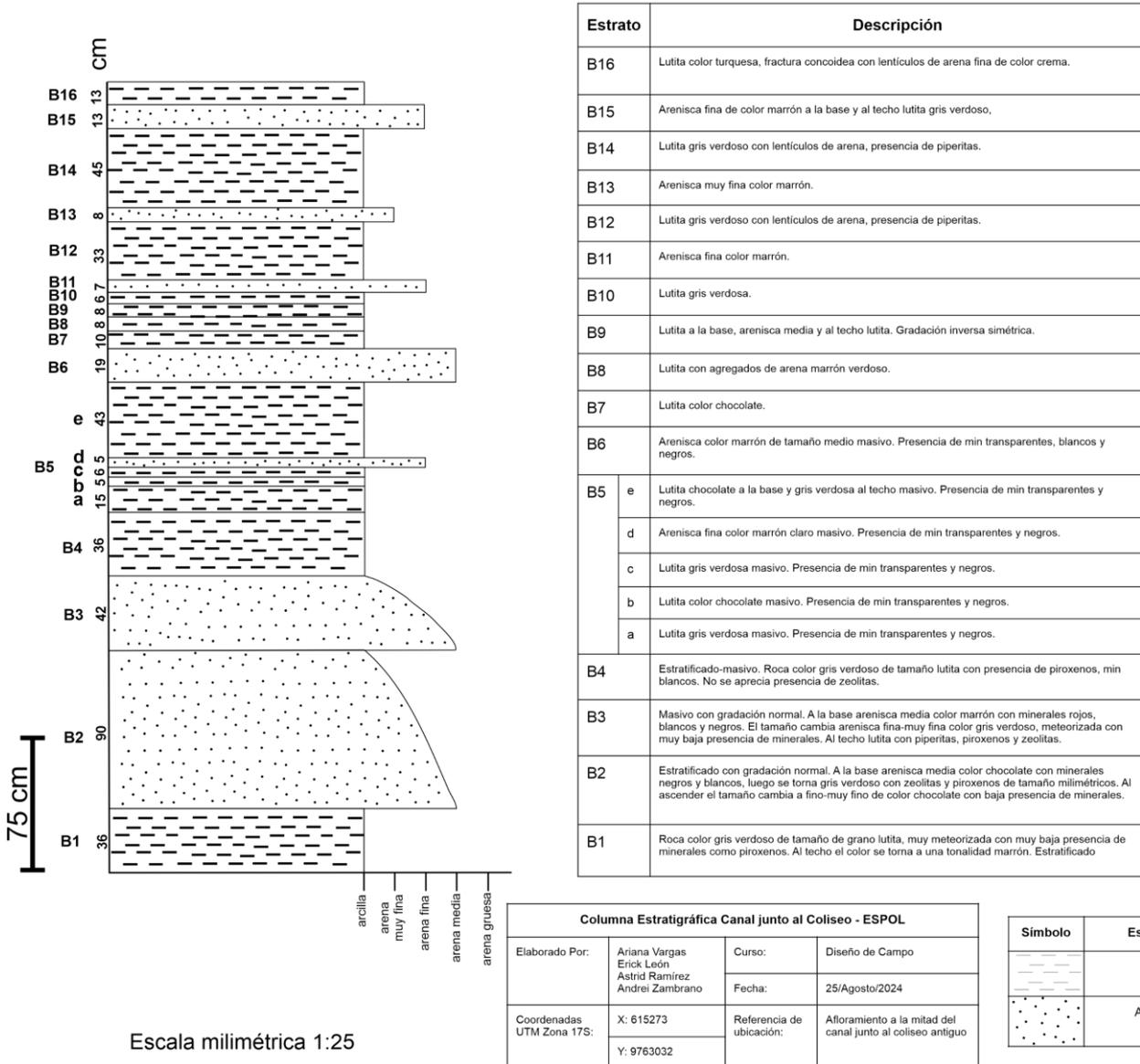
Ficha de descripción de campo

Fecha	25	Mes:	8	Numero de sección	2
Ubicación (WGS 84-UTM zona 17S)	X: 615182			Y: 9762937	
Lugar	Rampa al final del canal				
Descripción Macroscópica					
N° Estratos	49	Fracturas	Diaclasas		
Color Estratos	Gris verdoso, marrón chocolate, turquesa	Meteorización	Todos los estratos se encuentran meteorizados con un color de meteorización anaranjado		
Espesor del deposito	1200 cm				
Descripción Mesoscópica					
A continuación, la descripción de los estratos					
<p>Estrato A:</p> <p>A1: Roca color gris verdoso de tamaño de arena fina, con baja presencia de minerales, presencia de clastos negros, marrones, piperitas. Masiva con zeolitización.</p> <p>A2: Roca color verdosa tamaño arena gruesa con minerales blancos masivos y tabulares, transparentes, rojos, negros redondeados y tabulares. Masivo.</p> <p>A3: Flujo masivo de espesor 700 cm. Roca color verdosa con gradación normal, tamaño arena gruesa a la base con transición a arena media-fina al techo. Se observa presencia de minerales blancos, transparentes, negros (piroxenos), verdes (zeolitas). Presencia de clastos milimétricos y centimétricos rojos, verdes, marrones. Masivo y caótico.