

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO, PROCEDENCIA Y
CARACTERIZACIÓN DE FACIES CORRESPONDIENTES A LOS
DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS DE LA FORMACIÓN SAN MATEO
DE LA CUENCA DE MANABÍ

ANÁLISIS PETROGRÁFICO, CARACTERIZACIÓN DE FACIES Y
GEODINÁMICA DE LA FM. SAN MATEO

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
GEOLOGÍA

KATHERINE DAYANA GUAYASAMÍN CAJAMARCA

katherine.guayasamin@epn.edu.ec

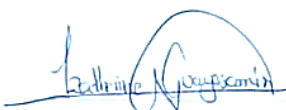
DIRECTOR: PHD. PEDRO SANTIAGO REYES BENÍTEZ

pedro.reyes@epn.edu.ec

Quito, febrero 2023


CERTIFICACIONES

Yo, KATHERINE DAYANA GUAYASAMÍN CAJAMARCA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



KATHERINE GUAYASAMÍN

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por KATHERINE DAYANA GUAYASAMÍN CAJAMARCA, bajo mi supervisión.



PEDRO REYES
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

KATHERINE DAYANA GUAYASAMÍN CAJAMARCA

PEDRO SANTIAGO REYES BENÍTEZ

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres, por todo el cariño y esfuerzo realizado durante mi formación académica.

A mi hermana, por ser mi apoyo y motivación para seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mi abuelito, quien fue mi motivación de cada día y me dio la fuerza necesaria en mis momentos de desmayo.

A mis mascotas, por ser mis compañer@s en mis noches largas.

AGRADECIMIENTO

Después de haber culminado mis estudios con éxito, solo me queda decir ¡Gracias!

A Dios, por la fortaleza que me permitió tener día a día para no rendirme y poder cumplir con mis sueños.

A mis padres, quienes con su cariño, esfuerzo y paciencia dieron todo para que pueda culminar mis estudios. Sus consejos y valores me ayudaron a crecer y ser una persona de bien.

A mi hermana, gracias por ser mi guía durante este tiempo, por enseñarme que todo se puede con la ayuda de Dios, por estar en mis crisis tanto académicas como personales, por tus consejos y sobre todo por existir en mi vida. ¡Amigas por siempre!

A Stalin, por todo el apoyo brindado en la realización de este proyecto de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Área de estudio.....	2
1.5 Marco teórico.....	3
1.5.1 Geología regional	3
1.5.2 Geología local.....	10
1.5.3 Sedimentos marinos profundos	16
1.5.4 Facies sedimentarias.....	21
2 METODOLOGÍA.....	23
2.1 Recopilación bibliográfica	23
2.2 Metodología de trabajo de campo.....	23
2.3 Metodología de laboratorio	24
2.4 Metodología de facies.....	27
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1 Análisis petrográfico	27
Fm. Dos Bocas	27
Fm. Piñón	27
Fm. San Eduardo.....	28
Fm. San Mateo	28
Fm. Zapotal	29
3.2 Facies sedimentarias.....	29
3.2.1 Fm. San Eduardo.....	29
3.2.2 Fm. San Mateo	30
3.2.3 Fm. Zapotal	37

3.2.4	Fm. Dos Bocas	38
3.3	Modelo sedimentológico	41
4	CONCLUSIONES	43
5	RECOMENDACIONES.....	44
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
7	ANEXOS.....	53
	ANEXO I. Tabla resumen del análisis petrográfico	53
	ANEXO III. Fichas petrográficas.....	54
	DB-01	54
	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	54
	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	54
	PNN-03	57
	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	57
	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	57
	PNN-05	60
	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	60
	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	60
	SE-02	63
	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	63
	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	63
	SE-03	66
	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	66
	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	66
	SE-04	69
	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	69
	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	69
	SM-13	72
	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	72
	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	72
	SM-16	75
	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	75
	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	75
	SM-17	78
	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	78
	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	78

SM-18	80
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	80
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	80
SM-19	83
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	83
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	83
ZP-02	86
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA.....	86
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa del área de estudio. Se muestra los códigos de las muestras recolectadas en cada afloramiento.	3
Figura 2 Partes de un abanico submarino. Tomado de (Walker et al., 1992).	16
Figura 3 Elementos de los abanicos submarinos determinados en base al tamaño de grano dominante. Tomado de (Nichols, 2009).	18
Figura 4 Secuencia de Bouma (a). Distribución de las facies turbidíticas en un abanico submarino (b). Tomado de (Shanmugam, 2021).	19
Figura 5 Materiales utilizados en la metodología. (A) Recopilación bibliográfica, (B) Cortadora Geocut, (C) Pulidora manual Maxi-Lap, (D) Lijas de diamante, (E) Lijas de carburo de silicio, (F) Petropoxy, (G) Cortadora Ingram, (H) Pulidora Ingram, (I) Polvo de carburo de silicio y (J) Portaobjetos.	27
Figura 6 Afloramientos de Piñón encontradas en campo. (A) 516423,6/9823049,8 (B) 509775/9882814.	28
Figura 7 Fm. San Eduardo (546538,8/9877145,4). Estratificación cruzada (A-B, líneas amarillas), Estratificación cruzada planar (B-líneas negras).	30
Figura 8 Afloramientos encontradas en la playa Salango. (A) Conglomerado a gran escala de la Fm. San Mateo (516505,0/9822991,7), (B) Clastos de Piñón (Pnn) y Cayo (Cy) pertenecientes al conglomerado, muestra una gradación normal (516494,9/9822983,8).	31
Figura 9 Conglomerado de Puerto Cayo (529081,2/9849105,3). (Gmsf) conglomerado de matriz soportada arcillosa, (Sd) arenisca laminada (descripción en el texto) y (Gms) conglomerado matriz soportada (descripción en el texto).	32
Figura 10 Conglomerado en Puerto Cayo (529082,4/9849107,1). Clastos probablemente de la Fm. Piñón, presenta gradación normal.	33
Figura 11 Conglomerado en la playa de Salango (516536,4/9822933,3). Presenta estratos intercalados de conglomerados con clastos menores a 10 cm con conglomerados que tienen clastos mayores a 10 cm.	34
Figura 12 Arenisca en la playa Salango (516980,2/9822527,1). Laminación paralela muy notable en la parte del esfero.	35
Figura 13 Areniscas ubicadas en la playa Salango (516847,9/9822653,5). Se diferencia de la Sh debido a que esta facie forma lentes de arena y su grano va de fino a muy gruesa. Además, presenta una base erosiva entre estas dos facies.	36
Figura 14 Lente de arena entre los estratos de lutitas con color blanco grisáceo. Playa Salango (516678,2/9822799,6).	37
Figura 15 Estratificación cruzada planar de arenisca de grano fino a muy grueso, estructura a gran escala (532156,9/9792711,9).	38
Figura 16 Varias fracturas cortan al estrato masivo de arena, estas fracturas se encuentran llenas de yeso y en ciertos casos de material silíceo (547919,4/9882154,2).	39
Figura 17 Conglomerado con gradación inversa (530077,5/9789424,6). Clastos de la Fm. Piñón.	40
Figura 18 Modelo evolutivo de las formaciones analizadas en este trabajo. Fm. Piñón-basamento costero.	42

RESUMEN

En este trabajo se analiza la petrografía y caracterización de facies de las distintas formaciones de la cuenca de Manabí, la cual comprende el área litoral entre Valdivia y Pedernales donde aflora la Formación San Mateo y las formaciones subyacentes y suprayacentes dentro de esta cuenca.

Para lo cual, se presentan tres etapas de estudio: en el primero se da el análisis de las diferentes litologías pertenecientes a las formaciones Piñón, Cayo, Calentura y San Mateo, mismas que fueron complementadas con la descripción de 12 láminas delgadas mediante la elaboración de fichas petrográficas para un mayor entendimiento; la segunda etapa consiste en la interpretación de facies sedimentológicas basándonos en lo muestreado y recolectado en campo; finalmente se expone un modelo evolutivo de las formaciones presentes dentro de la cuenca de Manabí.

Los resultados nos permiten indicar que el basamento de la costa ecuatoriana (Fm. Piñón) se lo puede encontrar como fragmentos de roca junto al de otras formaciones dentro de la Fm. San Mateo, según nuestro estudio, esto se debería a la presencia de varios eventos tectónicos (doble subducción y fallamiento por parte de la Cordillera Chongón Colonche, Jubones, entre otras). Además, se plantea que el ambiente sedimentario de la Fm. San Mateo es un abanico submarino debido a los depósitos litológicos (conglomerados y areniscas) y facies sedimentológicas y turbidíticas encontrados en campo.

PALABRAS CLAVE: Abanico Submarino, Facies Sedimentarias, Fm. San Mateo, CLIP, Areniscas, Conglomerados.

ABSTRACT

This paper analyzes the petrography and characterization of facies of the different formations of the Manabí basin, which includes the coastal area between Valdivia and Pedernales where the San Mateo Formation emerges and the underlying and overlying formations within this basin.

For which, three stages of study are presented: in the first is the analysis of the different lithologies belonging to the Piñón, Cayo, Calentura and San Mateo formations, which were complemented with the description of 12 thin sheets through the elaboration of petrographic sheets for a greater understanding; The second stage consists of the interpretation of sedimentological facies based on what was sampled and collected in the field; finally, an evolutionary model of the formations present within the Manabí basin is exposed.

The results allow us to indicate that the basement of the Ecuadorian coast (Fm. Piñón) can be found as rock fragments next to other formations within the Fm. San Mateo, according to our study, this is due to the presence of several tectonic events (double subduction and faulting by the Chongón Colonche Mountain Range, Jubones, among others). In addition, it is proposed that the sedimentary environment of the Fm. San Mateo is an underwater fan due to the lithological deposits (conglomerates and sandstones) and sedimentological and turbiditic facies found in the field.

KEYWORDS: Submarine fan, sedimentary facies, Fm. San Mateo, CLIP, sandstones, conglomerates.

1 INTRODUCCIÓN

El forearc costero ecuatoriano comprende varias unidades o bloques tectonoestratigráficos que se sustentan por rocas máficas y volcánicas cristalinas, tal es el caso del Bloque San Lorenzo, el cual limita al oeste con el Bloque Piñón y al norte con el Bloque Pedernales en donde se encuentran rocas sedimentarias del neógenas pertenecientes a la Cuenca de Manabí, esta cuenca viene a ser la más grande dentro del forearc costero que tiene una longitud de aproximadamente 250 km y se extiende desde la falla de Colonche en el sur, hasta la cordillera de Jama en el norte (L. Luzieux, 2007).

La cuenca de Manabí se caracteriza por ser un relleno sedimentario, en el cual el basamento está representado por la Formación Piñón que incluye basaltos, gabros, tobas, dioritas y está recubierto por sedimentos del arco San Lorenzo y Cayo, finalmente se da el relleno con rocas sedimentarias y volcanoclásticas pertenecientes al resto de formaciones.

En este Trabajo de Integración Curricular se estudiaron las unidades litoestratigráficas con edades comprendidas entre el Cretácico y el Mioceno Superior, incluyendo las formaciones Piñón, Calentura, Cayo, San Eduardo, Cerro, San Mateo, Playa Rica, Dos Bocas, Angostura y Ónzole. De todas estas formaciones se hace un mayor énfasis en las formaciones de Calentura, Cayo, San Eduardo y San Mateo., ya que son clave para entender la evolución sedimentaria de la cuenca.

Por lo tanto, el conocimiento detallado de la petrografía y la sedimentología de estas formaciones es fundamental para comprender su origen, evolución y distribución en el área. En este sentido, el presente proyecto de investigación se enfoca en el análisis petrográfico y sedimentológico de las formaciones de la cuenca de Manabí, a través de un estudio microscópico de láminas delgadas y una descripción detallada de las facies sedimentológicas observadas en campo. El objetivo principal de este estudio es elaborar un modelo sedimentológico de las distintas formaciones geológicas de la cuenca, esto nos permitirá tener una mejor comprensión de su génesis y evolución.

1.1 Objetivo general

Realizar un estudio de integral de la cuenca de Manabí que permita comprender la petrografía y la sedimentología de sus formaciones geológicas, con el fin de elaborar un modelo sedimentológico que contribuya al conocimiento de la evolución geológica de la cuenca.

1.2 Objetivos específicos

1. Analizar la petrografía de las formaciones de la cuenca de Manabí a través de un estudio microscópico de láminas delgadas.
2. Describir las facies sedimentológicas de los depósitos observados en campo.
3. Elaborar un modelo sedimentológico de las distintas formaciones de la cuenca de Manabí.

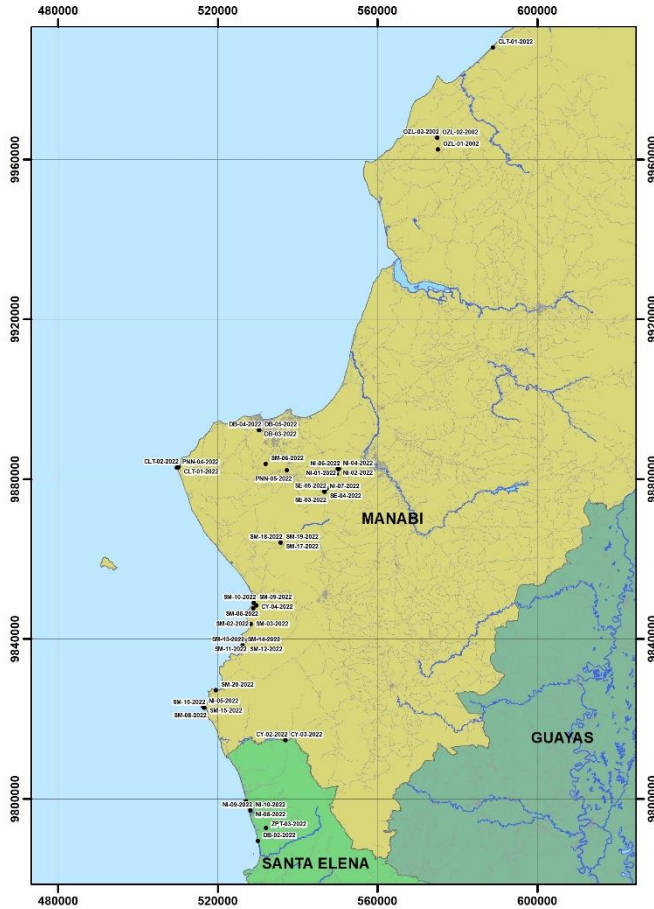
1.3 Alcance

Para el presente proyecto se realizará un trabajo de campo que involucra la recolección de muestras, tratamiento de minerales y análisis de resultados. La elaboración de columnas litológicas permitirá definir la posición estratigráfica a fin de determinar la evolución geológica. Así mismo se pretende realizar un análisis de facies sedimentarias, mismas que nos llevará a plantear un modelo evolutivo.

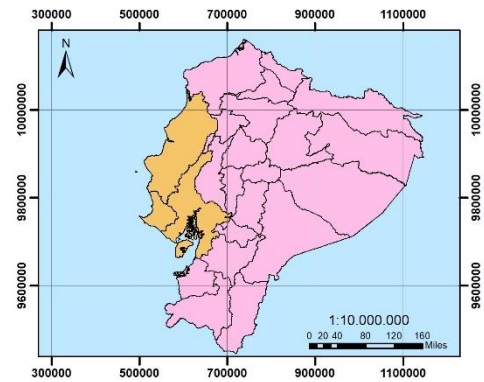
1.4 Área de estudio

El área del estudio corresponde a la Cuenca de Manabí localizada en la región costera del Ecuador, misma que se encuentra separada de la Cuenca Borbón por la falla Canandé (Hernández et al., 2020b).

En el presente trabajo se abarca las provincias de Santa Elena y Manabí dentro de las cuales se limita una zona de estudio entre los poblados de Valdivia y Pedernales respectivamente (Figura 1).



MAPA DEL ECUADOR



MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO

PROVINCIAS DE MANABÍ, GUAYAS Y SANTA ELENA



SISTEMA DE COORDENADAS: WGS84

- Muestras recolectadas
- Vías
- Río principal
- PROVINCIAS
- GUAYAS
- MANABÍ
- SANTA ELENA

AUTOR: KATHERINE GUAYASAMÍN
 LUGAR: QUITO ECUADOR
 AÑO: 2023 KATHERINE GUAYASAMÍN

Figura 1 Mapa del área de estudio. Se muestra los códigos de las muestras recolectadas en cada afloramiento.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Geología regional

El Ecuador geológicamente se encuentra dividido en cinco diferentes regiones morfoestructónicas: (1) El Antearco Costero, (2) La Cordillera Occidental, (3) El Valle Interandino, (4) La Cordillera Oriental (o Cordillera Real) y (5) La cuenca Oriente (Vallejo et al., 2019a). Dentro del bloque Amotape-Tahuin también aflora el basamento andino con tendencia hacia el Este, un fragmento de la Cordillera Oriental que se desprendió y rotó durante la deformación oblicua del Cretácico – Eoceno (Mourier et al., 1988; Litherland, 1994; Spikings et al., 2005; Kennan & Pindell, 2009). La zona subandina representa el cinturón frontal de pliegues y cabalgamientos, una región de transición entre la Cordillera Oriental y la cuenca Oriente. Esta transición es importante para comprender la procedencia de los sedimentos y la evolución de la cuenca de foreland incorporando nuevas regiones

de origen a la creciente cuña orogénica. (Gutiérrez et al., 2019). Las subdivisiones presentadas son la consecuencia de una compleja evolución geológica en sus diferentes etapas de depositación, acreción y origen de terrenos oceánicos y continentales, los cuales pueden ser de naturaleza autóctona como alóctona según el ambiente en el que se fue desarrollando.

El ante arco costero

En el margen ecuatoriano el sistema de ante arco costero está organizado en cuatro zonas morfotectónicas son: el borde occidental de los Andes, la plataforma terrestre adyacente (actualmente la región costera emergida de aproximadamente 170 km de ancho), la plataforma marina (aproximadamente 50 km de ancho), el talud continental que ha sido parcialmente modificado por la subducción de Carnegie Ridge en la fosa (Collot et al., 2009). En el ante arco costero se muestran tres dominios morfoestructurales principales: la cuenca del piedemonte (planicie costera) caracterizada por el desarrollo de abanicos aluviales, la Cordillera de la Costa, frente a la Cordillera de Carnegie delimitando el activo margen occidental y el golfo de Guayaquil al sur (Reyes et al., 2018).

El relleno sedimentario del Mioceno del ante arco costero se emplaza sobre cuencas sedimentarias preexistentes durante los ciclos de llenado del Cretácico y el Paleógeno. Cretácico Superior se caracteriza por volcanoclásticos altamente litificados, turbiditas (Formación Cayo) y secuencias de chert estratificado depositados sobre una corteza oceánica engrosada (basaltos y gabros de la Formación Piñón) de edad Cretácico medio-tardío (Reynaud et al., 1999a; L. D. A. Luzieux et al., 2006a; Vallejo et al., 2009). El Paleógeno comprende una secuencia turbidítica siliciclástica basal que da lugar a series silíceas calcáreas y pelíticas ascendentes que se engrosan con algunos volcanoclastos, en todas las cuencas se deposita una sucesión estratigráfica pelítica y diatomácea de unos 2500 m de espesor (nivel estratigráfico denominado Formaciones Dos Bocas, Viche, Villingota). Esta está sobreyacida por la Formación Angostura arenosa de 100-500 m de espesor (Benitez, 1995), que incluye turbiditas volcanoclásticas de grano grueso indicativas de un ambiente marino más profundo (Reyes, 2013). La Formación Ónzole comprende de 300 a 700 m de gruesas limolitas gris azuladas, de ambiente de plataforma marina, pasando hacia arriba con un contacto inconforme y erosional a 100 a 400 m de areniscas gruesas marinas de aguas someras, conglomerados y volcanoclásticos de la Formación Borbón del Plioceno al Pleistoceno inferior (Reyes, 2013).

En Esmeraldas la cuenca de Borbón se encuentra expuesta a lo largo de la cordillera Mache-Chindul, que está separada de la cuenca centro-sur de Manabí por la falla de Canandé de tendencia EW, esta falla con buzamiento en dirección sur al principio revela un desplazamiento normal durante el Mioceno temprano-medio seguido por una actividad compresiva durante el Plioceno, controlando el levantamiento relativo de la cuenca de Borbón (Hernández et al., 2020a). Al sur el sistema de fallas de Jama con buzamiento NE-SW hacia el este, limita el macizo (bloque) de Jama coronado por rocas cretácicas afines a la meseta oceánica (basaltos almohadillados, doleritas y gabros) de la Formación Piñón (Reyes, 2013; Reyes et al., 2018).

En la cuenca central de Manabí, la falla subvertical de Jipijapa de rumbo NNE-SSW, controla el macizo de Jipijapa que yuxtapone las rocas cretácicas del basamento contra los sedimentos miocenos de la Formación Dos Bocas. (Reyes, 2013). En la cuenca sur de Manabí, la falla Chongón-Colonche de rumbo WNW-ESE y vergencia sur, levanta el macizo (bloque) Chongón-Colonche con coronas de basamento que separa la cuenca de Manabí del sur de la cuenca Progreso (Reyes, 2013).

La Cordillera Occidental

Los andes occidentales de Ecuador situados entre 1N y 3S a lo largo del margen activo de Sudamérica, están compuestos por bloques oceánicos alóctonos que se acrecieron a finales de cretácico, la evolución sedimentaria y tectónica cenozoica de los Andes occidentales de Ecuador sigue siendo poco conocida. (Vallejo et al., 2020). El periodo entre el Paleoceno y el Mioceno es significativo porque varios yacimientos minerales se formaron en un amplio rango latitudinal dentro de la Cordillera Occidental durante el Cenozoico (Vallejo et al., 2020). Consiste en rocas máficas oceánicas que se cree que se acumularon en América del Sur durante el Cretácico Superior, unidades sedimentarias y volcano-sedimentarias que recubren el basamento alóctono tienen una organización estructural compleja debido a la actividad de las fallas de rumbo. (Vallejo et al., 2020).

