



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO  
ACADÉMICO DE INGENIERO GEÓLOGO**

**TEMA:**

**DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE TECTÓNICO DE PROCEDENCIA DE LA  
FORMACIÓN TABLAZO AL OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA –  
ECUADOR**

**AUTORES:** CEDEÑO VERA DENISSE ROSALIA,  
CELI ABAD EVELYN MISSHEL

**TUTOR:** ING. JOSE LUIS SANCHEZ CORTEZ, PHD

Guayaquil, Marzo 2021



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**  
**GRADO ACADÉMICO DE INGENIERA GEÓLOGA**

**TEMA:**

**DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE TECTÓNICO DE PROCEDENCIA DE LA**  
**FORMACIÓN TABLAZO AL OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA –**  
**ECUADOR.**

**AUTORES:**

**CEDEÑO VERA DENISSE ROSALIA,**

**CELI ABAD EVELYN MISSHEL**

**TUTOR:**

**ING. JOSE LUIS SANCHEZ CORTEZ, PHD**

**GUAYAQUIL, 2021**



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



Guayaquil, lunes 8 de marzo de 2021

ANEXO VI

Señor Licenciado  
**Félix Sanango Pazmiño. MAE.**  
**VICE DECANO (E)**  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
Ciudad.-

*De mis consideraciones:*

*Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE TECTÓNICO DE PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN TABLAZO AL OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA – ECUADOR** de las estudiantes **CEDÑO VERA DENISSE ROSALIA, CELI ABAD EVELYN MISSHEL**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:*

- *El trabajo es el resultado de una investigación.*
- *Las estudiantes demuestran conocimiento profesional integral.*
- *El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.*
- *El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.*

*Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.*

*Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que las estudiantes están aptas para continuar con el proceso de revisión final.*

*Atentamente,*



Firmado electrónicamente por:

**JOSE LUIS  
SANCHEZ**

JOSÉ LUIS SÁNCHEZ CORTEZ, PHD

C.I. 0917546913

Fecha: Guayaquil, lunes 8 de marzo de 2021



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO VII

## CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado JOSÉ LUIS SÁNCHEZ CORTEZ, PHD, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por CEDEÑO VERA DENISSE ROSALIA, CELI ABAD EVELYN MISSHEL, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERA GEÓLOGA.

Se informa que el trabajo de titulación: DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE TECTÓNICO DE PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN TABLAZO AL OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA – ECUADOR, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio Urkund, quedando el **4%** de coincidencia.

The screenshot shows the Urkund web interface. At the top, it displays the URL: [secure.urkund.com/view/93085158-942371-511433/#/details/fulltext](https://secure.urkund.com/view/93085158-942371-511433/#/details/fulltext). Below the URL, there are navigation icons and a 'PROFILE' dropdown. The main content area shows the following information:

- BACK TO ANALYSIS OVERVIEW
- SUBMITTER: jossancor@gmail.com
- FILE: CELI - CEDEÑO.docx
- SIMILARITY: 4%

Below this information, there are three tabs: FINDINGS, SOURCES, and ENTIRE DOCUMENT (which is currently selected). Under the 'ENTIRE DOCUMENT' tab, there are options to 'SHOW IN TEXT' for Quotes, Brackets, and Detailed text differences. The 'Detailed text differences' option is checked. The main text area shows the beginning of 'CAPITULO 1' with the title 'Introducción'. The text describes the Tablazo formation, its location in the Santa Elena province, and references authors like Baldock (1982), Padoja (2006), Bristow and Hoffstetter (1977), and Marchant (1961). It mentions that the formation consists of three levels of marine terraces and that a complementary geochemical analysis was performed to determine tectonic environments.

<https://secure.urkund.com/view/93085158-942371-511433>



Firmado electrónicamente por:

**JOSE LUIS  
SANCHEZ**

*José Luis Sánchez Cortez, PhD*

*C.I. 0917546913*

*Fecha: Guayaquil, lunes 8 de marzo de 2021*



ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR  
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD CIENCIAS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA**  
**UNIDAD DE TITULACIÓN**



Guayaquil, 22 de marzo de 2021

M.A.E. Félix Sanango Pazmiño,  
M.Sc. VICEDECANO (E)  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE TECTÓNICO DE PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN TABLAZO AL OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA – ECUADOR.** de las estudiantes **CEDEÑO VERA DENISSE ROSALIA** y **CELI ABAD EVELYN MISSHEL**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 18 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 13 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**CESAR OSWALDO**  
**FUENTES CAMPUZANO**

César Oswaldo Fuentes Campuzano, M.Sc.

C.I.: 0907591937

C.C: Gestora de Integración Curricular y Seguimiento a Graduados



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD CIENCIAS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA**  
**UNIDAD DE TITULACIÓN**



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE TECTÓNICO DE PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN TABLAZO AL OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA – ECUADOR
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	CEDEÑO VERA DENISSE ROSALIA, CELI ABAD EVELYN MISSHEL.
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	CÉSAR OSWALDO FUENTES CAMPUZANO/ JOSÉ LUIS SÁNCHEZ CORTEZ
<b>INSTITUCIÓN:</b>	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	CIENCIAS NATURALES
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>	
<b>GRADO OBTENIDO:</b>	INGENIERÍA GEOLÓGICA
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	MARZO, 2021   <b>No. DE PÁGINAS:</b> 113
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	CIENCIAS GEOLÓGICA
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Formación Tablazo, Procedencia, carbonatos marinos, microfacies, geoquímica.
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (251-233 palabras):	
<p>La Formación Tablazo, carece de estudios geoquímicos que estén enfocados a la procedencia de la formación de los sedimentos que constituyeron las rocas, esta formación de edad pleistoceno se extiende en la isla Puná en las penínsulas de Manta y de Santa Elena. El objetivo de este estudio es determinar el ambiente tectónico de procedencia de la Formación Tablazo al oeste de la provincia de Santa Elena – Ecuador. Para lo cual, se recolectaron 8 muestras; 4 para procesos de secciones delgadas y 4 para análisis químico de roca total. La interpretación geoquímica de los elementos mayores y algunos elementos menores fueron realizadas por espectrometría de emisión con plasma inductivamente acoplado (ICP-ES), otros elementos menores y tierras raras fueron analizados mediante la técnica de espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS). Lo que permitió emplear</p>	

diagramas binarios y ternarios para procedencia tectónica por y gráficos multielementales en REE. Como resultado los sedimentos de las rocas de la Formación provienen de un arco de isla continental (AIC). La relación Y/Th en las muestras G01 y G02 indican que las rocas calizas son carbonatos marinos y conservaron sus principales propiedades químicas. Para la interpretación petrográfica se utilizó la metodología de Dunham y Folk (1962) para la clasificación de rocas carbonáticas y los tipos de microfacies de Wilson (1975) y Flugel (2004) para identificar el ambiente deposicional. El análisis petrográfico indicó que las rocas son grainstone (Biosparita) y packstone (Biomicroita). El ambiente sedimentario es Plataforma Retrabajada a Plataforma de Laguna Abierta de Rampa Interna.

The Tablazo Formation lacks geochemical studies that are focused on the origin of the formation of the sediments that constituted the rocks, this Pleistocene age formation extends on Puná Island in the Manta and Santa Elena peninsulas. The objective of this study is to determine the tectonic environment of origin of the Tablazo formation west of the province of Santa Elena - Ecuador. For which, 8 samples were collected; 4 for thin section processes and 4 for total rock chemical analysis. The geochemical interpretation of major elements and some minor elements were performed by inductively coupled plasma emission spectrometry (ICP-ES), other minor elements and rare earths were analyzed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). This made it possible to use binary and ternary diagrams for tectonic provenance by and multi-element graphs in REE. As a result, the sediments in the formation rocks come from a continental island arc (AIC). The Y / Th ratio in samples G01 and G02 indicate that the limestone rocks are marine carbonates and preserved their main chemical properties. For the petrographic interpretation, the methodology of Dunham and Folk (1962) was used for the classification of carbonate rocks and the types of microfacies of Wilson (1975) and Flugel (2004) to identify the depositional environment. Petrographic analysis indicated that the rocks are grainstone (Biosparite) and packstone (Biomicroite). The sedimentary environment is Retracted Platform to Internal Ramp Open Lagoon Platform.

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0967089414 0987448760	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:denisseliavera@gmail.com">denisseliavera@gmail.com</a> <a href="mailto:celievelyn3@gmail.com">celievelyn3@gmail.com</a>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Facultad de Ciencias Naturales	
	<b>Teléfono:</b> (04) 308-077	
	<b>E-mail:</b> info@fccnnugye.com	

ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES ACADÉMICAS



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD CIENCIAS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA**  
**UNIDAD DE TITULACIÓN**



---

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES ACADÉMICOS**

Nosotros, CEDEÑO VERA DENISSE ROSALIA y CELI ABAD EVELYN MISSHEL, con C.I. No. 1205094657 y C.I. No. 0705622017, certificamos que los contenidos desarrollados en este Trabajo de Titulación, cuyo título es DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE TECTÓNICO DE PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN TABLAZO AL OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA – ECUADOR son de nuestra absoluta propiedad y **responsabilidad Y SEGÚN EL Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\***, autorizo (amos) la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

---

Denisse Rosalia Cedeño Vera  
C.I.: 1205094657

---

Evelyn Mishel Celi Abad  
C.I.: 0705622017

\*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899 - Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

## **Dedicatoria**

Mi tesis va dedicada principalmente a Dios, por darme la vida, la salud y sabiduría. Un Dios bueno que gracias a su amor me da las fuerzas necesarias para seguir avanzando. Es quien guía el destino de mi vida.

A mi padre Ángel Cedeño por el amor que me brinda, por enseñarme a no rendirme hasta conseguir mis objetivos. Y a mi madre Águeda Vera por su amor inigualable, por hacer todo lo que esté a su alcance para que yo logre mis metas. Sin ellos no podría haberlo logrado son el pilar fundamental de mi vida y todo lo que soy como persona se lo debo a ellos los amo.

A mi hermana Jahaira Cedeño, por ser una guía y un ejemplo que seguir en mi vida, gracias por el apoyo que me brindas para cumplir mis sueños.

A mi sobrina Ainhoa Rodríguez, por darme las fuerzas para seguir adelante con solo una sonrisa tuya.

Y a mis amigos que han hecho que este camino sea agradable, por la gran amistad que me han brindado, he encontrado grandes seres humanos que pertenecerán en mi vida por siempre, los quiero mucho.

Denisse Cedeño Vera

## **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicada a Dios y a mi familia en especial a mis padres Benito Celi y Blanca Abad que siempre me han apoyado incondicionalmente en cada paso y por ser los promotores de mis sueños.

A mis grandes amigos que me dejo la universidad.

Evelyn Celi Abad

## **Agradecimientos**

A nuestros padres por el apoyo incondicional, el ánimo que nos brindaban en nuestros momentos difíciles y el esfuerzo que han hecho para que nosotras podamos culminar nuestro proceso de titulación.

Agradecemos a nuestro tutor de titulación Dr. José Luis Sánchez por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos científicos.

A la Dra. Katthy López, por siempre tener la disposición de ayudarnos y compartir sus conocimientos para este trabajo.

Y como no agradecer a los docentes de la carrera de Ingeniería Geológica, por haber contribuido en nuestra formación como profesionales y habernos brindado sus sabidurías durante estos años de estudio universitario.

Para finalizar agradecemos a nuestros compañeros y amigos por el apoyo, las risas y momentos compartidos que hicieron que esta meta sea menos compleja y agradable.



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO XIII

*RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)*

***DETERMINACIÓN DEL AMBIENTE TECTÓNICO DE PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN TABLAZO AL OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA – ECUADOR***

*Autores: Denisse Rosalia Cedeño Vera*

*Evelyn Mishell Celi Abad*

*Tutor: PhD. José Luis Sánchez Cortez*

**Resumen**

La Formación Tablazo, carece de estudios geoquímicos que estén enfocados a la procedencia de la formación de los sedimentos que constituyeron las rocas, esta formación de edad pleistoceno se extiende en la isla Puná en las penínsulas de Manta y de Santa Elena. El objetivo de este estudio es determinar el ambiente tectónico de procedencia de la Formación Tablazo al oeste de la provincia de Santa Elena – Ecuador. Para lo cual, se recolectaron 8 muestras; 4 para procesos de secciones delgadas y 4 para análisis químico de roca total. La interpretación geoquímica de los elementos mayores y algunos elementos menores fueron realizadas por espectrometría de emisión con plasma inductivamente acoplado (ICP-ES), otros elementos menores y tierras raras fueron analizados mediante la técnica de espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS). Lo que permitió emplear diagramas binarios y ternarios para procedencia tectónica por y gráficos multielementales en REE. Como resultado los sedimentos de las rocas de la formación provienen de un arco de isla continental (AIC). La relación Y/Th en las muestras G01 y G02 indican que las rocas calizas son carbonatos marinos y conservaron sus principales propiedades químicas. Para la interpretación petrográfica se utilizó la metodología de Dunham y Folk (1962) para la clasificación de rocas carbonáticas y los tipos de microfacies de Wilson (1975) y Flugel (2004) para identificar el ambiente deposicional. El análisis petrográfico indicó que las rocas son grainstone (Bioesparita) y packstone (Biomicrita). El ambiente sedimentario es Plataforma Retrabajada a Plataforma de Laguna Abierta de Rampa Interna.

**Palabras Claves:** Formación Tablazo, Procedencia, carbonatos marinos, microfacies, geoquímica.



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERÍA GEOLÓGICA  
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO XIV

*RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLES)*

***DETERMINATION OF THE TECTONIC AMBIENT OF PROVENANCE OF THE  
TABLAZO FORMATION TO THE WEST OF THE PROVINCE OF SANTA ELENA –  
ECUADOR***

*Authors: Denisse Rosalia Cedeño Vera*

*Evelyn Mishell Celi Abad*

*Advisor: PhD. José Luis Sánchez Cortez*

**Abstract**

The Tablazo formation lacks geochemical studies that are focused on the origin of the formation of the sediments that constituted the rocks, this Pleistocene age formation extends on Puná Island in the Manta and Santa Elena peninsulas. The objective of this study is to determine the tectonic environment of origin of the Tablazo formation west of the province of Santa Elena - Ecuador. For which, 8 samples were collected; 4 for thin section processes and 4 for total rock chemical analysis. The geochemical interpretation of major elements and some minor elements were performed by inductively coupled plasma emission spectrometry (ICP-ES), other minor elements and rare earths were analyzed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). This made it possible to use binary and ternary diagrams for tectonic provenance by and multi-element graphs in REE. As a result, the sediments in the formation rocks come from a continental island arc (AIC). The Y / Th ratio in samples G01 and G02 indicate that the limestone rocks are marine carbonates and preserved their main chemical properties. For the petrographic interpretation, the methodology of Dunham and Folk (1962) was used for the classification of carbonate rocks and the types of microfacies of Wilson (1975) and Flugel (2004) to identify the depositional environment. Petrographic analysis indicated that the rocks are grainstone (Biosparite) and packstone (Biomicrite). The sedimentary environment is Retracted Platform to Internal Ramp Open Lagoon Platform.

**Keywords:** Tablazo Formation, Provenance, marine carbonates, microfacies, geochemistry.

# Índice General

Índice General.....	xii
Índice de Figuras.....	xv
índice de Tablas.....	xviii
Índice de Anexos.....	xx
Abreviaturas.....	xxi
CAPÍTULO 1 .....	1
Introducción.....	1
1.1. Objetivos del estudio.....	3
1.1.1 Objetivo General .....	3
1.1.2 Objetivos Específicos.....	3
1.2 Ubicación del área de estudio.....	4
1.2.1. Acceso .....	6
1.2.2. Actividad de la Población .....	8
1.2.3. Clima y Vegetación .....	9
1.2.4. Relieve e Hidrografía .....	10
1.3. Metodología de estudio.....	12
1.3.1. Recopilación bibliográfica .....	12
1.3.2. Descripción de los afloramientos .....	12
1.3.3. Análisis geoquímico y petrográfico.....	13
1.3.4 Interpretación de resultados.....	20
1.4 Marco Geológico.....	21

1.4.1 Marco geológico local .....	22
1.4.2. Basamento.....	22
1.4.3. Grupo azúcar .....	23
1.4.4. Grupo Ancón.....	23
1.4.5. Formación Tablazo .....	25
1.4.6. Depósitos Aluviales.....	26
1.5. Estudios anteriores .....	26
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>29</b>
2.1 Análisis geoquímico de la Formación Tablazo.....	29
2.1.1. Elementos de óxidos mayoritarios .....	31
2.1.2 Tierras raras y elementos trazas.....	33
2.1.3 Diagramas multielementales o de spider .....	41
2.2 Características petrográficas .....	44
2.2.1 Afloramientos de la Formación Tablazo.....	44
2.2.1.1 Afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1).....	44
2.2.1.2. Afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2).....	46
2.2.1.3. Afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3).....	48
2.2.1.4. Afloramiento Tablazo 4 (ATA - 4).....	50
2.2.2. Características petrográficas .....	52
2.3. Análisis de ambiente sedimentario de la Formación Tablazo. ....	66
2.3.1 Afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1).....	80
2.3.2 Afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2).....	80
2.3.3 Afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3).....	81
2.3.4 Afloramiento Tablazo 4 (ATA - 4).....	82

CAPÍTULO III .....	86
Discusión de Resultados.....	86
3.1. Análisis geoquímico de la Formación Tablazo.....	86
3.2. Características petrográficas de la Formación Tablazo .....	91
3.3. Análisis ambiental de la Formación Tablazo.....	94
CAPÍTULO IV.....	97
Conclusiones.....	97
CAPÍTULO V .....	99
Referencias.....	99
Anexos .....	108

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación de los afloramientos de la Formación Tablazo en la provincia de Santa Elena. ....	5
<b>Figura 2.</b> Mapa de acceso al área de estudio en la provincia de Santa Elena. ....	7
<b>Figura 3.</b> Precipitación Media Mensual (mm) de Estaciones Meteorológicas. Fuente: CLIRSEN-MAGAP 2.012- Elaborado por: Equipo Tecnico PDyOT- GADM Santa Elena 2014.....	9
<b>Figura 4.</b> Relieves del cantón Santa Elena elaborado por Equipo Técnico PDyOT- GADM Santa Elena 2014. ....	11
<b>Figura 5.</b> Ejemplo de graficas de los diagramas utilizados para análisis químico de óxidos y elementos mayoritarios <b>A:</b> Diagramas ternarios de CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> . <b>B:</b> Diagrama bivariado SiO <sub>2</sub> versus CaO. ....	14
<b>Figura 6.</b> Ejemplos de Gráficos de Diagramas utilizando los elementos trazas y tierras raras REE. <b>A:</b> Diagrama binario Zr/Sc versus Th/Sc (McLennan y col, 1993) <b>B:</b> Diagrama Binario de $\Sigma$ REE versus La/Yb (Allegre y Minster, 1978). ....	16
<b>Figura 7.</b> Ejemplos de Gráficos de Diagramas utilizando los elementos trazas y tierras raras REE para ambientes tectónicos <b>A:</b> Diagrama bivariado Ti/Zr versus La/Sc, distintos campos de ambientes tectónicos de procedencia (Bhatia y Crook, 1986). <b>B:</b> Diagrama ternario Co- Th- Zr/10 de áreas tectónicas de procedencia (Bhatia y Crook, 1986). ....	16
<b>Figura 8.</b> Rasgos estructurales dominantes del Ecuador según J. W. Baldock, (1982). ....	21
<b>Figura 9.</b> Diagrama ternario litológico donde se observa según su composición química las muestras G01, G03, G04 en la casilla de Marga y la muestra G02 en Marga Calcárea. ....	32
<b>Figura 10.</b> Diagrama Binario de los elementos CaO y SiO <sub>2</sub> donde se observa según la composición química de las muestras G01, G03, G04 en una litología de Marga, mientras que la muestra G02 resulta en la casilla de Marga Calcárea. ....	32
<b>Figura 11.</b> Relación entre Mn/Sr.....	35

<b>Figura 12.</b> Diagrama bivariado Ti/Zr versus La/Sc en el que se presentan distintos campos de ambientes tectónicos de procedencia (Bhatia y Crook, 1986). Donde se muestra que las rocas de la Formación Tablazo de los diferentes sectores dan en el ambiente de Arco de isla continental mientras que la muestra G01 G04 cerca de Marco continental activo.....	36
<b>Figura 13.</b> Diagrama ternario de Co-Th-Zr/10 por Bhatia y Crook 1986 donde se ilustra las muestras en el ambiente AIC= Arco de Isla Continental .....	37
<b>Figura 14.</b> Diagrama de Zr/Sc vs Th/Sc McLennan y colaboradores (1993) donde las rocas contienen composición variada.....	39
<b>Figura 15.</b> Diagrama Binario de REE vs La/Yb Allegre y Minster 1978.....	40
<b>Figura 16.</b> Diagrama multielemental con los valores normalizados con respecto a la corteza continental superior (UCC). .....	41
<b>Figura 17.</b> Diagrama multielemental con respecto al manto primitivo. ....	43
<b>Figura 18.</b> Afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1) en la concesión minera “Tablazo 1”. .....	44
<b>Figura 19.</b> Columna estratigráfica del afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1). Tiene un espesor de 6,00 metros, consiste de base a techo de: Grainstone bioesparítico.....	45
<b>Figura 20.</b> Afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2) en la concesión minera Tablazo 1..	46
<b>Figura 21.</b> Columna estratigráfica del afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2). Tiene un espesor de 5,50 metros, consiste de base a techo de: Packstone biomicrítico con textura grano soportada. ....	47
<b>Figura 22.</b> Afloramiento Tablazo 3 (ATA – 3) en la concesión minera “Daniel 3” en la vía San Vicente hacia San Pablo. ....	48
<b>Figura 23.</b> Columna estratigráfica del afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3). Tiene un espesor de 4,50 metros, consiste de base a techo de: caliza de color marrón claro rosáceo poco consolidada con textura grano soportada. ....	49
<b>Figura 24.</b> Afloramiento Tablazo 3 (ATA – 3) en la concesión minera “Daniel 3” en la vía San Vicente hacia San Pablo. ....	50
<b>Figura 25.</b> Columna estratigráfica del afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3). Tiene un espesor de 4,50 metros, consiste de base a techo de: caliza de color marrón claro rosáceo poco consolidada con textura grano soportada. ....	51