</p> <p>A4: Roca color gris verdoso con gradación normal, de arena media-fina base a arena fina al techo. Presencia de clastos milimétricos negros, rojos, zeolitas, presencia de tonalidades marrones. Masivo</p> <p>A5: Roca color gris verdoso con gradación inversa, de arena muy fina a arena fina-media. Se presencia dirección de flujo de N130° de acuerdo con la posición de clastos y pumita en la matriz. Presencia de clastos marrones y rojos, minerales blancos, transparentes y negros.</p> <p>A6: Roca color gris verdoso con gradación inversa, de arena fina-media a arena media. Presencia de agua estancada limitando la descripción litológica.</p> <p>A7: Roca color verde azulado con gradación normal, de tamaño arena media a arcilla. Al techo matriz es ceniza, sin texturas, untuosa al tacto, se encuentra el contacto ígneo-sedimentario.</p> <p>B: Roca sedimentaria con gradación normal. Al base masivo roca tamaño arena media color gris verdoso con presencia de clastos, piperitas, piroxenos con inclusiones de material volcánico del flujo que sobreyace. Al techo estratificado tamaño arcilla color gris verdoso. Presencia de piroxenos, lineaciones rojizas y clastos de tamaño hasta centimétricos.</p>					

9.3. Mitad del canal junto al coliseo

Figura 11: Columna estratigráfica de la mitad del canal.

Columna Estratigráfica Canal junto al coliseo

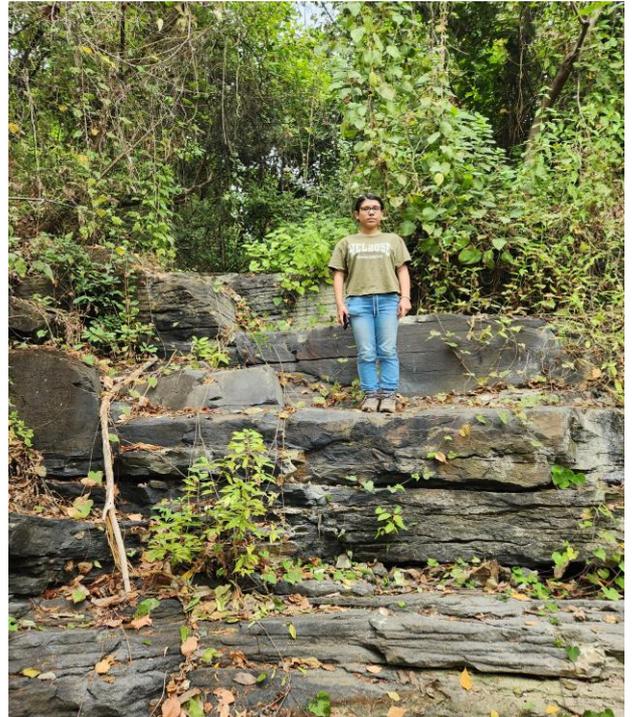
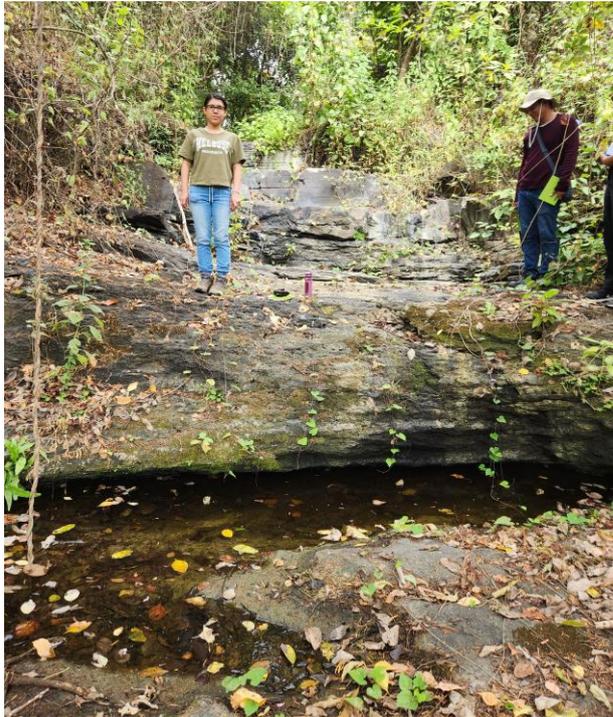