Bloque Pallatanga corresponde al basamento alóctono de la cordillera occidental del Ecuador e incluye doleritas y lavas basálticas submarinas formaciones sedimentarias y volcánicas que pueden agruparse en: (1) Rocas de basamento que incluyen basaltos de la Formación Pallatanga y rocas ultramáficas del complejo San Juan (2) lavas basálticas submarinas y rocas volcanoclásticas del arco de Río Cala del Cretácico superior; (3) Rocas volcánicas y subvolcánicas de la unidad Tandapi de finales del Maastrichtiano al Paleoceno

(Vallejo et al., 2019a); (4) depósitos submarinos Paleoceno-Eoceno del Grupo Angamarca (Hughes & Pilatasig, 2002); y (5) rocas volcánicas y volcanoclásticas subaéreas del Oligoceno-Mioceno de afinidad calco-alcalina. (Vallejo et al., 2020).

La Formación yunguilla, está expuesta en el flanco oriental de la Cordillera Occidental y litológicamente incluye capas relativamente delgadas que van de 10 a 20 cm de espesor, que muestran un patrón de estratificación rítmica de limolitas masivas y areniscas de grano fino. que alternan con mudstones (Vallejo et al., 2020).

La Unidad tandapi incluye una secuencia de rocas volcánicas, tobas y conglomerados expuestos a lo largo de la carretera Alóag-Santo Domingo. Grupo Angamarca y formación Pilaló es una secuencia de relleno de cuenca compuesta por rocas sedimentarias siliciclásticas que incluyen areniscas turbidíticas, conglomerados e intervalos de calizas que se depositaron desde el Paleoceno hasta el Oligoceno. Arco continental San Juan de Lachas del Oligoceno al Mioceno, La Formación San Juan de Lachas integra brechas soportadas por matriz con intercalaciones de lavas andesíticas y depósitos volcanoclásticos.

Formación Silante y su problema estratigráfico, La Formación Silante es una secuencia sedimentaria continental, que incluye areniscas ricas en volcanes, conglomerados y lutitas rojas. La Formación Silante está expuesta a lo largo de la Cordillera Occidental de Ecuador, desde la carretera Alóag-Santo Domingo hacia el norte hasta la frontera con Colombia. (Vallejo et al., 2020).

El Valle Interandino

El Valle Interandino en el Ecuador, es una depresión tectónica – geomorfológica situada entre las Cordilleras Occidental y Real (diferencias de alturas de cerca de 2000 m), de dirección N–S a NNE-SSW, de 25 Km de ancho, 300 Km de largo, que va entre 2°10'S (zona de Alausí) hasta 0°30'N (zona del Chota) y consta de una serie de cuencas sedimentarias que se formaron como resultado de reordenamientos a gran escala de finales del Mioceno a la actualidad. Atravesando de norte a sur, las siguientes subcuencas: la cuenca del Chota, localizada entre las ciudades de Ibarra y Tulcán; la cuenca de Quito-San Antonio-Guayllabamba; la cuenca Ambato-Latacunga; la cuenca Riobamba-Alausí (Winkler et al., 2005).

La cuenca del Chota: La secuencia sedimentaria tiene un espesor de 1200–1400 m y está dividida geográficamente en dos partes por una extensa lámina de lahar que fluye de N a

S, las rocas volcánicas se superponen discordantemente a rocas metamorfoseadas y altamente deformadas de grado bajo a medio (pizarras y cuarcitas) del terreno Guamote (grupo Ambuquí) (Winkler et al., 2005).

La cuenca de Quito-San Antonio-Guayllabamba: Se superpone discordantemente a rocas basálticas de la unidad Pallatanga (CO) del Cretácico o del Plioceno rocas volcánicas de la Formación Pisque basal. La Formación San Miguel es una secuencia volcánica, rica en tobas, de depósitos deltaicos y lacustres que progradan hacia el este, la Formación Guayllabamba suprayacente registra un período de intenso vulcanismo y actividad tectónica compresiva, además, el sistema de fallas inversas de Quito con vergencia este, se volvió activo durante las etapas finales de la deposición de la Formación Guayllabamba y separó la cuenca San Antonio de la cuenca Guayllabamba (Winkler et al., 2005).

La cuenca de Ambato-Latacunga: Cuatro formaciones Plioceno, estratigráficamente sobre rocas volcánicas. Los estratos de la cuenca se abren hacia el CO en el oeste. Estas formaciones corresponden al Oligoceno-Mioceno. rocas volcánicas, que se encuentran ampliamente distribuidas en el arco y ante arco del sur del Ecuador, donde se les conoce regionalmente como el grupo Saraguro. (Winkler et al., 2005).

La cuenca Alausí-Riobamba: Las rocas sedimentarias de la cuenca se superponen discordantemente a las rocas del basamento de la unidad Pallatanga y a una gruesa secuencia de rocas volcánicas del Oligoceno-Mioceno, que se pueden distinguir en dos formaciones. Las observaciones de facies volcánicas y las determinaciones radiométricas de edad de la Formación Huigra inferior sugieren que se correlaciona con el grupo Saraguro. Formación Alausi Superior correlacionan estas rocas volcánicas con las formaciones volcánicas Turi y Tarqui del Mioceno tardío y volcánicas en el ante arco del sur de Ecuador. (Winkler et al., 2005).

La Cordillera Real (o Cordillera Real)

En Ecuador la Cordillera Real se encuentra ubicada en la parte más oriental de los Andes del Norte en la región sierra y al este la zona sub andina, tiene alrededor de 650 km de extensión y 60 km de ancho. Su composición está definida por cinturones de rocas metamórficas con una orientación NNE que relacionan a 5 grupos litoestratigráficos de diferente naturaleza, con edades que van desde el Precámbrico hasta el Triásico, con presencia de fallas e intruidas por batolitos de tipo I y tipo S. Los 5 grupos litoestratigráficos que están limitados por fallas regionales son: empezando desde el oeste Guamote, Falla

Peltetec, Alao, Frente de Baños, Loja, Falla Llanganates, Salado, Falla Cosanga-Méndez y al este Amazónico (Litherland, 1994).

El terreno Guamote presenta rocas de muy bajo grado metamórfico y cabalgamientos a vergencia Oeste. Se clasifica en las siguientes unidades con su composición litológica: Unidad Punín (cuarcitas grises y rojas, intercalaciones menores de pizarras negras), Unidad Cebadas (pizarras negras con cuarcitas) y Unidad Ambuquí (cuarcitas y filitas negras) de origen continental en cuña clástica de acreción metamorfoseadas en el Jurásico – Cretácico (Litherland, 1994).

El terreno Alao presenta rocas de bajo grado metamórfico y foliaciones de alto ángulo con plegamiento recto. Se clasifica en las siguientes unidades con su composición litológica: Unidad Peltetec (ofiolitas desmembradas), Unidad Maguazo (metaturbiditas), Unidad Alao - Paute (meta-andesitas, tobas y aglomerados de facies de esquisto verde tipo barroviano) y Unidad El Pan (esquistos grafitosos) de diferentes orígenes como: piso oceánico, arco volcánico y ante arco o cuenca marginal metamorfoseadas en el Jurásico superior (Oxfordiano – Calloviano) (Litherland, 1994).

El terreno Loja presenta rocas de grado bajo a medio metamórfico y cabalgamientos hacia el Este con imbricaciones. Se clasifica en las siguientes unidades con su composición litológica: Unidad Tres Lagunas (granitoides tipo S foliados), Unidad Sabanilla (orto y paragneises), Unidad Agoyan - Cera (esquistos biotíticos), Unidad Monte Olivo (anfíbolitas), Unidad Quebrada el volcán (metalavas y aglomerados), Unidad Chiguinda (filitas, cuarcitas grises y negras) y Unidad Huacapamba (filitas y esquistos cloritosos) granitoides tipo S de rift en sedimentos de origen continental metamorfoseadas en plutones triásicos en sedimentos paleozoicos (Litherland, 1994).

El terreno Salado presenta rocas de bajo grado metamórfico, cabalgamientos hacia el Este con imbricaciones, campos de skarn de alto nivel y klippen de serpentinita. Se clasifica en las siguientes unidades con su composición litológica: Unidad Azafrán (dioritas deformadas y granodioritas), Unidad Upano (andesitas y volcanosedimentos variable foliadas), Unidad Cerro Hermoso (metasedimentos y mármoles), Unidad Cuyuja (esquistos pelíticos y gneises), Unidad Tapala (calizas y areniscas) y Unidad Pucarón (metasedimentos) plutones tipo I en secuencias volcanosedimentarias metamorfoseadas en el Jurásico y posibles pre-Jurásico (Litherland, 1994).

El terreno Amazónico presenta rocas esencialmente sin deformación y sin metamorfismo. Complejo Zamora: granitoides calco alcalinos (tipo I). Se clasifica en las siguientes unidades con su composición litológica: Unidad Misahualli (lavas calco alcalinas), Unidad La Saquea (andesitas y brechas), Unidad Nueva Esperanza (volcanosedimentos), Unidad Suarez (conglomerados), Unidad Chapiza (capaz rojas), Unidad Piuntza (metavolcanosedimentos variable skarnificados), Unidad Pachicutza (basaltos), Unidad Yacuambi (metavolcanicos verdes y filitas negras), Unidad Santiago (calizas y lutitas negras) y Unidad Isimanchi (filitas mármoles verdes y negros) intrusivos tipo I y volcánicos de arco continental sobre post rift metamorfoseadas en rocas ígneas jurásicas con triásico y sedimentos paleozoicos (Litherland, 1994).

La cuenca Oriente

En Ecuador la cuenca Oriente es una cuenca activa de foreland retroarc que se generó por la subsidencia flexural inducida por el engrosamiento de la corteza andina. Es relacionada con la cuenca de Putumayo en el sur de Colombia y a la cuenca de Santiago-Marañón en el norte de Perú. La cuenca Oriente contiene ~4.5 km de depósitos principalmente clásticos. La sucesión cretácica-cenozoica se superpone a los flujos de lava basáltica a riolítica y a los depósitos piroclásticos de la Formación Misahualli en el oeste y a los depósitos clásticos tobáceos y no marinos de la Formación Chapiza más al este (Romeuf et al., 1995). La sección volcanoclástica de ~600m de espesor se encuentra superpuesta inconformemente por la Formación Hollín del Cretácico inferior, que compone ~150 m de depósitos fluviales a marinos de arenisca cuarzosa y capas esporádicas de carbón que representa el inicio de las condiciones marinas a largo plazo (Tschopp, 1953; Dashwood & Abbotts, 1990; Baby et al., 2004). El Grupo Napo del Cretácico superior, que lo recubre, incluye una secuencia transgresiva de unos 600 m de espesor de arenisca marina poco profunda, caliza y esquisto rico en materia orgánica. Una discordancia separa el Grupo Napo de origen marino de la Formación Tena, de origen no marino, del Maastrichtiense-Paleoceno, compuesta por ~750 m de limolita roja fluvial intercalada con arenisca limosa (Tschopp, 1953; Dashwood & Abbotts, 1990; Toro Álava & Jaillard, 2005). Cubriendo la Formación Tena en contacto transicional o inconforme se encuentra la Formación Tiyuyacu del Paleoceno-Eoceno, una unidad de grano grueso de ~200-800 m de espesor que se distingue por complejas variaciones de espesor e inconformidades internas (Christophoul et al., 2002; Baby et al., 2013). La Formación Tiyuyacu registró la deposición de canales fluviales y posiblemente de abanicos aluviales durante la migración hacia el este del cabalgamiento. Los depósitos

marinos poco profundos de la Formación Orteguzza del Oligoceno se superponen conformemente a la Formación Tiyuyacu y alcanzan solo 250 m (Christophoul et al., 2002; Roddaz et al., 2009), lo que significa un período de acumulación con pocos sedimentos. El incremento de la sedimentación se registró en la Formación Chalcana del Oligoceno-Mioceno inferior, que corresponde a depósitos de canales fluviales y llanuras de inundación de hasta 450 m de espesor (Burgos et al., 2005; Roddaz et al., 2009). Los depósitos miocenos incluyen la Formación Arajuno, un equivalente marino oriental (Formación Curaray) y la Formación Chambira, parcialmente coetánea. La Formación Arajuno es una unidad de ~1000-1500 m de espesor que contiene depósitos arenosos y gravosos de canales fluviales intercalados con depósitos enraizados de llanura de inundación (Christophoul et al., 2002; Burgos et al., 2005; Roddaz et al., 2009). Las Formaciones Mesa y Mera, del Plioceno-Cuaternario, componen terrazas de gravas de <200 m de espesor que representan la deposición proximal por el megafan fluvial del Pastaza (Bès de Berc et al., 2005).

1.5.2 Geología local

Fm. Piñón

La Fm. Piñón está compuesta por un Complejo Ígneo Basáltico de diabasas, basaltos columnares y tipo almohadilla, aglomerado basáltico, tobas, gabros, dioritas, wehrlitas, flujos de lava y material piroclástico (Berrezueta et al., 2021; Feininger & Bristow, 1980; Goossens & Rose, Jr., 1973; L. Luzieux, 2007). Según (L. Luzieux, 2007), estas rocas están metamorfizadas a facies de zeolita de bajo grado y prehnita-pumpellyita.

Esta formación aflora en el área de Guayaquil en la Cordillera Chongón/Colonche, al SW de la Península de Santa Elena y ha sido reconocida en la cuenca de Manabí (É. Jaillard et al., 1995). La Fm. Calentura sobreyace sobre la Fm. Piñón y su espesor aún no ha sido determinado, sin embargo, varios estudios manifiestan que puede alcanzar más de 1000 m.

Los intentos de datar el basamento, permitió que (Goossens & Rose, Jr., 1973) obtenga edades entre 110 y 54 Ma, el método usado fue $K/^{40}Ar$ analizados en plagioclasas y roca total. (L. D. A. Luzieux et al., 2006b) obtuvo una edad de plato de 88.8 ± 1.6 Ma realizada en una hornblenda de un gabro mediante el método $^{40}Ar/^{39}Ar$, posiblemente su origen sea relacionado a plumas mantélicas. (Van Melle et al., 2008) al igual que (Aguilera, 2018) proponen una edad del Coniaciense en base a datos y estudios estratigráficos.

Fm. Calentura

Contiene una sucesión de 200 metros de lutitas, calizas negras laminadas y capas finas de turbidíticas de grauvaca que incluye algunas capas finas de brechas volcánicas y hialoclastitas (É. Jaillard et al., 1995). Hacia la parte superior se tiene margas, radiolaritas, calizas ricas en materia orgánica y 5 metros de areniscas y limolitas rítmicamente estratificadas con un espesor decimétrico (L. Luzieux, 2007).

La Fm. Calentura aflora al norte de Guayaquil, al este de la Cordillera Chongón Colonche y se adelgaza hacia la parte occidental del Bloque Piñón (É. Jaillard et al., 1995; L. Luzieux, 2007). La sección típica se encuentra en una cantera antigua ubicada en el Peñón del Río (Benítez, 1995) y la sección más completa se halla en el Río Guaraguau al NW de Guayaquil con un espesor estimado de 70 metros (L. Luzieux, 2007). En otros lugares de Guayaquil el espesor puede alcanzar los 400 metros (Benítez, 1995).

La Fm. Calentura se superpone concordantemente a la Fm. Piñón (É. Jaillard et al., 1995; L. D. A. Luzieux et al., 2006b) y sobre esta se encuentra la Fm. Cayo (E. Jaillard et al., 1997; Reynaud et al., 1999b). Sin embargo, (Benítez, 1995) lo considera como Miembro Basal Calentura dentro de la Fm. Cayo.

La presencia de foraminíferos indica una edad del Cenomaniense-Turonense (Thalman, 1946). Sin embargo, estudios realizados en foraminíferos planctónicos arrojaron una edad entre 89-84 Ma, lo que excluye la edad deposicional manifestada por (L. Luzieux, 2007; L. D. A. Luzieux et al., 2006b; Thalman, 1946). La edad Coniacense fue confirmada mediante la paleontología realizada por M. Ordoñez (Benítez, 1995; É. Jaillard et al., 1995).

Fm. Cayo

Es una secuencia de 2000 a 3000 m de espesor que contiene debris-flow de color verde oliva claro, turbiditas silicificadas, areniscas, conglomerados volcánicos de grano grueso a fino y brechas volcánicas de composición intermedia a básica (Feininger & Bristow, 1980; É. Jaillard et al., 1995; L. Luzieux, 2007; L. D. A. Luzieux et al., 2006b). La parte basal presenta areniscas tobáceas de color verde y wackes, más arriba predomina el chert o la argilita (Feininger & Bristow, 1980; L. Luzieux, 2007). El espesor máximo se estima en Guayaquil con 2.400 m a lo largo de la Vía Perimetral y disminuye gradualmente hacia el NW. (Benítez, 1995; L. Luzieux, 2007).

La Fm. Cayo aflora en la Cordillera Chongón/Colonche (Feininger & Bristow, 1980; É. Jaillard et al., 1995), en la parte sur del Bloque San Lorenzo (playa los Frailes, al norte de

Puerto López), en el Bloque de Pedernales (carretera entre el Carmen y Pedernales) y en el remoto Río Bachillero accesible solo en época seca desde la pequeña aldea de Las Piedras, situada a unos 15 km al sur de Pedro Carbo. (L. Luzieux, 2007). Se superpone concordantemente a la Fm. Calentura (É. Jaillard et al., 1995).

Los estudios realizados en radiolarios, foraminíferos plantónicos indican una edad del Santoniano-Maastrichtiano (É. Jaillard et al., 1995; L. Luzieux, 2007; Thalmann, 1946). Los microfósiles hallados a lo largo del Río Bachillero arrojaron una edad del Campaniense tardío-Campaniense medio (L. Luzieux, 2007).

Fm. San Eduardo

Contiene en su mayoría una caliza bien estratificada comúnmente fosilífera, calciturbiditas depositadas dentro de margas y micritas autóctonas y hemipelágicas, calcarenitas de color entre blanco y crema con nódulos de chert, lodolitas y arcillolitas silíceas; en la parte basal existen capas de margas y lutitas y fragmentos angulosos de chert, posiblemente derivados de la Fm. Cayo (Feininger & Bristow, 1980; É. Jaillard et al., 1995; L. Luzieux, 2007). Localmente se encuentran capas intercaladas de esquisto silicificado y masas lenticulares de chert. Su espesor varía entre 30 a 120 m (Benítez, 1995; Feininger & Bristow, 1980; L. Luzieux, 2007).

Se superpone para-concordantemente a la Fm. Cayo a lo largo del flanco suroccidental de la cordillera Chongón/Colonche. (Feininger & Bristow, 1980). En la parte occidental sobreyace discordantemente a rocas del cretácico superior, mientras que en la parte oriental de la Cordillera Chongón/Colonche, sobreyace concordantemente a los chert de Guayaquil del Paleoceno (É. Jaillard et al., 1995).

Se presenta como olistolitos en la Península de Santa Elena, hay afloramientos dispersos en la Costa al N en las provincias de Manabí y Esmeraldas (Feininger & Bristow, 1980). Presente en el Río Paco de unos 20 m de espesor y más al W en el Río Bachillero una banda métrica de caliza laminada paralela (Benítez, 1995)

La identificación de varios radiolarios, nanofósiles calcáreos y foraminíferos planctónicos arrojan una edad entre Paleoceno tardío y Eoceno temprano, el cual es confirmado por varios autores (Benítez, 1995; É. Jaillard et al., 1995; L. Luzieux, 2007).

Fm. Cerro

Es una serie volcanoclástica de casi 100 m de espesor, está compuesta por tobas laminadas, areniscas tobáceas con conglomerados de color gris claro a gris verdoso (Benítez, 1995). En Cerro de Hoja, la formación presenta en la base areniscas y microbrechas con cemento calcáreo, luego pelitas tobáceas silíceas grises bien estratificadas de color verdoso a rojizo y finalmente margas de color beige (Benítez, 1995).

La Fm. Cerro aflora en el Membrillal y La Pila, donde se encontró conglomerados basales y margas con intercalaciones de areniscas tobáceas, algunas de estas intercalaciones tobáceas se pudieron hallar en los acantilados de Machalilla y Puerto Cayo, donde descansa en discordancia angular sobre la Fm. Cayo (Benítez, 1995).

La edad corresponde al Eoceno medio en base a estudios realizados a foraminíferos planctónicos (Flores Naranjo et al., 2009).

Fm. San Mateo

Llamado así por el pueblo San Mateo ubicado 10 Km al W de Manta. La Fm. San Mateo consiste en 800 m de arenisca de grano fino a medio con capas de conglomerados que contienen clastos derivados de las formaciones Piñon y Cayo (Feininger & Bristow, 1980). También posee flujos de detritos, areniscas quijarrosas, areniscas laminadas, depositadas por corrientes de turbidez de alta densidad y gruesas capas de lutitas y margas (L. Luzieux, 2007).

En Membrillal, localizada entre cabo San Lorenzo y Julcuy se realizó un corte en el Río Sancán, donde predominan fragmentos angulares de lutitas tobáceas brechoides, sobre el cual tenemos areniscas turbidíticas de color café y con vestigios de lignito. En Machalilla, en la playa, se observan afloramientos de facies turbidíticas y algunos flujos fluidificados. Finalmente, en Puerto López cercano a “Punta Mirador”, se observa facies conglomeráticas sobre sedimentos finos (Egüez, 1985). La Fm. San Mateo se superpone a las formaciones San Lorenzo y Cayo y probablemente a la Fm. Piñon a través de una discordancia erosiva. Además, está sobreyacida por la Fm. Zapotal en el sur, la Fm. Zapotal en el centro y el norte del Bloque San Lorenzo, a través de una discordancia erosiva (L. Luzieux, 2007).

(Contreras, 1990) realizó estudios en foraminíferos planctónicos y radiolarios, de los cuales se obtuvo una edad del Eoceno medio tardío-Eoceno superior temprano.

Fm. Zapotal

Contiene conglomerados de cantos rodados de chert e intercalaciones de areniscas de grano grueso y areniscas tobáceas (Benítez, 1995). Según (É. Jaillard et al., 1995) comprende dos unidades estratigráficas, una consiste en depósitos continentales a costeros de grano grueso y la otra en depósitos marinos elásticos de grano fino.

La Fm. Zapotal es gruesa en el eje oriental de la cuenca, donde su espesor supera los 1000 m, y a los bordes es relativamente delgada con espesores que alcanzan los 457 m (Benítez, 1995).