<b>Figura 26.</b> Clasificación basada en su composición según Folk (1959, 1962) (Arche, 2010).....	54
<b>Figura 27.</b> Clasificación de las calizas basada en su textura deposicional según Dunham, (1962) (Arche, 2010).....	56
<b>Figura 28.</b> Ambientes de depositación generalizados, zonas de facies, y tipos de SMF propuesta por Wilson, (1975) (Espinel y Hurtado, 2010). ....	68
<b>Figura 29.</b> Distribución de facies y microfacies en el Modelo Estándar de Wilson (1975) (Arche, 2010) .....	69
<b>Figura 30.</b> Modelo de los Tipos de Microfacies Rampa (RMF) en una rampa homoclinal, propuesto por Flügel (2004) (Reading y Collinson, 1996). ....	76
<b>Figura 31.</b> Diagrama con Zonas de Facies Estándar (ZF) con el ambiente sedimentario en que se depositó las rocas de la Formación Tablazo. En las líneas negras se indica el sitio de depósito de las microfacies. ....	83
<b>Figura 32.</b> Diagrama con los Tipos de Microfacies Rampa para una plataforma carbonatada identificados en los afloramientos de Formación Tablazo. En las líneas negras se indica el sitio de depósito de las microfacies. ....	84
<b>Figura 33.</b> Diagrama Binario de relación entre Ce con los elementos Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y Zr, donde muestra que los contenidos de Ce no se relacionan con estos elementos. ...	88
<b>Figura 34.</b> Esquema que representa el ambiente de procedencia tectónica de las muestras analizadas de la Formación Tablazo donde se ubican en la una cuenca de depósito Tras – Arco. ....	90
<b>Figura 35.</b> Porcentaje de los componentes ortoquímicos de la Formación Tablazo obtenidos de las secciones como grainstone ATA-1 (PC-01) y packstone ATA-2 (PC-02), ATA-3 (PC-03), ATA-4 (PC-04), predomina la micrita con (45% - 59%) y esparita (41% - 55%). ....	93
<b>Figura 36.</b> Porcentajes de los componentes aloquímicos de los afloramientos de la Formación Tablazo donde predominan las algas con (55% - 60%), foraminíferos (9% - 10%), moluscos (5% - 12%), briozoos (10% - 12%).....	93
<b>Figura 37.</b> Diagrama de la interpretación del ambiente de procedencia tectónica de la Formación Tablazo al Oeste de la provincia de Santa Elena – Ecuador. ....	95

## índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas UTM Datum WGS84, de los afloramientos de la Formación Tablazo, Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena. ....	4
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de ambientes tectónicos, cuencas de depósito y tipo de procedencia relacionada a partir de la concentración de elementos mayores en rocas sedimentarias detríticas (Bathia, 1983). ....	17
<b>Tabla 3.</b> Concentración promedio de algunas relaciones de elementos mayores y trazas en diferentes ambientes tectónicos (Bathia, 1983; Bathia y Crook, 1986) ....	18
<b>Tabla 4.</b> Afloramientos seleccionados para el análisis petrográfico y ambiente sedimentario. ....	19
<b>Tabla 5.</b> Análisis geoquímicos de los elementos mayoritarios, elementos trazas y tierras raras de las muestras estudiadas de la Formación Tablazo. ....	30
<b>Tabla 6.</b> Relaciones elementales de las calizas de la Formación Tablazo. ....	34
<b>Tabla 7.</b> Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra (PC-01) del afloramiento Tablazo 1 (ATA – 1) son: 45% micrita, 55% esparita, 83% bioclastos y 17% intraclastos. Según Folk (1959,1962) es clasificada como Bioesparita o Grainstone según Dunham (1962). ....	58
<b>Tabla 8.</b> Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra (PC-02) del afloramiento Tablazo 2 (ATA – 2) son: 59% micrita, 41% esparita, 79% bioclastos y 21% intraclastos. Según Folk (1959,1962) es clasificada como Biomicrita o Packstone según Dunham (1962) ....	60
<b>Tabla 9.</b> Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra (PC-03) del afloramiento Tablazo 3 (ATA – 3) son: 56% micrita, 44% esparita, 92% bioclastos y 8% intraclastos. Según Folk (1959,1962) es clasificada como Biomicrita o Packstone según Dunham (1962) ....	62
<b>Tabla 10.</b> Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra (PC-04) del afloramiento Tablazo 4 (ATA – 4) son: 55% micrita, 45% esparita, 91% bioclastos y 9% intraclastos. Según Folk (1959,1962) es clasificada como Biomicrita o Packstone – Grainstone según Dunham (1962).....	64

<b>Tabla 11.</b> Características petrográficas de las secciones delgadas de los afloramientos de la Formación Tablazo al Oeste de la provincia de Santa Elena.....	65
<b>Tabla 12.</b> Tipos de Microfacies Estándar (SMF) propuestas por Wilson (1975)...	70
<b>Tabla 13.</b> Tipos de Microfacies RMF para una rampa homoclinal propuestas por Flügel en 2004 (citado por Espinel y Hurtado, 2010). .....	77
<b>Tabla 14.</b> Análisis a las secciones delgadas de los afloramientos de la Formación Tablazo sobre los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF). .....	85
<b>Tabla 15.</b> Contenido de CO <sub>3</sub> Ca en diferentes litologías.....	86

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1</b> Fotografías de las muestras de rocas enviadas al laboratorio para análisis geoquímico.....	108
<b>Anexo 2</b> Fotografías del proceso realizado para la obtención de las láminas delgadas.....	110
<b>Anexo 3</b> Formato para la descripción petrográfica de las láminas delgadas de las rocas de la Formación Tablazo. ....	112

## Abreviaturas

**ATA-1** Afloramiento Tablazo 1

**ATA-2** Afloramiento Tablazo 1

**ATA-3** Afloramiento Tablazo 1

**ATA-4** Afloramiento Tablazo 1

**N** Norte

**S** Sur

**NO** Noroeste

**SE** Sureste

**GADM** Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal

**IEPC** International Ecuadorian Petroleum Company

**m** Metro

**mm** Milímetro

**UTM** Universal Transversal de Mercator

**>** Mayor

**<** Menor

**NI** No Identificado

**SMF** Standard Microfacies Types “Tipos de Microfacies Estándar”

**RMF** Ramp Microfacies Types “Tipos de Microfacies Rampa”

**AIO** Arco De Isla Oceánico

**AIC** Arco De Isla Continental

**MCA** Margen Continental Activo

**MP** Margen Pasivo

**GSA** Sociedad Geológica Americana

**ICP-ES** Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry “Espectrometría de emisión con plasma inductivamente acoplado”

**ICP-MS** Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry “Espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado”

# CAPÍTULO 1

## Introducción

La Formación Tablazo, corresponde un conjunto de depósitos de terrazas marinas de edad Pleistoceno esta se extiende en la isla Puná, en las penínsulas de Manta y de Santa Elena. Se caracteriza por su litología principalmente típica de lumaquela, coquinas, areniscas calcáreas bioclásticas y conglomerados, siendo en el Ecuador en la Provincia de Santa Elena su principal zona de afloramiento.

Autores como Baldock (1982), Pedoja (2006) y Bristow y Hoffstetter (1977) coinciden que la Formación Tablazo son terrazas marinas; según Bristow y Hoffstetter (1977), está constituida por tres niveles de terrazas de origen marino; sin embargo, Marchant (1961), previamente ha identificado en esta unidad 4 subniveles, todos estos niveles están ordenados del más antiguo al más reciente.

Se quiso realizar un análisis complementario mediante análisis geoquímicos de óxidos y elementos mayoritarios, elementos trazas y tierras raras (REE) los cuales han sido ampliamente desarrollados para determinar ambientes tectónicos de procedencia de las rocas y se implementó la petrografía para determinar y definir el ambiente sedimentario de esta forma corroborar la información obtenida por los análisis geoquímicos.

Este trabajo permite dar un aporte a la industria de no metálicos, ya que, conocer ambientes de depósito nos permite determinar tipo de materia y sus posibles aplicaciones. La Formación Tablazo carece de estudios geoquímicos que estén enfocados en la procedencia de la formación de los sedimentos que constituyeron las rocas. Las escasas investigaciones son un estudio fotogeológico y estructural de la provincia de Santa Elena (Marchnt, 1961) y un estudio petrográfico de la cantera Tablazo (Mejía y Samaniego, 2019).

Con esta investigación se aporta información geológica valiosa para la geología regional del sector en el aspecto investigativo y científico, empleando los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Geológica.

## **1.1. Objetivos del estudio**

### **1.1.1 Objetivo General**

Determinar el ambiente tectónico de procedencia de la Formación Tablazo al oeste de la provincia de Santa Elena – Ecuador, mediante la aplicación de análisis geoquímicos.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Interpretar resultados de análisis geoquímicos a partir del análisis de óxidos mayoritarios, elementos trazas y tierras raras.
- Clasificar las rocas de la Formación Tablazo mediante su composición petrográfica.
- Interpretar el ambiente sedimentario de depositación de las rocas de la Formación Tablazo.

## 1.2 Ubicación del área de estudio

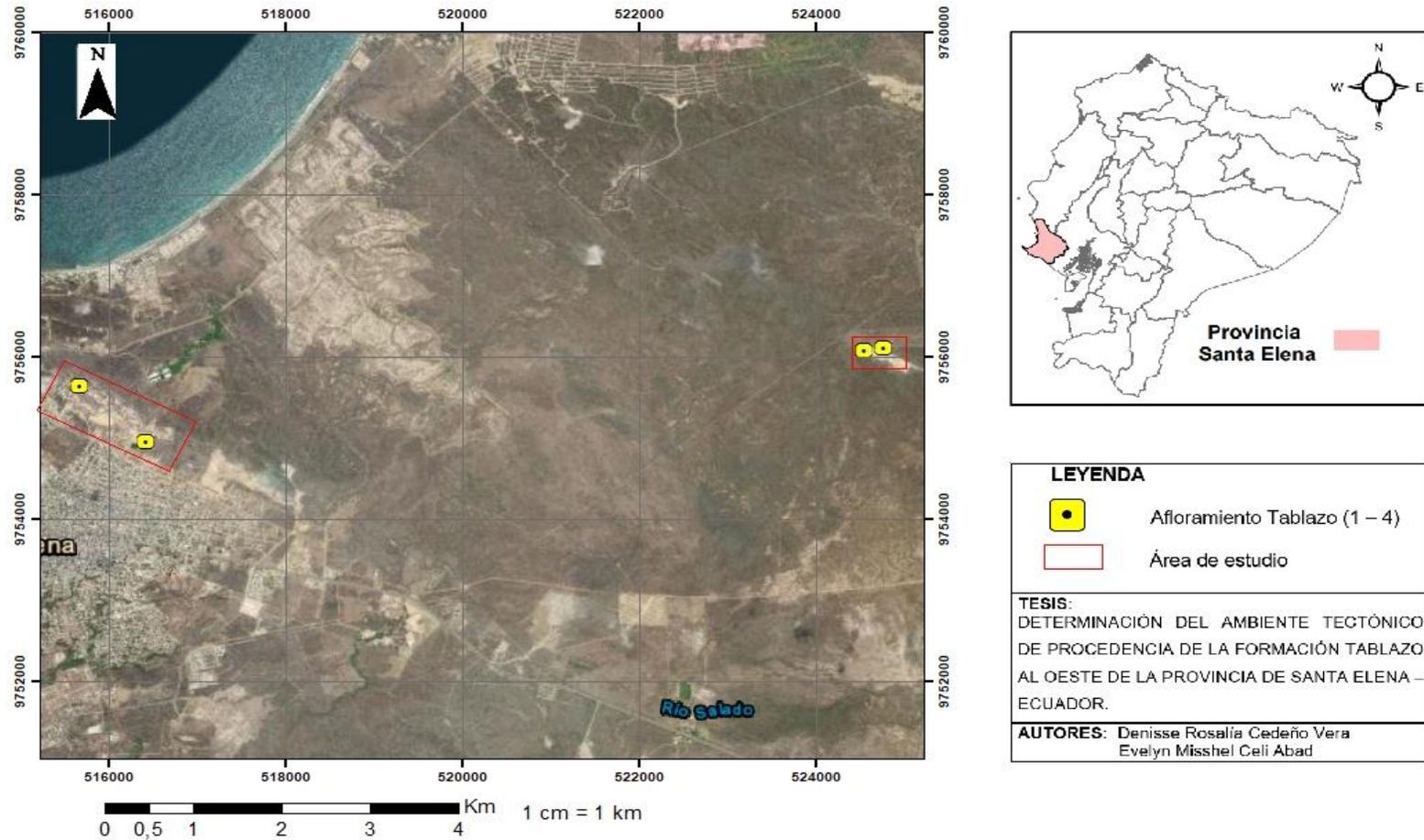
El área de estudio se encuentra al oeste del cantón Santa Elena en la península de Santa Elena, en las canteras “El Tablazo I” en el cerro el Tablazo y la cantera “Daniel 3” vía San Vicente (Figura 1).

En el área de investigación se ubicaron cuatro afloramientos que se los denominó de la siguiente manera: Afloramiento Tablazo 1 (ATA-1), Afloramiento Tablazo 2 (ATA-2), Afloramiento Tablazo 3 (ATA-3) y Afloramiento Tablazo 4 (ATA-4), las coordenadas de los afloramientos son las siguientes:

**Tabla 1.** Coordenadas UTM Datum WGS84, de los afloramientos de la Formación Tablazo, Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena.

Afloramientos	Coordenadas WGS-84 zona 17 sur		Altitud
	Norte	Este	
ATA-1	516424	9754962	80 m.s.n.m
ATA-2	515676	9755644	86 m.s.n.m
ATA-3	524757	9756117	68 m.s.n.m
ATA-4	524537	9756093	68 m.s.n.m

## MAPA DE UBICACIÓN



**Figura 1.** Mapa de ubicación de los afloramientos de la Formación Tablazo en la provincia de Santa Elena.

### **1.2.1. Acceso**

Para acceder al área de estudio se debe recorrer aproximadamente 135 kilómetros, desde la ciudad de Guayaquil - Terminal Terrestre, hacia la ciudad de Santa Elena - Terminal Terrestre, para luego dirigirse a las canteras (Figura 2).

Los afloramientos (ATA-1) y (ATA-2) se encuentran ubicados en el cerro el Tablazo para su acceso se debe ir por la calle Sucre, que se vincula con la vía Guayaquil-Salinas y con la Troncal del Pacífico hasta llegar al cerro el Tablazo donde se encuentra ubicada la concesión minera “El Tablazo 1”.

Por la ruta del sol y la vía San Vicente se dirige hacia la concesión minera “Daniel 3” para llegar a los afloramientos (ATA-3) y (ATA-4), a partir de ahí se debe tomar un camino secundario de grava que conduce a la concesión; este último tramo tiene 700 metros de distancia.

## MAPA DE ACCESO

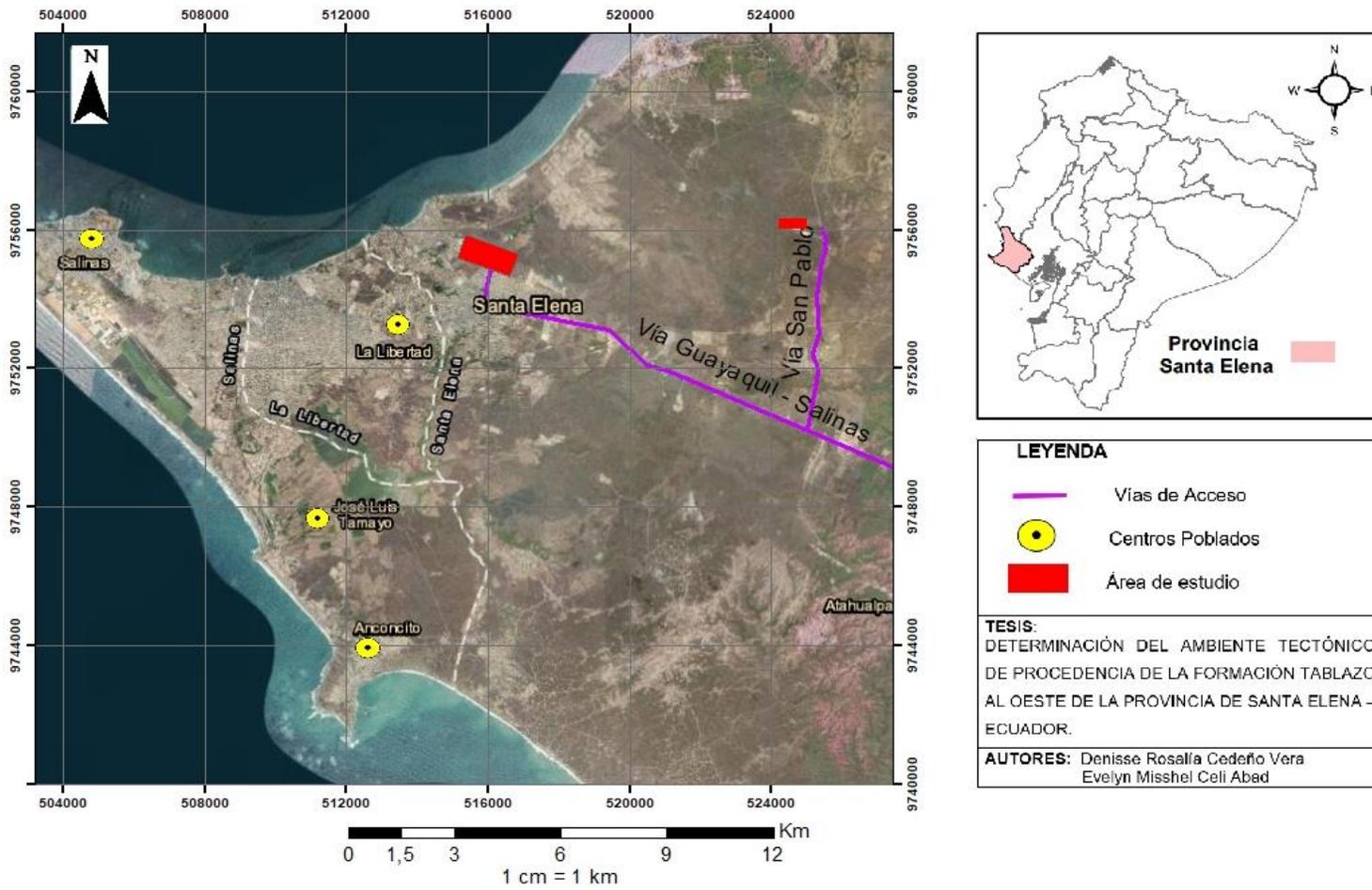


Figura 2. Mapa de acceso al área de estudio en la provincia de Santa Elena.

### 1.2.2. Actividad de la Población

La economía del cantón Santa Elena se basa principalmente en el comercio y el turismo, pero la actividad de población se basa en diferentes aspectos según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial-Cantón Santa Elena 2014-2019:

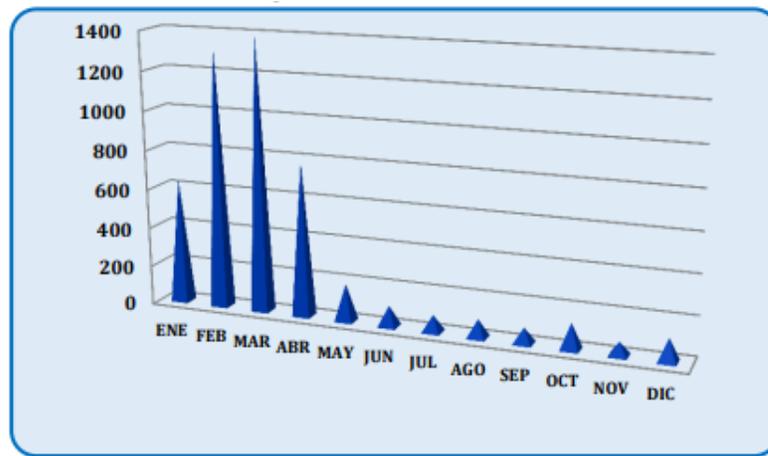
- La pesca, los comerciantes locales adquieren la producción y la comercialicen principalmente en La Libertad, Salinas y Guayaquil. En el caso de otros puertos como Anconcito y Chanduy, el restante se comercializa en las industrias locales que elaboran harina de pescado para balanceados se estima que directa o indirectamente se benefician alrededor de 1.900 familias con esta actividad.
- Laboratorios dedicados a la producción de larvas de camarón y granjas camaroneras que tienen un impacto directo en la generación de fuentes de empleo.
- La actividad petrolera se desarrolla desde hace ya 100 años, esta actividad hoy se constituye como una de las principales actividades productivas que influyen la dinámica económica de las parroquias sobre todo en Ancón y Atahualpa.
- La extracción de canteras donde se estima que existen aproximadamente veinte y seis canteras distribuidas en varias parroquias del cantón. De esta actividad extractiva se obtiene importantes cantidades de piedra caliza, silicato, yeso, bentonita y material pétreo en general
- En el sector agrícola, las actividades que tienen relación con la siembra y cultivo de los productos vegetales de ciclo corto, mediano y largo o permanente.
- En el sector pecuario, involucra la crianza, cuidado y comercialización de estado primario de los productos de origen animal: leche, carne y huevos. Incluyendo a la avicultura (de carne y postura).
- Turismo que es de gran importancia y posicionamiento en el mercado nacional e internacional, que se constituyen como un centro de distribución para efectuar distintas actividades, tanto recreativas, culturales y educativas. El cantón está ubicado en un área estratégica de las costas del Océano Pacífico

posee una importante disponibilidad de recursos naturales-turísticos y culturales.

### 1.2.3. Clima y Vegetación

#### 1.2.3.1. Clima

El cantón Santa Elena cuenta con dos climas muy marcados: seco y lluvioso. Las altas precipitaciones se inician en diciembre y finalizan en abril, mientras que las bajas precipitaciones se presentan de junio a octubre (estación seca). Los valores mínimos y máximos de la temperatura del aire oscilan entre 16-24°C y 24-32°C, respectivamente, mientras que la temperatura promedio interanual es de 23.4°C. En años de no fenómeno El Niño, el ciclo anual de precipitación presenta una alta variabilidad durante la estación lluviosa, que puede alcanzar los 190mm/mes a 200mm/mes, siendo marzo el mes más lluvioso. En los meses de la estación seca la precipitación y su variabilidad son muy cercanas a cero, esto se da en los meses de julio y noviembre (GADM Santa Elena, 2014).