Escala milimétrica 1:25

Ficha de descripción de campo					
Fecha	25	Mes:	8	Numero de sección	3
Ubicación (WGS 84-UTM zona 17S)	X: 615273			Y: 9763032	
Lugar	Parte sedimentaria, mitad del canal.				
Descripción Macroscópica					
N° Estratos	49	Fracturas	Diaclasas		
Color Estratos	Gris verdoso, marrón chocolate, turquesa		Meteorización	Todos los estratos se encuentran meteorizados con un color de meteorización anaranjado	
Espesor del deposito	448 cm				
Descripción Mesoscópica					
A continuación los estratos:					
<p>Estrato B:</p> <p>Estrato B1: Roca color gris verdoso de tamaño de grano lutita, muy meteorizada con muy baja presencia de minerales como piroxenos. Al techo el color se torna a una tonalidad marrón. Estratificado</p> <p>Estrato B2: Estratificado con gradación normal. A la base arenisca media color chocolate con minerales negros y blancos, luego se torna gris verdoso con zeolitas y piroxenos de tamaño milimétricos. Al ascender el tamaño cambia a fino-muy fino de color chocolate con baja presencia de minerales.</p> <p>Estrato B3: Masivo con gradación normal. A la base arenisca media color marrón con minerales rojos, blancos y negros. El tamaño cambia arenisca fina-muy fina color gris verdoso, meteorizada con muy baja presencia de minerales. Al techo lutita con piperitas, piroxenos y zeolitas.</p> <p>Estrato B4: Estratificado-masivo. Roca color gris verdoso de tamaño lutita con presencia de piroxenos, minerales blancos. No se aprecia presencia de zeolitas.</p> <p>Estrato B5:</p> <p>A: Lutita gris verdosa masivo. Presencia de min transparentes y negros.</p> <p>B: Lutita color chocolate masivo. Presencia de min transparentes y negros.</p> <p>C: Lutita gris verdosa masivo. Presencia de min transparentes y negros.</p> <p>D: Arenisca fina color marrón claro masivo. Presencia de min transparentes y negros.</p> <p>E: Lutita chocolate a la base y gris verdosa al techo masivo. Presencia de min transparentes y negros.</p> <p>Estrato B6: Lutita chocolate a la base y gris verdosa al techo masivo. Presencia de min transparentes y negros.</p> <p>Estrato B7: Lutita color chocolate.</p> <p>Estrato B8: Lutita con agregados de arena marrón verdoso.</p> <p>Estrato B9: Lutita a la base, arenisca media y al techo lutita. Gradación inversa simétrica.</p> <p>Estrato B10: Lutita gris verdosa.</p> <p>Estrato B11: Arenisca fina color marrón.</p> <p>Estrato B12: Lutita gris verdoso con lentículos de arena, presencia de piperitas.</p> <p>Estrato B13: Arenisca muy fina color marrón.</p> <p>Estrato B14: Lutita gris verdoso con lentículos de arena, presencia de piperitas.</p> <p>Estrato B15: Arenisca fina de color marrón a la base y al techo lutita gris verdoso.</p> <p>Estrato B16: Lutita color turquesa, fractura concoidea con lentículos de arena fina de color crema.</p>					

A continuación, fotos de la parte volcánica, es decir, de la rampa del canal:

Figura 12: Fotos del canal.



9.4. FADCOM (Parte Masiva)

Esta parte se encuentra de forma masiva, donde se pudieron visualizar una matriz y clastos dentro de la misma, clasificándose como clasto soportado. A continuación, se describe los clastos presentes:

Presencia de clastos centimétricos con textura fanerítica, presencia de minerales blancos lechosos (sanidina?), negros (piroxenos?), transparentes (cuarzo?), verdes (zeolita?).

Se visualizan a su vez clastos con meteorización esferoidal, coloración verde. Existen minerales color verde subangulosos, feldespatos y minerales negros (piroxenos?), a su vez, la matriz es de color rojizo.