Principalmente aflora al SW y NE de la cuenca Progreso y en la línea del ferrocarril al N del pueblo Zapotal. Se superpone discordantemente al Grupo Ancón (Vallejo et al., 2019b).

Debido a la ausencia de microfósiles, se asume por posición estratigráfica una edad de oligoceno (Ordoñez et al., 2006)

Fm. Playa rica

Consiste en lutitas y limolitas de color gris oscuro a claro de aspecto masivo con intercalaciones de tobas finas de color gris claro, ciertas capas presentan nódulos calcáreos y bioturbación (Benítez, 1995; L. Luzieux, 2007).

A la base se tiene intercalaciones de pelitas de color pardo oscuro, pelitas grises verdosas y areniscas glauconíticas localmente muy finas, luego pelitas de color gris verdosas oscuras, calcáreas, material carbonoso y areniscas muy finas; en la parte superior se tiene argilitas de color verde claro, localmente limosas, ligeramente calcáreas (Benítez, 1995).

La Fm. Playa rica aflora en los bordes de la cuenca de Borbón, en los acantilados de Valdivia y Ayangué y en el Bloque de Esmeraldas Puerto Libre (Benítez, 1995). Esta formación alcanza un espesor de 800m y sobreyace para conforme a la Fm. Zapallo (Benítez, 1995; L. Luzieux, 2007).

Debido a la presencia de foraminíferos y nanofósiles calcáreos se le asigna una edad del oligoceno medio al oligoceno tardío (Ordoñez et al., 2006).

Fm. Dos Bocas

Contiene argilitas, lutitas y limolitas laminadas de color negro a parduscas con vetas milimétricas de yeso presentes principalmente en la superficie (Benítez, 1995). Frecuentemente presenta bloques métricos con concreciones calcáreas bien litificadas y

compuestas principalmente de calcita microesparítica con pequeñas cantidades de cuarzo (Benítez, 1995; L. Luzieux, 2007).

El nombre fue tomado del pueblo desaparecido Dos Bocas, 7km al E de Zapotal. Aflora en el margen W de la Cuenca de Progreso y al S de Valdivia hasta Manglaralto (Bristow & Hoffstetter, 1977).

Tiene un espesor de 300 m en los bordes de la cuenca y puede alcanzar 2400 m en el centro de la Cuenca de Progreso. Al N de la cuenca de Manabí varía entre 546 m, 1012 m y 781 m (Bristow & Hoffstetter, 1977). La Fm. Dos Bocas sobreyace discordantemente a la Fm. Zapotal y hacia el centro del W es sobreyacida en concordancia por la Fm. Villingota (Benítez, 1995)

Se reporta una edad del mioceno temprano (inferior) en base a foraminíferos planctónicos y radiolarios (Benítez, 1995; L. Luzieux, 2007; Ordoñez et al., 2006).

Fm. Angostura

Desde la base al tope, contiene areniscas blancas y marrones lito-feldespáticas, donde se intercalan limolitas grises oliva, y lutitas grises azuladas, calcáreas, con intercalaciones espaciadas de areniscas de color gris claro de grano fino a grueso, algunas de ellas tobáceas y localmente glauconíticas (Benítez, 1995). Conglomerados y areniscas con intercalaciones de lutita grises, calcáreas suaves (Benítez, 1995). Limolitas y arcillolitas grises, moderadamente calcáreas, con intercalaciones de areniscas de color gris claro, algo calcáreas, friables y glauconíticas (Ordoñez et al., 2006)

Se encuentra cerca de la desembocadura del Estero Angostura en el Río Santiago y en la Cordillera Chongón Colonche donde yace inconforme sobre la Fm. Piñon (Benítez, 1995). Además, sobreyace a la Fm. Tosagua y está sobrepuesta concordantemente por las limolitas de la Fm. Ózole.

Se le asigna una edad del mioceno tardío por estudios en moluscos y foraminíferos planctónicos (Benítez, 1995). Mientras que (Bristow & Hoffstetter, 1977; Ordoñez et al., 2006) adoptan una edad del mioceno medio

Fm. Ózole

(Benítez, 1995; L. Luzieux, 2007) la dividen 3 miembros informales: el miembro inferior consiste en 300 a 800 m de fangolita limosa, areniscas tobáceas y limolitas frescas de color gris y alteradas de color beige; superpuesta por fangolitas incrustadas con areniscas y

conglomerados del miembro medio. Finalmente, el miembro superior está formado por 1200 m de fangolitas y limolitas de color gris verdoso, turbiditas, areniscas y conglomerados.

La Fm. Ónzole aflora en el Río Ónzole, un afluente del Río Cayapas en el este de la Provincia de Esmeraldas, sobreyace a la Fm. Angostura y yace bajo las areniscas de la Fm. Borbón en un contacto aparentemente transicional (Benítez, 1995)

Miembro inferior y medio son del mioceno tardío y el miembro superior del plioceno (L. Luzieux, 2007).

1.5.3 Sedimentos marinos profundos

Abanicos submarinos

Definición

Es una masa de sedimentos depositadas en el fondo marino por procesos de flujo en masa, principalmente corrientes turbidíticas. El material aportado sea clástico o carbonatado contiene proporciones de grava, arena y lodo (Nichols, 2009).

Normark sugiere que los abanicos consisten en tres partes: un único valle con diques en el abanico superior, un abanico medio formado por lóbulos en los extremos de los canales que cambian de posición periódicamente, y un abanico inferior topográficamente liso sin canales (Figura 2) (Walker et al., 1992).

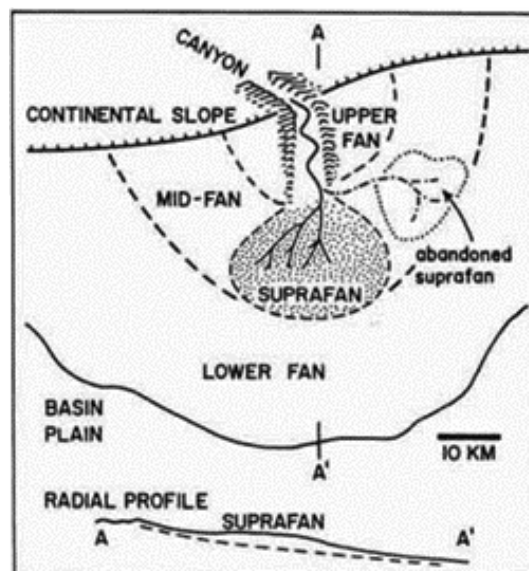


Figura 2 Partes de un abanico submarino. Tomado de (Walker et al., 1992).

Mutti introdujo tres tipos de abanicos submarinos en donde implica las etapas de evolución de un sistema de turbiditas durante el aumento del nivel del mar: II se aproxima al modelo de lóbulo de alimentación de canal de Normark, I los grandes flujos arenosos pueden desplazarse a gran distancia de la base de la pendiente dando lugar a un depósito que se desprende de sus canales alimentadores, III pueden formarse complejos de diques de canales “levee” formados durante la subida del nivel del mar sin lóbulos deposicionales (Walker et al., 1992).

(Shanmugam, G., 2016) presentan los tres elementos básicos de los abanicos submarinos: cañones, canales y lóbulos.

Cañones submarinos

Son valles empinados que inciden en la plataforma continental y el talud, su forma en V es muy común, aunque en algunos casos es posible encontrar perfiles en forma de U. Los cañones sirven principalmente para transportar el sedimento desde el continente y plataforma hasta el medio marino profundo, los depósitos como turbiditas, deslizamientos, detritos, tidalitas y hemipelagitas, pueden acumularse dentro de los cañones submarinos (Shanmugam, G., 2016).

(Harris & Whiteway, 2011) realizaron un inventario de 5849 cañones submarinos y en base a sus estudios dividen a los cañones en tres tipos básicos: Tipo 1 (asociados a ríos o sistemas estuarinos, con incisión de plataforma), Tipo 2 (incisión en plataforma) y Tipo 3 (“ciego”, confinado a la pendiente).

Canales submarinos

Los canales submarinos pueden penetrar o pasar distalmente a los lóbulos deposicionales (Nichols, 2009), en el piso oceánico moderno se ha reconocido dos tipos principales de canales, los meandros y los trenzados (Shanmugam, G., 2016).

Según (Nichols, 2009) los depósitos del canal (Figura 3) suelen ser arenas gruesas y gravas que forman capas gruesas gradadas, caracterizadas por la secuencia de Bouma del modelo de turbiditas de alta densidad. La extensión lateral de estas capas de turbiditas se limitan por la anchura del canal, cuando este se llena, forman un cuerpo lenticular constituido por turbiditas de grano grueso. Además, se puede tener depósitos de arena fina, limo y lodo cuando el flujo de la orilla desde el canal se extiende como una corriente de turbidez de grano fino lejos del canal para formar *levees* de canal submarino; y depósitos fangosos que

consisten en las partes superiores de la secuencia de Bouma y se alejan del margen del canal con una geometría en forma de cuña.

Lóbulos submarinos

Según (Shanmugam, G., 2016) el concepto de lóbulo submarino se inició con el término “lóbulo suprafan” para los abanicos modernos y abanicos medios de corrientes de turbidez y “lóbulo deposicional” para los abanicos antiguos y abanicos exteriores de corrientes de turbidez (Figura 3).

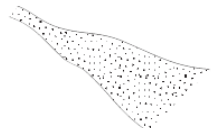
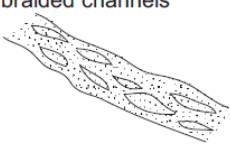
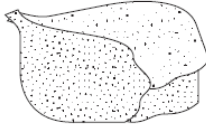
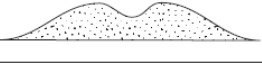
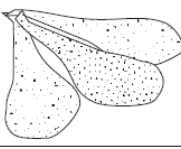

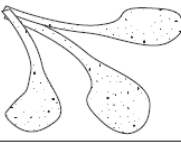

	Channels	Lobes	Sheets
Gravel-rich systems	poorly channelised 		
Sand-rich systems	braided channels 	channelised lobes 	
Mixed sand and mud systems	channel and levee complexes 	depositional lobes 	
Muddy systems	channel and levee complexes 	depositional lobes 	sheets 

Figura 3 Elementos de los abanicos submarinos determinados en base al tamaño de grano dominante. Tomado de (Nichols, 2009).

Corrientes turbidíticas

Son mezclas turbias de sedimentos en suspensión que se desplazan pendiente abajo por el fondo oceánico, impulsadas por la gravedad la cual actúa sobre la diferencia de densidad entre la corriente y el agua marina circundante (Nichols, 2009; Walker et al., 1992).

El proceso de las corrientes turbiditas pueden operar a cualquier profundidad. Sin embargo, los depósitos como turbiditas se sitúan por debajo de la base de las olas de tormenta, esto implica profundidades mínimas de 250-300 m (Walker et al., 1992).

Corrientes turbidíticas de alta densidad

Alcanzan velocidades altas y pueden transportar arena de grano grueso, guijarros, intraclastos y dentro de canales submarinos tiene la capacidad de transportar grava por lo que puede generar lentes de conglomerados al pie del talud de un pro-delta. Además, tiene la capacidad de erosionar material cohesivo (lodo) y mediante lo erosionado alimenta la suspensión con un nuevo sedimento, provocando así que la corriente se mantenga en movimiento y recorra largas distancias (Einsele, 1992).

Corrientes turbidíticas de baja densidad

Fluyen lentamente y mantienen en suspensión material de tamaño limo y arcilla. Su capacidad erosiva es muy baja o nula, sin embargo, estas corrientes mantienen en suspensión en periodos relativamente largos (Einsele, 1992).

Secuencia de Bouma

Bouma estableció una secuencia estándar de estructuras sedimentarias para depósitos de corrientes turbidíticas (Shanmugam, 1997), presenta cinco divisiones T_a , T_b , T_c , T_d y T_e . mismas que lo relacionó con su distribución en un abanico submarino (Figura 4) (Shanmugam, 2021).

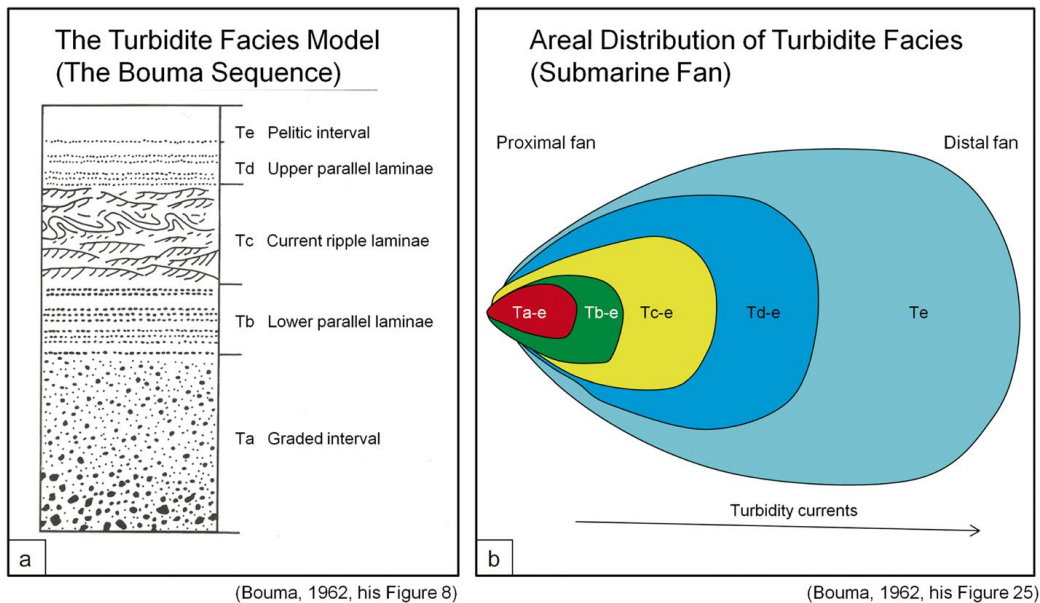


Figura 4 Secuencia de Bouma (a). Distribución de las facies turbidíticas en un abanico submarino (b). Tomado de (Shanmugam, 2021).

Secuencia T_a

Se define como la división basal de Bouma, es una capa masiva o escalonada que puede originarse por corrientes turbidíticas de alta densidad el cual es válido si la capa tiene una gradación normal y también por flujos de detritos (Shanmugam, 1997). Según (Tinterri et al., 2020) es una fase de sedimentación en suspensión en zonas relativamente distales.

Según (Shanmugam, 2021) esta secuencia incluye antidunas, bed load, flujos de grano, flujos de grano de densidad modificada, corrientes turbidíticas de alta densidad y flujo de detritos arenosos. Mientras que para (Collinson & Mountney, 2019) se tiene estructuras de escape de agua debido a signos de deshidratación.

Secuencia T_b

División interpretada como depositadas por una corriente turbidítica residual de baja densidad, la cual representa una etapa de tracción (Tinterri et al., 2020). Según (Collinson & Mountney, 2019) esta secuencia cubre a la anterior con laminación paralela la cual puede mostrar lineación de corriente primaria.

Secuencia T_c

División interpretada como depositadas por una corriente turbidítica residual de baja densidad, representa una etapa de tracción (Tinterri et al., 2020). Según (Shanmugam, 2021) esta secuencia presenta arenas con capas de ripples con turbiditas a la base y techo de la secuencia de Bouma las cuales pueden interpretarse como depósitos de olas y mareas (Shanmugam, 2021). Para (Collinson & Mountney, 2019) las estructuras dominantes son la laminación cruzada y la laminación convoluta.

Secuencia T_d

División interpretada como depositadas por una corriente turbidítica residual de baja densidad (Tinterri et al., 2020). Es la secuencia menos reconocida que presenta laminación paralela, pero el sedimento suele ser limoso y la laminación es más bien difusa (Collinson & Mountney, 2019).

Secuencia T_e

División interpretada como depositadas por una corriente turbidítica residual de baja densidad, representa una etapa de sedimentación en suspensión (Tinterri et al., 2020). Esta

división es una lodolita o limolita de grano fino que puede ser difícil de separar de los intercalados de grano fino de la sucesión (Collinson & Mountney, 2019)

1.5.4 Facies sedimentarias

Definición

El término facies fue introducido por Nicolas Steno en 1669, sin embargo, el uso de este término ha ido evolucionando de manera progresiva, refiriéndose así como unidades estratigráficas que se distinguen por aspectos litológicos, estructurales y aspectos orgánicos (Boggs, 2014).

Turbiditas clásicas

Esta asociación se caracteriza por una alternancia de areniscas y lodolitas intercaladas. Dentro de esta encontramos dos facies principales: turbiditas de capas finas (< decenas de centímetros) y turbiditas de capas gruesas (Walker et al., 1992).

Areniscas masivas

Depositadas sobre las turbiditas clásicas, estas areniscas oscilan entre 50 cm y muchos metros, normalmente presenta estructuras “platos” y estructuras pilares que indican un abundante escape de fluidos durante la deposición. normalmente presenta la división A de la secuencia de Bouma (Walker et al., 1992).

Areniscas guijarrosas

Son capas bien graduadas que presentan estratificación horizontal o en artesa, estratificación cruzada planar-tabular e imbricación de guijarros (Walker et al., 1992).

Conglomerados

Son volumétricamente menos abundantes que otras facies de aguas profundas. Según varios estudios, esta facie se subdivide en 4, las cuales incluye el tipo de estratificación (normal o inversa), el tipo de estratificación y fábrica y la imbricación (Walker et al., 1992).

Lodolita guijarrosa, debris Flow, derrumbes y deslizamientos

Las lodolitas guijarrosas están formadas por guijarros y clastos deformados de areniscas y lodolitas dispersas en una matriz de lodolita limosa (Walker et al., 1992).

Los debris Flow son flujos ricos en lodo que representan grandes bloques que sobresalen por la parte superior de la capa (Walker et al., 1992).

Los términos derrumbe y deslizamiento se utilizan para describir grupos de capas deformadas, implicando el deslizamiento un poco menos de deformación interna. Los espesores varían desde metros a más de 100 m y el material deformado puede variar desde lutitas a gruesas turbiditas clásicas intercaladas con lodolitas (Walker et al., 1992).

Turbiditas carbonatadas

Las arenas y lodos turbidíticos ricos en carbonatos se denominan calizas alodápicas, estas se pueden alternar con brechas carbonatadas y arenas derivadas de márgenes de plataforma.

La capa carbonatada gradada depositada a partir de una corriente turbidítica puede mostrar saltos distintivos en su tamaño de grano y composición sedimentaria, por ejemplo, la división gradada puede ser reemplazada por una capa de conchas y en lugar de una división de limo carbonatada puede estar presente una capa de chert formado a partir de esponjas silíceas y radiolarios (Einsele, 1992).

Turbiditas de lodo

Depositados a partir de corrientes en suspensión de baja densidad como miembro final de flujos de masas gravitatorias o sedimentos de taludes de prodelta. Estas capas tienen contacto basal agudo con capas subyacentes, una gradación positiva y bioturbación en la parte superior.

se puede clasificar en proximales (capa fina de arena que muestra algunas de las divisiones de Bouma para las turbiditas arenosas) y distales (turbiditas hemipelágicas, pelágicas y volcanoclásticas que contienen conjuntos de microfósiles ligeramente alterados) (Einsele, 1992).

2 METODOLOGÍA

Dentro de este capítulo se describe las actividades realizadas para poder obtener la información necesaria y alcanzar los objetivos planteados en este trabajo.

El desarrollo de este proyecto se basó en la recopilación bibliográfica, planificación de actividades, mapeo, salidas de campo, recolección de muestras, análisis en laboratorios e interpretación de resultados, cada una de las acciones nombradas anteriormente, permitieron la redacción y culminación de este.

2.1 Recopilación bibliográfica

Se reunió un conjunto de información diferente a través de libros, artículos científicos, material archivado y otros trabajos académicos que permitieron el desarrollo y discusión de los datos detallados en este trabajo (Figura 5A).

Además, se incluye el **“MAPA GEOLÓGICO DE LA MARGEN COSTERA ECUATORIANA”** (Reyes & Michaud, 2012) el cual fue usado como base para la limitación del área de estudio, visita de afloramientos y comparación con datos actuales. Esto, permitió la modificación de ciertas formaciones.

2.2 Metodología de trabajo de campo

Se realizaron dos salidas de campo, la primera con duración de 2 días y la segunda con duración de 5 días, el objetivo principal fue descripción de afloramientos, recolección de muestras (rocas-50 y 10-sedimento) y levantamiento de columnas estratigráficas.

Para la recolección de las muestras es importante considerar el tamaño con el fin de tener lo suficiente en caso de cometer errores al momento de trabajar en laboratorio; en este estudio éstas alcanzaron un peso de 3 kg aproximadamente. Además, se consideró que la roca debe ser lo más fresca posible para obtener buenos resultados al momento de realizar

los análisis respectivos. Finalmente, el etiquetado de las muestras debe realizarse con un rotulador permanente para evitar que éste se borre y posteriormente exista confusiones.

El levantamiento de columnas se realizó a medida que se describía el afloramiento, tomando en cuenta espesores, estructuras, litologías y contactos. El análisis en laboratorio mediante láminas delgadas permitió completar la información (fósiles).