**Figura 3.** Precipitación Media Mensual (mm) de Estaciones Meteorológicas. Fuente: CLIRSEN-MAGAP 2.012- Elaborado por: Equipo Tecnico PDyOT- GADM Santa Elena 2014.

### 1.2.3.2. Vegetación

La vegetación en la provincia de Santa Elena se caracteriza por su gran diversidad, entre ellos los más números son los bosques mixtos de encinas (nombre científico *Quercus rotundifolia*) y alcornoques (*Quercus suber*), seguido de una gran cantidad de matorrales mediterráneo en el que son más habituales los madroños (*Arbutus unedo*), los perales (*Pirus bourgeana*), asociados de jaras y romeros (*Romarinus officinalis*).

### 1.2.4. Relieve e Hidrografía

Las principales cuencas se encuentran en la cordillera Chongón-Colonche y existen 12 unidades geográficas de diferentes órdenes de cauce, considerando como las más extensas e importantes a las siguientes:

- Río Ayampe
- Río Manglaralto
- Río Valdivia
- Río Viejo
- Río Javita
- Río Grande
- Río Zapotal

Aunque se tienen las unidades hidrográficas indicadas, a nivel cantonal la disponibilidad de agua superficial es baja, por lo que una fuente de provisión de agua es por medio de pozos subterráneos (CADS, 2013).

A continuación se ilustra un cuadro (Figura 4) donde se puede apreciar los diferentes tipos de relieves que se encuentran en la provincia de Santa Elena.

RELIEVE	DESCRIPCIÓN
<b>Cordillera Chongón Colonche</b>	Estos relieves se caracterizan por tener pendientes de 25, 40 a 70, 100, 150 % con cimas agudas, vertientes cóncavas y rectilíneas, poseen un desnivel relativo de 25, 100 a 200 m y una longitud de la vertiente mayor a los 250, 500 m.
<b>Cordillera Costera Chanduy - Playas</b>	Son relieves de carácter residual asociados a rocas volcano-sedimentarias correspondientes a la Formación Cayo. Este tipo de relieves presentan pendientes de 12, 25 a 40, 70, 100 % y un desnivel relativo promedio de 25, 100, 100 a 200 m., sus cimas son agudas en su mayoría y algunas redondeadas con vertientes rectilíneas y convexas. Los procesos morfodinámicos no son evidentes. La cobertura vegetal está caracterizada por la presencia de vegetación arbustiva y herbácea.
<b>Relieves Estructurales y Colinados Terciarios</b>	Es formado como resultado de los procesos erosivos de los relieves primarios de la Formación Cayo, presenta pendientes fuertes de 25, 40 a 70 %, desniveles relativos de 15, 25, 100, 200 m. y una longitud de la vertiente de 15 a 50 m. Litológicamente están constituidos por arenisca fina, blanda, arcillas limosas y arenas calcáreas pardo rojizo de la Formación Progreso, estos relieves presentan una cima redondeada y aguda con vertientes convexas.
<b>Litorales Sedimentario y Fluvio-Marinos</b>	Ubicado en toda la línea de costa de Sur a Norte desde Engunga hasta La Rinconada; se trata de una zona topográficamente bien diferenciada cuya principal característica es la irregularidad de sus cimas. Morfológicamente, presentan superficies disectadas, vertientes de mesas marinas, superficies de colmatación, superficies de erosión, relieves colinados muy bajos y ondulados. Litológicamente está asociada a areniscas calcáreas de edad cuaternaria, pertenecientes a la Formación Tablazo, que se deben a procesos de ransgresiones marinas recientes. También encontramos geofomas marinas y fluvio-marinas, asociados a marismas, estuarios, cordones litorales, planicies costeras, y salitrales. Presentan pendiente del 25 al 40 %, con un desnivel relativo no mayor a los 50 m., su cima es aguda con vertientes rectilíneas.
<b>Medio Aluvial</b>	Varios autores lo llaman sistema fluvial pero se puede definir como la unidad o sistema influenciado directamente por la acción de los ríos. Es un sistema muy variable ya que cambia con el tiempo, debido a la actividad de procesos erosivos y de sedimentación, responde también a los cambios climáticos, modificaciones de nivel de base, tectónica . Presentan una pendiente de 0 a 5 % y un desnivel relativo menor a 5 m, su litología corresponde a arcillas, gravas, limos y arenas de grano fino a medio.

**Figura 4.** Relieves del cantón Santa Elena elaborado por Equipo Técnico PDyOT-GADM Santa Elena 2014.

### **1.3. Metodología de estudio**

Para el desarrollo del presente trabajo se planificaron las siguientes fases: recopilación bibliográfica, descripción de los afloramientos, análisis geoquímico y petrográfico, interpretación de resultados.

#### **1.3.1. Recopilación bibliográfica**

En este proceso se planificó el levantamiento de información especializada en geología, con temáticas similares a la expuesta:

- Recopilación bibliográfica de artículos y revistas científicas, tesis de grado y posgrado, libros y material de referencia en general.
- Durante el proceso de elaboración de mapas y cartografías, se extrajo información cartográfica a través del Instituto Geográfico Militar y del Instituto de Investigación Geológico y Energético.

#### **1.3.2. Descripción de los afloramientos**

Este proceso fue desarrollado en dos fases: la primera fase concierne a la definición preliminar y ubicación de los afloramientos y sitios de muestreo, que coincidan con la presencia de la Formación Tablazo en el área de estudio. Estos sitios fueron analizados y seleccionados según factores logísticos y técnicos.

Una segunda fase, operativa en la cual se realizaron labores técnicas en los sitios previamente identificados. Entre las actividades desarrolladas tenemos:

- Definición del espesor de cada afloramiento e identificación de los posibles tipos de rocas y su capacidad de reacción con el ácido clorhídrico.

- Descripción de las características físicas del material, entre las cuales se definieron el tamaño de la granulometría y el color, aplicando la carta de colores de roca de la Sociedad Geológica Americana (GSA) según Munsell (2009).
- Dibujo de las columnas litológicas de cada afloramiento. En este proceso se especificaron el espesor, posible litología y características estructurales (Dip y Dip direction).
- Toma de fotografías de cada afloramiento para llevar un registro del trabajo realizado.
- Se tomaron 8 muestras en campo con un peso aproximado de 1 kilogramos cada muestra y se seleccionaron dos grupos, el primer grupo fueron 4 muestras de roca para un análisis macroscópico y microscópico con secciones delgadas, el segundo grupo de 4 muestras de roca para un análisis geoquímico.

### **1.3.3. Análisis geoquímico y petrográfico**

#### **1.3.3.1. Análisis geoquímico**

Las muestras para la realización de análisis geoquímicos en una roca, fueron tomadas de la siguiente forma: dos en la cantera denominada “Tablazo 1”, y dos en la cantera “Daniel 3”, tomando de ellas rocas frescas inalteradas. Estos análisis consisten en la cuantificación de diversos elementos químicos, dicho proceso comienza con una preparación de las muestras, un secado de estas, para su posterior trituración, con diámetros de entre 0.60 y 1.5 kg de cada muestra, a 10 mallas 90%, un cuarteo 300gr, pulverizado a 150 mallas.

Según Jiménez (1994), la geoquímica en las rocas carbonatadas puede dar a conocer dos tipos de datos, uno de ellos se emplea para la interpretación de la génesis de los materiales encontrados y el otro tipo referente a la evolución de los resultados

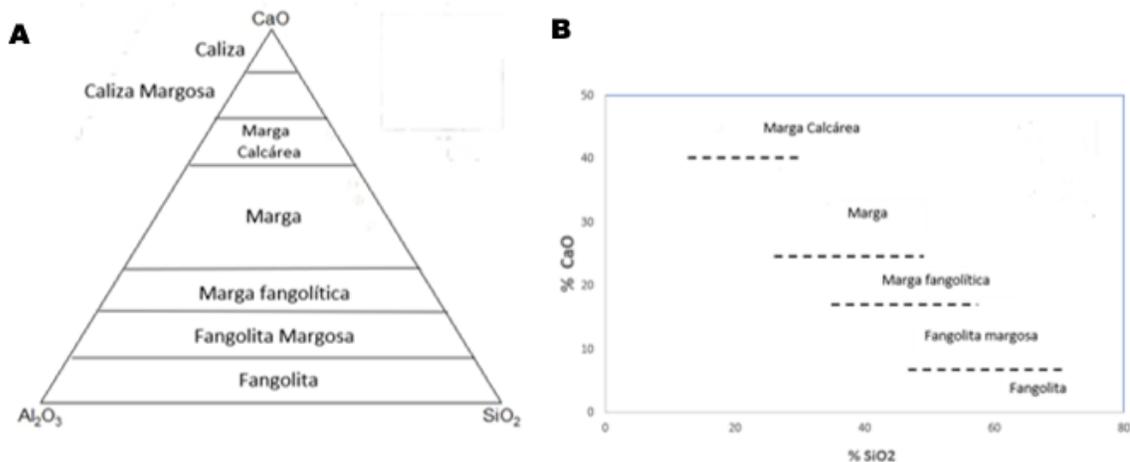
geoquímicos adquiridos en una sección estratigráfica, los cuales sirven para correlacionar secciones estratigráficas.

Los estudios geoquímicos de las rocas, abarcando los elementos mayores y algunos elementos menores, fueron realizados por espectrometría de emisión con plasma inductivamente acoplado (ICP-ES, del nombre en inglés Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry). Otros elementos menores y tierras raras fueron analizados mediante la técnica de espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS, del nombre en inglés Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Todos los datos fueron obtenidos en los laboratorios analíticos Bureau Veritas sucursal Perú.

Los datos obtenidos de los análisis fueron procesados en diagramas binarios y ternarios, realizados en programas GCDKit, Excel y Triplot.

**Análisis geoquímico para óxidos:** Los diagramas que se utilizaron para analizar los óxidos mayoritarios son:

- Diagramas ternarios de CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> (tipo litológico)
- Diagrama bivariado CaO versus SiO<sub>2</sub>.



**Figura 5.** Ejemplo de graficas de los diagramas utilizados para análisis químico de óxidos y elementos mayoritarios **A:** Diagramas ternarios de CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>. **B:** Diagrama bivariado SiO<sub>2</sub> versus CaO.

**Análisis geoquímicos de elementos traza y tierras raras:** - Los elementos trazas más habitual en las rocas carbonáticas son Estroncio (Sr), Magnesio (Mn), Hierro (Fe), Potasio (K) y Sodio (Na), su unidad de medida es en ppm (partes por millón) en peso. Los diagramas que se utilizaron para analizar los elementos trazas y tierras raras son:

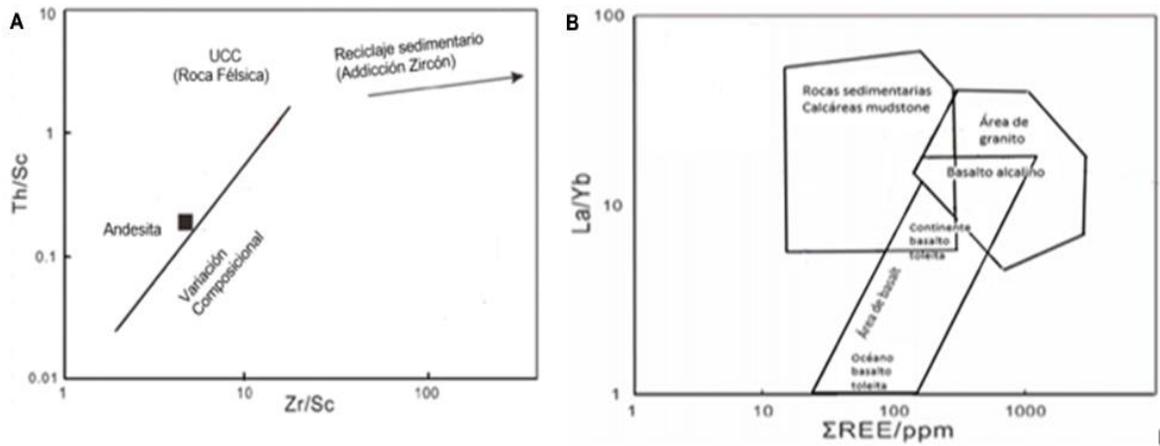
Para procedencia y rocas madres se utilizó el diagrama multielemento normalizado respecto a la corteza continental superior (UCC) (Taylor y McLennan, 1985).

Diagrama de multielementos o diagrama spider normalizado a los elementos trazas del manto primitivo (Mc Donough and Sun, 1995).

Los mejores indicadores de roca madre en sedimentos, son los elementos del grupo de las tierras raras (REE), en especial el Th y el Sc (Taylor y McLennan, 1985; McLennan, 1989), los que se detallan a continuación:

- Diagrama binario Zr/Sc versus Th/Sc en el que se presenta la composición mineralógica de las rocas por McLennan y colaboradores (1993).
- Diagrama Binario de  $\sum$ REE versus La/Yb, donde se ilustran las diferentes áreas: área del granito, área del basalto y área de las rocas sedimentarias por Allegre y Minster (1978).

A continuación, en la figura 6 se presentan algunos de los diagramas a utilizados.

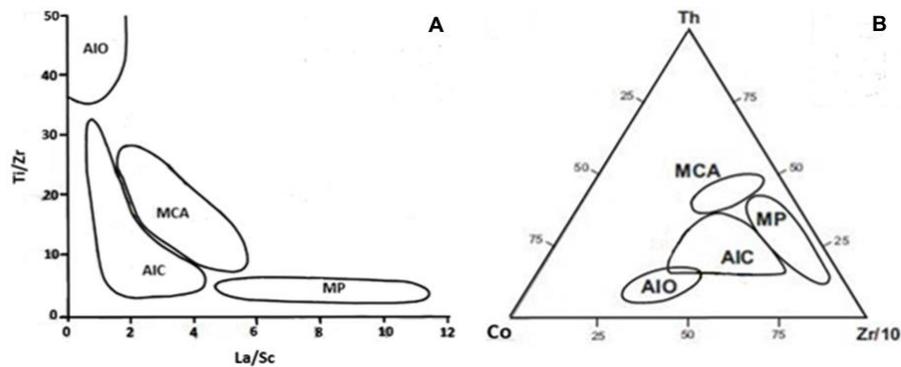


**Figura 6.** Ejemplos de Gráficos de Diagramas utilizando los elementos trazas y tierras raras REE. **A:** Diagrama binario Zr/Sc versus Th/Sc (McLennan y col, 1993) **B:** Diagrama Binario de  $\Sigma$ REE versus La/Yb (Allegre y Minster, 1978).

Para determinar la procedencia tectónica se utilizaron los siguientes diagramas:

- Diagrama bivariado Ti/Zr versus La/Sc, en el que se presentan distintos campos de ambientes tectónicos de procedencia (Bhatia y Crook, 1986).
- Diagramas ternarios de áreas tectónicas de procedencia (Bhatia y Crook, 1986).

En la figura 7 se presentan los diagramas para determinar la procedencia tectónica.



**Figura 7.** Ejemplos de Gráficos de Diagramas utilizando los elementos trazas y tierras raras REE para ambientes tectónicos **A:** Diagrama bivariado Ti/Zr versus La/Sc, distintos campos de ambientes tectónicos de procedencia (Bhatia y Crook, 1986). **B:** Diagrama ternario Co- Th- Zr/10 de áreas tectónicas de procedencia (Bhatia y Crook, 1986).

**Tabla 2.** Clasificación de ambientes tectónicos, cuencas de depósito y tipo de procedencia relacionada a partir de la concentración de elementos mayores en rocas sedimentarias detríticas (Bathia, 1983).

Ambiente tectónico	Cuenca de depósito dominante	Naturaleza de la corteza adyacente a la cuenca	Tipo de procedencia
Arco de islas oceánico	Tras-arco y ante-arco	Arco formado sobre corteza oceánica o bien sobre corteza continental delgada	Arcos magmáticos no disectados
Arcos de islas continental	Intra-arco, tras-arco ante-arco	Arco formado sobre corteza continental	Arco magmático disectado u orógeno reciclado
Margen continental activo	Cuencas marginales de antepaís "foreland" transtensivas y transpresivas	Corteza continental gruesa o basamento cristalino	Basamento Levantado
Margen continental pasivo	Cuencas pericratónicas y márgenes de "rifts" continentales	Corteza continental	Orógenos levantados e interior de cratones

**Tabla 3.** Concentración promedio de algunas relaciones de elementos mayores y trazas en diferentes ambientes tectónicos (Bathia, 1983; Bathia y Crook, 1986)

	<b>AIO</b>	<b>AIC</b>	<b>MCA</b>	<b>MCP</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> total+MgO	8-14%	5-8%	2-5%	0.5-3.5%
TiO <sub>2</sub>	0.8-1.4%	0.5-0.7%	0.25-0.45%	0.2-0.5%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Si <sub>2</sub>	0.24-0.33%	0.15-0.20%	0.1-0.2%	0.6-1.3%
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.2-0.4%	0.4-0.8%	0.65-1.45%	1.2-2%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /(CaO+Na <sub>2</sub> O	1-2%	0.5-2.5%	1.5-3.5%	2.7-7%
Ti/Zr	>40	10-30	-	<10
La/Sc	<1	1-3	3-6	3-9
La/Y	<0.5	0.5-1.0	1-1.5	-
Sc/Cr	<0.6	0.2-0.4	-	<0.2
Zr/Th	61.4-34.6	23.8-19.1	10.4-8.8	13.3-24.9

Para reconocer el aporte terrígeno se analizaron las siguientes relaciones: El contenido de algunos elementos mayoritarios (Al, K, Mg y Ti), ha sido empleado para determinar la intensidad de los aportes terrígenos (Marz *et al.*, 2009). La relación entre K<sub>2</sub>O versus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se considera como una medida de la contribución de argilominerales a la cuenca (Ratcliffe *et al.*, 2012), y los diagramas de variación de los contenidos de CaO, K<sub>2</sub>O y MgO comparados con Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para Ambiente sedimentario.

### 1.3.3.2. Análisis petrográfico

Inició con el reconocimiento de cada afloramiento de la Formación Tablazo en el área de estudio y la recolección de muestras con un peso de 1 kg aproximadamente. Cabe mencionar que a cada una se le realizó un correspondiente registro fotográfico.

Se seleccionaron 4 muestras en total, una por cada afloramiento, para la elaboración de láminas delgadas y análisis petrográfico de las rocas de la Formación Tablazo.

**Tabla 4.** Afloramientos seleccionados para el análisis petrográfico y ambiente sedimentario.

Coordenadas WGS-84 zona 17 sur			
Lugar	Etiqueta	x	y
Afloramiento Tablazo 1	ATA-1	516424	9754962
Afloramiento Tablazo 2	ATA-2	515676	9755644
Afloramiento Tablazo 3	ATA-3	524757	9756117
Afloramiento Tablazo 4	ATA-4	524537	9756093

Para la elaboración de láminas delgadas se realizó el siguiente procedimiento:

- a) Se procedió a cortar la muestra de roca en prismas rectangulares, con un espesor de 5mm, para ser desgastado por una de las caras del taco.

- b) Sobre la cara pulida del taco se pega la lámina de vidrio utilizando resina y haciendo presión para que no queden burbujas de aire y además se utilizó la prensa durante unos minutos para obtener un mejor resultado.
- c) Se realizó una sección con la cortadora, para obtener una lámina de un espesor de 1 mm y finalmente se pulió hasta obtener un espesor de 0,3 mm.

El análisis petrográfico se realizó en las secciones delgadas en función del reconocimiento de la composición y de los elementos texturales que la constituyen. Para clasificar las rocas carbonáticas se consideró la clasificación de Folk (1959, 1962), Dunham (1962); las cuales consisten en el análisis de los componentes ortoquímicos y aloquímicos presentes en la roca.

#### **1.3.3.3 Análisis de ambiente sedimentario.**

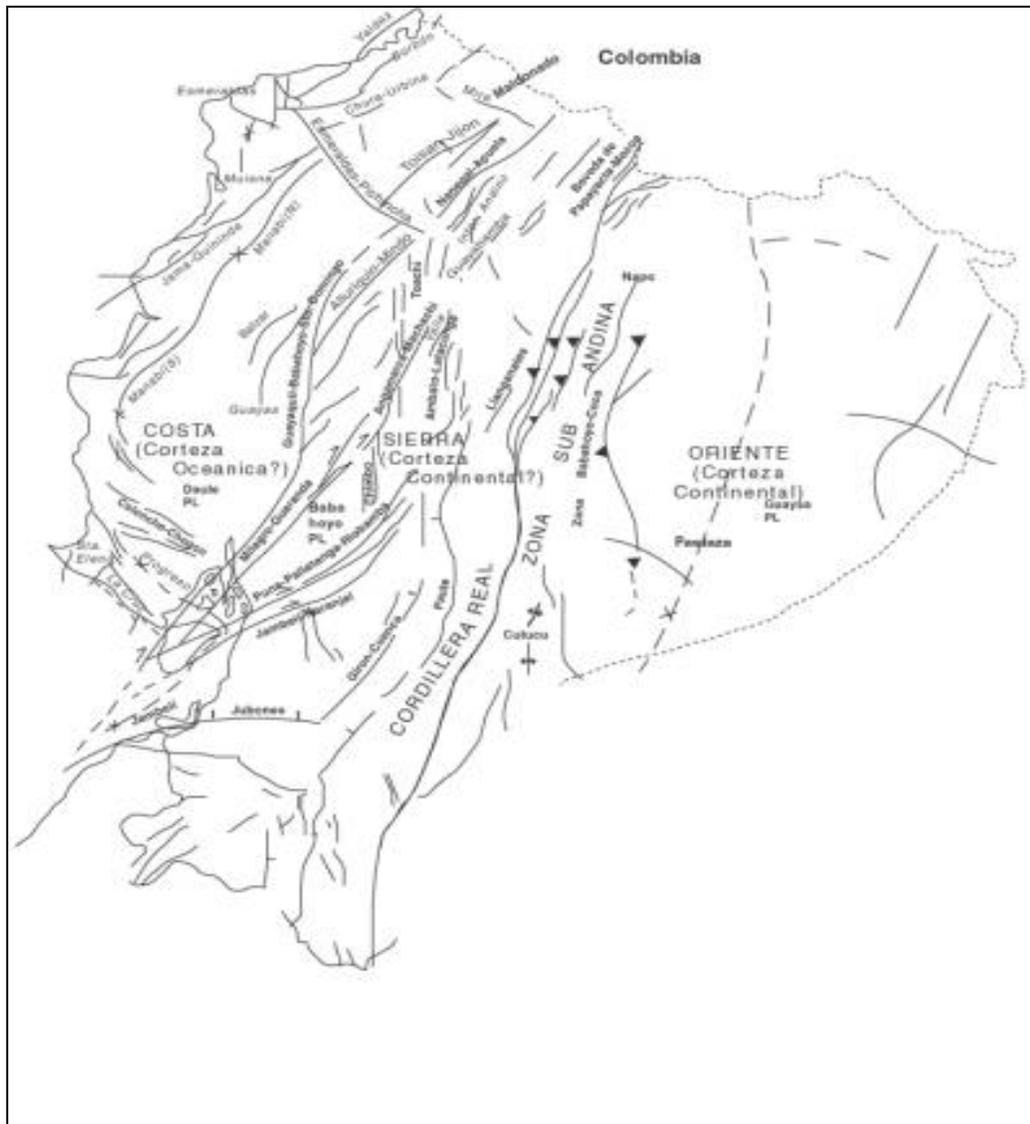
Para determinar el ambiente sedimentario de deposición se realizó en base al estudio petrográfico de las secciones delgadas, se tuvo en cuenta el modelo de facies estándar propuesto por Wilson (1975) y Flügel (2004).