Otros clastos presentan un tamaño de arena media, mineral verde de tamaño menor a 5 centímetros. Matriz de vidrio con minerales angulosos de color blanco y vesicular parecido a la pumita (ignimbrita soldada?).

Se encuentran también clastos sedimentarios de color marrón y tamaño de grano de arena muy fina, hay menor cantidad de minerales (cristalinidad 20%). Se observan minerales blanco lechoso (sanidina?), blanco tabular (feldespato?), negros (piroxenos).

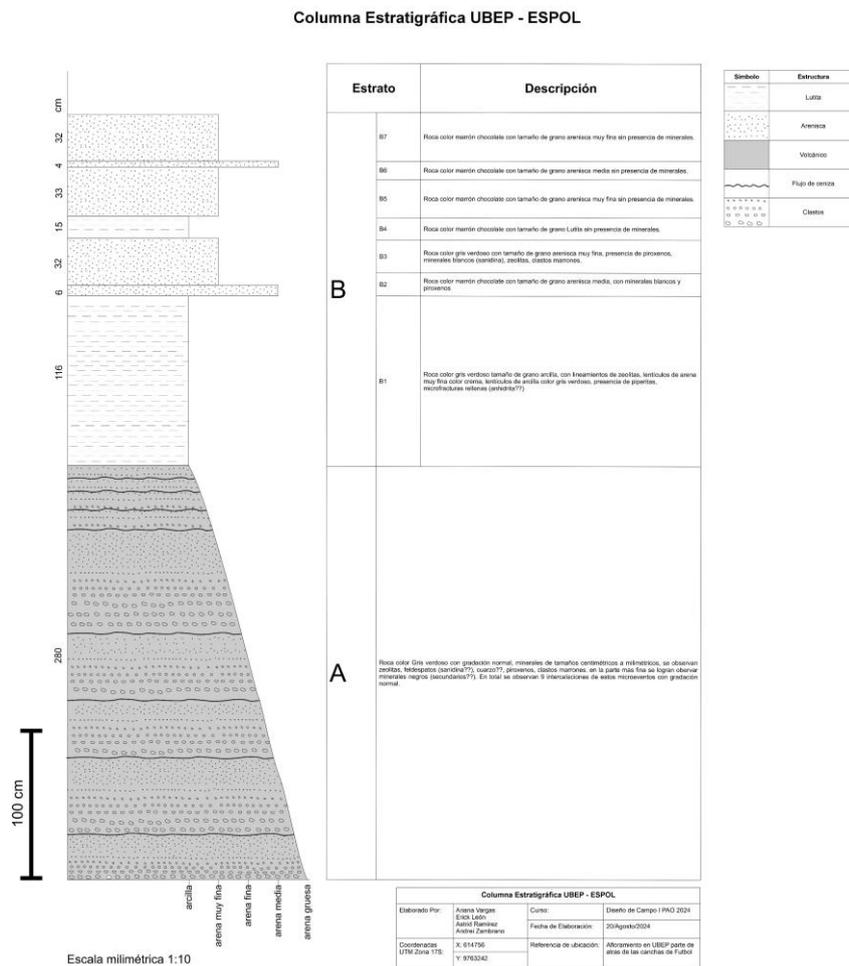
Clastos redondeados que evidencian un mayor transporte de la fuente de aproximadamente 15 cm, se encuentran meteorizados de color marrón.

Matriz es de color café con textura de arena fina con presencia de minerales alargados negros (píroxeno?), clastos rojizos, minerales blancos tabulares (sanidina?) y presencia de piperita.

Finalmente, se encontró un clasto con mayor densidad, ya que tiene un peso mayor en relación con los anteriores. Presencia de minerales verdosos (zeolita?), blanco lechoso (sanidina), negros alargados (píroxeno?).

9.5. UBEP

Figura 13: Columna estratigráfica de UBEP.



Ficha de descripción de campo					
Fecha	21	Mes:	8	Numero de sección	3
Ubicación (WGS 84-UTM zona 17S)	X: 614749			Y: 9763266	
Lugar	Por UBEP				
Descripción Macroscópica					
N° Estratos	49	Fracturas	Diaclasas		