El material usado en el transcurso de las dos salidas de campo principalmente fue martillo geológico, combo geológico, fundas herméticas, ácido clorhídrico (HCL), lupa e instrumentos básicos (libreta, esfero y rotulador)

2.3 Metodología de laboratorio

De las muestras recolectadas se realizaron láminas delgadas, para lo cual se tuvo en cuenta en siguiente procedimiento:

- Destrucción mecánica de la roca mediante las máquinas Geocut 302 o cortador de disco de diamante, el objetivo es obtener un chip rectangular de 15 x 10 x 5 mm, que calce en el cubreobjetos. Se debe tener cuidado al momento de cortar ya que si la roca es muy dura puede dañar los instrumentos (cuchillas) e incluso salpicar restos hacia la persona que lo manipula (Figura 5B).
- Si la muestra se disgrega fácilmente al ser cortada se toma un pedazo aparentemente con las dimensiones mencionadas anteriormente y se lo coloca en un molde de silicona, se lo llena de resina (Figura 5F) y se lo lleva al horno a unos 100°C para su secado. Después se realiza el corte del chip.
- Una vez obtenido el chip, se procede a pulir en la pulidora manual Maxi-Lap marca Covington (Figura 5C) con ayuda de lijas de diamante (gruesa, mediana y fina) (Figura 5D) y lijas de carburo de silicio (Figura 5E); posteriormente se pega con resina al cubreobjeto y se deja un tiempo límite de secado de 1 día, seguido a esto se lo lleva a la cortadora Ingram marca Ward (Figura 5G) para eliminar el sobrante del chip, así mismo, utilizamos la pulidora Ingram marca Ward (Figura 5H) ya que lo único que debe quedar en el portaobjeto debe tener un espesor estimado de 2 mm. Tomar en cuenta que el chip debe estar totalmente seco antes de su uso y evitar que la muestra se despegue del portaobjeto, si esto llegara pasar el proceso se repite (Figura 5J).
- Con ayuda del microscopio, observamos si la lámina está gruesa (cuarzo de color amarillo al pasar a nicoles cruzados), de ser este el caso se procede a pulir con

polvo de carburo de silicio 800 grit. Este proceso nos ayudará a bajar la lámina delgada y además evitamos que se pierda la muestra (Figura 5I).

- Finalmente pegamos el cubreobjetos evitando que se generen burbujas al momento de ser colocado, dejamos secar en el transcurso de 1 día y lo membretamos con el código correspondiente a cada lámina delgada (Figura 5J).

Después de haber seguido esta serie de pasos, continuamos con la descripción de las secciones delgadas mediante el uso del Microscopio Olympus. Este procedimiento permitió obtener una ficha petrográfica, en la cual se detalla los minerales, color, texturas, fotos y principales características encontradas en cada muestra.

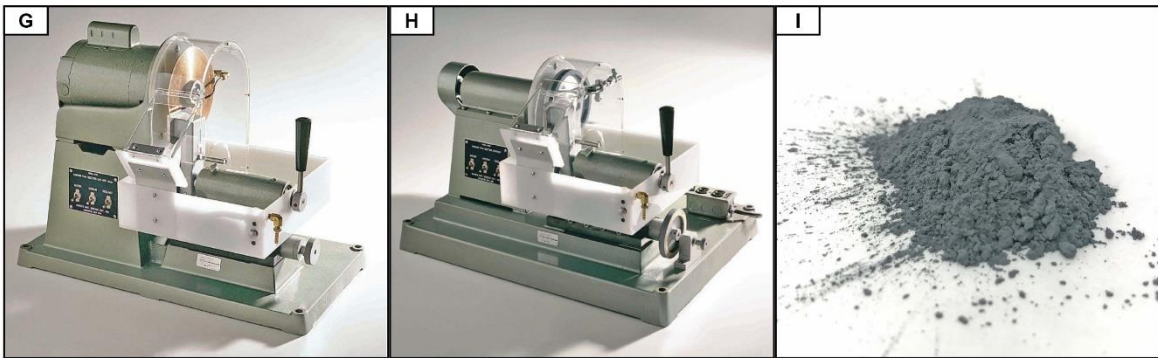
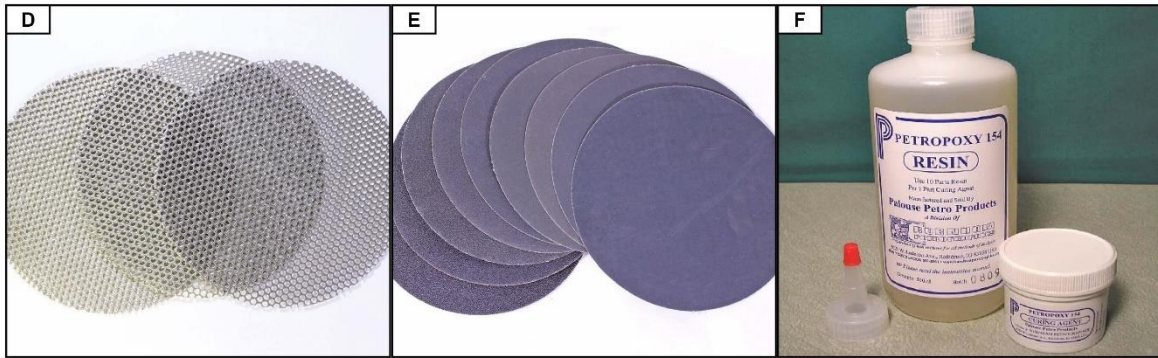
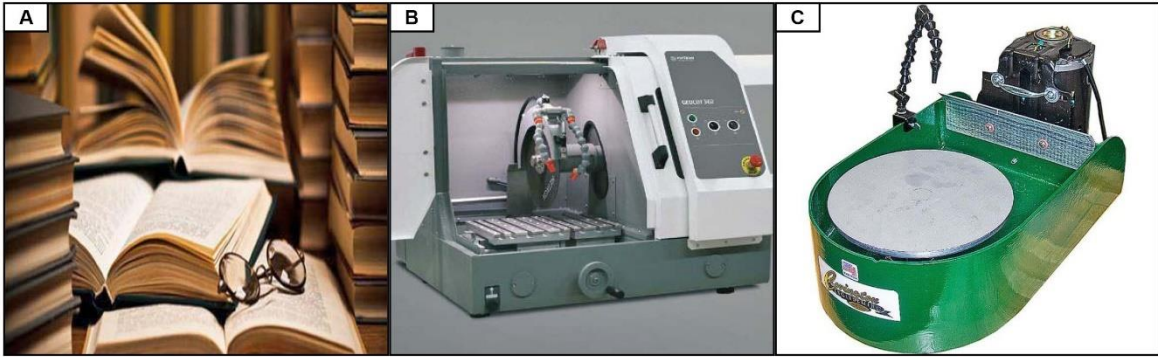


Figura 5 Materiales utilizados en la metodología. (A) Recopilación bibliográfica, (B) Cortadora Geocut, (C) Pulidora manual Maxi-Lap, (D) Lijas de diamante, (E) Lijas de carburo de silicio, (F) Petropoxy, (G) Cortadora Ingram, (H) Pulidora Ingram, (I) Polvo de carburo de silicio y (J) Portaobjetos.

2.4 Metodología de facies

En esta etapa se utilizará como ayuda el libro de (Miall, 2006), esto con el fin de relacionar las facies que presenta el autor junto con las facies que se encontraron en las salidas de campo, mismas que se exponen en el presente Trabajo de Integración Curricular.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis petrográfico

Se presenta una tabla resumen (ANEXO I) con las características relevantes de las formaciones descritas a continuación.

Fm. Dos Bocas

Afloran limolitas de grano fino de color marrón rojizo. Mineralógicamente presenta cuarzo (rellenando fracturas), minerales accesorios (piroxenos), opacos y una matriz tamaño limo (por eso su nombre). Ver sección delgada ANEXO II

Fm. Piñón

De dos secciones delgadas (ANEXO II) se concluye que son rocas tipo basalto con abundante plagioclasa y ortopiroxenos, su matriz alcanza un porcentaje mínimo del 5% siendo ésta de tipo vítrea. En la Playa Salango (516423,6/9823049,8) y en el Faro de San Lorenzo (509775/9882814), se pudo apreciar afloramientos con formas de almohadillas (pillow) de color gris oscuro a negro cortada por varias vetillas.



Figura 6 Afloramientos de Piñón encontradas en campo. (A) 516423,6/9823049,8 (B) 509775/9882814

Fm. San Eduardo

Las calizas presentes en esta formación describen minerales de cuarzo, calcita y/o dolomita y clorita, este último se encuentra en su mayoría formando parte de la matriz y con porcentajes mayores al 30%, además, se observó que los carbonatos se encuentran como parte de la matriz y otros en vetas o vetillas (ANEXO II).

Fm. San Mateo

Mineralógicamente se constituye de cuarzo, plagioclasa con maclas polisintéticas, Carlsbad, piroxenos, clorita, líticos sedimentarios e ígneos, biotita, calcita y opacos, mismos que permitieron clasificarlas como areniscas, lito arenitas y areniscas calcáreas (ANEXO II).

Es importante reconocer la presencia de fósiles que en ciertos casos se encuentran precipitando carbonato.

Fm. Zapotal

La sección delgada (ANEXO II) arrojó minerales de cuarzo, plagioclasa (algunas zonadas), clorita, biotita, calcita y con matriz/cemento calcáreo, esto permitió que identifiquemos a la roca como una arenisca o arenisca calcárea.

3.2 Facies sedimentarias

Las distintas formaciones de la Cuenca de Manabí presentan varias facies sedimentarias. Dentro de esta sección se ha tomado en cuenta el libro de (Miall, 2006), el mismo que nos sirvió como base para plantear las facies más relevantes y a cada una se le asigna un código, el mismo que dependerá del tipo de material y estructuras presentes en los afloramientos encontrados en campo, además, se expone una Tabla resumen en el apartado de anexos (Tabla 1).

Tabla 1 Resumen de facies sedimentarias y su relación con las facies turbidíticas.

CÓDIGO	FACIE	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	SECUENCIA DE BOUMA
Gcn	Conglomerado clasto soportado	Gradación normal	T _a
Gms	Conglomerado matriz soportada	Gradación normal o inversa	T _a
Gmsf	Conglomerado matriz soportada arcillosa	Gradación inversa	T _a
Gt	Conglomerado estratificado	Estratificación cruzada planar, posible imbricación.	T _a
Sd	Arenisca laminada	Laminación paralela, gradación inversa	T _b , T _d , T _c
Sh	Arenisca muy fina a muy gruesa	Laminación paralela, orientación de granos.	T _b , T _d
Sp	Arenisca fina a muy gruesa	Estratificación cruzada planar, laminación menos potente.	T _b , T _d , T _c
Flp	Lutitas, areniscas	Estratificación paralela	T _b , T _d , T _c
Ft	Limo, arenisca muy fina	Estratificación paralela	T _b , T _d , T _c
Lt	Calizas estratificadas	Estratificación cruzada, estratificación cruzada planar, posible orientación de granos.	T _b , T _d

3.2.1 Fm. San Eduardo

Calizas estratificadas (Lt)

Estratos potentes que alcanzan espesores mayores a 5 metros, contienen calizas de color blanco a amarillos, las estructuras dominantes son la estratificación cruzada y estratificación cruzada planar a gran escala. A la base se puede encontrar estratificación a mediana escala y disgregación de la caliza (grano suelto y no masivo). Posiblemente presenten una orientación que indique la acomodación de los estratos. Esta facie se lo correlaciona con la división T_b, T_d de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de la Fm. San Eduardo (Figura 7) se pudo observar en Montecristi en la parroquia rural llamada La Pila (546538,8/9877145,4)

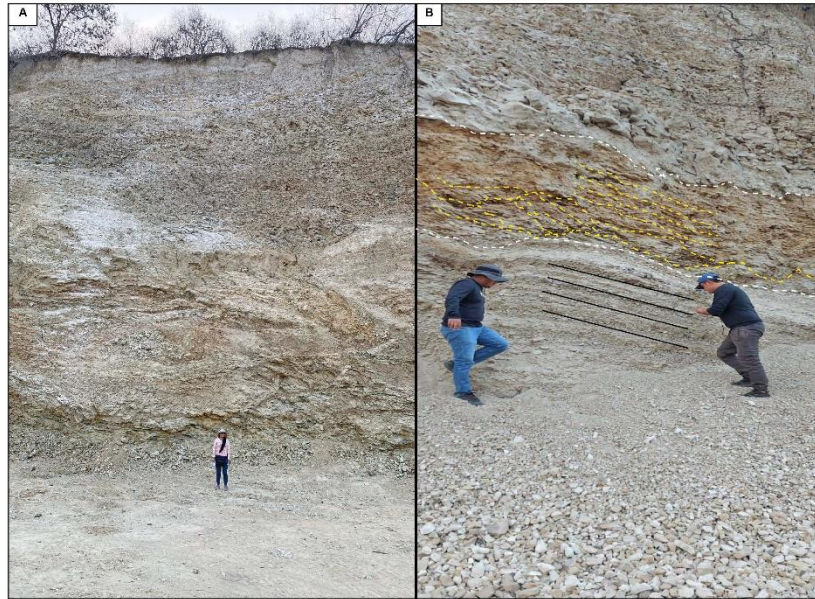


Figura 7 Fm. San Eduardo (546538,8/9877145,4). Estratificación cruzada (A-B, líneas amarillas), Estratificación cruzada planar (B-líneas negras).

3.2.2 Fm. San Mateo

Conglomerado matriz soportada (Gms)

Está definida por la presencia de clastos de la Fm. Piñon, Cayo o fragmentos de rocas sedimentarias y volcanoclásticas (escoria y tobas posiblemente) dominante sobre una matriz arenosa, los clastos van de subangulosos a subredondeados con tamaño variado (5cm-1m) e incluso menores a estos (0.5 mm a 15 cm), presenta gradación normal o inversa y todo el material se encuentra desordenado (mal sorteo) y en algunos casos ordenado (buen sorteo). El espesor de esta facie oscila entre 50 cm a 6 metros.

Esta facie se lo correlaciona con la división T_a de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron en la playa de Salango (516505,0/9822991,7 y 516494,9/9822983,8) (Figura 8).

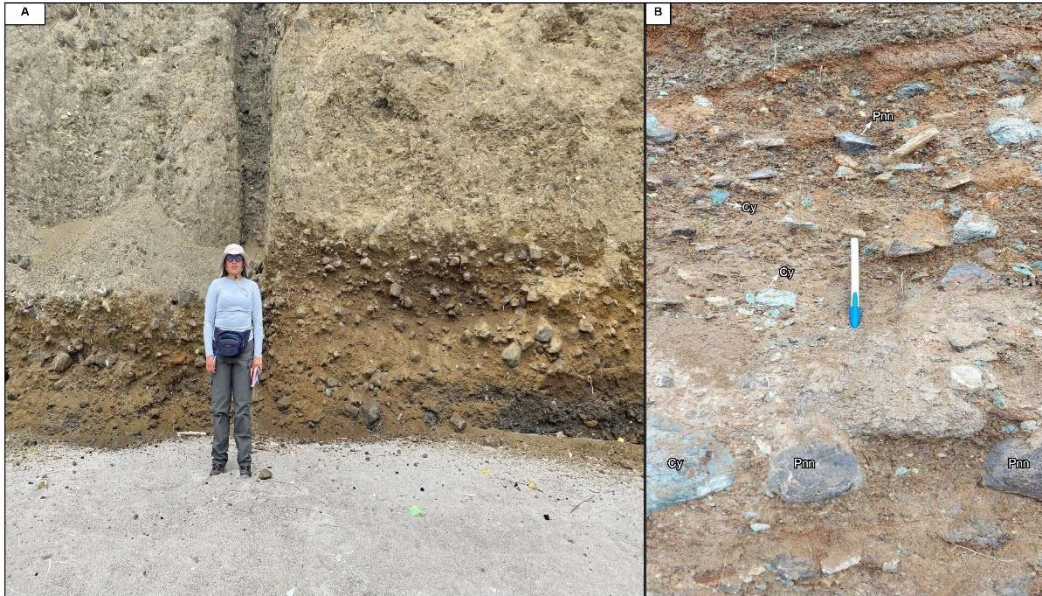


Figura 8 Afloramientos encontradas en la playa Salango. (A) Conglomerado a gran escala de la Fm. San Mateo (516505,0/9822991,7), (B) Clastos de Piñón (Pnn) y Cayo (Cy) pertenecientes al conglomerado, muestra una gradación normal (516494,9/9822983,8).

Conglomerado matriz soportada arcillosa (Gmsf)

Se compone de clastos de la Fm. Cayo que varían entre 0.5 mm a 10 cm, son angulosos y subredondeados, tienen un desorden (mal sorteo) dentro de la matriz arcillosa y presenta gradación inversa. El espesor de esta facie oscila entre 1 a 3 metros.

Los afloramientos de esta facie se observaron en Puerto Cayo (529081,2/9849105,3) (Figura 9).



Figura 9 Conglomerado de Puerto Cayo (529081,2/9849105,3). (Gmsf) conglomerado de matriz soportada arcillosa, (Sd) arenisca laminada (descripción en el texto) y (Gms) conglomerado matriz soportada (descripción en el texto).

Conglomerados clasto soportado (Gcn)

Clastos de la Fm. Piñon dominante sobre una matriz arenosa, los clastos van de angulosos a subredondeados con tamaño variado (5cm-15cm), presenta gradación normal y todo el material se encuentra ordenado (buen sorteo). El espesor de esta facie oscila entre 1 a 5 metros.

Esta facie se lo correlaciona con la división T_a de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron en Puerto Cayo (529082,4/9849107,1) (Figura 10).



Figura 10 Conglomerado en Puerto Cayo (529082,4/9849107,1). Clastos probablemente de la Fm. Piñon, presenta gradación normal.

Conglomerado estratificado (Gt)

Alternancia de capas de conglomerados-clasto soportado, con capas de conglomerados-matriz soportada. Los clastos van de subangulosos a subredondeados con tamaño de 2m a 15 cm. Las estructuras dominantes son estratificación cruzada planar, clastos imbricados dentro de la matriz arenosa. Dentro de esta facie, el espesor de las capas varia desde unos pocos centímetros hasta unos 2 metros.

Esta facie se lo correlaciona con la división T_a de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron en la playa de Salango (516536,4/9822933,3) (Figura 11).



Figura 11 Conglomerado en la playa de Salango (516536,4/9822933,3). Presenta estratos intercalados de conglomerados con clastos menores a 10 cm con conglomerados que tienen clastos mayores a 10 cm.

Arenisca muy fina a muy gruesa (Sh)

Alternancia de capas de areniscas de grano muy fino donde sus espesores oscilan entre 10 a 20 cm, y con areniscas de grano muy grueso en el cual su espesor va desde 5 a 25 cm. Las estructuras predominantes son laminación paralela y presentan una ligera orientación de los granos.

Esta facie se lo correlaciona con la división T_b , T_d de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron en la Playa Salango (516980,2/9822527,1) (Figura 12).



Figura 12 Arenisca en la playa Salango (516980,2/9822527,1). Laminación paralela muy notable en la parte del esfero.

Arenisca fina a muy gruesa (Sp)

Intercalaciones de areniscas de grano fino a medio o muy grueso con limolitas. Las estructuras dominantes son la estratificación cruzada planar donde su geometría manifiesta una base erosiva y algunos lentes del mismo material (areniscas) y laminaciones menos potentes. Esta facie alcanza espesores de 5 metros y en ciertos casos varían entre 1 a 5 m (arenisca) y 30 cm a 1 m (limo).

Esta facie se lo correlaciona con la división T_b , T_d , T_c de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron en la Playa Salango (516847,9/9822653,5) (Figura 13).



Figura 13 Areniscas ubicadas en la playa Salango (516847,9/9822653,5). Se diferencia de la Sh debido a que esta facie forma lentes de arena y su grano va de fino a muy gruesa. Además, presenta una base erosiva entre estas dos facies.

Lutitas, areniscas (Flp)

Se compone de lutitas comúnmente interestratificadas con areniscas de grano fino y lentes de arena. La estructura dominante es la estratificación paralela. Esta facie posee un espesor mayor a 30 cm.

Esta facie se lo correlaciona con la división T_b , T_d , T_c de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron en la Playa Salango (516678,2/9822799,6) (Figura 14).



Figura 14 Lente de arena entre los estratos de lutitas con color blanco grisáceo. Playa Salango (516678,2/9822799,6).

Arenisca laminada (Sd)

Intercalaciones de areniscas de grano fino y medio donde sus espesores alcanzan un espesor de 10 cm. Las estructuras dominantes son laminación paralela y gradación inversa (presencia de clastos con tamaño menor a 5 cm en el techo de estas areniscas laminadas, posiblemente se deba a restos de conglomerados que los bordean).

Esta facie se lo correlaciona con la división T_b , T_d , T_c de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron en Puerto Cayo (529081,2/9849105,3) (Figura 9).

3.2.3 Fm. Zapotal

Arenisca fina a muy gruesa (Sp)

Intercalaciones de areniscas de grano fino a medio o muy grueso con limolitas. Las estructuras dominantes son la estratificación cruzada planar donde su geometría manifiesta una base erosiva y algunos lentes del mismo material (areniscas) y laminaciones menos potentes. Esta facie alcanza espesores de 5 metros y en ciertos casos varían entre 1 a 5 m (arenisca) y 30 cm a 1 m (limo).

Esta facie se lo correlaciona con la división T_b , T_d , T_c de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron cerca de la finca “El Bajo” (532156,9/9792711,9) (Figura 15)



Figura 15 Estratificación cruzada planar de arenisca de grano fino a muy grueso, estructura a gran escala (532156,9/9792711,9).

3.2.4 Fm. Dos Bocas

Limo (Ft)

Estrato masivo de arenisca de grano muy fino o limo con fracturas rellenas de yeso o material silíceo. Esta facie alcanza espesores de hasta 5 metros y las intercalaciones oscilan entre 5 a 50 cm. A la base se encuentran desprendimientos de este material.

Esta facie se lo correlaciona con la división T_a , T_d , T_e de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron cruzando la Vía Manta-Portoviejo (547919,4/9882154,2) (Figura 16).



Figura 16 Varias fracturas cortan al estrato masivo de arena, estas fracturas se encuentran llenas de yeso y en ciertos casos de material silíceo (547919,4/9882154,2).

Conglomerado matriz soportada (Gms)

Está definida por la presencia de clastos de la Fm. Piñon, Cayo o fragmentos de rocas sedimentarias y volcanoclásticas (escoria y tobas posiblemente) dominante sobre una matriz arenosa, los clastos van de subangulosos a subredondeados con tamaño variado (5cm-1m) e incluso menores a estos (0.5 mm a 15 cm), presenta gradación normal o inversa y todo el material se encuentra desordenado (mal sorteo) y en algunos casos ordenado (buen sorteo). El espesor de esta facie oscila entre 50 cm a 6 metros.

Esta facie se lo correlaciona con la división T_a de la secuencia de Bouma.

Los afloramientos de esta facie se observaron en la Ruta del Spondylus cerca al Parapente playa Bruja (530077,5/9789424,6) (Figura 17).