#### **1.3.4 Interpretación de resultados**

- Elaboración de tablas, figuras y gráficos de datos obtenidos en el trabajo de campo y laboratorio.
- Interpretación y comparación de la información obtenida a partir de los análisis petrográfico y geoquímico.
- Redacción del trabajo en general.

## 1.4 Marco Geológico

El Ecuador es un país que se caracteriza por la presencia de diversos esfuerzos controlados por el proceso de la subducción de la placa oceánica de Nazca y la litosfera continental sudamericana, en consecuencia, este proceso tectónico divide al Ecuador en tres regiones geográficas: Costa, Sierra y Oriente, con distinto carácter estructural.



**Figura 8.** Rasgos estructurales dominantes del Ecuador según J. W. Baldock, (1982).

Geográficamente el área de estudio se encuentra en la península de Santa Elena ubicada al Oeste de la costa sur del Ecuador.

El levantamiento de la península de Santa Elena se encuentra dentro de la cuenca progreso, limitada en norte y sur por fallas geológicas, entre ellas la falla La Cruz de dirección NO - SE y la falla Posorja de dirección NO – SE. Según Ordoñez (2006), este levantamiento se limita al norte con la falla Colonche y encontrándose hacia el sur un alto estructural denominado Alto Chongón - San Vicente.

#### **1.4.1 Marco geológico local**

El levantamiento de la cuenca sedimentaria Progreso, en la provincia de Santa Elena comprende una sucesión estratigráfica que se caracteriza por una secuencia del Paleoceno Superior y el desarrollo de un progresivo hundimiento con una importante fase de compresión de la cuenca Progreso en el Neógeno (Jaillard, *et al.*, 1995).

#### **1.4.2. Basamento**

El basamento de la península de Santa Elena está constituido por las formaciones Cretácea Piñón y Cayo, estas unidades constituyen los elementos autóctonos de la región.

- **Formación Piñón**, según Goossens (1968) es un complejo con rocas de composición variada como basalto y dolerita que se encuentra aflorante en la playa La Libertad y Salinas en la península de Santa Elena.
- **Formación Cayo**, definida por Olsson (1942) se presenta como grauvacas y areniscas medias a gruesas en bancos métricos y capas dencimétricas de arcillas verdes. La Formación Cayo tiene una edad Cretácica superior.

### 1.4.3. Grupo azúcar

El nombre de azúcar se dio a conocer por Olsson (1939) y por los geólogos petroleros Gallagher (1944), Landes (1944), Smith (1947), Garner (1956), y consecutivamente por Marchant (1958) quien introdujo el término de Grupo Azúcar.

Los geólogos de la International Ecuadorean Petroleum Co (IEPC) (1944) subdividieron al Grupo Azúcar, en las formaciones: Estancia, Chanduy y Engabao, litológicamente estas formaciones se caracterizan de la siguiente manera.

- a. **La Formación Estancia** miembro inferior del grupo azúcar en la cuenca progreso está compuesta por areniscas grises micáceas, color rojo ladrillo, con niveles de guijarros cuarcíticos que se intercalan con lutitas negras duras y capas finas de areniscas micáceas.
- b. **La Formación Chanduy** comprende el nivel medio del grupo azúcar, conformada de areniscas grises silíceas, conglomerados de cuarcitas y alternancia de areniscas, conglomerados y lutitas negras hacia el tope.
- c. **La Formación Engabao** corresponde al miembro superior del grupo Azúcar, compuesta por areniscas masivas suaves; areniscas grises marrones con interposiciones de capas delgadas de lutitas y areniscas.

Sim embargo, Benítez (1991) a causa de las diferencias que existen en las litológicas sugiere que es desusado dividir al Grupo Azúcar en tres formaciones.

El ambiente de depositación determinado corresponde a marino profundo, posiblemente abisal, de 2000 a 3000 m de profundidad, y la edad que se le atribuye estas rocas es el Paleoceno (Ordoñez, *et al.*, 2006).

### 1.4.4. Grupo Ancón

Su nombre proviene del campo petrolero en Ancón, aflora a lo largo de los acantilados de Ancón, desde Punta Ancón al NO hasta Punta Mambra al SE. Según Ordoñez (2006), Marchant (1957); Montenegro y Loor (1988) y Marksteiner y Alemán

(1991) aflora a lo largo de los Acantilados de Ancón, estos afloramientos son los que han sido calificados como la localidad tipo de las formaciones del grupo Ancón, estratigráficamente las formaciones que conforman este grupo son: Clay Pebble Beds, Socorro, Seca y Punta Ancón.

- a. **La Formación Clay Pebble Bed** estratigráficamente conforma la base del grupo Ancón, litológicamente está constituida por fragmentos de guijarros de arcillas, cuarzo, cuarcitas, conglomerados, bloques de areniscas, lutitas, cherts y calizas. Según Bristow y Hoffstetter (1977), el espesor alcanza los 750 metros.

El ambiente de depositación para esta formación es marino de plataforma externa y la edad asignada es de Eoceno Temprano (Ordoñez, *et al.*, 2006).

- b. **La Formación Socorro y Seca** definidas por Murray (1923), según Ordoñez (2006) se compone litológicamente de conglomerados en la base; lutitas con intercalaciones de limolitas laminadas; areniscas finas con rizaduras en bancos centimétricos y areniscas clasificadas en bancos decimétricos. Según Núñez del Arco (2003), su espesor se estima en 700 metros.

La edad asignada para la Formación Socorro es Eoceno Medio temprano-Eoceno Medio medio y para la Formación Seca es Eoceno Medio medio (Ordoñez *et al.*, 2006).

- c. **La Formación Punta Ancón** estratigráficamente es el miembro superior del grupo Ancón y sobreyace a la Formación Seca, fue definida por Brown y Baldry (1925) y Sheppard (1928).

Litológicamente es un conjunto que incluye areniscas masivas de color verde oscuro, con laminaciones horizontales, madrigueras grandes, abundantes restos de plantas y troncos carbonizados; areniscas masivas de color verde oscuro; calizas a veces conglomeráticas (Montenegro y Loo, 1988).

La edad que se le asignó es Eoceno Medio medio - Eoceno Medio tardío y el paleoambiente marino correspondiente a la parte externa de la plataforma continental (Ordoñez *et al.*, 2006).

#### **1.4.5. Formación Tablazo**

La Formación Tablazo se emplaza discordantemente sobre rocas del grupo Ancón. Las terrazas marinas que ocurren en la costa ecuatoriana son similares a aquéllas que aparecen en las costas del Perú, fue por esto que se aplica el nombre de "Tablazo".

La Formación Tablazo está constituida por tres niveles de terrazas según Bristow y Hoffstetter (1977), sin embargo, Marchant (1961), identificó en esta unidad 4 niveles:

- El primer nivel y más antiguo, de edad Pleistoceno Inferior, aparece entre 75 a 90 metros de altura, corresponde a mesetas bien disectadas por erosión. Sus sedimentos están constituidos por un conjunto de lumaquelas pertenecientes a un medio salobre (Labrousse, 1984).
- El segundo nivel ubicado entre 35 y 40 metros de altura, considerado de una edad Pleistoceno Medio, corresponde a amplios depósitos arenosos de textura fina a media, localmente calcáreos y lentes conglomeráticos.
- El tercer nivel, de edad Pleistoceno Superior, se ubica entre los 2 a 10 metros de altura. Compuesto por una fauna de pelecípodos, por lo que se lo interpreta como un depósito de mar abierto, su litología consiste en arena fina a media calcárea, con gravas y conchas rotas y presencia de sal; finalmente un nivel moderno (Holoceno), corresponde a los depósitos marinos de las playas actuales. La edad asignada es en base al nanofósil calcáreo *Gephyrocapsa caribbeanica* (Plioceno Tardío - Pleistoceno) y el paleoambiente es marino somero (Ordoñez *et al.*, 2006).

#### **1.4.6. Depósitos Aluviales**

Están constituidos por depósitos recientes de gravas, arenas y arcillas no consolidadas, depositadas por corrientes de agua dulce, que corresponden a ríos, esteros y quebradas, de carácter estacional de la costa ecuatoriana (Núñez del Arco, 2003).

#### **1.5. Estudios anteriores**

El término geoquímica fue empleado por primera vez por el Químico Suizo C.F. Schobein en 1838, posteriormente en 1909 el investigador F. W. Clarke publicó el primer trabajo llamado los “Datos de la Geoquímica”, el cual brindaba la composición de algunas rocas y minerales describiendo datos termodinámicos, logrando como resultado el promedio de la composición de algunas rocas y minerales; describiendo así datos termodinámicos y obteniendo como resultado el promedio de la composición química de la corteza terrestre. Clarke define a la geoquímica como el estudio de los cambios producidos en los sistemas químicos naturales de la tierra representados en las rocas.

Luis A. Spalletti, Ernesto Schwarz, Gonzalo D. Veiga (2014), realizaron un trabajo detallado de la geoquímica inorgánica de los sedimentos de la Formación Vaca Muerta (Argentina), mediante los análisis de elementos trazas, óxidos mayoritarios y tierras raras. Estos sedimentos mostraron datos químicos que evidenciaban un alto enriquecimiento de materia orgánica, en la cual el material estudiado corresponde a una sucesión (<25 m) que consiste en rocas de grano fino (pelitas), desde puramente silicáticas (fangolitas) hasta híbridas silicáticas/carbonáticas (margas).

Los diagramas empleados para determinar procedencia del ambiente tectónico emplearon datos relativos a los perfiles químicos de las tierras raras, los resultados obtenidos sugieren que los materiales terrígenos han derivado de rocas ígneas corticales ácidas a intermedias. Dichos elementos apuntan que las condiciones

anóxicas no solo fueron comunes en la interfase sedimentaria, sino que se incrementaron hacia el interior de la cuenca.

Graciela I. Vujovich (2003), estudió el Grupo Caucete (Argentina), el cual está integrado por dos unidades mayores: una siliciclástica y otra carbonática; donde se muestra la utilización del diagrama de discriminación tectónica de Bathia y Crook (1986), para obtener la procedencia tectónica. Los sedimentos siliciclásticos se habrían originado por la destrucción de rocas corticales procedentes de áreas orogénicas, con un importante componente félsico asociado con rocas ígneas originadas en arcos magmáticos más o menos evolucionados. Los mismos se habrían depositado en una plataforma continental durante el Proterozoico superior. Este trabajo fue desarrollado para entender la evolución del margen gondwánico durante el Proterozoico tardío a Paleozoico temprano.

Altafulla (2020), determinó el origen de las rocas sedimentarias y volcanoclásticas del cerro las Cabras (Ecuador), mediante análisis geoquímicos. Los elementos trazas y relaciones de tierras raras, permitieron reconocer que estos materiales rocosos proceden de una erupción volcánica efusiva y se depositaron en la plataforma continental. En las cotas superiores del cerro, se reconoció mediante la geoquímica confirmada por la bioestratigrafía, la presencia del contacto entre las Formaciones geológicas Cayo y el Miembro inferior Guayaquil.

La Formación Tablazo, se encuentra distribuida a lo largo del perfil costero ecuatoriano, y también en Perú y Colombia. En este ámbito, Giovanni Moreno y Gustavo Sarmiento (2002), presentan una columna estratigráfica, análisis petrográfico y ambientes de depósito de la Formación Tablazo y Simití en Barichara (Colombia); la última de estas representa principalmente medios de depósitos someros con marcada influencia bioclástica. Por otra parte, la Formación Tablazo registra principalmente fondos de depósitos energéticos y oxigenados con marcada influencia calcárea, correspondientes a ambientes de frente de playa.

Devries T. J. (1877), presenta estudios realizados de las terrazas marinas denominadas Tablazos, extendidas en la costa del Perú. El Tablazo de Máncora, según Bosworth (1922) se divide en la Formación Taime y la Máncora Tablazo (ss). La primera de esta se pueden reconocer tres miembros. El Miembro Carrizo Basal consiste en areniscas marinas fosilíferas con intercalado coquinas, adoquines gravas que se pueden utilizar para definir cuatro secuencias deposicionales. El Tablazo Máncora (ss) es una hoja de coquina y areniscas calcárea que incómodamente desciende de la Formación Taime. Los Tablazos de Talara y Lobitos son menos extensos y no tan gruesos como el Tablazo de Máncora.

Centeno y Alvarado (2019), describen la litología de las rocas de la Formación Tablazo, a partir de análisis petrográfico, dando como resultado la caracterización de material tipo grainstone con presencia de granos esqueléticos (bioclastos). Los tipos de rocas fueron obtenidos mediante el modelo que propone Wilson (1975), donde se ubicaron en zonas de facies 5 y 6, que corresponde a un ambiente de margen de plataforma y plataforma retrabajada de acuerdo con las características litológicas.

## CAPÍTULO II

Este capítulo presenta los resultados del análisis geoquímico, petrográfico y ambiental de los afloramientos de la Formación Tablazo de las muestras seleccionadas.

### 2.1 Análisis geoquímico de la Formación Tablazo

Las rocas carbonatadas pueden contener una gran diversidad de componentes químicos procedente de una extensa variedad de minerales descubiertos en su estructura química.

La roca caliza de origen sedimentario está compuesta generalmente por el mineral calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) o por aragonita, este debido a su modo inestable indica la Formación actual de materiales. La roca dolomía que compete a una roca sedimentaria, que contiene dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) como mineral principal, el cual se forma por la sustitución del elemento calcio por el magnesio, debido a la acción de compuestos ricos del elemento. Existen otros tipos de carbonatos que pueden relacionarse a las calizas y a las dolomías, como son la siderita ( $\text{FeCO}_3$ ), ankerita ( $\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$ ) y magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ).

En su mayoría, los carbonatos sedimentarios se han originado en procesos químicos y bioquímicos; este último, a partir de esqueletos de microorganismos y moluscos.

Los resultados de los análisis geoquímicos de las muestras en los elementos óxidos mayoritarios se expresan en %, estos muestran cantidades notables del  $\text{SiO}_2$  y  $\text{CaO}$  principalmente (Tabla 5), lo cual se debe al tipo de litología encontrada en el lugar, donde predominan los componentes del calcio como mayoritarios. Mientras que en los elementos trazas y tierras raras el estroncio (Sr) muestran valores elevados en todas las muestras.

**Tabla 5.** Análisis geoquímicos de los elementos mayoritarios, elementos trazas y tierras raras de las muestras estudiadas de la Formación Tablazo.

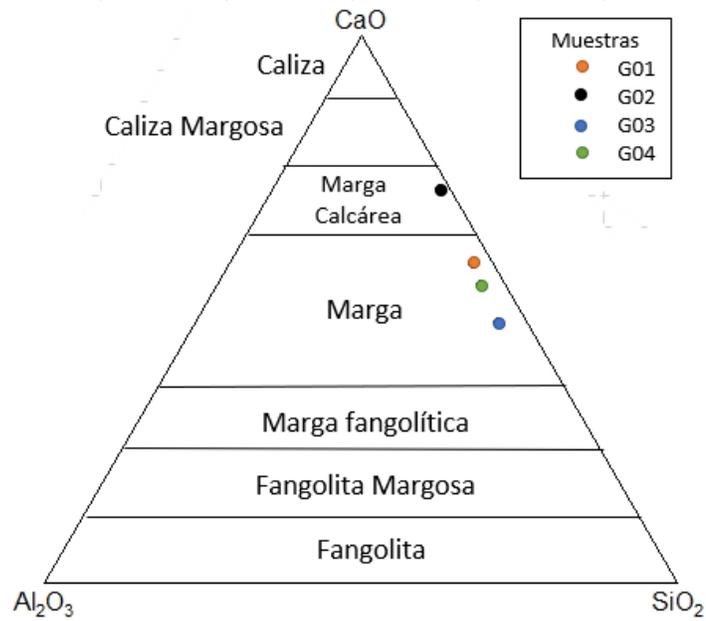
Roca tipo						
Analyte	Unit	MDL	G01	G02	G03	G04
Wgt	KG	0,01	0,98	0,93	0,77	1,04
SiO2	%	0,01	25,47	16,28	32,97	28,38
Al2O3	%	0,01	1,91	0,94	3,09	2,62
Fe2O3	%	0,01	0,91	0,61	1,37	1,07
MgO	%	0,01	0,55	0,64	0,70	0,71
CaO	%	0,01	38,84	44,35	32,76	37,38
Na2O	%	0,01	0,48	0,22	0,74	0,64
K2O	%	0,01	0,28	0,15	0,42	0,37
TiO2	%	0,01	0,06	0,04	0,11	0,08
P2O5	%	0,01	0,15	0,17	0,30	0,22
MnO	%	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Cr2O3	%	0,001	0,002	0,002	0,005	0,003
BaO	%	0,001	0,019	0,007	0,023	0,022
Be	PPM	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ce	PPM	100	<100	<100	<100	<100
La	PPM	10	<10	<10	<10	<10
Sc	PPM	5	<5	<5	<5	<5
Sn	PPM	50	<50	<50	<50	<50
SrO	%	0,001	0,092	0,109	0,090	0,099
V	PPM	10	25	20	29	25
W	PPM	100	<100	<100	<100	<100
Y	PPM	5	<5	<5	7	6
LOI	%	-5,11	31,86	36,07	25,92	29,63
Sum	%	0,01	100,65	99,60	98,50	101,25
Ba	PPM	1	159	63	210	198
Be	PPM	1	<1	<1	<1	<1
Co	PPM	0,2	1,8	1,3	2,5	2,2
Cs	PPM	0,1	0,3	0,2	0,4	0,4
Ga	PPM	0,5	1,8	1,0	2,9	2,5
Hf	PPM	0,1	0,5	0,6	1,7	0,8
Nb	PPM	0,1	0,6	0,4	1,1	0,8
Rb	PPM	0,1	6,7	4,2	11,1	10,0
Sn	PPM	1	<1	<1	<1	<1
Sr	PPM	0,5	782,0	938,0	799,0	888,0
Ta	PPM	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Th	PPM	0,2	1,0	0,6	1,2	0,9
U	PPM	0,1	0,9	0,7	1,4	1,1
V	PPM	8	15	13	24	17
W	PPM	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Zr	PPM	0,1	12,4	19,4	54,1	28,2
Y	PPM	0,1	4,3	3,4	7,3	4,7
La	PPM	0,1	4,4	2,0	4,8	3,6
Ce	PPM	0,1	8,1	3,7	9,4	6,9
Pr	PPM	0,02	1,05	0,51	1,15	0,98
Nd	PPM	0,3	3,9	2,1	5,0	3,6
Sm	PPM	0,05	0,78	0,50	1,09	0,81
Eu	PPM	0,02	0,25	0,15	0,36	0,33
Gd	PPM	0,05	0,75	0,41	1,51	0,80
Tb	PPM	0,01	0,10	0,09	0,19	0,11
Dy	PPM	0,05	0,65	0,54	1,00	0,88
Ho	PPM	0,02	0,12	0,08	0,25	0,17
Er	PPM	0,03	0,36	0,24	0,62	0,52
Tm	PPM	0,01	0,06	0,03	0,12	0,07
Yb	PPM	0,05	0,29	0,28	0,61	0,45
Lu	PPM	0,01	0,05	0,05	0,11	0,06

### 2.1.1. Elementos de óxidos mayoritarios

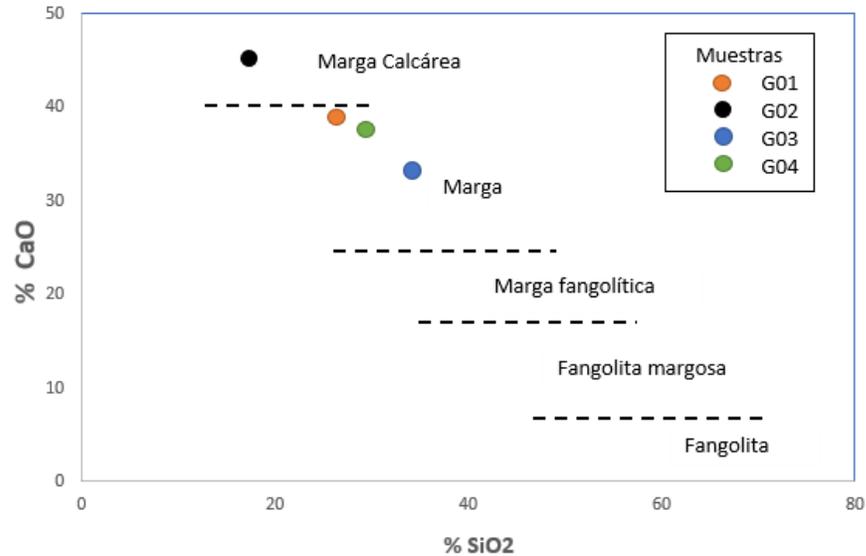
Las rocas calizas estudiadas muestran bajos contenidos de los elementos o óxidos mayoritarios de  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ . La manifestación de Na en las rocas carbonatadas principalmente está relacionada al contenido original de Na en el agua de mar (Meyers *et al.*, 1997). Por consiguiente, la presencia de la baja concentración da a conocer que las muestras posiblemente no fueron alteradas en los primeros procesos diagenéticos. Los valores de los óxidos  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  y  $\text{BaO}$  son muy bajos en las calizas de la Formación Tablazo (Tabla 5).