Color Estratos	Gris verdoso, marrón chocolate, turquesa	Meteorización	Todos los estratos se encuentran meteorizados con un color de meteorización anaranjado
Espesor del deposito	518 cm		
Descripción Mesoscópica			
A continuación, los estratos:			
<p>Estrato A: Roca color Gris verdoso con gradación normal, minerales de tamaños centimétricos a milimétricos, se observan zeolitas, feldespatos (sanidina??), cuarzo??, piroxenos, clastos marrones. En la parte más fina se logran observar minerales negros (secundarios??). En total se observan 9 intercalaciones de estos microeventos con gradación normal.</p> <p>Estrato B:</p> <p>Estrato B1: Roca color gris verdoso tamaño de grano arcilla, con lineamientos de zeolitas, lentículos de arena muy fina color crema, lentículos de arcilla color gris verdoso, presencia de piperitas, microfracturas rellenas (anhidrita??)</p> <p>Estrato B2: Roca color marrón chocolate con tamaño de grano arenisca media, con minerales blancos y piroxenos.</p> <p>Estrato B3: Roca color gris verdoso con tamaño de grano arenisca muy fina, presencia de piroxenos, minerales blancos (sanidina), zeolitas, clastos marrones.</p> <p>Estrato B4: Roca color marrón chocolate con tamaño de grano Lutita sin presencia de minerales.</p> <p>Estrato B5: Roca color marrón chocolate con tamaño de grano arenisca muy fina sin presencia de minerales.</p> <p>Estrato B6: Roca color marrón chocolate con tamaño de grano arenisca media sin presencia de minerales.</p> <p>Estrato B7: Roca color marrón chocolate con tamaño de grano arenisca muy fina sin presencia de minerales.</p>			

9.6. ESPOLTEL

A continuación, las coordenadas:

X	Y
615794	9762541

Masivo volcánico se encuentra aflorando, el cual se puede observar en el suelo. El tamaño de grano es de tamaño de arena gruesa con gran presencia de cristales de color verde (zeolita), blanco lechoso (sanidina), negros elongados (px). A su vez, se encuentra presencia de clastos de color negros y rojos. Luego de EspolTEL se visualiza todo meteorizado y removilizado mezclado con bloques junto con la presencia de clastos de lutita verde.

9.7. Sendero

A continuación, se presentan las coordenadas:

X	Y
615322	9763031

Ubicado detrás de FADCOM en un sendero ubicado a la izquierda. En la base se encuentra masivo volcánico y medida que se asciende se encuentran clastos volcano-sedimentarios, la cual sería una etapa de transición. Se ve una parte donde aflora lo sedimentario, que es similar a lo encontrado previamente donde se ve una intercalación de lutita color gris verdoso, chocolate y

areniscas. Existe presencia de minerales de color negro alargados (píroxeno?), verdes (zeolita?) y transparentes.

9.8. FCSH

A continuación, se presentan las coordenadas:

X	Y
614659	9762555

Las capas se encuentran masivas con presencia de clastos subangulosos centimétricos y milimétricos de tamaño de grano de 2 milímetros aproximadamente (gravas). En medio del afloramiento se encuentra una capa estratificada de 12 centímetros de espesor con presencia de piperita color café verdoso debido a la meteorización de tamaño de grano lutita. Finalmente, bajo la capa de lutita se encuentra presente una capa de arena media color beige muy meteorizada.

9.9. Correlación de las columnas estratigráficas

Luego de haber descrito todas las estaciones visitadas, se realizó una correlación de las distintas columnas de acuerdo con lo visualizado en campo. Como se puede observar en la **Figura 20**.

Para esto, se dividió a las unidades en 3:

Estrato A: Roca color gris verdoso con gradación normal (arena gruesa-arena fina) con presencia de minerales de color verdoso, blancos y negros. Presencia de clastos rojos, negros, blancos. Se encuentra por debajo del sedimentario.

Figura 14: Roca color gris verdoso de tamaño de arena gruesa.



Figura 15: Roca color gris verdoso de tamaño de arena fina.



Estrato B: Intercalación de lutita gris verdoso y lutita chocolate junto con areniscas de color marrón. No hay presencia de minerales y tiene presencia de piperita y lentículos de arena.

Figura 17: Arena color marrón.



Figura 18: Lutita color gris verdoso.



Figura 16: Lutita color chocolate.



Estrato C: Roca color gris verdoso con clastos centimétricos de color rojo, marrón chocolate sedimentarios; clastos de textura fanerítica con presencia de minerales verdes, negros, blancos. Presencia de clastos subredondeados y subangulosos. Se encuentra por encima del sedimentario.

Figura 19: Roca color gris verdoso meteorizada.