Figura 17 Conglomerado con gradación inversa (530077,5/9789424,6). Clastos de la Fm. Piñón.

3.3 Modelo sedimentológico

La Gran Provincia Ígnea del Caribe (CLIP) es un terreno oceánico expuesto en la región del Caribe y en el NW de América del Sur, se caracteriza por rocas basálticas de mesetas y magmatismo tonalítico atribuido al derretimiento de la meseta o procesos de subducción, al suroeste del Ecuador la presencia de basaltos, doleritas, gabros con edades entre 90 Ma y 85 Ma y depósitos intrusivos y volcanoclásticos, indican una actividad magmática y un supuesto inicio de subducción inducida por una pluma mantélica (Seyler et al., 2021).

Para este modelo se consideró la colisión oblicua entre el CLIP y el margen pasivo de América del Sur provocando una subducción, esto ha generado la acreción de los terrenos Piñón y Pallatanga (Aizprua et al., 2020) (Seyler et al., 2021). Tratamos a la Fm. Piñón como el basamento relacionado con la pluma mantélica y está compuesta de toleitas, lavas andesíticas basálticas y basaltos pillows y masivos. Según (Seyler et al., 2021; Van Melle et al., 2008) Piñón es cubierto por una serie de turbiditas, depósitos de debris Flow y brechas volcánicas todas estas intercaladas pertenecientes a las Formaciones Cayo y Calentura, ambas son producto de un back-arc originado por un arco insular (Figura 18A).

Al finalizar la depositación de la Formación Cayo se habla de un hiato deposicional dada en el Eoceno temprano (É. Jaillard et al., 1995), se asume que en esta etapa pudo haber procesos tectónicos o magmáticos.

La presencia de fallas normales y la influencia de la Cordillera Chongón Colonche han provocado la depositación de la formación San Eduardo, misma que se asienta sobre rocas del Cretácico Superior y en la parte norte y sur de la Cordillera Chongón Colonche, lo que se sugiere un engrosamiento hacia la parte oeste de Guayaquil (Figura 18B).

La presencia de conglomerados de grano grueso con clastos imbricados y areniscas de grano fino a grueso con estructuras sedimentarias dominantes de la formación San Mateo, aparentemente nos indica depósitos en un ambiente de abanicos submarinos, generalmente estas rocas descansan directamente sobre rocas cretácicas (Fm. Cayo, Fm. Piñón y Fm. Calentura), lo importante de esta fase es una fuerte erosión y una discordancia basal (Figura 18C).

Finalmente, la deposición de la Formación Dos Bocas y la Formación Zapotal se da de manera uniforme y durante el movimiento de una falla activa, la cual puede ser la Falla Carrizal como lo menciona en (Alemán et al., 2021), provocando así varias discordancias, un engrosamiento inusual hacia la parte sur de la Falla de La Cruz y múltiples

disconformidades (18D, 18E). Se considera que estas formaciones provienen de ambientes fluviales.

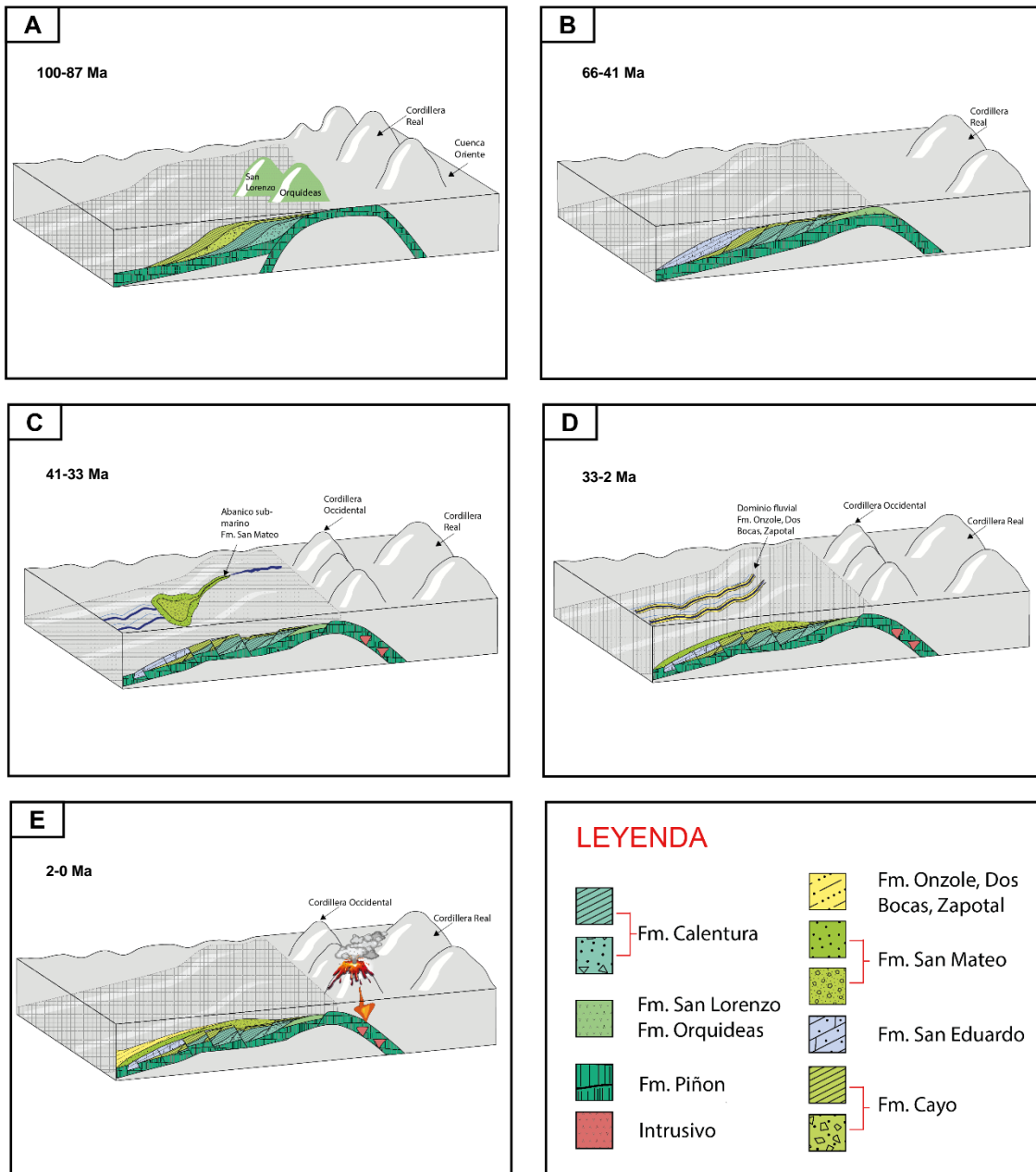


Figura 18 Modelo evolutivo de las formaciones analizadas en este trabajo. Fm. Piñón-basamento costero.

4 CONCLUSIONES

El estudio petrográfico y sedimentológico de las formaciones de la cuenca de Manabí proporcionó una comprensión detallada de la evolución de la cuenca, así tenemos a la formación Piñón con grandes afloramientos de pillow basaltos que en su mayoría se encuentran fracturados (Playa Salango y Faro de San Lorenzo). En canteras cercanas a la vía Manta-Portoviejo, Piñón se muestra como estratos de 5m, cantos rodados y espejos de fallas. Junto a esta formación se tiene brechas volcanoclásticas de la Fm. Calentura y lutitas grises estratificadas pertenecientes a la Fm. Cayo. Las calizas de la Fm. San Eduardo presentan ciertas intercalaciones de limolitas y lutitas calcáreas, por lo que en su mineralogía su matriz es calcárea. La Fm. Dos Bocas se manifiesta como limolita con fracturas y en algunos casos se aprecia estratos de conglomerados. Finalmente, la Fm. San Mateo presenta areniscas y conglomerados con intercalaciones de lutitas de la Fm. Cayo y en la Playa Salango las capas se comienzan a levantar, esto se debe a altas deformaciones.

En la Formación San Mateo los clastos conglomeráticos son de la Formación Piñón (clastos negros y verdes con vetillas), Formación Cayo (clastos verdes estratificadas) y Formación Calentura (clastos subangulosos) debido a exhumación de estas formaciones por la actividad tectónica regional. Los múltiples eventos tectónicos, como la doble subducción y el fallamiento de la Cordillera Chongón Colonche, Jubones y otras, han sido responsables de la complejidad estructural de la cuenca.

Las facies sedimentológicas permitieron determinar el ambiente de la Fm. San Mateo, en donde predomina principalmente areniscas y conglomerados, sus estructuras son estratificación cruzada, estratificación cruzada planar, laminaciones paralelas, clasto soportado, matriz soportada e intercalación de estratos de conglomerados.

Se encontró que la Formación San Mateo se originó en un ambiente sedimentario submarino, como lo indican los depósitos litológicos, facies sedimentológicas y turbidíticas encontrados en el campo. El estudio de los depósitos sedimentarios y las facies sedimentológicas permitió inferir que la cuenca era un abanico submarino durante el proceso de sedimentación. Comprender el ambiente sedimentario es importante para entender la evolución geológica de la región.

5 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el estudio detallado de las formaciones litoestratigráficas de la cuenca de Manabí, con el objetivo de ampliar el conocimiento sobre su origen, evolución y distribución en el área.

Asimismo, se sugiere la realización de estudios geoquímicos y geocronológicos para determinar la edad y origen de las rocas de la cuenca de Manabí. Además, la determinación de la edad de las rocas es fundamental para la comprensión de la evolución geológica de la cuenca, lo que, a su vez, permitirá mejorar la identificación y caracterización de las diferentes formaciones, en especial de la Fm. San Mateo.

Se recomienda hacer un análisis exhaustivo sedimentológico (facies sedimentarias) de las Formaciones: Borbón, Ónzole, Angostura, Cerro, Playa Rica, Ancón, Villingota y Pambil, con el fin de obtener mejores resultados, proponer ambientes de formación y correlacionar esta información tanto en la cuenca de Manabí como en la cuenca del Progreso y en la cuenca de Esmeraldas.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, R. A. A. (2018). *PETROGÉNESIS DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FM PIÑÓN (CRETÁCEO), UBICADOS EN EL SECTOR SUR, CERRO LA GERMANIA, PROVINCIA DEL GUAYAS*. Universidad de Guayaquil.
- Aizprua, C., Witt, C., Brönnner, M., Johansen, S. E., Barba, D., & Hernandez, M. J. (2020). Forearc Crustal Structure of Ecuador Revealed by Gravity and Aeromagnetic Anomalies and Their Geodynamic Implications. *Lithosphere*, 2020(1), 2810692. <https://doi.org/10.2113/2020/2810692>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103480>
- Baby, P., ed., Rivadeneira, M., ed., Barragan, R., & ed. (s. f.). *La cuenca oriente: Geología y petróleo*.
- Baby, P., Rivadeneira, M., Barragàn, R., & Christophoul, F. (2013). Thick-skinned tectonics in the Oriente foreland basin of Ecuador. *Geological Society Special Publication*, 377(1), 59-76. Scopus. <https://doi.org/10.1144/SP377.1>
- Benitez, S. (1995). *Évolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur-Tertiaire*.
- Benítez, S. (1995). Évolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur-Tertiaire. *Géologie Alpine*, 71, 3-163.
- Berrezueta, E., López, K., González-Menéndez, L., Ordóñez-Casado, B., & Benítez, S. (2021). Ophiolitic rocks and plagioclites from SW Ecuador (Cerro San José): Petrology, geochemistry and tectonic setting. *Journal of Iberian Geology*, 47(1-2), 367-386. <https://doi.org/10.1007/s41513-020-00154-9>

- Bès de Berc, S., Soula, J. C., Baby, P., Souris, M., Christophoul, F., & Rosero, J. (2005). Geomorphic evidence of active deformation and uplift in a modern continental wedge-top–foredeep transition: Example of the eastern Ecuadorian Andes. *Andean Geodynamics*., 399(1), 351-380. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.12.030>
- Boggs, S. (2014). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy* (5. ed., Pearson New International Edition). Pearson Education Limited.
- Bristow, C. R., & Hoffstetter, R. (1977). *Lexique Stratigraphique International; Amérique Latine: Ecuador* (2.^a ed.). Centre National de la Recherche Scientifique.
- Burgos, J. D. Z., Christophoul, F., Baby, P., Antoine, P.-O., Soula, J. C., Good, D., & Rivadeneira, M. (2005). Dynamic evolution of Oligocene-Neogene sedimentary series in a retro-foreland basin setting: Oriente Basin, Ecuador. *6th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2005, Barcelona), Extended Abstracts*, 127-130.
- Christophoul, F., Baby, P., & Dávila, C. (2002). Stratigraphic responses to a major tectonic event in a foreland basin: The Ecuadorian Oriente Basin from Eocene to Oligocene times. *Andean Geodynamics ISAG 4*, 345(1), 281-298. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(01\)00217-7](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(01)00217-7)
- Collinson, J., & Mountney, N. (2019). *Sedimentary Structures* (Fourth). Dunedin Academic Press.
- Collot, J.-Y., Michaud, F., Alvarado, A., Marcaillou, B., Sosson, M., Ratzov, G., Migeon, S., Calahorrano, A., & Pazmino, A. (s. f.). *Vision general de la morfología submarina del margen convergente de Ecuador-Sur de Colombia: Implicaciones sobre la transferencia de masa y la edad de la subduccion de la Cordillera de Carnegie*.
- Contreras, M. (1990). *ESTUDIO ESTRATIGRAFICO DETALLADO DE LA FORMACION SAN MATEO EN LA LOCALIDAD TIPO, MANABI ECUADOR*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- Dashwood, M. F., & Abbotts, I. L. (1990). Aspects of the petroleum geology of the Oriente Basin, Ecuador. *Geological Society Special Publication*, 50, 89-117. Scopus.
<https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1990.050.01.06>
- Egüez, H. (1985). *Sedimentología y Estratigrafía de la formación San Mateo*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Einsele, G. (1992). *Sedimentary basins: Evolution, facies, and sediment budget*. Springer-Verlag.
- Feininger, T., & Bristow, C. R. (1980). Cretaceous and Paleogene geologic history of coastal Ecuador. *Geologische Rundschau*, 69(3), 849-874.
<https://doi.org/10.1007/BF02104650>
- Flores Naranjo, G. B., Nieto Guerrero, I. V., Jiménez, N., Ordoñez, M., Vitores, M., & Torres, R. (2009). *Geoprocesamiento satelital para investigación superficial del terreno en la provincia de Manabí-Ecuador*.
- Goossens, P. J., & Rose, Jr., W. I. (1973). Chemical Composition and Age Determination of Tholeiitic Rocks in the Basic Igneous Complex, Ecuador. *Geological Society of America Bulletin*, 84(3), 1043. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1973\)84<1043:CCAADO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1973)84<1043:CCAADO>2.0.CO;2)
- Gutiérrez, E. G., Horton, B. K., Vallejo, C., Jackson, L. J., & George, S. W. M. (2019). Provenance and geochronological insights into Late Cretaceous-Cenozoic foreland basin development in the Subandean Zone and Oriente Basin of Ecuador. En *Andean Tectonics* (pp. 237-268). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816009-1.00011-3>
- Harris, P. T., & Whiteway, T. (2011). Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins. *Marine Geology*, 285(1-4), 69-86. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2011.05.008>

- Hernández, M. J., Michaud, F., Collot, J.-Y., Proust, J.-N., & d'Acremont, E. (2020a). Evolution of the Ecuador offshore nonaccretionary-type forearc basin and margin segmentation. *Tectonophysics*, 781, 228374.
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2020.228374>
- Hernández, M. J., Michaud, F., Collot, J.-Y., Proust, J.-N., & d'Acremont, E. (2020b). Evolution of the Ecuador offshore nonaccretionary-type forearc basin and margin segmentation. *Tectonophysics*, 781, 228374.
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2020.228374>
- Hughes, R. A., & Pilatasig, L. F. (2002). Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Andes of Ecuador. *Tectonophysics*, 345, 29-48.
- Jaillard, E., Benitez, S., & Mascle, G. H. (1997). *Les déformations paléogènes de la zone d'avant-arc sud-équatorienne en relation avec l'évolution géodynamique*. 168(4), 403-412.
- 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. En A. J. Tankard, R. S. Soruco, & H. J. Welsink, *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists.
<https://doi.org/10.1306/M62593C32>
- Kennan, L., & Pindell, J. (2009). Dextral shear, terrane accretion and basin formation in the Northern Andes: Best explained by interaction with a Pacific-derived Caribbean Plate? *Geological Society, London, Special Publications*, 328.
<https://doi.org/10.1144/SP328.20>
- Litherland, M. (1994). The metamorphic belts of Ecuador. *Overseas Mem Br Geol Surv*, 11, 1-147.

- Luzieux, L. (2007). *Origin and late Cretaceous-Tertiary evolution of the Ecuadorian forearc* (p. 1 Band) [ETH Zurich; Application/pdf]. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-A-005348206>
- Luzieux, L. D. A., Heller, F., Spikings, R., Vallejo, C. F., & Winkler, W. (2006a). Origin and Cretaceous tectonic history of the coastal Ecuadorian forearc between 1°N and 3°S: Paleomagnetic, radiometric and fossil evidence. *Earth and Planetary Science Letters*, 249(3-4), 400-414. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2006.07.008>
- Luzieux, L. D. A., Heller, F., Spikings, R., Vallejo, C. F., & Winkler, W. (2006b). Origin and Cretaceous tectonic history of the coastal Ecuadorian forearc between 1°N and 3°S: Paleomagnetic, radiometric and fossil evidence. *Earth and Planetary Science Letters*, 249(3-4), 400-414. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2006.07.008>
- Miall, A. D. (2006). *The Geology of Fluvial Deposits Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology* (4.^a ed.). Springer-Verlag.
- Mourier, T., Laj, C., Mégard, F., Roperch, P., Mitouard, P., & Farfan Medrano, A. (1988). An accreted continental terrane in northwestern Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, 88(1), 182-192. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(88\)90056-8](https://doi.org/10.1016/0012-821X(88)90056-8)
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and stratigraphy* (2nd ed). Wiley-Blackwell.
- Ordoñez, M., Jimenez, 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 colonche, costera y occidental* (Petroproducción, Ed.).
- Reyes, P. (s. f.). *Evolution du relief le long des marges actives: Étude de la déformation Plio-Quaternaire de la cordillère côtière d'Equateur.*
- Reyes, P., & Michaud, F. (2012). *Mapa Geológico de la Margen Costera Ecuatoriana.*

- Reyes, P., Valarezo, M., Córdova, J., Michaud, F. A., & Zapata, C. (2018). Quantitative morphometric analysis of the Jama River profile in a tectonically active margin (Northwestern Ecuador). *Journal of Mountain Science*, *15*, 966-975.
- Reynaud, C., Jaillard, É., Lapierre, H., Mamberti, M., & Mascle, G. H. (1999a). Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: Their place in the geodynamic evolution of northwestern South America. *Tectonophysics*, *307*(3-4), 235-254. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00099-2)
- Reynaud, C., Jaillard, É., Lapierre, H., Mamberti, M., & Mascle, G. H. (1999b). Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: Their place in the geodynamic evolution of northwestern South America. *Tectonophysics*, *307*(3-4), 235-254. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00099-2)
- Roddaz, M., Hermoza, W., Mora, A., Baby, P., Parra, M., Christophoul, F., Brusset, S., & Espurt, N. (2009). Cenozoic Sedimentary Evolution of the Amazonian Foreland Basin System. En *Amazonia: Landscape and Species Evolution* (pp. 61-88). <https://doi.org/10.1002/9781444306408.ch5>
- Romeuf, N., Soler, P., Jaillard, E., Aguirre, L., Féraud, G., & Ruffet, G. (1995). Middle Jurassic volcanism in the Northern and Central Andes. *Revista Geológica de Chile*, *22*.
- Seyler, M., Witt, C., Omaña, B., Durand, C., Chiaradia, M., Villagomez, D., & Poujol, M. (2021). Late Cretaceous felsic intrusions in oceanic plateau basalts in SW Ecuador: Markers of subduction initiation? *Journal of South American Earth Sciences*, *110*, 103348. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103348>
- Shanmugam, G. (1997). The Bouma Sequence and the turbidite mind set. *Earth-Science Reviews*, *42*(4), 201-229. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(97\)81858-2](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(97)81858-2)
- Shanmugam, G. (2016). Submarine fans: A critical retrospective (1950-2015). *Journal of Palaeogeography*, *5*(2), 110-184. <https://doi.org/10.1016/j.jop.2015.08.011>

- Shanmugam, G. (2021). The turbidite-contourite-tidalite-baroclinite-hybridite problem: Orthodoxy vs. empirical evidence behind the “Bouma Sequence”. *Journal of Palaeogeography*, 10(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s42501-021-00085-1>
- Spikings, R. A., Winkler, W., Hughes, R. A., & Handler, R. (2005). Thermochronology of allochthonous terranes in Ecuador: Unravelling the accretionary and post-accretionary history of the Northern Andes. *Andean Geodynamics*, 399(1), 195-220. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.12.023>
- Thalman, H. E. (1946). Micropaleontology of Upper Cretaceous and Paleocene in Western Ecuador. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 30(3), 337-347.
- Tinterri, R., Civa, A., Laporta, M., & Piazza, A. (2020). Turbidites and turbidity currents. En *Regional Geology and Tectonics: Principles of Geologic Analysis* (pp. 441-479). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64134-2.00016-X>
- Toro Álava, J., & Jaillard, E. (2005). Provenance of the Upper Cretaceous to upper Eocene clastic sediments of the Western Cordillera of Ecuador: Geodynamic implications. *Andean Geodynamics*, 399(1), 279-292. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.12.026>
- Tschopp, H. J. (1953). Oil explorations in the Oriente of Ecuador. *AAPG Bull.*, 37(10), 2303-2347. Scopus.
- Vallejo, C., Almagor, S., Romero, C., Herrera, J. L., Escobar, V., Spikings, R. A., Winkler, W., & Vermeesch, P. (2020). Sedimentology, Provenance and Radiometric Dating of the Silante Formation: Implications for the Cenozoic Evolution of the Western Andes of Ecuador. *Minerals*, 10(10), 929. <https://doi.org/10.3390/min10100929>
- Vallejo, C., Spikings, R. A., Horton, B. K., Luzieux, L., Romero, C., Winkler, W., & Thomsen, T. B. (2019a). Late cretaceous to miocene stratigraphy and provenance of the coastal forearc and Western Cordillera of Ecuador: Evidence for accretion of

a single oceanic plateau fragment. En *Andean Tectonics* (pp. 209-236). Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816009-1.00010-1>

Vallejo, C., Spikings, R. A., Horton, B. K., Luzieux, L., Romero, C., Winkler, W., & Thomsen, T. B. (2019b). Late cretaceous to miocene stratigraphy and provenance of the coastal forearc and Western Cordillera of Ecuador: Evidence for accretion of a single oceanic plateau fragment. En *Andean Tectonics* (pp. 209-236). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816009-1.00010-1>

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. *Geological Society of America Memoirs*, 204, 197-216.