Se realizó un diagrama ternario en este trabajo (figura 9) entre los elementos  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  propuesto por Spalletti, Schwarz y Veiga (2014), con la finalidad de ilustrar la litología de las rocas estudiadas con respecto a su composición química, en donde resultaron las muestras G01, G03, G04 en la casilla de Marga que es una roca de tipo sedimentario compuesta por un 35% a 65% de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y el porcentaje restante de minerales arcillosos, su ambiente de formación es un ambiente acuoso, y a diferencia de las arcillas su clima es más cálido; en algunos casos presentan microfósiles, son sedimentos comunes de fondos de cuencas marinas. Mientras que la muestra de roca G02 resulta en la casilla de Marga Calcárea compuesta de 65% a 75% de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) con un contenido menor al 10% en su composición de minerales arcillosos.

Se elaboró un diagrama binario de los elementos mayoritarios  $\text{CaO}$  y  $\text{SiO}_2$  (figura 10) propuesto por Spalletti, Schwarz y Veiga (2014), para conocer el tipo litológico según su composición química, en donde los resultados coincidieron con el diagrama ternario (figura 9). Las rocas G01, G03, G04 resultaron en la casilla de Marga y la muestra G02 en la litológica de Marga Calcárea.



**Figura 9.** Diagrama ternario litológico donde se observa según su composición química las muestras G01, G03, G04 en la casilla de Marga y la muestra G02 en Marga Calcárea.



**Figura 10.** Diagrama Binario de los elementos CaO y SiO<sub>2</sub> donde se observa según la composición química de las muestras G01, G03, G04 en una litología de Marga, mientras que la muestra G02 resulta en la casilla de Marga Calcárea.

### 2.1.2 Tierras raras y elementos trazas

Dado que la composición de la roca madre y las condiciones de meteorización están estrechamente relacionadas con las características tectónicas del área de aporte, es posible utilizar los parámetros geoquímicos de los sedimentos resultantes con el fin de establecer tanto la composición de la roca de origen y la evolución geológica de las áreas de aporte, como las características tectónicas del área de aporte (Blatt *et al.*, 1980; Bhatia, 1983; Roser y Korsch, 1986; Merodio y Spalletti, 1990).

McLennan (1989) dispuso que los REE y algunos elementos inmóviles, pueden ser trasladados desde su roca madre de área de aporte hasta los sedimentos, y su posterior presencia en las rocas sedimentarias.

La concentración de los elementos trazas en las rocas sedimentarias resulta del dominio del área de aporte, la meteorización, la diagénesis y la selección de los sedimentos. Del mismo modo, el contenido de tierras raras (REE) en los sedimentos depende principalmente de su procedencia (Rollinson, 1993). Esto se debe, según Lee (2002), a que la mayoría de los elementos trazas son altamente insolubles en soluciones acuosas y al trasladarse desde las rocas de aporte hacia su depósito no llegan a sufrir un fraccionamiento significativo, estos también poseen una baja movilidad al momento de su meteorización, diagénesis y transporte. Permitiendo ser utilizados para identificar procesos geoquímicos particulares y para establecer la procedencia de las rocas sedimentarias (Rollinson, 1993).

Normalmente Zr, Y y Th, comparados con otros elementos traza, son resistentes al intemperismo y procesos de alteración (Taylor y McLennan, 1985). Las calizas de la Formación Tablazo muestran variaciones en el contenido del elemento Zr de 12.4 a 54.1 ppm y pequeñas en Y de 3.4 a 7.3 ppm. Muestran bajos contenidos de Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Sn, Ta, Th y U. se ilustran variaciones en V de 13 a 24 ppm.

En la relación de Y/Ho en las muestras en carbonatos marinos son más altos que las relaciones encontradas en los carbonatos de agua dulce (Webb y Kamber, 2000; Van Kranendonk *et al.*, 2003; Bolhar *et al.*, 2004; Shields y Webb, 2004).

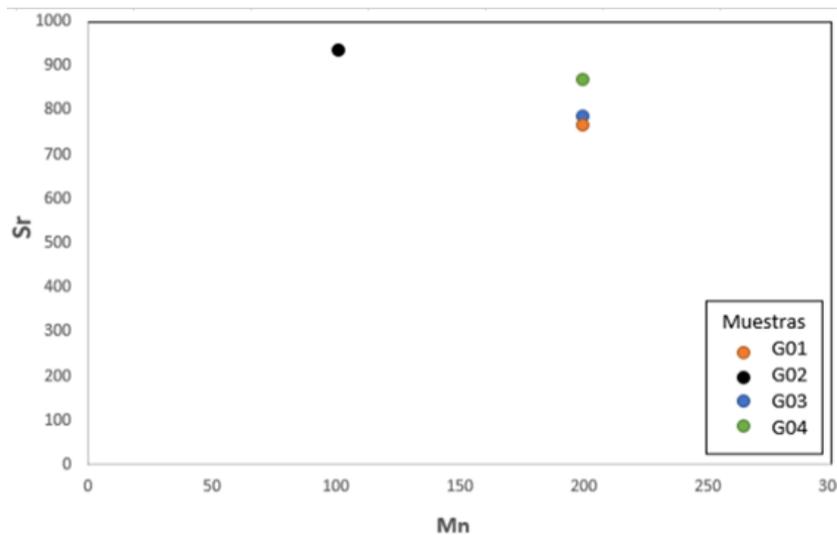
**Tabla 6.** Relaciones elementales de las calizas de la Formación Tablazo.

	G01	G02	G03	G04
Mn (ppm)	200	100	200	200
Sr (ppm)	782	938	799	888
Mn/Sr	0,25575448	0,10660981	0,25031289	0,22522523
	G01	G02	G03	G04
Y	4,3	3,4	7,3	4,7
Ho	0,12	0,08	0,25	0,17
Y/Ho	35,83333333	42,5	29,2	27,6470588

Los sedimentos químicos marinos desprovistos de contaminantes continentales muestran la relación Y/Ho entre 44 y 74 (Kamber *et al.*, 2005). Las rocas calizas con contaminación de partículas terrestres y cenizas volcánicas tienen los valores de Y/Ho con respecto a los condritos constantes de ~ 28. La relación de los elementos Y/Ho en las muestras analizadas son altas en las muestras G01 y G02 (Tabla 6), lo cual indica que las rocas calizas conservaron sus principales propiedades químicas o sea no presentaron alteraciones.

Según Brand y Veizer (1980); Ditchfield *et al.* (1994) y Hesselbo *et al.* (2000) La alteración diagenética se puede determinar utilizando las variaciones de los elementos trazas. La alteración diagenética de calcita baja en Mg exhibe disminución en los contenidos de Sr e incremento en las concentraciones de Mn (Veizer, 1983). Lo cual no se observa en las calizas de la Formación Tablazo (figura 11). Derry *et al.* (1992) y Kaufman *et al.* (1992, 1993) proponen que las rocas calizas < 2-3 en la relación Mn/Sr manifiesta un indicio que los elementos no han sido alterados.

Jacobson y Kaufman (1999) describen que las calizas con valores de Mn/Sr < 2 y que las concentraciones de Sr con intervalos de 150 a 2500 ppm muestran una señal elemental inalterada. Todas las muestras de calizas analizadas en el presente estudio dan valores de Mn/Sr < 2 (Tabla 6), que comprueba que las calizas de la Formación Tablazo mantienen sus principales señales geoquímicas de aguas de mar.



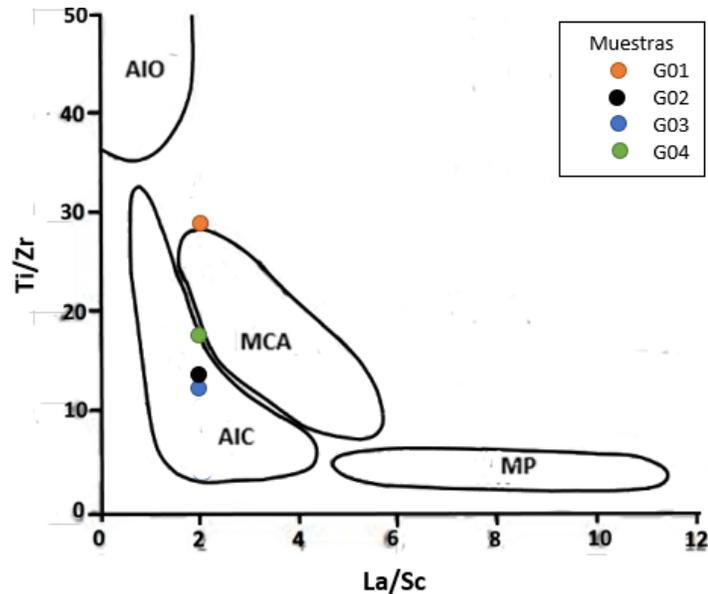
**Figura 11.** Relación entre Mn/Sr

Las anomalías de Ce han sido consideradas indicadores confiables de ambientes marinos y también para entender las condiciones paleo-redox (Liu et al., 1988). En especial la anomalía negativa del elemento Ce es típica de carbonatos marinos y de corales masivos (Kasper Zubillaga *et al.*, 2010). Las anomalías negativas de Ce son interpretadas como un indicador de condición óxica, mientras que las anomalías positivas resultan de un ambiente anóxico. (Sandoval, 2013). Estudios de corales masivos y microbialitas sugieren que las anomalías negativas de Ce son por crecimiento de corales en aguas someras (Oliver y Boyet, 2006; Kasper-Zubillaga *et al.*, 2010).

Agua de mar y carbonatos marinos muestran una reducción de Ce debido al proceso degradativo de óxidos  $Ce^{4+}$  por Fe-Mn en ambientes de mar profundo (Elderfield, 1988).

Según en el gráfico binario de ambientes tectónicos de procedencia propuesto por Bhatia y Crook (1986), donde hace una relación entre los elementos La/Sc vs Ti/Zr, en los que delimitó los campos de arco de isla continental (AIC), arco de isla oceánico (AIO), margen continental activo (MCA) y margen pasivo (MP), se reconoce que las

muestras de la Formación Tablazo (Figura 12) se distribuyen en los campos de Arco de Isla Continental (AIC) y Margen Continental Activo (MCA). El resultado obtenido en AIC depende por los materiales arrastrados que luego se depositaron para formar parte de matriz de las rocas estudiadas.

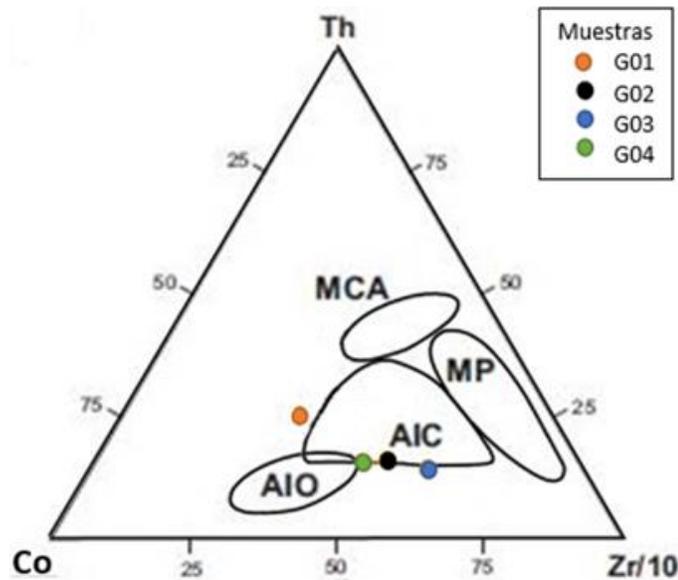


**Figura 12.** Diagrama bivariado Ti/Zr versus La/Sc en el que se presentan distintos campos de ambientes tectónicos de procedencia (Bhatia y Crook, 1986). Donde se muestra que las rocas de la Formación Tablazo de los diferentes sectores dan en el ambiente de Arco de isla continental mientras que la muestra G01 G04 cerca de Marco continental activo

Las muestras G01 y G04 dadas en el campo MCA, (Tabla 2) presentan una cuenca de depósito dominante en cuencas marginales de antepaís "foreland", transtensivas y transpresivas. La naturaleza de la corteza adyacente a la cuenca es un corteza continental gruesa o basamento cristalino, el tipo de procedencia un basamento levantado según Bathia y Crook (1986).

Las muestras G02 y G03 dadas en el campo AIC (Tabla 2), presentan una cuenca de depósito dominante en Intra-arco, tras-arco ante-arco, su naturaleza de la corteza adyacente a la cuenca es un arco formado sobre corteza continental, el tipo de

procedencia en arco magmático disectado u orógeno reciclado según Bathia y Crook (1986).



**Figura 13.** Diagrama ternario de Co-Th-Zr/10 por Bathia y Crook 1986 donde se ilustra las muestras en el ambiente AIC= Arco de Isla Continental

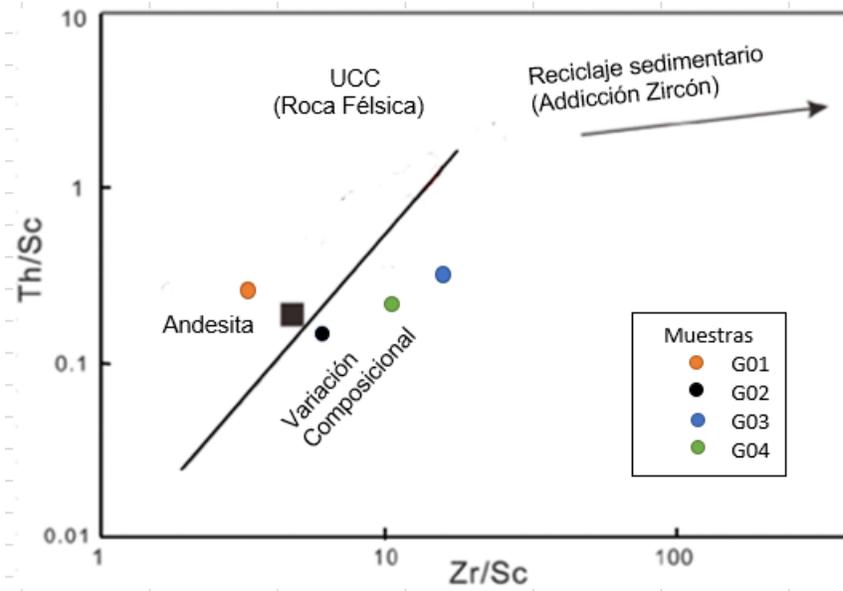
Los autores Bathia y Crook (1986), propusieron un diagrama ternario de Th-Co-Zr/10, donde se puede diferenciar los ambientes tectónicos de procedencias, estableciendo cuatro campos: arco de isla continental (AIC), arco de isla oceánico (AIO), margen continental activo (MCA) y margen pasivo (MP). Las muestras se ilustraron en el diagrama de la figura 13 donde se percibe que se distribuyen cerca al vértice de Zr/10, con cantidades medianas de Co con inclinación al campo AIC. Se observa que la muestra G01 se ubica fuera de los campos determinados, debido a su bajo contenido de Zr, lo cual evidencia la poca asociación con las rocas silíceas intrusivas, como el granito en comparación al restante.

El bajo contenido del Th en las muestras da a conocer su vinculación con rocas de composición máfica, ya que las félsicas disponen de contenido elevado del elemento

Th. En general se percibe un aumento de Zr, mientras que el Co y Th se mantienen constante.

El diagrama binario Zr/Sc vs Th/Sc elaborado por McLennan y colaboradores (1993), muestra la composición mineralógica, el área fuente y el reciclamiento del sedimento. El diagrama da a conocer que con cantidades mayores a 1 en la relación Th/Sc pertenecen a un área fuente de la corteza continental superior con una composición ácida, mientras que los valores menores a 1 pertenecen al manto con una composición básica. En la relación Th/Sc mayor a 1, con respecto a Zr/ Sc mayor a 20, correspondería a reciclamiento del sedimento.

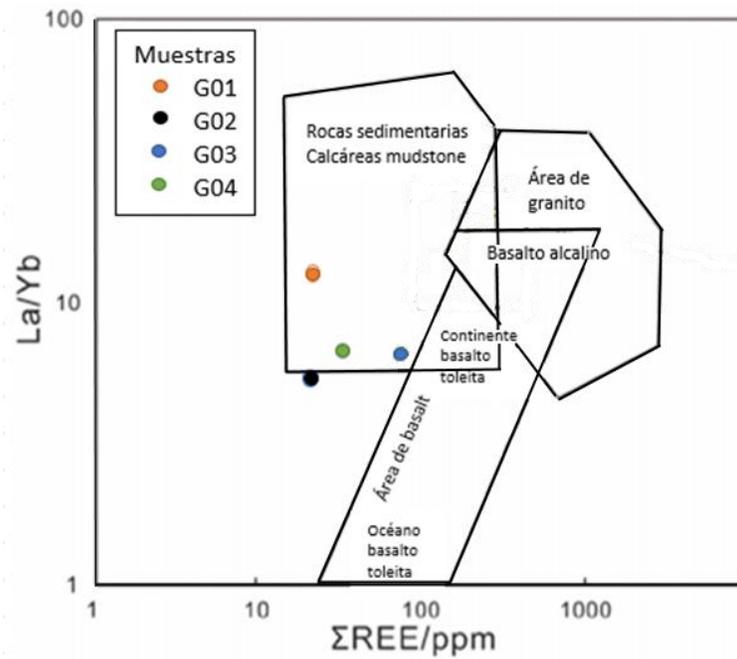
En el aspecto de las muestras estudiadas se observan (figura 14) que presentan una variación en la composición su mineralógica se encuentra entre estable e inestable, su área fuente proviene del manto, tipo de roca básica, la muestra G01 a diferencia del resto tiene composición andesita. En general la matriz de las rocas proviene del manto de rocas ígneas básicas con una composición variable, su origen puede variar ya sea por una explosión volcánica, en la creación de una isla y estos tuvieron una poca trayectoria de transporte.



**Figura 14.** Diagrama de Zr/Sc vs Th/Sc McLennan y colaboradores (1993) donde las rocas contienen composición variada

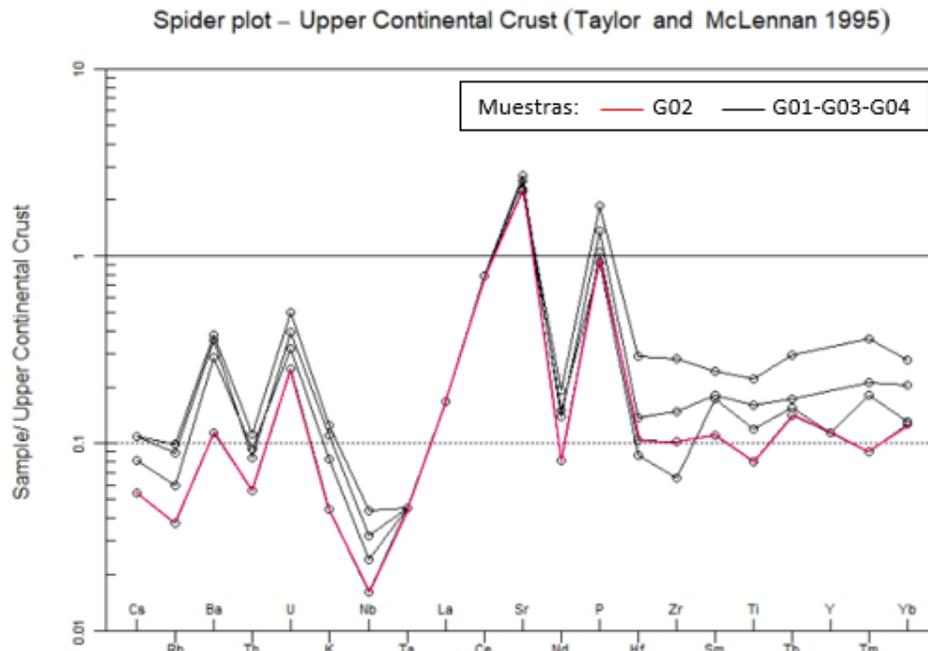
El diagrama binario  $\Sigma$ REE (suma de tierras raras) en cantidades de ppm (parte por millón) versus La/Yb de Allegre y Minster (1978), donde se ilustran las diferentes áreas que puede contener esta relación como: área de granito, área de basalto y rocas

sedimentarias. Se demuestra en la figura 15 que las muestras analizadas se ubican en el campo de rocas sedimentarias calcáreas.



**Figura 15.** Diagrama Binario de REE vs La/Yb Allegre y Minster 1978.

### 2.1.3 Diagramas multielementales o de spider



**Figura 16.** Diagrama multielemental con los valores normalizados con respecto a la corteza continental superior (UCC).

Se realizaron diagramas multielementales para visualizar en forma general la variabilidad de los elementos trazas de las diferentes muestras de las rocas de la Formación Tablazo y así poder realizar comparaciones entre ellas y con extensas unidades geológica de interés. Entre esas, la normalización frente a la composición media de UCC (por sus siglas en ingles Upper Continental Crust) establecidos por Taylor y McLennan (1985), por ser la que incorpora un espectro composicional más integro.

En la figura 16 se observa que los valores de los elementos trazas de cada muestra presentan un espectro por debajo de la corteza continental superior ( $< 1$ ), los mismos se ubican cercanos a 0.1 con una tendencia algo plana. Sin embargo, se ilustra

algunas anomalías positivas de Sr con valores por encima de UCC ( $> 1$ ), que es un elemento muy común en las rocas sedimentarias.