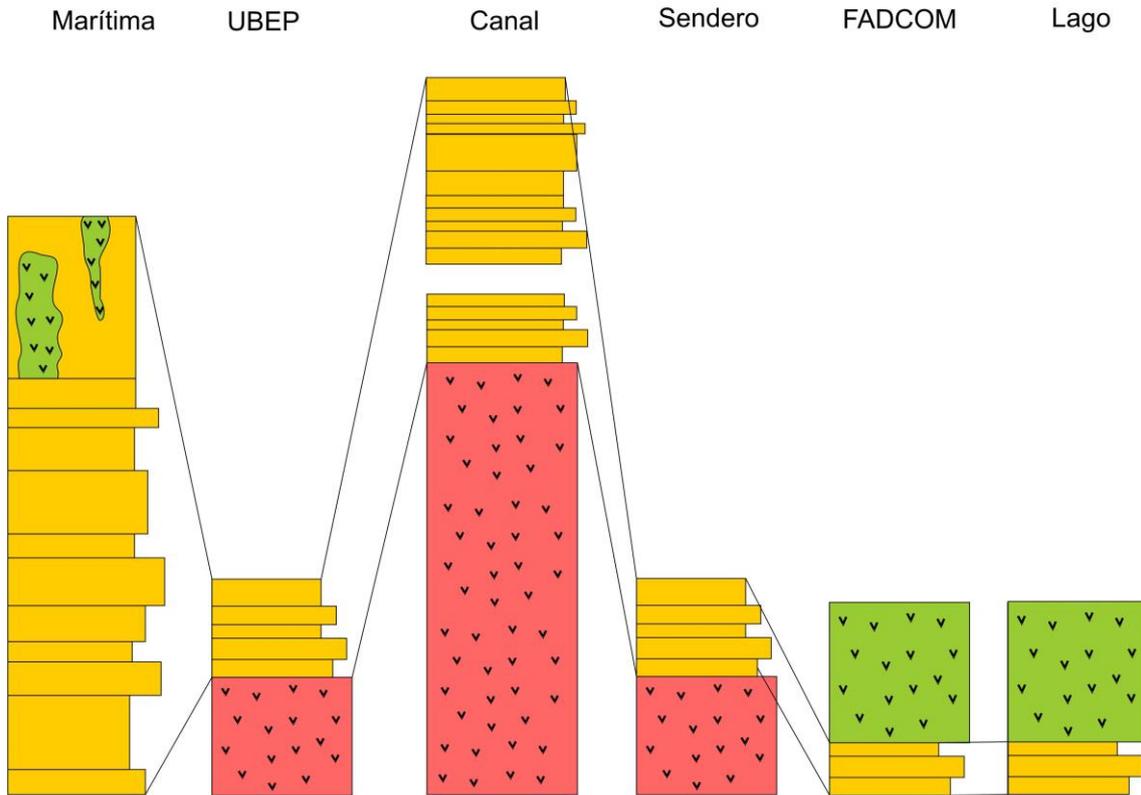
Debido a cambios topográficos los espesores de las distintas capas al correlacionarlos varían, sin embargo, se puede observar que en la facultad de marítima se encuentra el estrato B sedimentario junto con unas partes de material volcánico que actuaban como un relleno, similares al estrato C.

Luego en UBEP, se puede observar que el volcánico (Estrato A) se encuentra por debajo del sedimentario (Estrato B), lo mismo se puede observar en el canal junto al coliseo, con la única diferencia de que en el canal los espesores son mucho mayores. No obstante, en el sendero se puede observar una distribución igual a la de UBEP.

Finalmente, en FADCOM y el lago la parte volcánica (Estrato C) se encuentra por encima de las capas sedimentarias (Estrato B).

Figura 20: Correlación de las columnas estratigráficas de las estaciones visitadas.