Van Melle, J., Vilema, W., Faure-Brac, B., Ordoñez, M., Lapierre, H., Jimenez, N., Jaillard, E., & Garcia, M. (2008). Pre-collision evolution of the Piñón oceanic terrane of SW Ecuador: Stratigraphy and geochemistry of the "Calentura Formation". *Bulletin de La Société Géologique de France*, 179(5), 433-443.
<https://doi.org/10.2113/gssgfbull.179.5.433>

Walker, R. G., James, N. P., & Geological Association of Canada (Eds.). (1992). *Facies models: Response to sea level change* (8. print). Geological Association of Canada.

Winkler, W., Villagómez Díaz, D., Spikings, R., Abegglen, P., Tobler, S., & Egüez, A. (2005). The Chota Basin and its significance for the inception and tectonic setting of the Inter-Andean Depression in Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences*, 19, 5-19. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2004.06.006>

7 ANEXOS

ANEXO I. Tabla resumen del análisis petrográfico

Número	Muestra	Formación	UTM		Minerales							Fósiles	Roca
			X	Y	Principales			Accesorios					
					Qzo	Pl	Micas	Px	Anf	Opacos	Otros		
1	DB-01	Dos Bocas	547900	9882146,6	X			X		X		Si	Limolita
2	PNN-03	Piñón	516416,1	9823052,1	X	X		X		X		No	Basalto/Gabro
3	PNN-05		537375	9882266,1	X	X		X		X		No	Basalto
4	SE-02	San Eduardo	550393,3	9882553,7	X		X			X	X	No	Caliza
5	SE-03		546684,6	9876889,7	X		X	X		X	X	No	Caliza
6	SE-04		546698,3	9876870,2	X		X			X	X	No	Caliza
7	SM-13	San Mateo	526238,844	9838496,7	X	X	X	X			X	Si	Arenita arcosa
8	SM-16		516694,8	9822784,1	X	X	X				X	Si	Litoarenita
9	SM-17		535721,485	9864193,53			X				X	No	Arenisca calcárea
10	SM-18		535724,171	9864192,307		X	X			X	X	No	Arenisca calcárea
11	SM-19		535728,265	9864187,903	X	X	X	X		X		Si	Arenisca
12	ZP-02	Zapotal	527093,698	9799471,027	X	X	X				X	No	Arenisca

ANEXO III. Fichas petrográficas

DB-01

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	DB-01	UTM	547900	9882146,6
Color	Café pardusco	Tamaño de grano	Limo	
Textura	Clástica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Matriz de tamaño micrita a limo	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	No aplica	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta varias fracturas, muchas de ellas se rellenan de yeso.			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

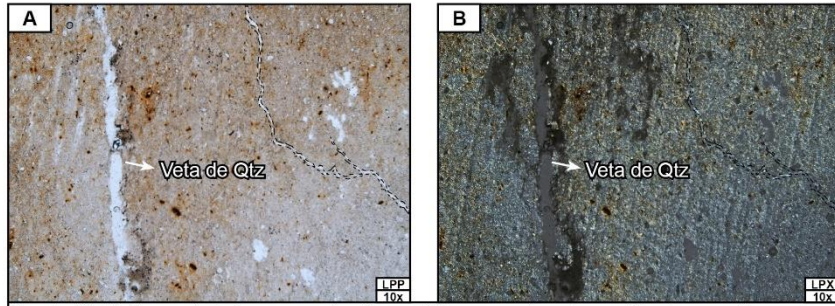
MINERAL	Cuarzo	%	40
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales se presentan corroídos ya que están parcialmente absorbidos. Cristales microcristalinos.		

MINERAL	Piroxenos	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro a verduzco		
Pleocroísmo	Bajo		
Relieve	Alto		
Forma	Prismáticos alargados, subhedrales		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Amarillo, azul de segundo orden		
Birrefringencia	Media		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta a oblicua		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales fracturados		

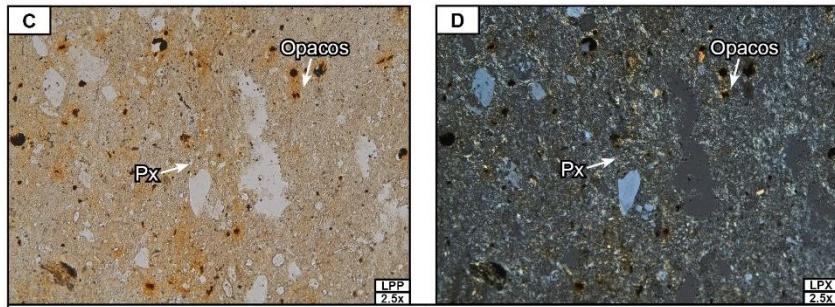
MINERAL	Opacos	%	25
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Negro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	No presenta		
Forma	Subredondeados y alargados		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			

Color de inferencia	No presenta
Birrefringencia	No presenta
Maclas/zonación	No presenta
Angulo de extinción	No presenta
Clivaje	No presenta
Observaciones	En mucho de los casos bordean a los cristales de cuarzo o se encuentran como parte de la matriz. En sus bordes presentan un color café oxidado.

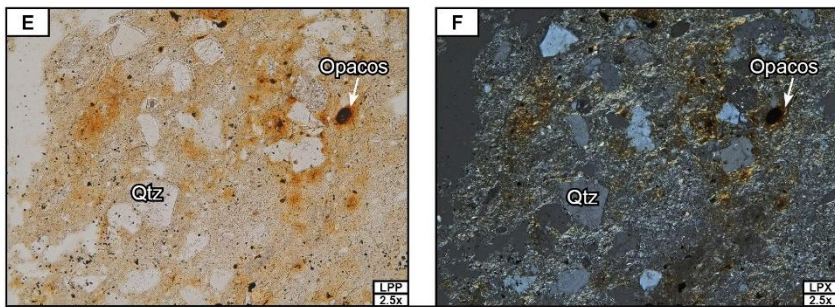
MATRIZ	%	30
Descripción de la matriz:		
La matriz de la roca es tamaño limo a arcilla		
TEXTURAS	Textura clásica	
CONTENIDO FÓSIL	Si presenta	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria	
FORMACIÓN	Dos bocas	
OBSERVACIONES	Se observa vetas de calcedonia.	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere una limolita	



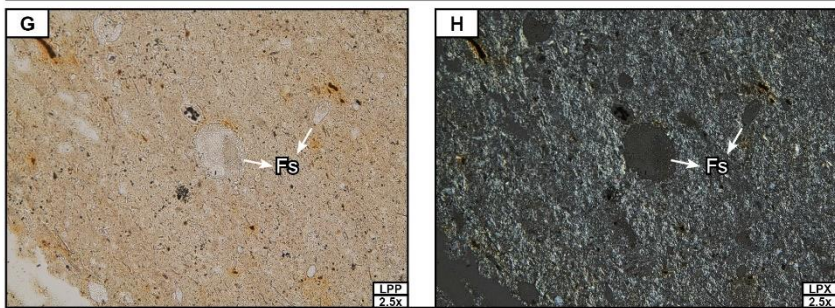
Descripción: Matriz soportada de grano muy fino (limo-arcilla) que presentan vetas y vetillas de cuarzo (línea entre cortada).



Descripción: Granos pequeños de piroxenos con morfologías subangulares. Además se observa minerales opacos con un borde color "café oxidado".



Descripción: Granos de cuarzo con morfologías entre subredondeados a angulares de baja esfericidad y con colores de interferencia de primer orden.



Descripción: Se observa dos foraminíferos bentónicos, uno con corte transversal (lado izquierdo) y el otro con corte longitudinal (lado derecho).

PNN-03

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	PNN-03	UTM	516416,1	9823052,1
Color	Gris oscuro	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Porfírica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Matriz vítrea	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	No aplica	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta varias vetillas.			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Cuarzo	%	10
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Subhedrales, euhedrales		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grises y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales se presentan corroídos.		

MINERAL	Plagioclasa	%	45
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Subhedral		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grises y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	Polisintética y Carlsbad		
Angulo de extinción	90° – 110°		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Presenta hábito prismático y tabular. Se está alterando a sericita		

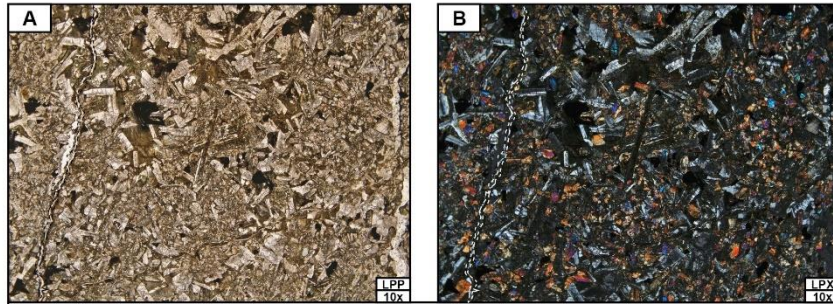
MINERAL	Clinopiroxenos	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	Bajo		
Relieve	Alto		
Forma	Subhedrales a anhedrales		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De segundo orden (más alto que los ortopiroxenos)		
Birrefringencia	Alta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Oblicua		

Clivaje	Una dirección
Observaciones	Algunos cristales fracturados

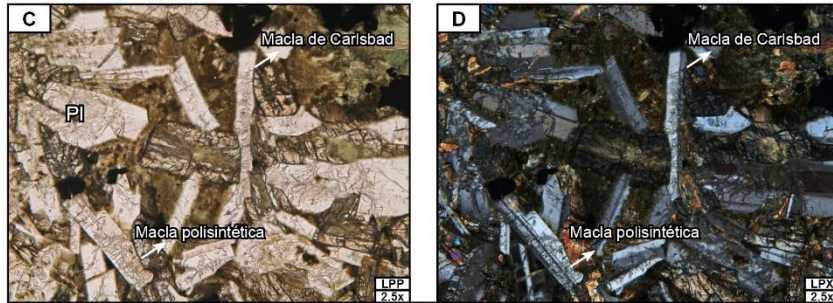
MINERAL	Ortopiroxenos	%	30
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	Bajo		
Relieve	Alto		
Forma	Prismáticos alargados, subhedrales		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Amarillo, azul de segundo orden		
Birrefringencia	Media		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	En dos direcciones		
Observaciones	Algunos cristales se encuentran fracturados		

MINERAL	Opacos	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Negro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	No presenta		
Forma	Subredondeados y alargados		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	No presenta		
Birrefringencia	No presenta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	No presenta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Se encuentra distribuido entre los cristales de plagioclasa y piroxenos.		

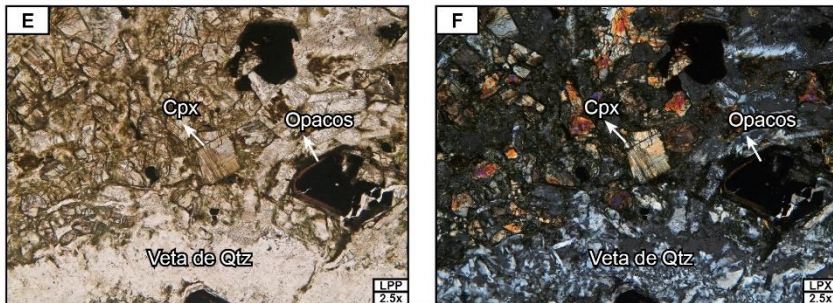
MATRIZ	%	5
Descripción de la matriz:		
La matriz de la roca es vítrea		
TEXTURAS	Textura porfírica	
CONTENIDO FÓSIL	No presenta	
TIPO DE ROCA	Ígnea	
FORMACIÓN	Piñón	
OBSERVACIONES	Vetilla de calcita	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es un basalto o posiblemente un gabro.	



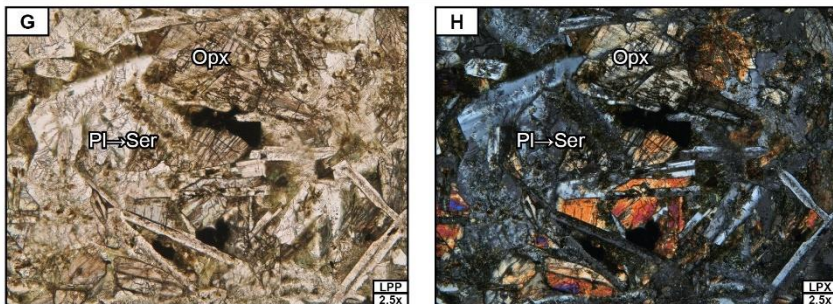
Descripción: Matriz hipocristalina (grado de cristalinidad) y porfírica (tamaño de grano). Presenta vetillas de calcedonia (línea entre cortada).



Descripción: Cristales de plagioclasa (Pl) con forma tabular. Se puede observar la presencia de maclas, en su mayoría se aprecia la de Carlsbad.



Descripción: Cristal de clinopiroxeno con forma euhedral en donde se puede observar el clivaje a una sola dirección. Además, se aprecia una veta grande de calcedonia y algunos opacos.



Descripción: Cristal de ortopiroxeno con forma subhedral mostrando su clivaje a doble dirección. Se aprecia la alteración que se da de la plagioclasa a sericita (Pl-Ser).

PNN-05

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	PNN-05	UTM	537375	9882266,1
Color	Gris oscuro	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Porfírica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Matriz vítrea	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	No aplica	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta varias vetillas.			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Cuarzo	%	15
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Subhedrales, euhedrales		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales se presentan corroídos.		

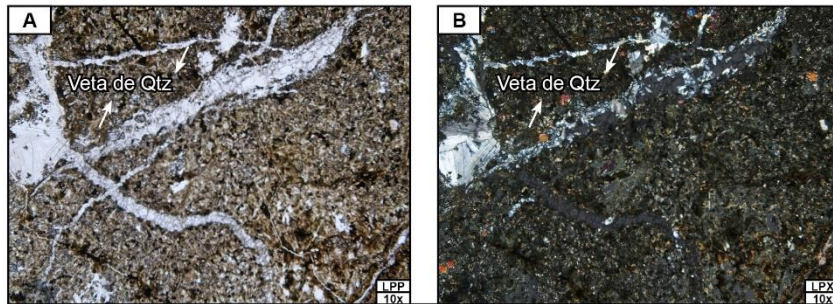
MINERAL	Plagioclasa	%	30
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Subhedral		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	Polisintética y Carlsbad		
Angulo de extinción	90° – 110°		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Presenta hábito prismático y tabular.		

MINERAL	Piroxenos	%	10
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro a blanquecino		
Pleocroísmo	Bajo		
Relieve	Alto		
Forma	Subhedrales		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Amarillo, azul de segundo orden		
Birrefringencia	Media		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		

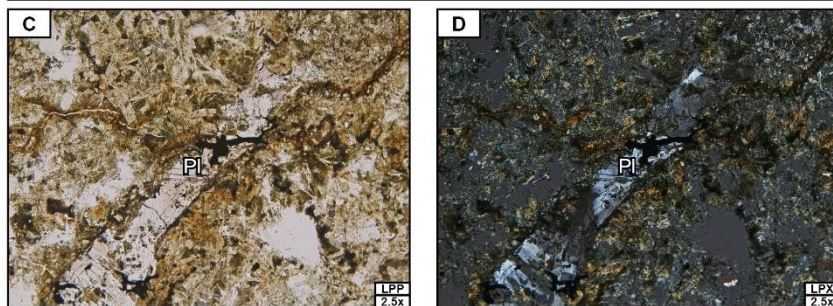
Clivaje	No presenta
Observaciones	Algunos cristales se encuentran fracturados

MINERAL	Opacos	%	1
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Negro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	No presenta		
Forma	Subredondeados y alargados		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	No presenta		
Birrefringencia	No presenta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	No presenta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Se encuentra distribuido entre los cristales de plagioclasa y piroxenos.		

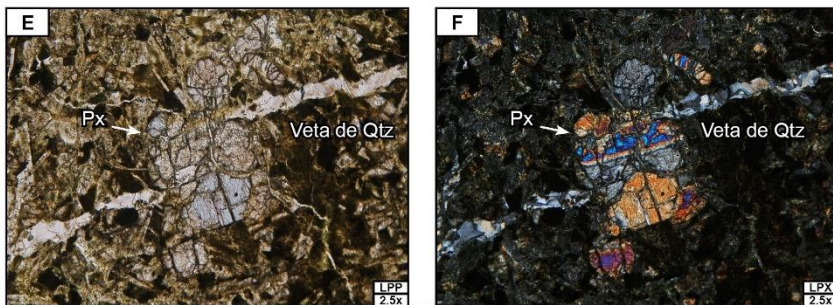
MATRIZ	%	54
Descripción de la matriz:		
La matriz de la roca es vítrea		
TEXTURAS	Textura porfirítica	
CONTENIDO FÓSIL	No presenta	
TIPO DE ROCA	Ígnea	
FORMACIÓN	Piñón	
OBSERVACIONES	Vetas y vetillas de calcita	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es un basalto	



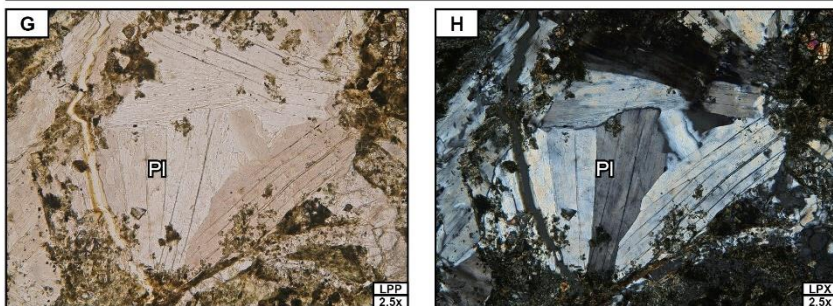
Descripción: Matriz porfírica (tamaño de grano) e hipocristalina (grado de cristalinidad) con presencia de vetas y vetillas de calcedonia.



Descripción: Observamos agregados de cristales de plagioclasas dentro de otra plagioclasa con hábito tabular, que ha sido cortada por una vetilla de calcedonia.



Descripción: Cristal subhedral de piroxeno fracturado y a su vez cortado por una veta de calcedonia, en ésta se puede ver cristales acumulados con forma circular.



Descripción: Se observa agregados de cristales de plagioclasa con un orden preferencial, algunos cristales son absorbidos por la matriz.

SE-02

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	SE-02	UTM	550393,3	9882553,7
Color	Gris claro	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Textura clásica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva, laminación paralela	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Calcáreo	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	No aplica	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta fracturas			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Cuarzo	%	25
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grises y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Cristales fracturados y ciertas partes absorbidas por la matriz.		

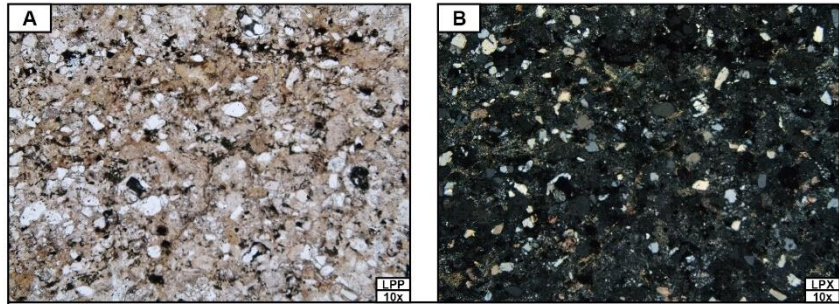
MINERAL	Clorita	%	10
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Verde claro		
Pleocroísmo	Medio (tonos verdes)		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas y otras como manchas		

MINERAL	Epidota	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro a verdoso		
Pleocroísmo	Bajo		
Relieve	Alto		
Forma	Subhedrales, prismas alargados		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Verde intenso (segundo a tercer orden)		
Birrefringencia	Media		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	25°-40°		

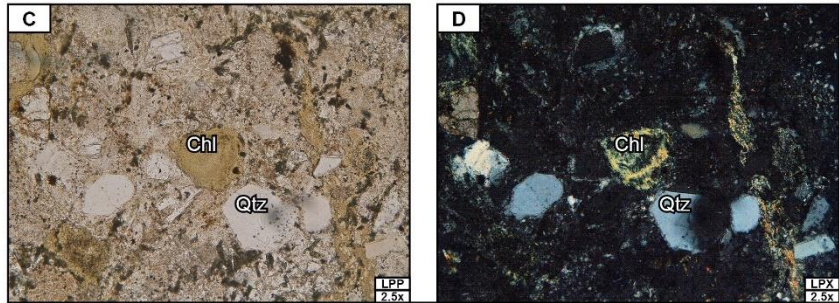
Clivaje	No presenta
Observaciones	Algunos cristales se encuentran fracturados y con bordes corroídos.

MINERAL	Opacos	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Negro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	No presenta		
Forma	Subredondeados y alargados		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	No presenta		
Birrefringencia	No presenta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	No presenta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Se encuentran distribuidos en toda la matriz.		