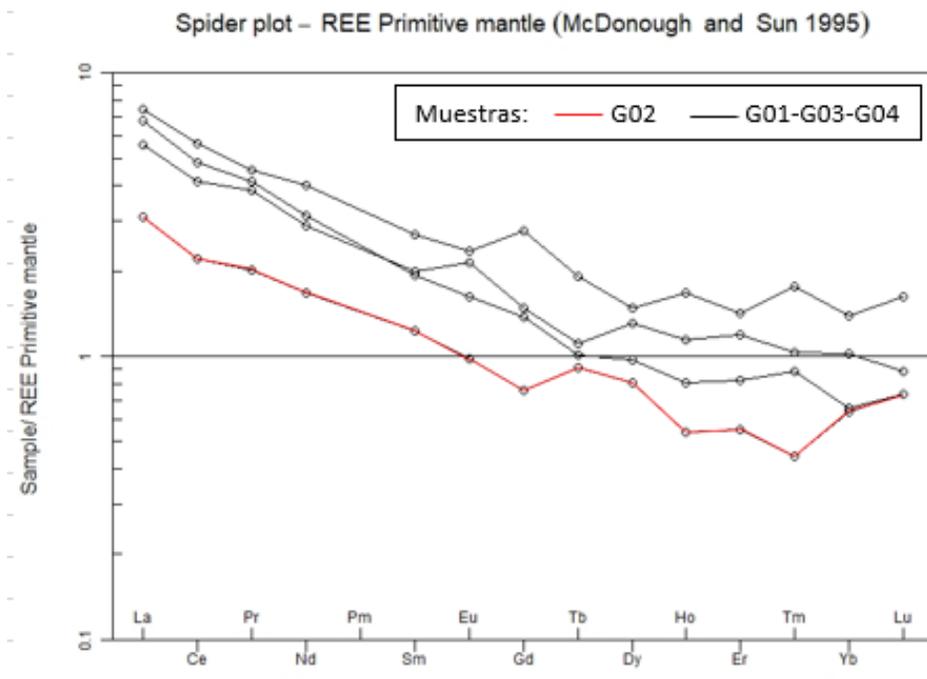
Los elementos bajos, menos móviles como son el Hf, Zr, Sm, Ti, Tb, Y, Tm y Yb se encuentran empobrecidos respecto a UCC. La movilidad de la muestra G02 (Línea roja) resultado de marga calcarea tiene un menor trayecto de movimiento de los sedimentos que el resto de las muestras analizadas (figura 16).

Los elementos de la media Ta, La, Ce, Sr, Nd y P, comparten el mismo patrón, eso nos indica que las muestras son de una misma zona o misma formación geológica.

Los elementos de la alta Cs, Rb, Ba, Th, U y K, nos indican el tipo de roca que provienen en este caso son rocas básicas, pero de composición variables como se demostró en las anteriores imágenes. Campos Álvarez y Roser (2007), indican que Ba, Cs y Rb actúan de un mismo modo en los perfiles de meteorización, integrándose próximo al K en la estructura de los argilominerales. Estos elementos ayudan a evidenciar la poca o nula aparición de feldespato potásico y muscovita en las rocas estudiadas, y la meteorización no favoreció en ellas a la elaboración de argilominerales contenedores de K como la illita.

También son importantes las anomalías positivas en Sr y P. El Sr refleja en la presencia de plagioclasa y minerales cálcicos, mientras el P refleja la abundancia de apatito como mineral accesorio; este elemento se encuentra primordialmente en la materia orgánica, en las rocas sedimentarias. Si bien estos elementos residen principalmente en la fracción arcilla, su abundancia puede ser influenciada por los efectos de dilución y de redistribución durante la meteorización (Raigemborn, 2007).

En el diagrama spider o diagrama de multielementos, los elementos trazas son normalizados con respecto al manto primitivo, donde se muestra que los valores de los elementos de cada roca analizada presentan un patrón normalizado a la composición del manto primitivo con una tendencia irregular (figura 17). Se observa una pequeña variación de la muestra G02, ya que se separa del resto por contenidos menores de los elementos.



**Figura 17.** Diagrama multielemental con respecto al manto primitivo.

## 2.2 Características petrográficas

### 2.2.1 Afloramientos de la Formación Tablazo.

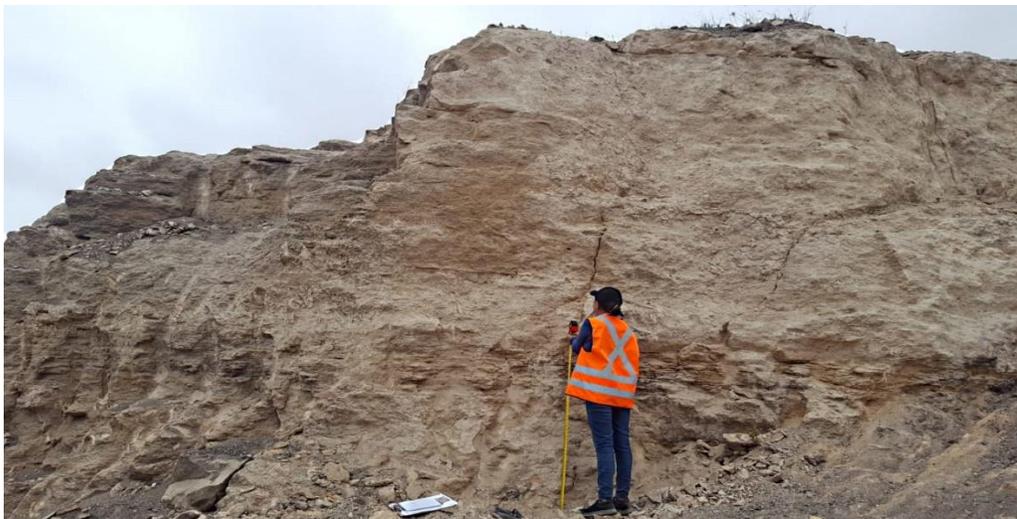
Los afloramientos de la Formación Tablazo donde se realizó este trabajo están ubicados en la península de Santa Elena en el cerro el Tablazo y vía San Pablo.

Se ubicaron dos afloramientos ATA- 1 y ATA -2 en la concesión minera El Tablazo 1, y dos afloramientos ATA-3 Y ATA-4 en la concesión minera Daniel 3 los cuales se describen a continuación.

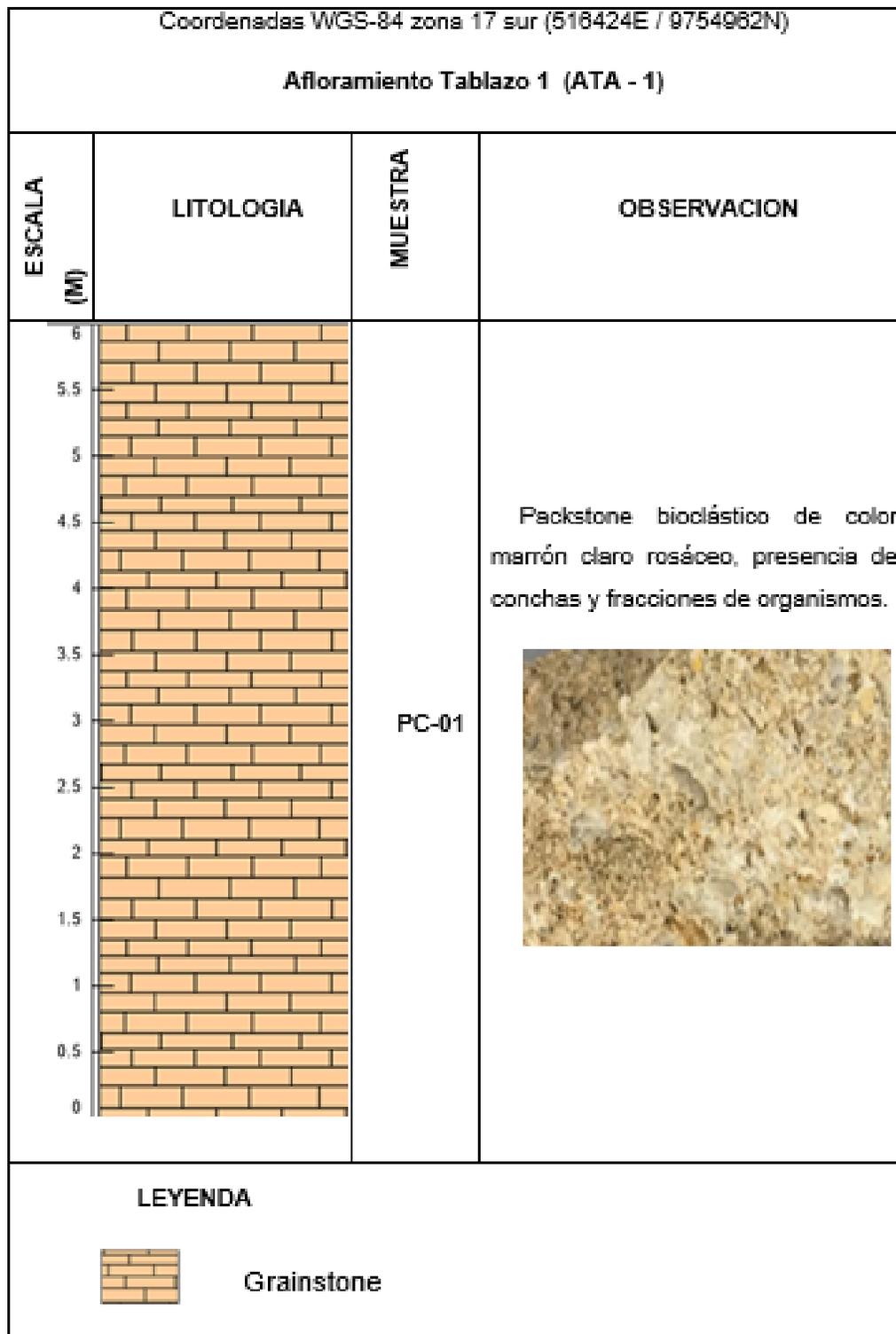
#### 2.2.1.1 Afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1)

Este afloramiento se encuentra ubicado en el cerro El Tablazo dentro de la concesión minera “Tablazo I” con coordenadas geográficas UTM: 516424 E y 9754962 N, aflora con un espesor de 7 metros en bloques fracturado.

Litológicamente de base a tope corresponde a roca caliza en superficie fresca, con textura grano soportada color marrón claro rosáceo compuesto por conchas y fracciones de organismos con matriz soportada y en el tope una capa de suelo de 1 metro, las muestras tomadas presentan una alta reacción al HCL.



**Figura 18.** Afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1) en la concesión minera “Tablazo 1”.



**Figura 19.** Columna estratigráfica del afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1). Tiene un espesor de 6,00 metros, consiste de base a techo de: Grainstone bioesparítico.

### 2.2.1.2. Afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2)

El afloramiento Tablazo 2 está ubicado en la concesión minera “El Tablazo I” con coordenadas 515676 E y 9755644 N, la superficie del afloramiento es de aproximadamente unos 6,5 metros de espesor, está altamente meteorizado y es un frente de explotación siempre activo.

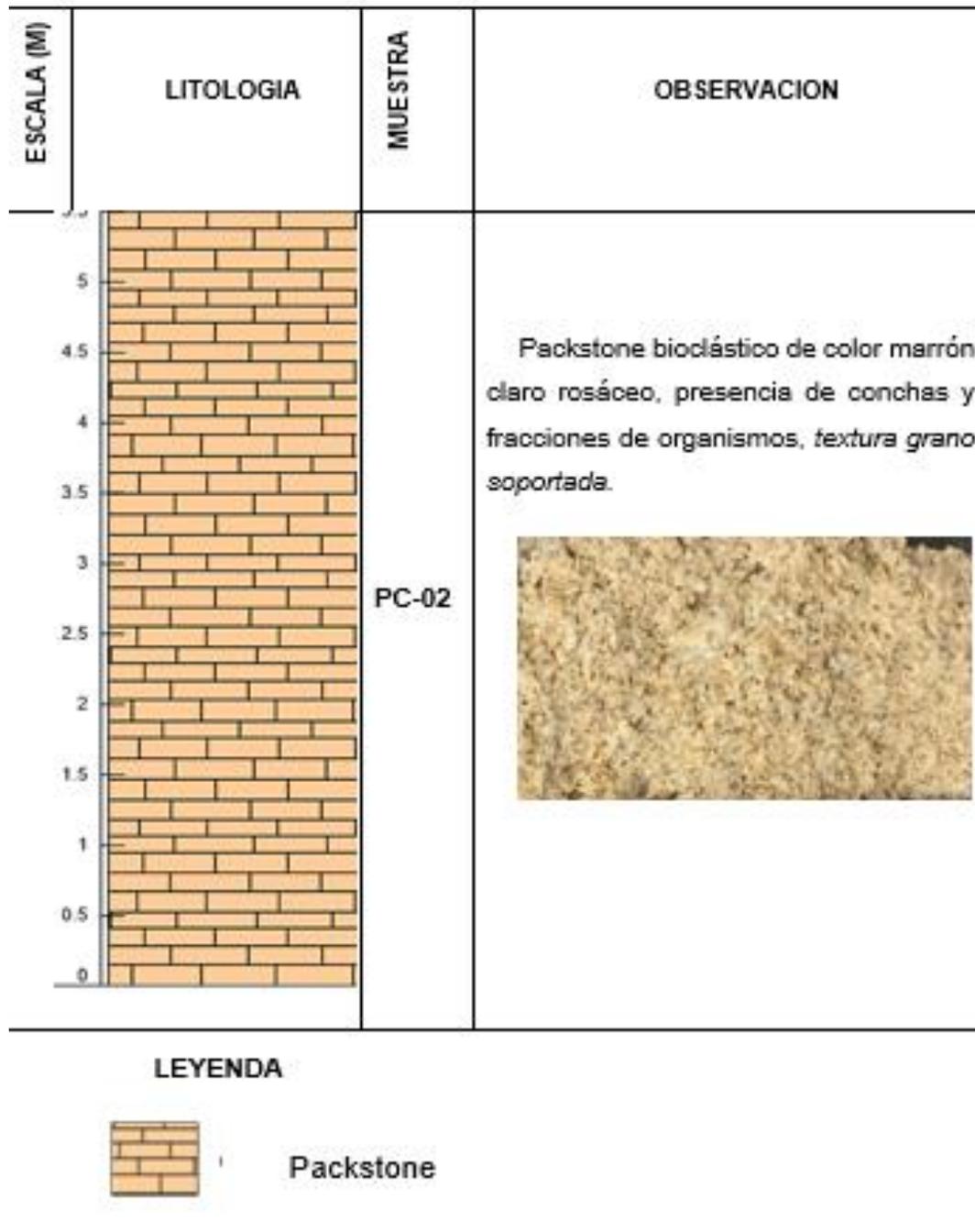
La litología de base a tope corresponde a roca caliza de color marrón rosado de grano fino 1/250mm con restos de conchas y fragmentos de organismos presenta una textura grano soportada. En el tope del afloramiento la roca caliza es de color gris blanquecino con grano fino 1/250mm, suave a moderadamente dura y una cobertura de suelo de un metro con escasa cobertura vegetal.



**Figura 20.** Afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2) en la concesión minera Tablazo 1.

Coordenadas WGS-84 zona 17 sur (515676 E / 9755644 N)

**Afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2)**



**Figura 21.** Columna estratigráfica del afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2). Tiene un espesor de 5,50 metros, consiste de base a techo de: Packstone biocritico con textura grano soportada.

### 2.2.1.3. Afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3)

Este afloramiento se encuentra ubicado en la concesión minera Daniel 3, con coordenadas UTM: 524757 E y 9756117 N, actualmente no se realizan labores de explotación en esta concesión.

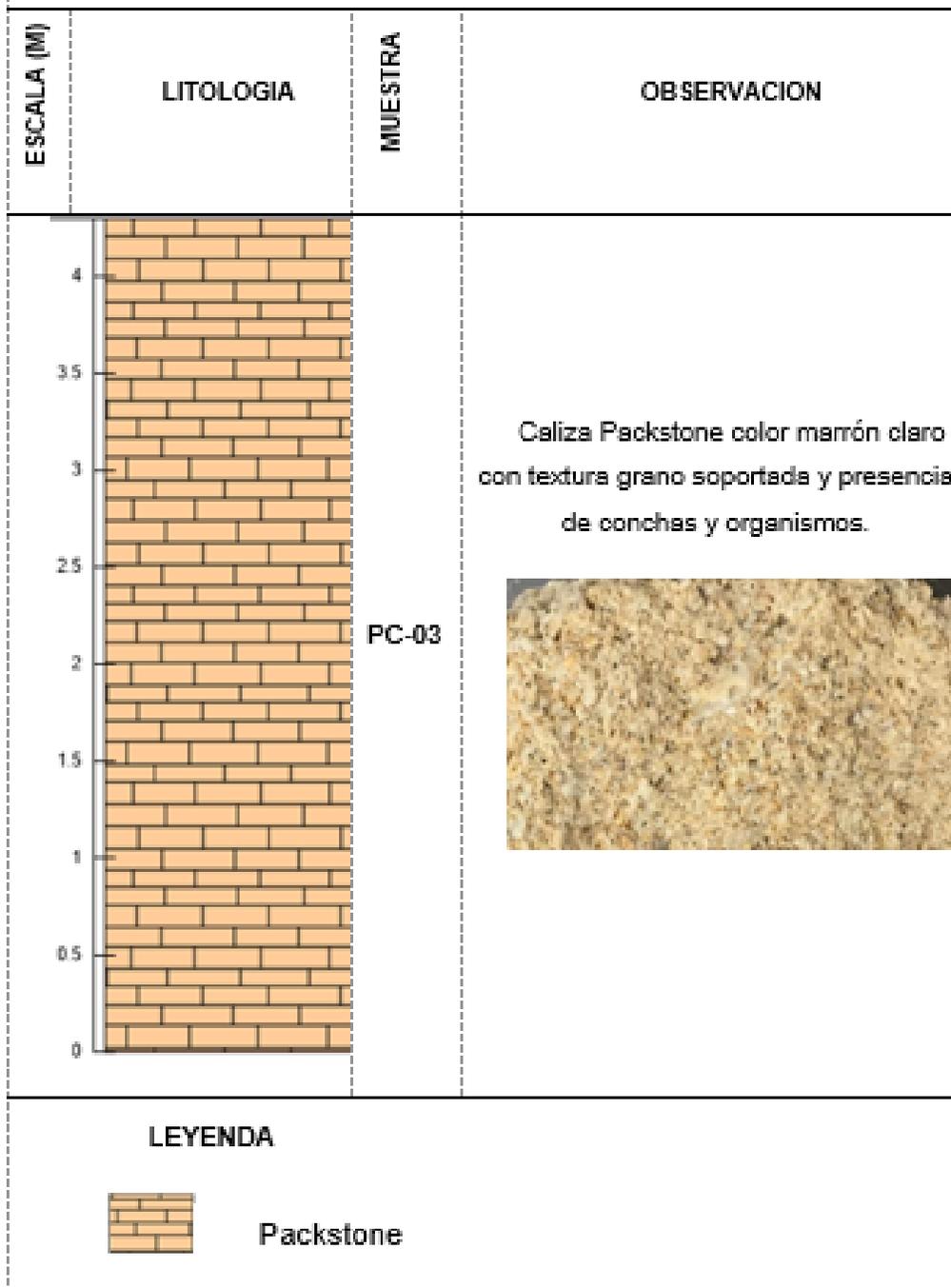
En su roca expuesta presenta un alto grado de meteorización con un espesor de 5,50 metros, está compuesto desde la base por roca caliza de color marrón claro rosáceo poco consolidada, con fragmentos de conchas y una textura grano soportada, también presenta intercalaciones con una litología de color blanco con gano muy fino probablemente tobáceo, en el tope una capa suelo de 1,2 metro sin vegetación, las muestras tomadas presentan una alta reacción al HCL.



**Figura 22.** Afloramiento Tablazo 3 (ATA – 3) en la concesión minera “Daniel 3” en la vía San Vicente hacia San Pablo.

Coordenadas WGS-84 zona 17 sur (524757 E / 9756117 N)

Afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3)



**Figura 23.** Columna estratigráfica del afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3). Tiene un espesor de 4,50 metros, consiste de base a techo de: caliza de color marrón claro rosáceo poco consolidada con textura grano soportada.

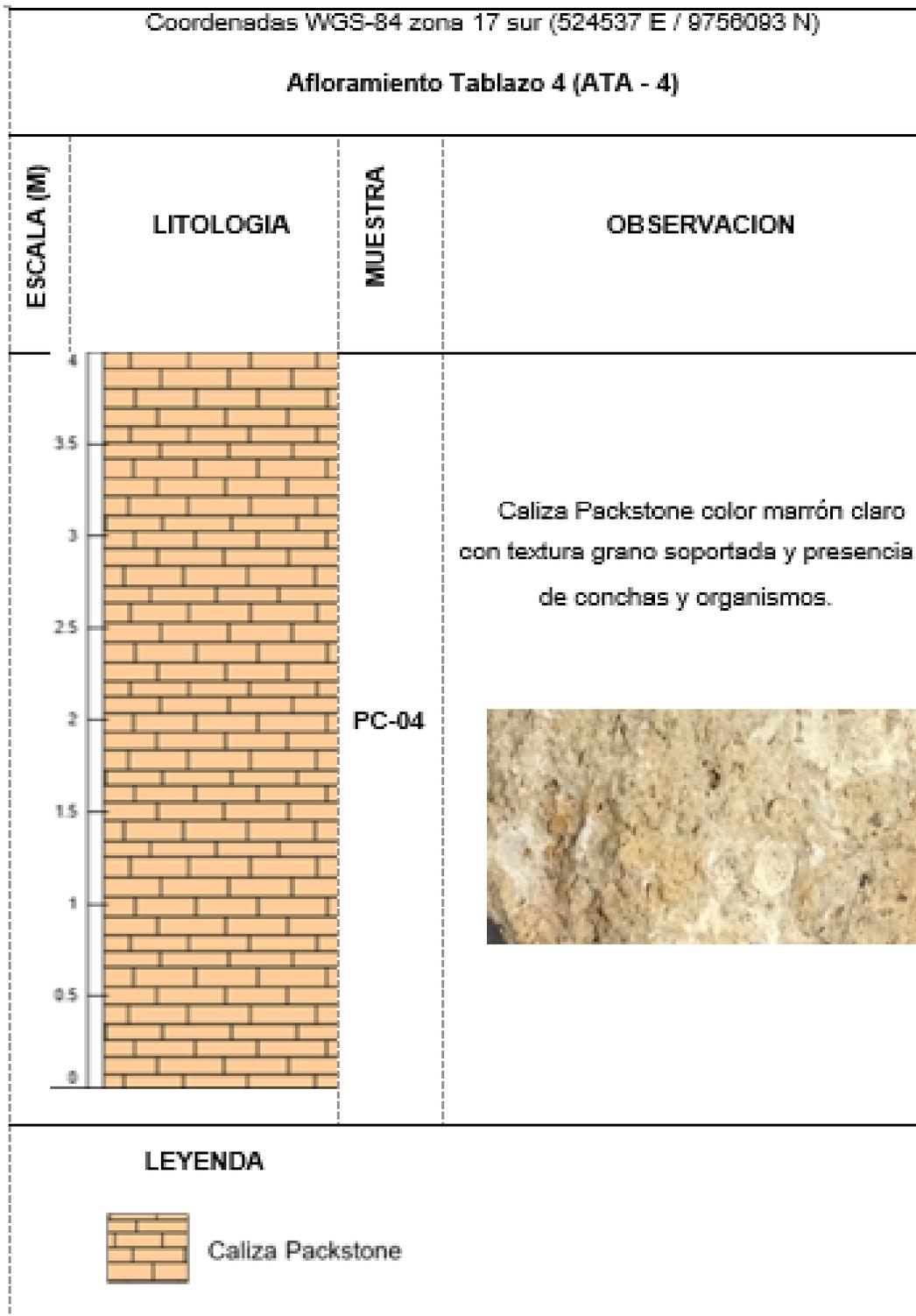
#### 2.2.1.4. Afloramiento Tablazo 4 (ATA - 4)

En la concesión minera “Daniel 3” se encuentra ubicado el afloramiento Tablazo 4 (ATA - 4), con coordenadas UTM: 524537 E / 9756093 N, su espesor es de 5 metros se caracteriza por una alta meteorización.