Columnas Estratigráficas de Unidades presentes en las Estaciones



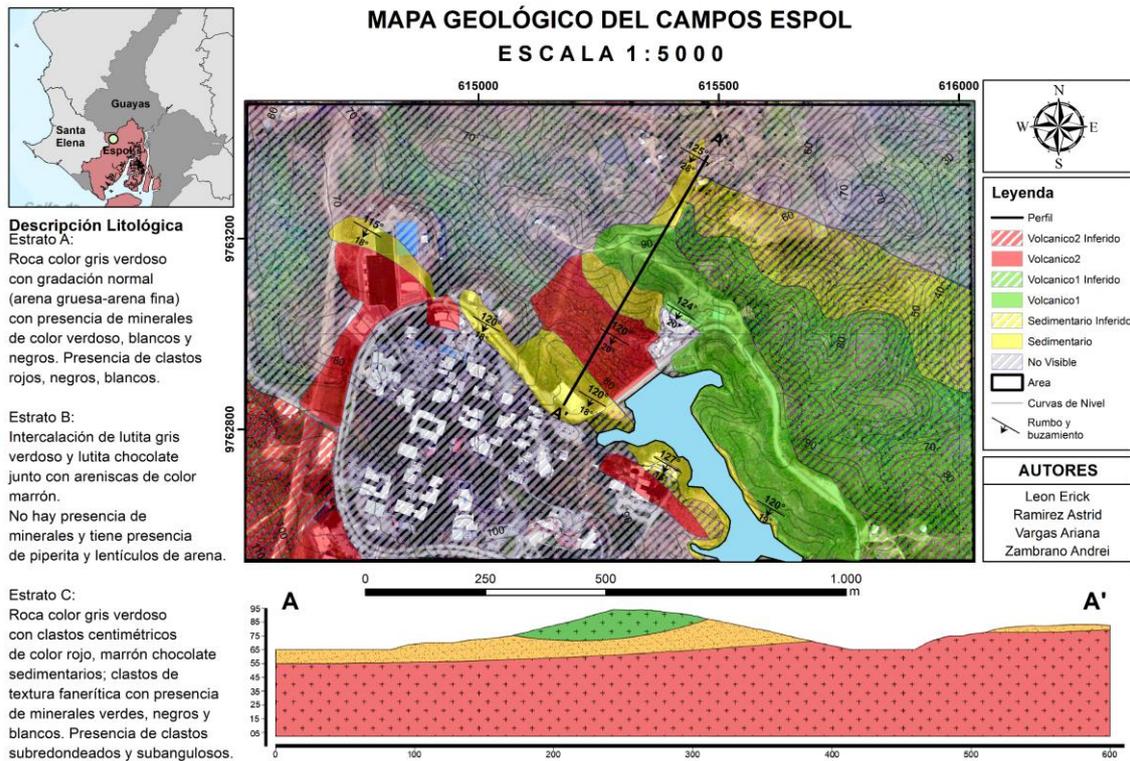
Correlación columnas estratigráficas estaciones			
Elaborado Por:	Ariana Vargas	Curso:	Diseño de Campo
	Erick León		Fecha:
	Astrid Ramírez		
	Andrei Zambrano		
			

Símbolo	Estructura
	Volcánico masivo superior
	Secuencia sedimentaria lutita-arenisca
	Volcánico masivo inferior

9.10. Mapa Geológico

Como resultado final se elaboró de forma digital el mapa geológico según lo observado en campo, en el cual se detallan las 3 capas encontradas en el trabajo de campo, los lugares que no se pudieron visualizar debido a su difícil accesibilidad o edificios presentes y las capas inferidas según lo visto en campo. A su vez, se presenta el perfil A-A´ en el que se puede ver la distribución de las capas que tienen un buzamiento de 18°.

Figura 21: Mapa geológico de Campus ESPOL



10. Discusión:

La capa masiva volcánica inferior se caracteriza por la intercalación entre eventos eruptivos y deposiciones sedimentarias, obtenido alrededor de 5 intercalaciones de eventos, estos eventos se visualizan de manera centimétrica en el afloramiento de UBEP, pero de manera centimétrica, por otro lado en la rampa atrás del coliseo se encuentra esta misma secuencia, pero de manera métrica, estos espesores diferentes nos indican una paleo topografía en forma de valle, donde el flujo piroclástico tienda a acumularse con mayos espesores en el valle, lo que vendría a representar la parte de la rampa alado del coliseo. Para finalizar esta secuencia se presenta una ceniza de grano de arcilla que nos indica un ambiente de formación marino profundo, ya que las partículas mas finas quedan en suspensión y se depositan en ambientes de baja energía.

La capa masiva volcánicas (superior e inferior), se caracterizan caracteriza por presentar clastos de composicion sedimentaria y ígneos en una matriz sedimentaria.

La presencia de sanidina, cuarzo, piroxeno y anfíbol descarta que pueda ser un magma basáltico se comporta mas como un magma dacítica a riolítico.