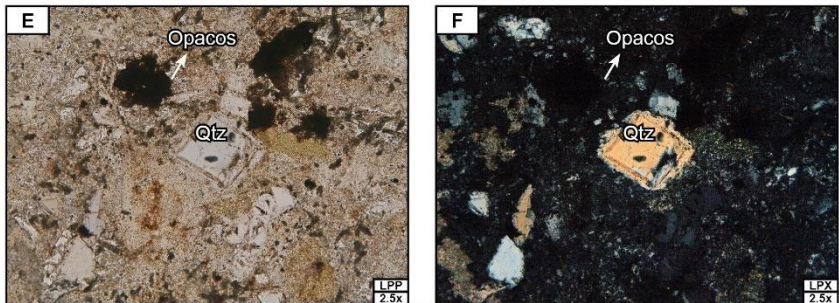
MATRIZ	%	55
Descripción de la matriz:		
La matriz de la roca es micrítica		
TEXTURAS	Textura wackestone	
CONTENIDO FÓSIL	No presenta	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria	
FORMACIÓN	San Eduardo	
OBSERVACIONES	Matriz microcristalina	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es una caliza micrita	



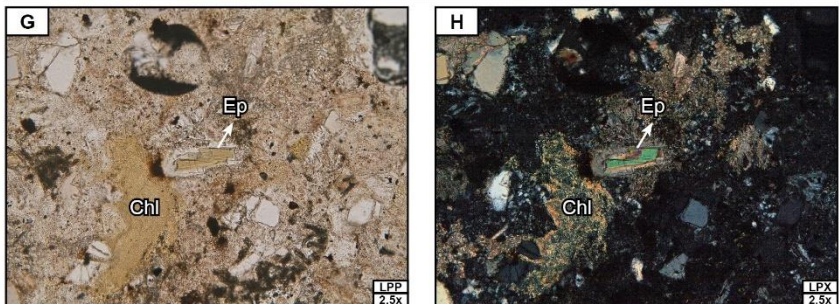
Descripción: Según Dunham se observa una textura tipo Wackestone y según Folk se clasifica como intramicrita. Los granos tienen forma subredondeados.



Descripción: Se observan cristales de clorita (Chl), su forma va desde subredondeados a manchas que se dispersan en la matriz calcárea.



Descripción: Cristales subhedrales a euhedrales de cuarzo con bordes corroídos y absorbidos por la matriz. Presencia de minerales opacos.



Descripción: Cristal de Epidota dentro de otro mineral (posiblemente cuarzo) que actúa como accesorio dentro de esta roca.

SE-03

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	SE-03	UTM	546684,6	9876889,7
Color	Gris claro a amarillento	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Textura clásica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva, laminación paralela	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Matriz calcárea	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	No aplica	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta laminación paralela			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Cuarzo	%	20
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grises y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Cristales fracturados y ciertas partes absorbidas por la matriz.		

MINERAL	Clorita	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Verde claro		
Pleocroísmo	Medio (tonos verdes)		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas y otras como manchas		

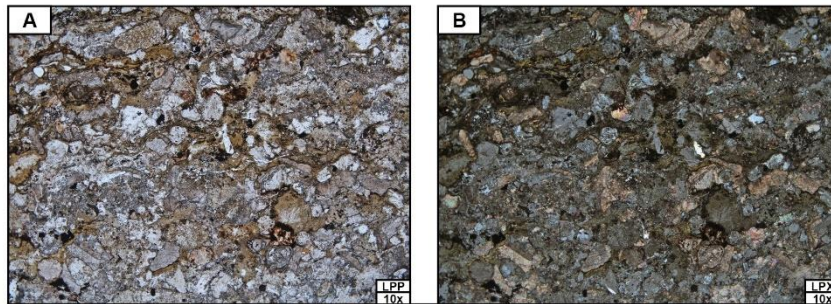
MINERAL	Dolomita	%	40
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro a rosadas blanquecinas		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Alto		
Forma	Subhedral, xenomorfos		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Blanquecino grisáceo con irisaciones		
Birrefringencia	Media a alta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Inclinada		

Clivaje	No presenta
Observaciones	Algunos cristales se encuentran absorbidos por la matriz o bordean a los cristales de cuarzo.

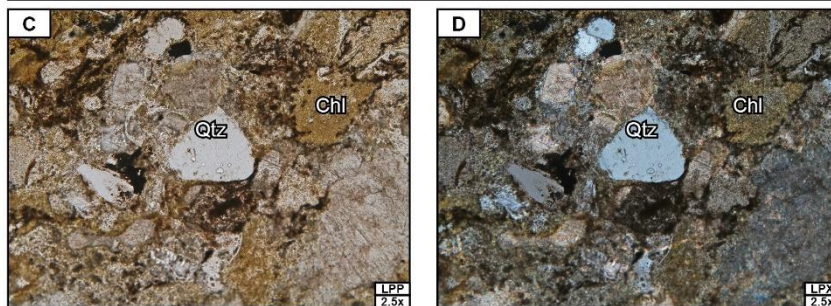
MINERAL	Piroxenos	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro a blanquecino		
Pleocroísmo	Bajo		
Relieve	Alto		
Forma	Subhedrales		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Amarillo, azul de segundo orden		
Birrefringencia	Media		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales se encuentran fracturados		

MINERAL	Opacos	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Negro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	No presenta		
Forma	Subredondeados y alargados		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	No presenta		
Birrefringencia	No presenta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	No presenta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Se encuentran distribuidos en toda la matriz.		

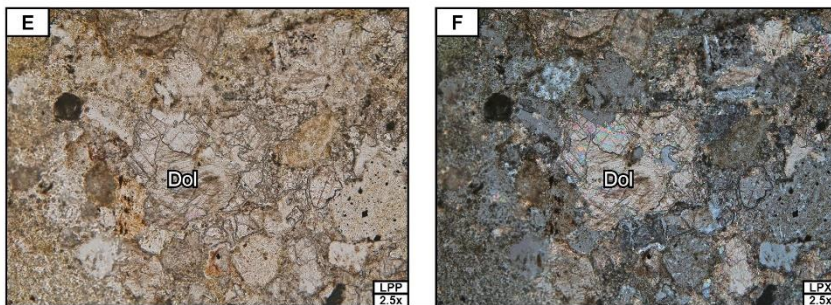
MATRIZ	%	25
Descripción de la matriz:		
La matriz de la roca es micrítica		
TEXTURAS	Textura clástica	
CONTENIDO FÓSIL	No presenta	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria	
FORMACIÓN	San Eduardo	
OBSERVACIONES	Matriz microcristalina calcárea.	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es una caliza micrítica.	



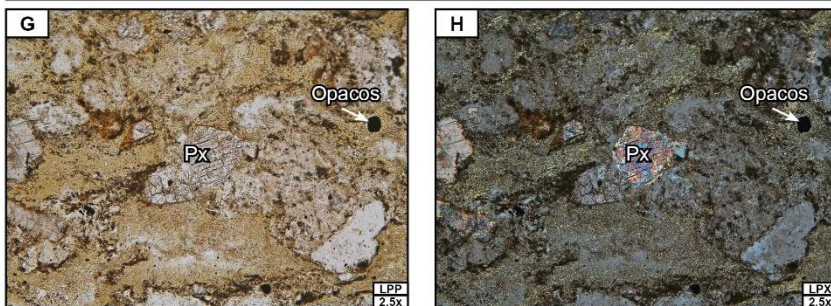
Descripción: Según Dunham tenemos una matriz Packstone y según Folk una matriz intramicrita. Presenta pequeñas fracturas y además un buen sorteo de los granos.



Descripción: Cristales de cuarzo monocristalinos con formas subredondeados a subhedrales, ciertos cristales presentan inclusiones fluidas.



Descripción: Cristales de dolomita que se encuentran fracturados y abarcan la mayor parte de la matriz. Sus formas varían desde xenomorfa a subhedral.



Descripción: Presencia de cristales de piroxenos, en su mayoría fracturados. Además, se aprecia minerales opacos pero en menor cantidad.

SE-04

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	SE-04	UTM	546698,3	9876870,2
Color	Café grisáceo, gris claro	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Textura clásica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva, estratificación	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Matriz calcárea	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	No aplica	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta grano muy fino.			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Cuarzo	%	10
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grises y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Cristales fracturados y ciertas partes absorbidas por la matriz.		

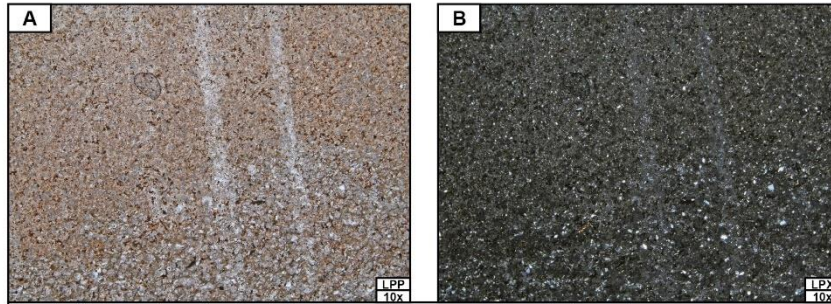
MINERAL	Clorita	%	40
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Verde claro		
Pleocroísmo	Medio (tonos verdes)		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas y otras como manchas		

MINERAL	Siderita	%	4
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Marrón		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Alto		
Forma	Xenomorfos (agregados)		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisáceos con irisaciones		
Birrefringencia	Media		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Inclinada		

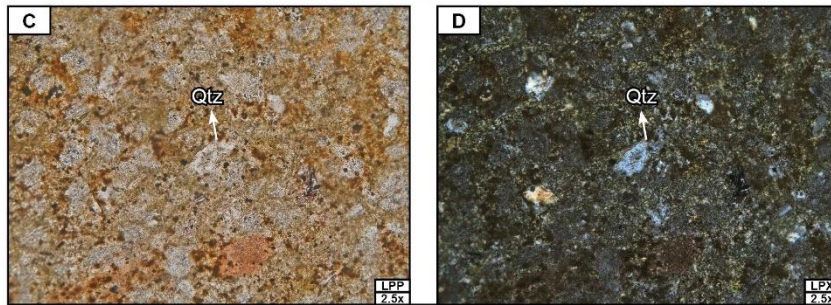
Clivaje	No presenta
Observaciones	Algunos cristales se encuentran en forma redondeada y con ligera oxidación.

MINERAL	Opacos	%	1
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Negro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	No presenta		
Forma	Subredondeados y alargados		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	No presenta		
Birrefringencia	No presenta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	No presenta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Se encuentran distribuidos en toda la matriz.		

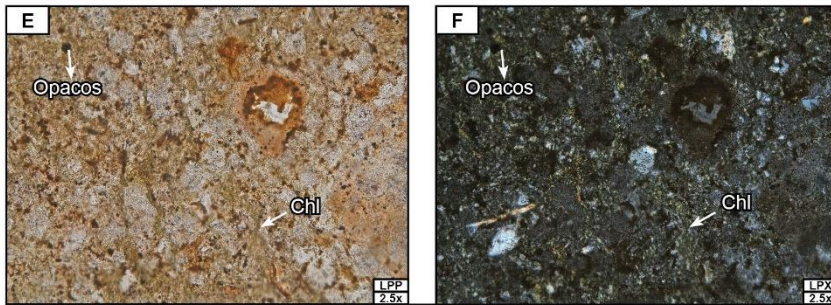
MATRIZ	%	45
Descripción de la matriz:		
La matriz de la roca es micrítica		
TEXTURAS	Textura clásica	
CONTENIDO FÓSIL	No presenta	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria	
FORMACIÓN	San Eduardo	
OBSERVACIONES	Matriz microcristalina.	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es una caliza micrítica.	



Descripción: Según la clasificación de Dunham se observa una matriz wackestone, mientras que para Folk vendría a ser intramicrita.



Descripción: Cristales de cuarzo con forma subredondeados a subangulares con una esfericidad baja. Algunos cristales tienen inclusiones de opacos.



Descripción: Se observa cristales de clorita dispersos en toda la muestra, el cual es indicativo de alta temperatura. Además, se aprecia minerales opacos.



Descripción: Presencia del mineral siderita de color marrón, esto muestra un ligero comienzo de oxidación que se puede observar como manchas dentro del cristal.

SM-13

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	SM-13	UTM	526238,844	9838496,7
Color	Gris	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Textura clásica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Semimadura	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	Primaria	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta grano fino a medio.			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Cuarzo	%	10
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Cristales fracturados y ciertas partes absorbidas por la matriz.		

MINERAL	Plagioclasa	%	38
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Subhedral		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	Polisintética y Carlsbad		
Angulo de extinción	90° – 110°		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Presenta hábito prismático y tabular.		

MINERAL	Clorita	%	10
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Verde claro o verde limón		
Pleocroísmo	Medio (tonos verdes)		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		

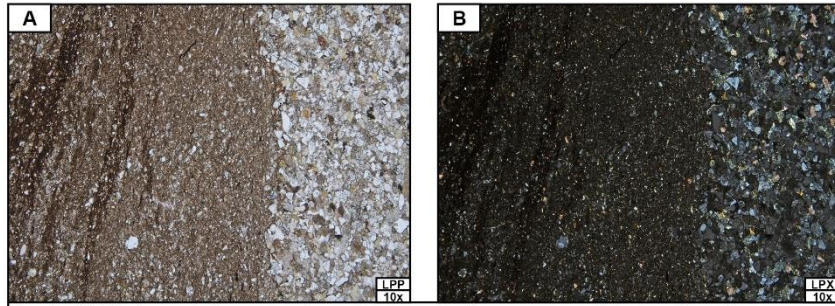
Clivaje	No presenta
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas y otras como manchas

MINERAL	Glauconita	%	6
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Verde-turquesa		
Pleocroísmo	En tonalidades de verde		
Relieve	Medio		
Forma	Gránulos pequeños		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Verde		
Birrefringencia	Media		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Indicativo de sedimentación lenta.		

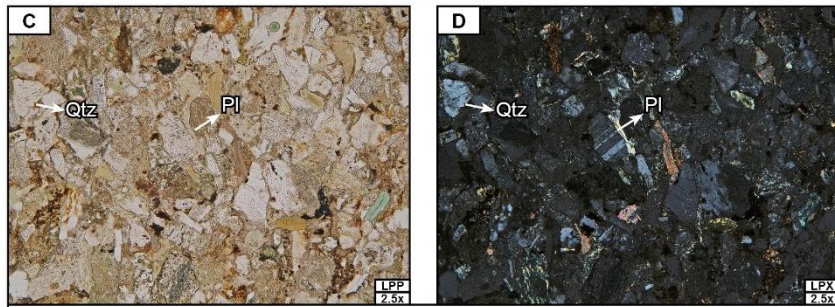
MINERAL	Piroxenos	%	1
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro a blanquecino		
Pleocroísmo	Bajo		
Relieve	Alto		
Forma	Subhedrales		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Amarillo, azul de segundo orden		
Birrefringencia	Media		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales se encuentran fracturados		

MINERAL	Líticos	%	15
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	No presenta		
Forma	Xenomorfos		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	No presenta		
Birrefringencia	No presenta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	No presenta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Se encuentran como cúmulos, posiblemente sean líticos sedimentarios e ígneos.		

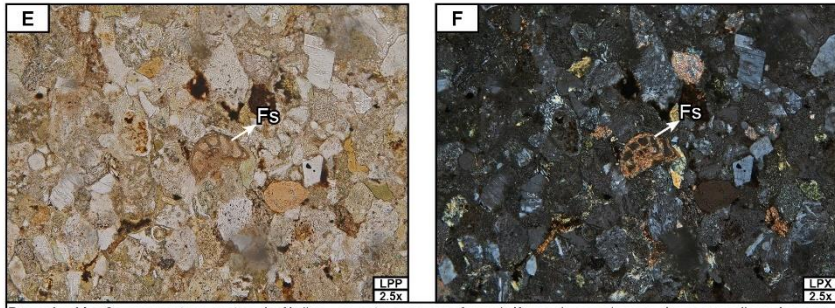
MATRIZ	%	20
Descripción de la matriz:		
La matriz con textura madura		
TEXTURAS	Textura clásica	
CONTENIDO FÓSIL	Si presenta	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria	
FORMACIÓN	San Mateo	
OBSERVACIONES	Matriz microcristalina.	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es una arenita arcosa	



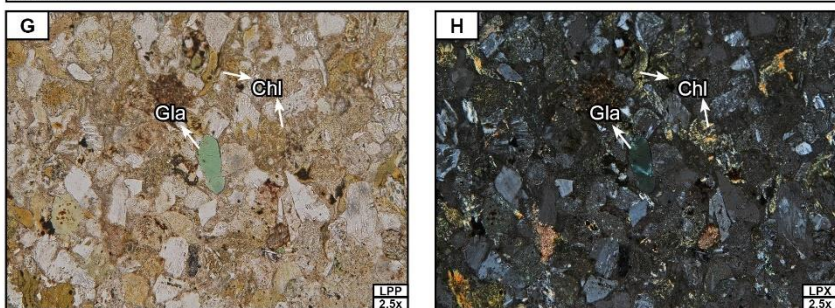
Descripción: Clasto soportado con un sorteo moderado, se considera como una matriz submadura y de grano muy fino.



Descripción: Cristales de cuarzo policristalino con formas subhedrales y cristales de plagioclasa con formas subhedrales a euhedraes, presentan macla polisintética.



Descripción: Se encuentran restos de fósiles, en este caso son foraminíferos, los cuales se observan rellenos por carbonato.



Descripción: Se observan cristales subredondeados de diferentes tamaños de color verde-turquesa (glauconita) y manchas verdes o xenomorfos de color verde limón (clorita).

SM-16

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	SM-16	UTM	516694,8	9822784,1
Color	Gris claro rosácea	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Textura clásica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Matriz inmadura	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	Primaria	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta grano fino a medio.			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Cuarzo	%	50
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Cristales fracturados y ciertas partes absorbidas por la matriz.		

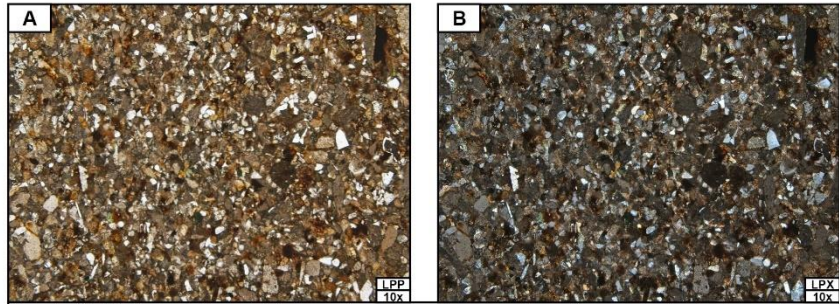
MINERAL	Plagioclasa	%	10
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Subhedral		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	Polisintética y Carlsbad		
Angulo de extinción	90° – 110°		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Presenta hábito prismático y tabular.		

MINERAL	Clorita	%	10
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Verde claro o verde limón		
Pleocroísmo	Medio (tonos verdes)		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		

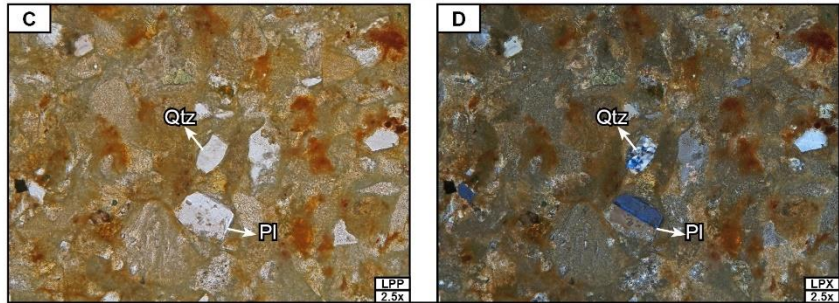
Clivaje	No presenta
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas y otras como manchas

MINERAL	Líticos	%	25
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	No presenta		
Forma	Xenomorfos		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	No presenta		
Birrefringencia	No presenta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	No presenta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Se encuentran como cúmulos, posiblemente sean líticos sedimentarios.		

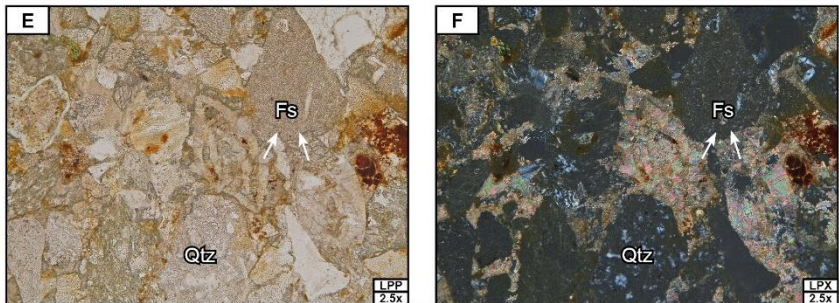
MATRIZ	%	5
Descripción de la matriz:		
La matriz con textura madura		
TEXTURAS	Textura clásica	
CONTENIDO FÓSIL	Si presenta	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria	
FORMACIÓN	San Mateo	
OBSERVACIONES	Matriz microcristalina.	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es una litoarenita	



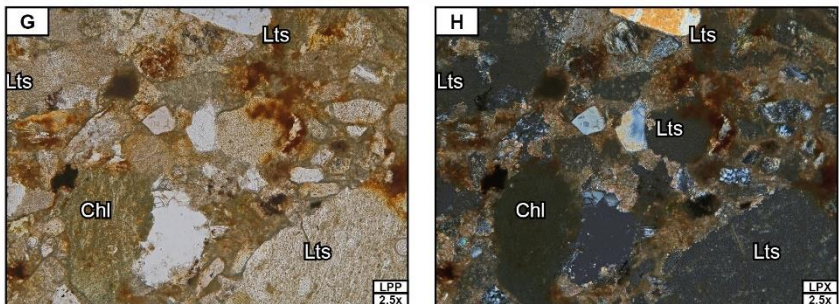
Descripción: Matriz de clasto soportado con un buen sorteo. Sus granos tienen formas subredondeadas a subangulares.



Descripción: Cristales de cuarzo policristalinos ubicados dentro de un solo cristal, y cristal de plagioclasa con macla de Carlsbad.



Descripción: Se observan restos de fósiles, como son los foraminíferos, estos se encuentran recristalizados con carbonato.



Descripción: Se puede observar un cristal grande de clorita y algunos líticos que en este caso se consideran sedimentarios.