La litología del afloramiento consiste en roca caliza de color marrón claro rosáceo poco consolidada, con fragmentos de conchas y una textura grano soportada, también presenta intercalaciones con una litología de color blanco con grano muy fino probablemente tobáceo, finalmente en el tope una capa de suelo de 1 metro sin vegetación, las muestras tomadas presentan una alta reacción al HCL.



**Figura 24.** Afloramiento Tablazo 4 (ATA – 4) en la concesión minera “Daniel 3” en la vía San Vicente hacia San Pablo.



**Figura 25.** Columna estratigráfica del afloramiento Tablazo 4 (ATA - 4). Tiene un espesor de 4,50 metros, consiste de base a techo de: caliza de color marrón claro rosáceo poco consolidada con textura grano soportada.

## **2.2.2. Características petrográficas**

### **Generalidades**

El análisis de las secciones es muy importante para una descripción petrográfica, la interpretación de las características litológicas y paleontológicas de las unidades de rocas carbonáticas, el análisis petrográfico se efectuó mediante la observación de láminas delgadas en el microscopio petrográfico para la clasificación de la roca.

Por medio de la petrografía se puede identificar de granos constituyentes, la clasificación a detalle de sedimentos y rocas, la determinación de la diagénesis y la interpretación de ambientes de deposición (Scholle, 2003).

Para la identificación del tipo roca calcárea utilizó la clasificación de los siguientes autores: Folk (1959, 1962) y Dunham (1962).

### **Clasificación de rocas carbonatadas**

Los dos tipos de clasificación más comúnmente usados para la identificación de rocas carbonáticas son: la clasificación composicional de Folk (1959, 1962) y la clasificación textural de Dunham (1962). Se realizó en el laboratorio un estudio de las de secciones delgadas para ambas clasificaciones.

#### **Clasificación de Folk (1959, 1962)**

La descripción de los carbonatos propuesto en el esquema de Folk se basa en el análisis macroscópico y microscópico del tamaño del grano cementante, es decir, micrita y esparita (Folk, 1962).

Según Dunham (1962), los componentes principales de las rocas no clásticas son ortoquímicos (matriz micrita y cemento esparita) y aloquímicos (partículas o granos de carbonatos) (Folk, 1962) (Figura 26).

**Los componentes ortoquímicos:** Son sedimentos carbonáticos inorgánicos que precipitaron a partir del agua, forman en el interior de la cuenca de depositación o in situ y son difíciles de identificar. No evidencian transporte significativo y se dividen en micrita (calcita microcristalina) y esparita (espato caliza o cemento) (Folk, 1974).

La **Micrita** se define como un lodo microcristalizado, granos de tamaño entre 1 a 4 micras de aragonito a calcita rica en Mg, en sección delgada la matriz se observa como una masa de color oscuro pardo (Folk, 1959). La micrita se forma en ambientes de baja energía. Sin embargo, la recristalización parcial de la micrita a esparita es considerada como microesparita y sus cristales poseen una dimensión entre 5 a 20 micras.

La **Esparita** los cristales de calcita esparítica o esparita que miden más de 4 micras de diámetro se forma debido a la posterior recristalización de los componentes aloquímicos o de la micrita.

**Los componentes aloquímicos:** Son el resultado de procesos inorgánicos, tal como la precipitación y la solución de sustancias a su posterior litificación. Se forman dentro de la cuenca de depósito (Folk, 1974).

Según sus componentes y génesis están formados por sedimentos carbonáticos como los bioclastos, peloides, intraclastos, ooides y oncoides, estos son depositados mecánicamente dentro de una cuenca de sedimentación (Folk, 1962).

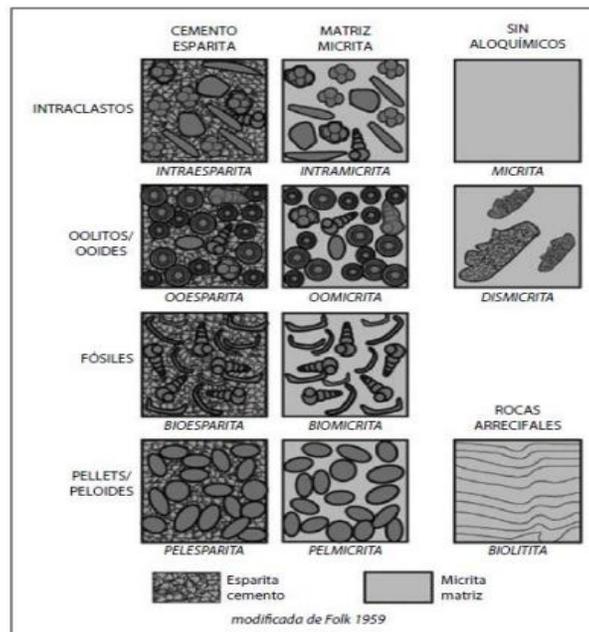
**Intraclastos.** Son fragmentos de sedimentos carbonatados que fueron depositados interior de la cuenca y que posteriormente fueron removilizados (retrabajados) para dar nuevos granos sedimentarios. Su morfología y composición puede ser muy variada frecuentemente redondeado, incluyendo cualquier tipo de aloquímicos y ortoquímicos en cualquier proporción. Su tamaño normalmente está por encima de los 2 mm de diámetro y menos que algunos centímetros de diámetro.

**Ooides.** Son granos esféricos o elipsoidales con un diámetro menor de 2 mm, los ooides con un tamaño mayor a 2 mm de diámetro son generalmente denominados

como pisoides (Arche, 2010); estos granos se disponen en una estructura interna constituida por láminas concéntricas regulares de calcita desarrolladas alrededor de un núcleo que puede ser habitualmente una partícula de carbonato o un grano de cuarzo (Wilkinson y Given, 1985; Scholle, 2003).

**Bioclastos (granos esqueléticos).** Son partículas esqueléticas resíduos completos o fragmentados de las partes más duras de organismos secretores de carbonatos que constituyen partes del sedimento. Existe una gran cantidad de diversidad de tipos de bioclastos, cada uno con su proporcionada forma y textura (Luna, 2008).

**Peloides.** Son granos más o menos redondeados compuestos por micrita y aragonito y carecen de estructura interna. Su origen es muy variado, pero una gran parte de ellos son de origen fecales de animales alimentados de fango, denominándose como **pellets**. Poseen una forma esférica, elipsoidal o angular de tamaño con un nivel variable entre 0.1 y 0.5 mm de diámetro. También pueden ser fragmentos de esqueletos u ooides micritizados (Arche, 2010).



**Figura 26.** Clasificación basada en su composición según Folk (1959, 1962) (Arche, 2010).

- **Clasificación de Dunham (1962)**

La Clasificación de Dunham (1962) permite distinguir dos tipos de carbonatos (rocas y sedimentos carbonatados): el primero se distingue por que es un carbonato con textura sedimentaria reconocible, y el segundo se reconoce por su textura cristalina pero no se identifican carbonatos de textura deposicional.

Al utilizar la clasificación de Dunham es muy importante que se determinen si las estructuras de esqueletos que componen la roca se construyeron o no durante la deposición (Figura 27).

**Boundstone (biolitita):** Debido al importante papel de los organismos de estructura biológica (corales, algas rojas, cianobacterias, etc.), los componentes originales se unen durante el proceso de sedimentación.

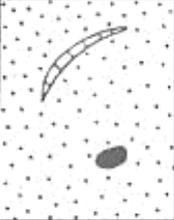
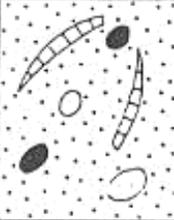
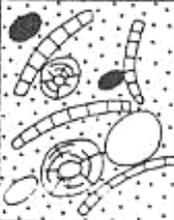
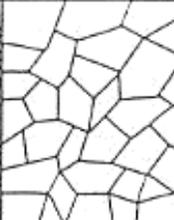
**Grainstone (caliza granular):** La textura sostenida por partículas sin una matriz micrítica. El cemento se puede localizar ocupando en espacio intergranular.

**Packstone (caliza granular lodosa):** Comprende rocas con textura de soporte de grano y se conforma por matriz micrítica. La micrita ocupa el espacio intergranular.

**Wackestone (caliza lodosa):** Son rocas carbonáticas con una textura matriz – soportada con matriz micrítica o lodo calcáreo, el grano es más del 10% del volumen total de la roca. A causa de la poca energía del caudal en la cuenca, algunos granos quedan en suspensión en el fluido y se depositan gradualmente (Dunham, 1962).

**Mudstone (lodolita calcárea):** textura sostenida por matriz, menos del 10% de grano del volumen total de la roca. Su origen está relacionado con aguas tranquilas (baja energía) donde la producción de organismos es escasa.

La clasificación de Dunham (1962) es muy práctica para sedimentos y rocas.

Textura original reconocible					Textura original no reconocible
Componentes originales no enlazados durante el depósito				Componentes originales enlazados	
Con matriz (carbonato de tamaño arcilla o limo fino)		Sin matriz y granosostenida			
Sostenida por la matriz		Granosostenida			
Menos del 10% de granos	Más del 10% de granos				
MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE	
					

**Figura 27.** Clasificación de las calizas basada en su textura deposicional según Dunham, (1962) (Arche, 2010).

### **2.2.2.1. Afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1)**

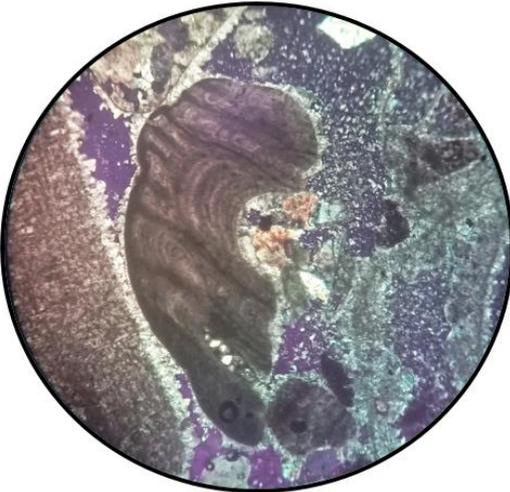
En el Afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1) se analizó la Caliza en una sección delgada (PC-01), en base sus componentes ortoquímicos y aloquímicos.

Petrográficamente, la sección delgada PC-01 es de grano grueso a muy fino, moderadamente clasificada, redondez subredondeado a subangular, Los componentes ortoquímicos corresponden al 40 % y aloquímicos al 60 %, en base a su composición se clasifican según Folk (1959,1962), como una Bioesparita y texturalmente como Grainstone según Dunham (1962; Tabla 7).

Los componentes ortoquímicos se caracterizan por presentar más contenido de cemento esparita con un 55% y micrita con un 45%, por lo tanto, predomina la esparita con una pequeña diferencia de porcentaje. Los componentes aloquímicos que predominan son los bioclastos con un 83% de este porcentaje corresponde a 50% algas, 27% moluscos, 13% foraminíferos y 3% de briozoos, el 17% de componentes aloquímicos son intraclastos.

La presencia de bioclastos o fragmentos están con cubiertas micríticas y cámaras rellenas con microesparita, las algas y fragmentos de algas presentaron vacíos rellenos con carbonatos.

**Tabla 7.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra (PC-01) del afloramiento Tablazo 1 (ATA – 1) son: 45% micrita, 55% esparita, 83% bioclastos y 17% intraclastos. Según Folk (1959,1962) es clasificada como Bioesparita o Grainstone según Dunham (1962).

<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>			
<b>Ubicación:</b> Cerro el Tablazo		<b>Coordenadas WGS-84 Zona 17 sur</b>	
<b>Formación:</b> Formación Tablazo		<b>X:</b> 516424	<b>Y:</b> 9754962
<b>Fotografía nicoles cruzados</b>			
			
<b>CONSTITUYENTES</b>		<b>MUESTRA: PC-01</b>	
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	<b>41%</b>	Micrita	45%
		Esparita	55%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	<b>59%</b>	Bioclastos	83%
		Intraclastos	17%
		Peloides	NI
		Ooides	NI
<b>Tipo de Roca</b>		Folk (1959, 1962)	Bioesparita
		Dunham (1962)	Grainstone

#### **2.2.2.2. Afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2)**

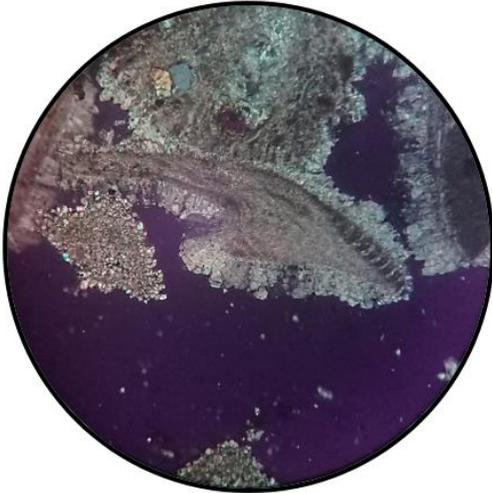
En el afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2) se analizó la sección delgada PC-02 con respecto a los componentes ortoquímicos y aloquímicos correspondientes (Tabla 8).

En el análisis petrográfico de la sección delgada PC-02 se obtuvo que los componentes ortoquímicos corresponden al 44 % y aloquímicos al 56 %. A los componentes ortoquímicos corresponden un 59% de micrita y 41% de esparita predominando la micrita. En los componentes aloquímicos predominan los bioclastos con un 79 % de los cuales 55% corresponde a algas y fragmentos de algas, el 10% briozoos, 9% foraminíferos y 5% moluscos, el 21% restante corresponde a intraclastos.

Según Folk (1959,1962) se clasifica esta caliza como una Biomicrita o Packstone según Dunham (1962).

Los bioclastos o fragmentos que están presentes se encuentran con cubiertas micríticas y sus cámaras rellenas con microesparita, las algas y fragmentos de algas presentaron vacíos que han sido rellenos con carbonatos.

**Tabla 8.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra (PC-02) del afloramiento Tablazo 2 (ATA – 2) son: 59% micrita, 41% esparita, 79% bioclastos y 21% intraclastos. Según Folk (1959,1962) es clasificada como Biomicrita o Packstone según Dunham (1962)

<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>			
<b>Ubicación:</b> Cerro el Tablazo		<b>Coordenadas</b>	
		<b>WGS-84 Zona 17 sur</b>	
<b>Formación:</b> Formación Tablazo		<b>X:</b> 515676	<b>Y:</b> 9755644
<b>Fotografía nicoles cruzados</b>			
			
<b>CONSTITUYENTES</b>		<b>MUESTRA: PC-02</b>	
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	<b>44%</b>	Micrita	59%
		Esparita	41%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	<b>56%</b>	Bioclastos	79%
		Intraclastos	21%
		Peloides	NI
		Ooides	NI
<b>Tipo de Roca</b>		Folk (1959, 1962)	Biomicrita
		Dunham (1962)	Packstone

### **2.2.2.3. Afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3)**

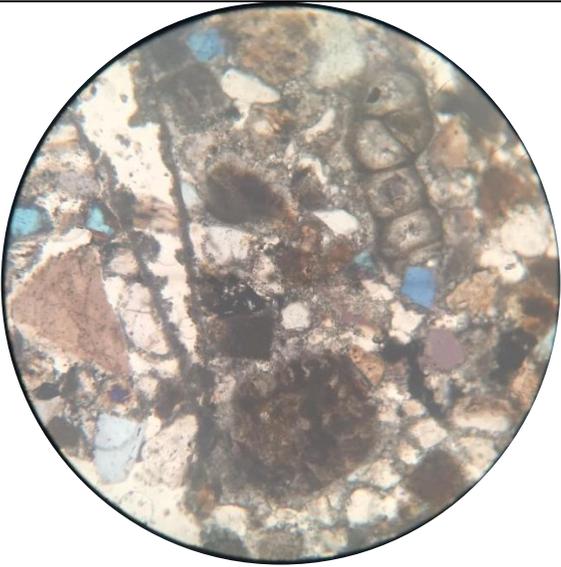
En el afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3) se analizó la sección delgada PC-03 con respecto a los componentes ortoquímicos y aloquímicos correspondientes (Tabla 9).

En el análisis petrográfico de la sección delgada PC-03 se obtuvo que los componentes ortoquímicos corresponden a un 45% y aloquímicos al 55 %.

Los componentes ortoquímicos están compuestos por 56% micrita y 44% esparita predominando la micrita, los componentes aloquímicos por 92% de bioclastos de los cuales 60% de algas, 10% de moluscos, 12% briozoos, 10% foraminíferos y 8% de intraclastos. Según Folk (1959,1962) se clasifica esta caliza como una Biomicrita y según Dunham (1962) se clasifica como Packstone.

Los bioclastos o fragmentos que están presentes se encuentran con cubiertas micríticas y sus cámaras rellenas con microesparita, las algas y fragmentos de algas presentaron vacíos que han sido rellenos con micrita y esparita.

**Tabla 9.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra (PC-03) del afloramiento Tablazo 3 (ATA – 3) son: 56% micrita, 44% esparita, 92% bioclastos y 8% intraclastos. Según Folk (1959,1962) es clasificada como Biomicrita o Packstone según Dunham (1962)

<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>			
<b>Ubicación:</b> Concesión minera Daniel 3		<b>Coordenadas</b> <b>WGS-84 Zona 17 sur</b>	
<b>Formación:</b> Formación Tablazo		<b>X:</b> 524757	<b>Y:</b> 9756117
<b>Fotografía nicoles cruzados</b>			
			
<b>CONSTITUYENTES</b>		<b>MUESTRA: PC-03</b>	
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	<b>45%</b>	Micrita	56%
		Esparita	44%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	<b>55%</b>	Bioclastos	92%
		Intraclastos	8%
		Peloides	NI
		Ooides	NI
<b>Tipo de Roca</b>	Folk (1959, 1962)		Biomicrita
	Dunham (1962)		Packstone

#### **2.2.2.4. Afloramiento Tablazo 4 (ATA - 4)**

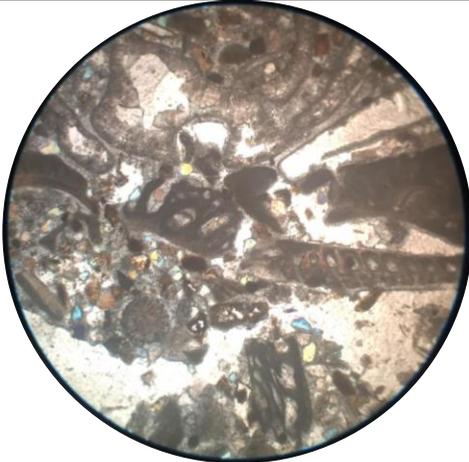
En el Afloramiento Tablazo 4 (ATA - 4) se analizaron la Caliza en una sección delgada (PC-04), en base sus componentes ortoquímicos y aloquímicos (Tabla 10).

Petrográficamente, la sección delgada PC-04 es de grano grueso a muy fino, moderadamente clasificada, redondez sub redondeado, los componentes ortoquímicos corresponden al 52 % y aloquímicos al 48 %, en base a su composición se clasifican según Folk (1959,1962) como una Biomicrita y texturalmente como Packstone según Dunham (1962)

Los componentes ortoquímicos se caracterizan por presentar más contenido de matriz micrítica con un 55% y esparita con un 45%, por lo tanto, predomina la micrita con una pequeña diferencia de porcentaje. Dentro de los componentes aloquímicos los que predominan son los bioclastos con un 91% de este porcentaje corresponde a 58% algas, 12% de briozoos, 12% moluscos, 9% foraminíferos y el 9% de componentes aloquímicos son intraclastos.

La presencia de bioclastos o fragmentos están con cubiertas micríticas y cámaras rellenas con microesparita, las algas y fragmentos de algas presentaron vacíos rellenos con carbonatos.

**Tabla 10.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra (PC-04) del afloramiento Tablazo 4 (ATA – 4) son: 55% micrita, 45% esparita, 91% bioclastos y 9% intraclastos. Según Folk (1959,1962) es clasificada como Biomicrita o Packstone – Grainstone según Dunham (1962)

<b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>			
<b>Ubicación:</b> Concesión minera Daniel 3		<b>Coordenadas</b> <b>WGS-84 Zona 17 sur</b>	
<b>Formación:</b> Formación Tablazo		<b>X:</b> 524237 <b>Y:</b> 9756093	
<b>Fotografía nicoles cruzados</b>			
			
<b>CONSTITUYENTES</b>		<b>MUESTRA: PC-04</b>	
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	<b>52%</b>	Micrita	55%
		Esparita	45%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	<b>48%</b>	Bioclastos	91%
		Intraclastos	9%
		Peloides	NI
		Ooides	NI
<b>Tipo de Roca</b>	Folk (1959, 1962)	Biomicrita	
	Dunham (1962)	Packstone - Grainstone	

**Tabla 11.** Características petrográficas de las secciones delgadas de los afloramientos de la Formación Tablazo al Oeste de la provincia de Santa Elena.

PETROGRAFÍA DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA FORMACIÓN TABLAZO													
ORTOQUÍMICOS			ALOQUÍMICOS							CLASIFICACIÓN			
MUESTRA	MICRITA	ESPARITA	ALGAS	BIOCLASTOS						PELOIDES	OOIDES	FOLK (1959, 1962)	DUNHAM (1962)
				FORAMINIFEROS	EQUINODERMOS	MOLUSCOS	BRIOZOOS	INTRACLASTOS					
PC-01	○	●	○				◇	■				Bioesparita	Grainstone
PC-02	●	○	○	*		◇	◇	■				Biomicrota	Packstone
PC-03	●	○	○	◇		◇	*	◇				Biomicrota	Packstone
PC-03	●	○	○	◇		*	*	◇				Biomicrota	Packstone - Grainstone

> 50% muy abundante	●	15 - 11 % escaso	*
50 - 25% abundante	○	10 - 6% raro	◇
24 -16% frecuente	■	5-1% muy raro	◇

## **2.3. Análisis de ambiente sedimentario de la Formación Tablazo.**

### **Generalidades**

La paleoecología es la relación entre organismos antiguos y su ambiente deposicional que han ocurrido en lugares y tiempos del pasado geológico determinados y nos permite tener un estudio detallado del ambiente deposicional, según (Balasubramanian y Kalasaiah, 2013) el ambiente deposicional es una unidad geomórfica en la que tiene lugar la deposición.