11. Bibliografía

- Aguirre, & Bone. (2018). *Evaluación sísmica y propuesta de diseño de reforzamiento estructural para el edificio de la facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos de la Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador*. Quito, 2018.
- Aizprua, C., Witt, C., Johansen, S. E., & Barba, D. (2019). Cenozoic stages of forearc evolution following the accretion of a sliver from the late cretaceous-Caribbean Large Igneous Province: SW Ecuador-NW Peru. *Tectonics*, 38(4), 1441–1465.
- Alemán, A. M., Palencia, A. A., Lezama, E. E., & Montenegro, G. (2021). The Chongón/Colonche orocline transrotational bending and the coeval opening of the Progreso basin in southwestern Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences*, 111, 103480.
- Baldock, J. W., de Geología y Minas, E. D. G., & de Ciencias Geológicas, R. U. I. (1982). *Geología del Ecuador: boletín de la explicación del mapa geológico de la República del Ecuador, escala 1:1,000.000*. IGM.
<https://books.google.com.ec/books?id=EjhCHQAACAAJ>
- Benitez, S. (1995). *Evolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur-Tertiaire*. Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- Bristow. (1979). Discussion on 'Cretaceous to Eocene volcanic arc activity in the Andes of northern Ecuador'. *Journal of the Geological Society*, 136(3), 376–378.
- Bristow, C. R., & Hoffstetter, R. (1977). *Lexique stratigraphique international: Amérique Latine. Ecuador:(incl. Galapagos)*. Centre National de la Recherche Scientifique.
- Collot, J.-Y., Michaud, F., Alvarado, A., Marcaillou, B., Sosson, M., Ratzov, G., Migeon, S., Calahorrano, A., & Pazmino, A. (2009). Visión general de la morfología submarina del margen convergente de Ecuador-Sur de Colombia: implicaciones sobre la transferencia de masa y la edad de la subducción de la Cordillera de Carnegie. *Geología y Geofísica Marina y Terrestre Del Ecuador: Desde La Costa Continental Hasta Las Islas Galápagos*, 47–74.
- Colmenares, L., & Zoback, M. D. (2003). Stress field and seismotectonics of northern

- South America. *Geology*, 31(8), 721–724.
- Feininger, T. (1980). La geología histórica del Cretácico y Paleógeno de la Costa Ecuatoriana, Politécnica. *Monografía De*, 745.
- Feininger, T., & Seguin, M. K. (1983). Simple Bouguer gravity anomaly field and the inferred crustal structure of continental Ecuador. *Geology*, 11(1), 40–44.
- Jaillard, É., Ordoñez, M., Benitez, S., Berrones, G., Jiménez, N., Montenegro, G., & Zambrano, I. (1995). *Basin development in an accretionary, oceanic-floored fore-arc setting: southern coastal Ecuador during late Cretaceous-late Eocene time.*
- Labrousse, B. (1990). *Relaciones entre la formación Cayo y la formación Piñón en el sector de Guayaquil.* Obtenido de Implicaciones Geotécnicas: [http://horizon.documentation.ird ...](http://horizon.documentation.ird...)
- Lavenu, A. (2006). Neotectónica de los Andes entre 1 N y 47 S (Ecuador, Bolivia y Chile): una revisión. *Revista de La Asociación Geológica Argentina*, 61(4), 504–524.
- Minster, J. B., Jordan, T. H., Molnar, P., & Haines, E. (1974). Numerical modelling of instantaneous plate tectonics. *Geophysical Journal International*, 36(3), 541–576.
- Morante, F. (2004). Las zeolitas de la costa de Ecuador (Guayaquil): geología, caracterización y aplicaciones. *Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.*
- Morante, F., Merchán-Sanmartín, B., Cárdenas-Cruz, A., Jaya-Montalvo, M., Mata-Perelló, J., Herrera-Franco, G., & Carrión-Mero, P. (2022). Sites of geological interest assessment for geoeeducation strategies, ESPOL University Campus, Guayaquil, Ecuador. *Land*, 11(6), 771.
- Morante, F., Pérez, B. C., & López, L. C. (1994). *Las zeolitas de la costa de Ecuador (Guayaquil): geología, caracterización y aplicaciones.* Madrid: ETSI-MINAS, Universidad Politécnica de Madrid.
- Olsson, A. (1942). Some tectonic interpretations of the Geology of Northwestern South America. *Proceedings of the Eighth American Scientific Congress Held in Washington May 10-18, 1940*, 4, 401.
- Roperch, P., Mégard, F., Laj, C., Mourier, T., Clube, T. M., & Noblet, C. (1987).

Rotated oceanic blocks in western Ecuador. *Geophysical Research Letters*, 14(5), 558–561.

Thalman, H. E. (1946). Micropaleontology of upper Cretaceous and Paleocene in western Ecuador. *AAPG Bulletin*, 30(3), 337–347.

Vera, R., DUGAS, F., & GAVILANEZ, E. E. (1985). *Consideraciones paleogeográficas en base a petrología de areniscas de las principales formaciones de la Península de Santa Elena y Cuenca de Progreso.*