SM-17

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

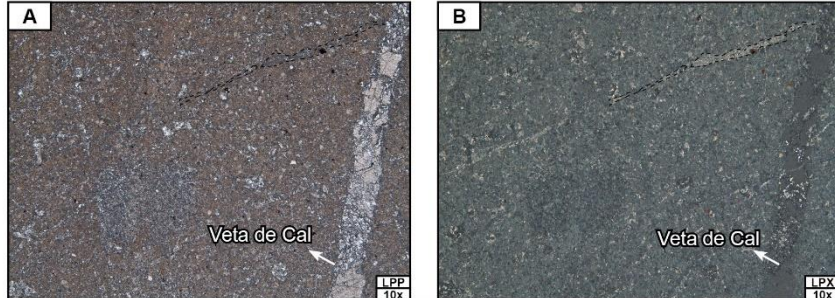
CÓDIGO	SM-17	UTM	535721,485	9864193,530
Color	Gris	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Textura clásica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Matriz	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	Primaria	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta grano muy fino a fino.			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

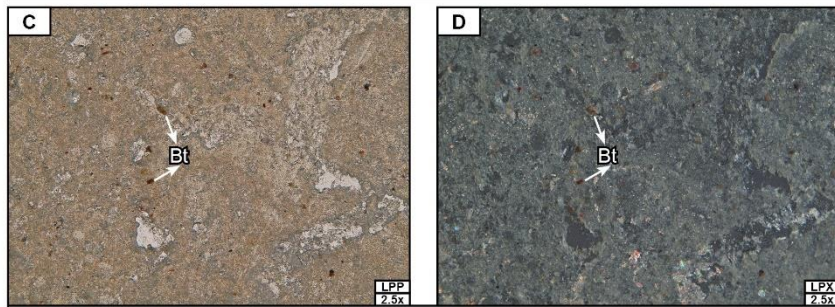
MINERAL	Calcita	%	50
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Medio-alto		
Forma	Xenomorfos		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Blanco grisáceo con irisaciones		
Birrefringencia	Alta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Inclinada		
Clivaje	En una dirección.		
Observaciones	Algunos cristales se presentan fracturados.		

MINERAL	Biotita	%	10
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Marrón		
Pleocroísmo	Alto		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Subhedral		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De segundo y tercer orden		
Birrefringencia	Alta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas.		

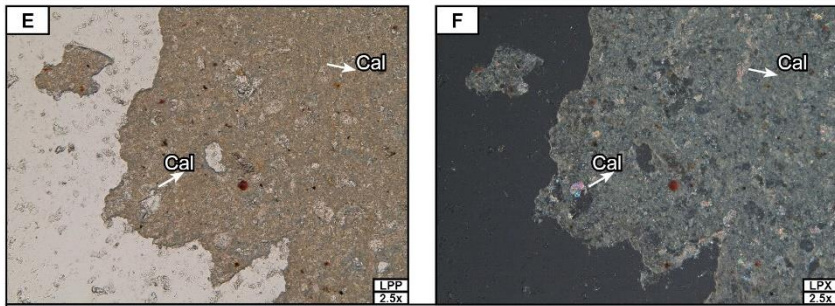
MATRIZ	%	40
Descripción de la matriz:		
La matriz es calcárea		
TEXTURAS	Textura clásica	
CONTENIDO FÓSIL	No presenta	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria	
FORMACIÓN	San Mateo	
OBSERVACIONES	Matriz microcristalina a criptocristalina. Se considera una matriz inmadura.	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es una arenisca calcárea.	



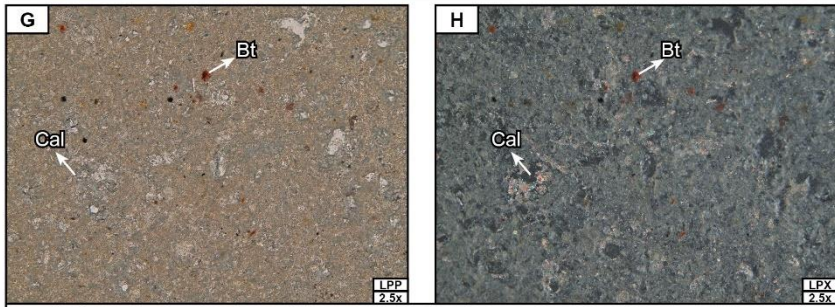
Descripción: Matriz soportada y según la madurez textural se considera submadura. Además, se tiene vetas y vetillas de calcita.



Descripción: Se observan cristales de biotita de grano grueso a muy grueso con forma subangular a subredondeado con baja esfericidad, estos granos se encuentran flotando en toda la matriz.



Descripción: Dentro de toda la matriz se tiene cristales de Calcita que va desde formas subredondeadas a xenomorfos ('manchas alargadas'), se reconoce por su iridiscencia.



Descripción: Se observan los cristales de biotita y calcita. Además, se aprecian minerales totalmente absorbidos por la matriz.

SM-18

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	SM-18	UTM	535724,171 9864192,307
Color	Gris con amarillento	Tamaño de grano	No aplica
Textura	Textura clásica	Madurez	No aplica
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica
Selección	No aplica	Compactación	No aplica
Estructuras	Masiva	Contactos	No aplica
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica
Cemento/Matriz	Matriz	% Matriz	No aplica
Tipo de porosidad	Primaria	% Porosidad	No aplica
Observaciones	La muestra de mano presente vetas.		

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Plagioclasa	%	40
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Subhedral		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grises y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	Polisintética y Carlsbad		
Angulo de extinción	90° – 110°		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Presenta hábito prismático y tabular.		

MINERAL	Calcita	%	50
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Medio-alto		
Forma	Xenomorfos		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Blanco grisáceo con irisaciones		
Birrefringencia	Alta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Inclinada		
Clivaje	En una dirección.		
Observaciones	Algunos cristales se presentan fracturados.		

MINERAL	Biotita	%	9
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Marrón		
Pleocroísmo	Alto		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Subhedral		

LUZ POLARIZADA ANALIZADA	
Color de inferencia	De segundo y tercer orden
Birrefringencia	Alta
Maclas/zonación	No presenta
Angulo de extinción	Recta
Clivaje	No presenta
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas.

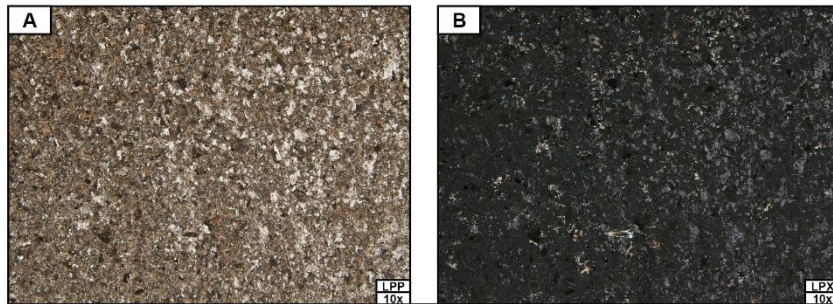
MINERAL	Opacos	%	1
----------------	---------------	----------	----------

LUZ POLARIZADA PLANA	
Color	Negro
Pleocroísmo	No presenta
Relieve	No presenta
Forma	Subredondeados y alargados

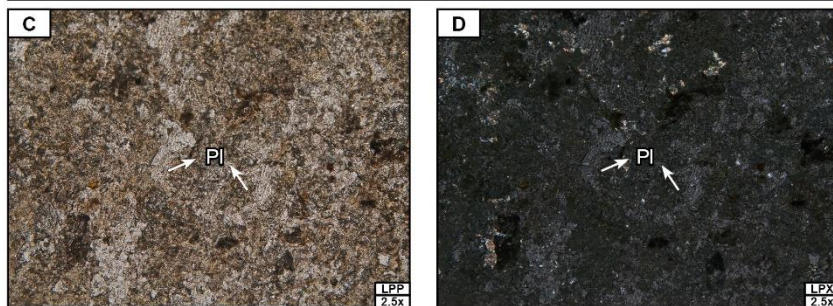
LUZ POLARIZADA ANALIZADA	
Color de inferencia	No presenta
Birrefringencia	No presenta
Maclas/zonación	No presenta
Angulo de extinción	No presenta
Clivaje	No presenta
Observaciones	Se encuentran distribuidos en toda la matriz.

MATRIZ	%	40
---------------	----------	-----------

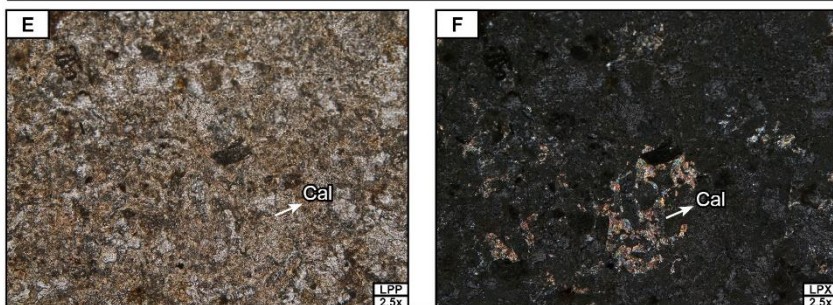
Descripción de la matriz:	
La matriz es calcárea	
TEXTURAS	Textura clásica
CONTENIDO FÓSIL	No presenta
TIPO DE ROCA	Sedimentaria
FORMACIÓN	San Mateo
OBSERVACIONES	Matriz microcristalina a criptocristalina. Se considera una matriz submadura.
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es una arenisca calcárea.



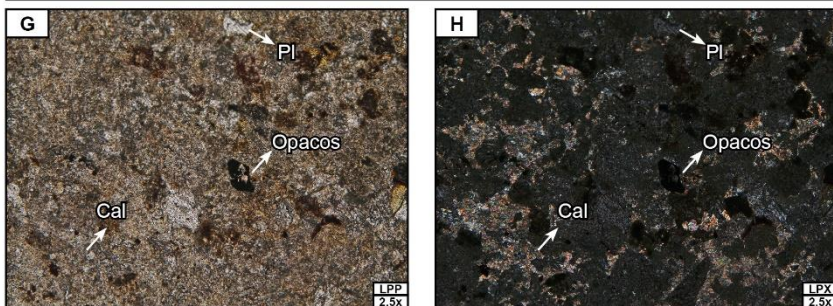
Descripción: Se observa una matriz soportada y según su madurez textural se considera una matriz submadura. Los granos tienen forma xenomorfo.



Descripción: Presencia de minerales de plagioclasa con formas subhedrales a xenomorfas y no se observa ninguna macla.



Descripción: Los cristales de calcita son presentes en toda la lámina, en algunos casos este mineral precipita dentro de otro.



Descripción: Se observa cristales de calcita en un mayor porcentaje, los cuales bordean a ciertas plagioclasas. Además, se tiene minerales opacos.

SM-19

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	SM-19	UTM	535728,265	9864187,903
Color	Gris claro	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Textura clásica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Matriz	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	Primaria	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta grano grueso y fracturas.			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Cuarzo	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Cristales fracturados y ciertas partes absorbidas por la matriz.		

MINERAL	Plagioclasa	%	45
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Subhedral		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	Polisintética y Carlsbad		
Angulo de extinción	90° – 110°		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Presenta hábito prismático y tabular.		

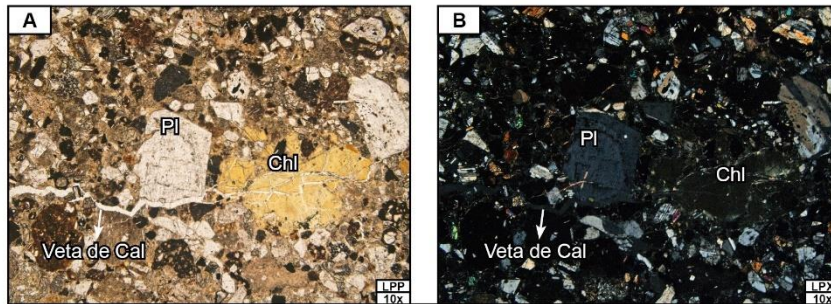
MINERAL	Clorita	%	18
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Verde claro o verde limón		
Pleocroísmo	Medio (tonos verdes)		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De primer orden		
Birrefringencia	Baja		

Maclas/zonación	No presenta
Angulo de extinción	Recta
Clivaje	No presenta
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas y otras como manchas

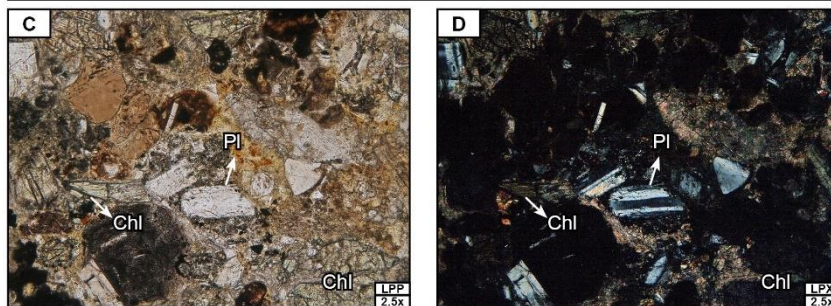
MINERAL	Piroxenos	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro a blanquecino		
Pleocroísmo	Bajo		
Relieve	Alto		
Forma	Subhedrales		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Amarillo, azul de segundo orden		
Birrefringencia	Media		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales se encuentran fracturados		

MINERAL	Opacos	%	2
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Negro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	No presenta		
Forma	Subredondeados y alargados		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	No presenta		
Birrefringencia	No presenta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	No presenta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Se encuentran distribuidos en toda la matriz.		

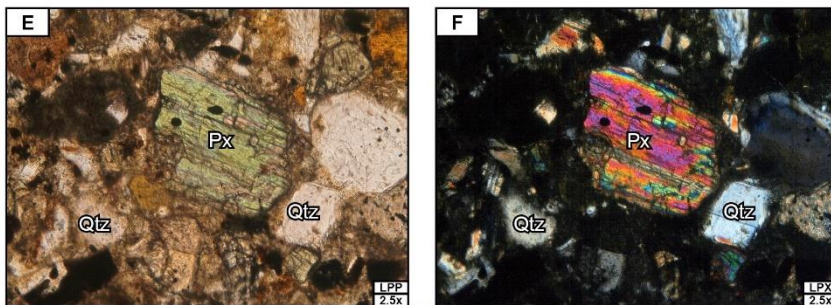
MATRIZ	%	5
Descripción de la matriz:		
La matriz es calcárea		
TEXTURAS	Textura clásica	
CONTENIDO FÓSIL	Si presenta	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria	
FORMACIÓN	San Mateo	
OBSERVACIONES	Matriz submadura.	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es una arenisca	



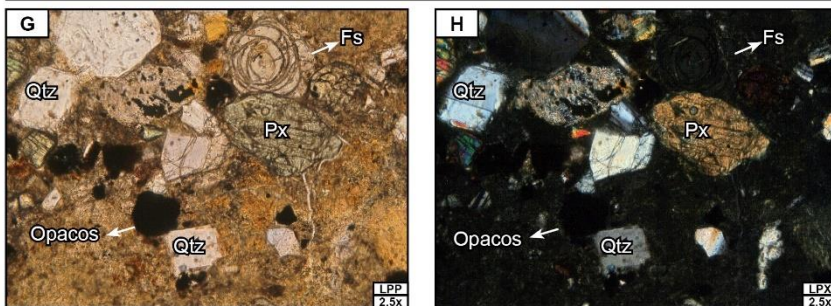
Descripción: Matriz clasto soportada con un sorteo moderado, se considera como una madurez textural submadura. Presenta vetas y vetillas que afectan a los minerales.



Descripción: Se observan minerales de plagioclasa con maclas de Carlsbad y Polisintéticas, así como también minerales de clorita.



Descripción: Cristale grande de piroxeno donde se puede observar el clivaje. Presencia de cristales subhedrales a subredondeados de cuarzo con bordes corroídos.



Descripción: Se observan restos de fósiles posiblemente sean foraminíferos, en este caso ha sido absorbido por la matriz. Además, se aprecian minerales opacos.

ZP-02

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

CÓDIGO	ZP-02	UTM	527093,698	9799471,027
Color	Café grisáceo	Tamaño de grano	No aplica	
Textura	Textura clásica	Madurez	No aplica	
Redondez	No aplica	Esfericidad	No aplica	
Selección	No aplica	Compactación	No aplica	
Estructuras	Masiva	Contactos	No aplica	
Relación entre granos	No aplica	Deformación	No aplica	
Cemento/Matriz	Matriz	% Matriz	No aplica	
Tipo de porosidad	No aplica	% Porosidad	No aplica	
Observaciones	La muestra de mano presenta grano fino a medio			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

MINERAL	Cuarzo	%	5
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Cristales fracturados y ciertas partes absorbidas por la matriz.		

MINERAL	Plagioclasa	%	45
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Bajo		
Forma	Subhedral		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Grisés y blancos de primer orden		
Birrefringencia	Baja		
Maclas/zonación	Polisintética y Carlsbad		
Angulo de extinción	90° – 110°		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Presenta hábito prismático y tabular. Algunos cristales están zonados.		

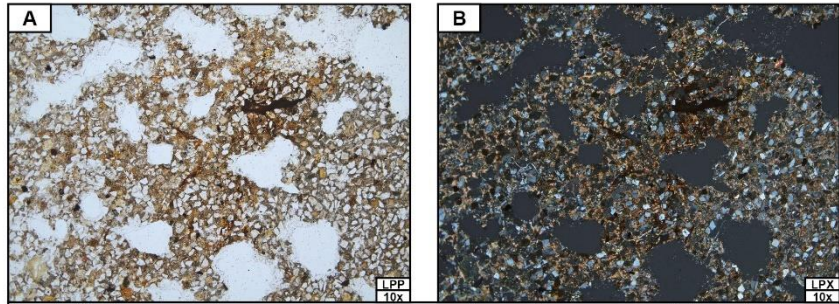
MINERAL	Clorita	%	18
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Verde claro o verde limón		
Pleocroísmo	Medio (tonos verdes)		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Xenomorfo		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De primer orden		
Birrefringencia	Baja		

Maclas/zonación	No presenta
Angulo de extinción	Recta
Clivaje	No presenta
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas y otras como manchas

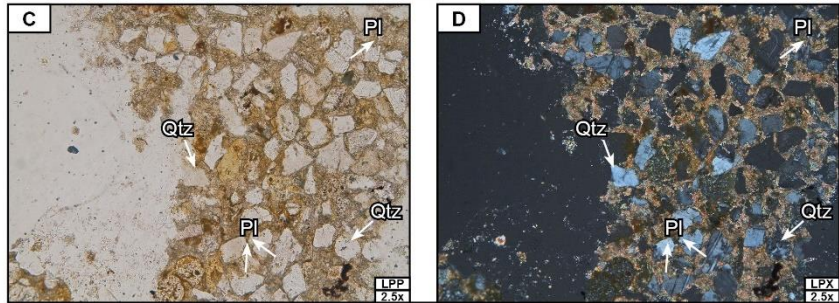
MINERAL	Biotita	%	9
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Marrón		
Pleocroísmo	Alto		
Relieve	Bajo a medio		
Forma	Subhedral		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	De segundo y tercer orden		
Birrefringencia	Alta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Recta		
Clivaje	No presenta		
Observaciones	Algunos cristales presentan formas redondeadas.		

MINERAL	Calcita	%	50
LUZ POLARIZADA PLANA			
Color	Incoloro		
Pleocroísmo	No presenta		
Relieve	Medio-alto		
Forma	Xenomorfos		
LUZ POLARIZADA ANALIZADA			
Color de inferencia	Blanco grisáceo con irisaciones		
Birrefringencia	Alta		
Maclas/zonación	No presenta		
Angulo de extinción	Inclinada		
Clivaje	En una dirección.		
Observaciones	Algunos cristales se presentan fracturados.		

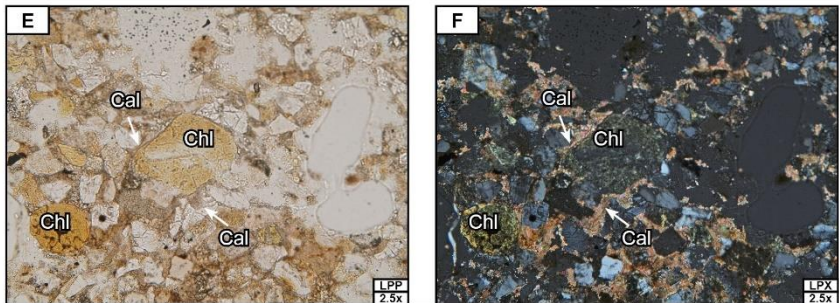
MATRIZ	%	5
Descripción de la matriz:		
La matriz es calcárea		
TEXTURAS	Textura clásica	
CONTENIDO FÓSIL	No presenta	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria	
FORMACIÓN	Zapotál	
OBSERVACIONES	Matriz submadura	
NOMBRE DE LA ROCA	En base a lo descrito se sugiere que es una arenisca	



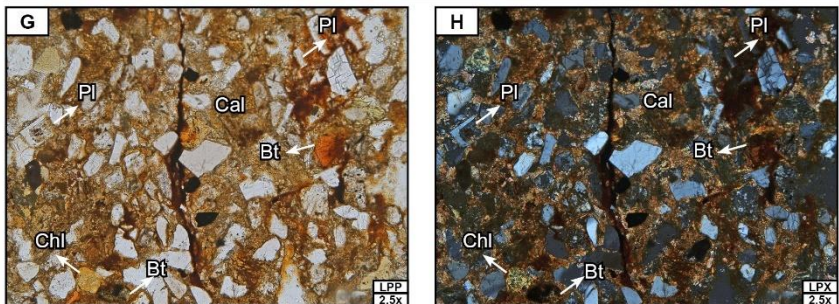
Descripción: Clasto soportado con un sorteo moderado, se considera que tiene una madurez textural submadura. Matriz calcárea.



Descripción: Clastos subangulares a subredondeados de cuarzo y clastos subhedrales de plagioclasa, presentan maclas polisintéticas y zonificación.



Descripción: Cristales de clorita con formas subredondeadas. Presencia de carbonatos (calcita) alrededor de los cristales.



Descripción: Se observa cristales de biotita dentro de la matriz calcárea. Además, se aprecia cristales de plagioclasas con macla de Carlsbad y zonificación.