En este subcapítulo se realizó el análisis del ambiente sedimentario a través de la identificación de las microfacies carbonatas principales las cuales nos permitieron determinar ambientes de formación.

### **Tipos de microfacies estándar**

Flügel (2004) y Wilson (1975), han propuesto usar la información de microfacies carbonatadas con el fin de establecer un número restringido de tipos de microfacies principales que sirven como modelos para todas las microfacies carbonatadas, independiente de las edades de las rocas.

### **Facies y microfacies de Wilson (1975)**

Este modelo teórico de Wilson es importante para la interpretación de facies en plataformas antiguas, y para determinar ambientes de formación de los carbonatos, Wilson (1975), toma en cuenta los niveles de agitación en la plataforma, así como otros factores climáticos, hidrológicos, orgánicos, tectónicos (Arche, 2010).

Sin embargo, para una morfología de rampa, las SMF de Wilson (1975) demuestran ciertas diferenciaciones debido a la intervención que ejerce el transporte durante las tormentas, está limitado a plataformas tropicales y subtropicales donde no contiene factores climáticos, a excepción de las facies de plataforma evaporítica (Zona 9), además las facies de arrecifes de margen de plataforma (Zona 5) que está incluida dentro de este modelo, debe de ser analizada aisladamente de las demás facies.

Estas microfacies están expresadas como Tipos de Microfacies Estándar “standard microfacies types” (SMF, Tabla 12); y se pueden asociar o agrupar dentro de “zonas” de facies (Figura 28), las cuales pueden ser empleadas luego para construir un modelo deposicional general para rocas carbonatadas.

En la Tabla 12 se esquematizan las facies de Wilson y las características propias de cada una de ellas.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Zona de Facies
Cuenca	Plataforma de mar abierto	Margen de plataforma profunda	Foreslope	Margen de plataforma de arrecifes	Plataforma retrabajada	Plataforma abierta (lagoon)	Plataforma restringida	Plataforma evaporítica (sabkha)	Ambiente
1,2,3	2,8,9,10	2,3,4	4,5,6	7,11,12	11,12,13, 14,15	8,9,10 16,17,18	16,17,18,19, 21,22,23,24	20,23	Tipos de SMF

**Figura 28.** Ambientes de depositación generalizados, zonas de facies, y tipos de SMF propuesta por Wilson, (1975) (Espinel y Hurtado, 2010).

Zona de Facies.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Ambiente</b>	Cuenca  Nivel del mar Nivel de olas normal Nivel de olas de tormentas Nivel de oxigenación	Plataforma de mar abierto	Pie de talud	Talud	Arrecife o margen de plataforma	Arenas del borde de la plataforma	Plataforma de laguna abierta	Plataforma restringida	Llanura supramareal evaporítica (sabkha)
<b>Facies.</b>	Cuenca (Euxínica o evaporítica). a) Clásticos finos. b) Carbonatos. c) Evaporitas.	Plataforma abierta (marino nerítico abierto). a) Carbonatos. b) Lutitas.	Carbonatos del pie de talud.  Límite de la plataforma profunda.	Talud. a) Sedimentos de grano fino con deslizamientos. b) Calcaremitas. c) Lodos.	Arrecife. a) Boundstone. b) Acumulaciones de restos orgánicos y fangos.	Calcaremitas del borde de la plataforma. a) Bajíos. b) Islas con dumas.	Plataforma abierta (lagunas abiertas). a) Bancos de calcarenitas. b) Áreas de wackestone y mudstone, biohermas. c) Áreas con terrígenos.	Plataforma restringida. a) Wackestone en lagunas y bahías. b) Calcaremitas en canales de marea. c) Lodos calcáreos en llanuras de mareas. d) Siliciclásticos finos intercalados.	Llanura supramareal evaporítica. a) Anhidrita nodular y dolomita en sabkhas. b) Evaporitas laminadas en charcos.
<b>Litología.</b>	Lutitas o limos oscuros, calizas en bancos delgados, relleno evaporítico en caso de desecación.	Calizas muy fosilíferas intercaladas con margas, estratos bien diferenciados.	Calizas de grano fino, localmente con sílex.	Variable, dependiendo de la turbulencia del agua en la parte superior del talud, brechas y calcarenitas.	Calizas y dolomías masivas.	Calcaremitas oolíticas o dolomías.	Variable, carbonatos y clásticos.	Generalmente dolomías y calizas dolomíticas.	Dolomita y anhidrita irregularmente laminadas, pueden graduar a lechos rojos.
<b>Organismos.</b>	Exclusivamente fauna neotónica y planetónica, localmente abundante en los planos de estratificación.	Organismos con concha infraurales y epifaunales muy diversos.	Restos bioclásticos resedimentados en su mayor parte de las zonas más someras.	Colonias y restos bioclásticos resedimentados del arrecife.	Organismos constructores de armazones rígidos. Comunidades "in situ".	Pocos organismos autóctonos, la mayor parte resedimentados del arrecife. Las conchas están generalmente desgastadas por abrasión.	Generalmente carece de fauna de mar abierto. Aparecen moluscos, esponjas, foraminíferos, algas verdes y cianofíceas, Parches arrecifales.	Fauna muy limitada. Gasterópodos, algas (principalmente cianofíceas), foraminíferos (milóidos) y ostrícos.	Fauna alóctona excepto las algas formadoras de los estromatolitos.
<b>Tipo de microfacies SMF.</b>	1. Espiculita wackestone y packstone. 2. Calcilomita microbioclástica. 3. Mudstone y wackestone pelágicos.	1, 2, 8. Wackestone con conchas completas. 9. Wackestone bioclástico. 10. Packstone-wackestone bioclástico con granos esqueléticos desgastados.	2, 3, 4. Microbrecha o packstone biolitoclástico.	4, 5. Grainstone o floatstone bioclástico. 6. Rudstone arrecifal.	7. Boundstone, arrecife de plataforma marginal. 11. Grainstone de bioclastos oncolitizados. 12. Coquina packstone, grainstone o rudstone bioclástico.	11, 12, 13. Grainstone de bioclastos oncolitizados. 14. Depósitos de brechas erosivas. 15. Oolitos bien seleccionados.	8, 9, y 10. 16. Grainstone con pellets. 17. Grapestone, pelespatita. 18. Grainstone de foraminíferos y dasycladáceas (algas).	16, 17 y 18. 19. Micrita laminada fenestral-peletoidal. 21. Mudstone espongiostromónico. 22. Micrita con grandes oncoides. 23. Micrita pura no laminada. 24. Rudstone o floatstone.	20. Mudstone estromatolítico laminado. 23. Micrita pura no laminada. Anhidrita enterolítica.

**Figura 29.** Distribución de facies y microfacies en el Modelo Estándar de Wilson (1975) (Arche, 2010)

**Tabla 12.** Tipos de Microfacies Estándar (SMF) propuestas por Wilson (1975).

<b>Tipos de microfacies estándar (SMF)</b>		
SMF	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
1	ESPICULITA	Oscura, rica en organismos, mudstone o wackestone arcilloso, conteniendo espículas de tamaño limo, las espículas están comúnmente orientadas y reemplazadas por calcita.
2	CALCISILITA MICROBIOCLÁSTICA	Pequeños bioclastos y peloides con una textura grainstone o packstone, ondulitas en escala milimétrica, comúnmente laminados.
3	MUDSTONE WACKESTONE PELÁGICO	Matriz de micrita, con granos de arena fina o limo dispersos constituidos por microfósiles pelágicos (ej: radiolarios o globigerinidos) o megafauna (ej: graptolines o bivalvos de concha delgada).
4	MICROBRECHA O PACKSTONE BIOCLÁSTICO-LITOCLASTICO	Granos desgastados de carácter robusto originalmente, puede consistir en bioclastos derivados localmente y/o litoclastos previamente cementados; también puede incluir cuarzo, chert, u otros tipos de fragmentos de carbonato; comúnmente gradados.
5	PACKSTONE, FLOATSTONE O GRAINSTONE BIOCLÁSTICO	Constituido principalmente de bioclastos derivados de organismos que habitan los flancos y la parte superior de los arrecifes; rellenos geopetales o infiltrados por sedimento fino en cavidades encubiertas comúnmente.
6	RUDSTONE ARRECIFAL	Grandes bioclastos y organismos de la parte superior y flancos del arrecife; sin material en forma de matriz.
7	BOUNDSTONE	Constituidos por organismos sésiles (in situ). Pueden ser llamados framestone si se constituyen por agregados masivos y de formas robustas, bindstone si están constituidos por incrustaciones lamelares enmarañadas construyendo cavidades y capas incrustadas de micrita, y bafflestone si su composición es de complejos y delicadas masas de micrita, vagamente peleteados con formas frondosas.
8	WACKESTONE WHOLE FOSIL	Organismos sésiles inmersos en micrita, el cual contiene algunos bioclastos dispersos, infauna y epifauna bien preservada
9	WACKESTONE BIOCLÁSTICO O MICRITA BIOCLÁSTICA	Sedimentos micríticos que contiene fragmentos de diversos organismos mezclados y homogenizados por bioturbación; los bioclastos pueden estar micritizados.
10	PACKSTONE-WACKESTONE CON BIOCLASTOS DESGASTADOS Y CUBIERTOS EN MICRITA	Los sedimentos exhiben inversión textural, los granos muestran evidencia de formación en ambientes de alta energía, pero contiene matriz lodosa.
11	GRAINSTONE CON BIOCLASTOS CUBIERTOS POR CEMENTO DE ESPARITA	Bioclastos cementados con cemento esparítico; los bioclastos pueden estar micritizados.
12	COQUINA, GRAINSTONE O RUDSTONE BIOCLÁSTICO	Constituido por un depósito de conchas de ciertos tipos de organismos dominantes (ej: algas, conchas o crinoideos); carece de matriz lodosa
13	GRAINSTONE BIOESPARITICO CON ONCOIDES	Constituido principalmente por oncoides en un cemento esparítico.
14	LAGS	Partículas cubiertas y desgastadas; puede incluir ooides y peloides que son ennegrecidos y manchados de hierro; con fosfatos; también puede incluir litoclastos alóctonos.
15	OOLITA, GRAINSTONE DE OOIDES	Bien seleccionada, bien formada, ooides recubiertos múltiplemente que van de 0.5 a 1.5 mm de diámetro; fábrica comúnmente muy empaquetada; cruza los estratos invariablemente.
16	PELSPARITA O GRAINSTONE PELOIDAL	Probablemente pellets fecales; pueden ser mezclados con ostrácodos o foraminíferos; puede contener láminas gruesas agradadas y una fábrica fenestral.
17	GRAINSTONE O GRAPESTONE PELSPARITICO	Mezclas de facies de peloides aislados, peloides aglutinados y granos agregados (grapestones y lumps); puede incluir algunos granos recubiertos.
18	GRAINSTONE DE FORAMINIFEROS O ALGAS	Consiste en concentraciones comúnmente mezcladas con peloides.
19	LOFERITA	Laminada a bioturbada, mudstone o wackestone peleteado; puede gradar a pelsparita con fábrica fenestral; la asociación de ostrácodos y peloides es común en mudstone; también puede incluir micrita con foraminíferos dispersos, gasterópodos y algas.
20	MUDSTONE DE ESTROMATOLITOS DE ALGAS	Estromatolitos.
21	ESPONGIOSTROMA	Fábrica de algas ramificadas en sedimento fino limo-lodo.
22	MICRITA CON ONCOIDES GRANDES	Wackestone o floatstone que contienen oncoides.
23	MICRITA PURA HOMOGÉNEA SIN FÓSILES Y SIN LAMINACIÓN	Micrita; puede contener cristales de minerales evaporíticos.
24	RUDSTONE O FLOATSTONE CON LITOCLASTOS GRUESOS Y/O BIOCLÁSTOS	Clastos comúnmente constituidos de micrita o calcisilita sin fósiles, y puede tener un arreglo de lado o imbricado; puede estar cruzando los estratos; matriz esparcida.
25	MUDSTONE EVAPORITICO-CARBONATADO LAMINADO	Alternancia de carbonato cristalino fino (caliza, dolomita) la cual puede ser inducido microbiallymente y estratos diagenéticamente deformados con cristales de evaporita (yeso).
26	CEMENTSTONE, RUDSTONE Y PACKSTONE CON PISOIDES	Acumulaciones de pisoides autóctonos y alóctonos, con variedad de formas, tamaños de milímetros a centímetros, pisoides densamente empaquetados, comúnmente cementados por cementos meteóricos. Los núcleos de los pisoides son usualmente pisoides rotos o cortezas de cemento.

El modelo general que sugiere Wilson (1975) para los depósitos de carbonatos que corresponde a nueve ambientes carbonatados (Figura 29). Las principales características de los cinturones de facies son:

**Zona de facies 1:** Comprende shales negros y lodolitas carbonatadas; no presenta bioturbación comúnmente y se depositan en un ambiente de cuenca de agua profunda, por debajo del nivel de agotamiento de oxígeno.

**Zona de facies 2:** Consiste en calizas muy fosilíferas con láminas de shale; depositadas en una plataforma de mar abierto por debajo del nivel de base de las olas de tormenta (storm-wave), pero generalmente es oxigenada y con salinidad marina normal.

**Zona de facies 3:** Comprende calizas de grano fino, gradadas a no gradadas, posiblemente contienen bloques exóticos derivados la pendiente de la plataforma carbonatada, depositados en el límite o al pie de la pendiente de la plataforma carbonatada.

**Zona de facies 4:** Está compuesto por micritas, calcarenitas, con brechas y bloques exóticos depositados hacia el talud de mar adentro (foreslope seaward) del límite de la plataforma, la estratificación presenta derrumbes, escombros de carbonatos derivados del cinturón de facies 5.

**Zona de facies 5:** Comprende acumulaciones orgánicas variables (arrecifes y otros biohermos) compuestos de varios tipos de boundstones; particularmente framestones que integran el límite o borde de la plataforma carbonatada, pero puede no estar presente en todas las plataformas carbonatadas.

**Zona de facies 6:** Arenas carbonatadas retrabajadas seleccionadas (calcarenitas) compuestas particularmente de granos esqueléticos derivados del cinturón de facies 4 y 5, los ooides también son comunes; depositados en aguas muy someras inmediatamente hacia las acumulaciones orgánicas o, si las acumulaciones orgánicas no están presentes hasta el límite de la plataforma.

**Zona de facies 7:** Depósitos de carbonatos mixtos que pueden incluir arenas carbonatadas derivadas del cinturón de facies 6, wackestones, mudstones; posibles láminas de shale o limo; parches de arrecifes u otros biohermos pueden estar presentes, depositado en aguas someras en una plataforma abierta donde la circulación del agua es normal.

**Zona de facies 8:** Wackestones bioclásticos, arenas litoclásticas y bioclásticas, mudstone carbonatados con pellets, estromatolitos, láminas de shale o limo; depositados en aguas someras o en una plataforma interior donde la circulación del agua puede estar restringida.

**Zona de facies 9:** Dolomitas nodulares y anhidritas (en plataformas donde las condiciones evaporíticas existen); estromatolitos, lodos y limos siliciclásticos; depositados en una zona intermareal a supramareal.

- **Microfacies de Flügel, (2004)**

Flügel (2004), propone un modelo general de Microfacies “Ramp Microfacies Types” (RMF) asociado a carbonatos depositados en rampas, el cual comprende microfacies de rampa exterior, microfacies de rampa media y microfacies de rampa interior o somera (Figura 30).

La determinación de las rampas carbonáticas es controlada por fenómenos ambientales que controlan las sucesiones de facies las cuales son:

- Los niveles de energía.
- El transporte
- Las variaciones en el relieve de la rampa.

Según Burchette y Wright (1992), sugieren que las secuencias de facies que establecen las rampas carbonáticas son controladas por fenómenos ambientales de las cuales destaca la importancia de la energía inducida por el oleaje; considerada en la descripción de las microfacies de rampas.

**Rampa interna:** Se sitúa en la superficie costera (playa) y el nivel base de las olas de buen tiempo, está constituida por bancos de arena, restos orgánicos y depósitos costeros. Es una zona con poca profundidad y debido al constante contacto con el oleaje, favorece al desarrollo de ooides, foraminíferos, algas calcáreas o moluscos. Dominan los bancos de arena, barreras orgánicas y depósitos costeros (Burchette y Wright, 1992).

Son particulares en zonas de rampa interna, los biostromas acumulan organismo de arrecifes de reducida extensión, originando una caliza del tipo grainstone.

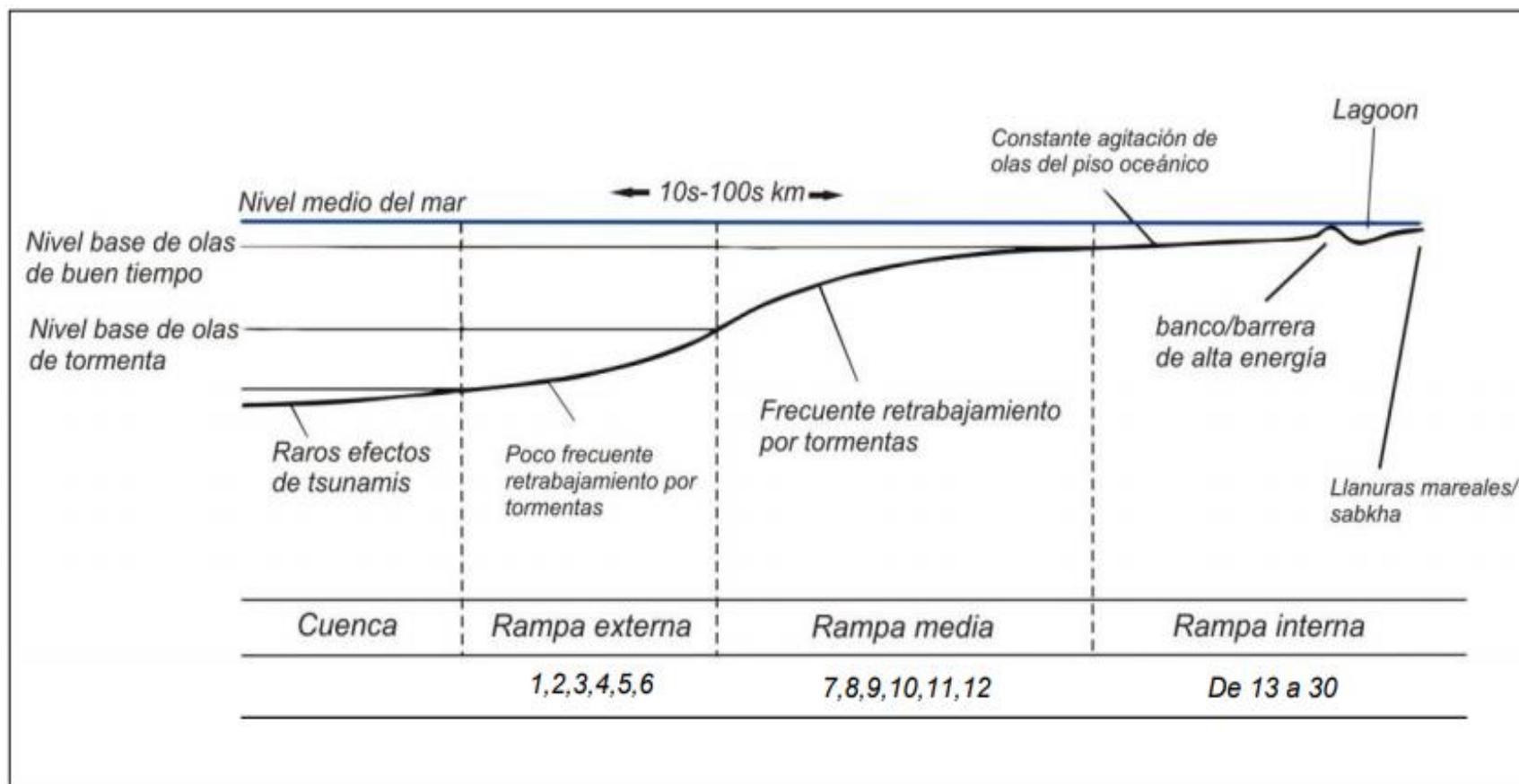
Los ambientes peritidales son dominantes en las zonas de back ramp (detrás de la rampa) donde la rampa interna contiene calizas wackstone y en ambientes de laguna se puede encontrar calizas tipo: mudstone, wackestone y Packstone.

**Rampa media:** En la rampa media tiene lugar entre el nivel base de olas de buen tiempo y el nivel base de olas de tormenta, el nivel de agua alcanza decenas de metros. Los sedimentos comunes de la rampa media son los intraclastos, camas de brechas y bancos de arena oolíticos.

Pueden existir cambios debido al grado de influencia de las tormentas en función a la profundidad del agua y al relieve del fondo en periodos donde el caudal tiene menor energía se deposita sedimento más fino que origina calizas mudstone y en ambientes de tormenta se relaciona con estratos de calizas grainstone, estratificación cruzada, y sedimentos relaborados.

**Rampa externa:** La rampa externa constituye la zona situada debajo del nivel base de las olas de tormenta donde supera las decenas de metros, tiene la característica de no ser afectado por altas energías del oleaje y presentar una depositación de sedimentos de baja energía y hemipelágica. La rampa externa se encuentra asociada a acumulaciones orgánicas abundantes en foraminíferos, moluscos, esponjas, equinodermos, algas rojas y comprenden calizas mudstone a wackestone con intercalaciones de margas o lutitas.





**Figura 30.** Modelo de los Tipos de Microfacies Rampa (RMF) en una rampa homoclinal, propuesto por Flügel (2004) (Reading y Collinson, 1996).

**Tabla 13.** Tipos de Microfacies RMF para una rampa homoclinal propuestas por Flügel en 2004 (citado por Espinel y Hurtado, 2010).

<b>Tipos Microfacies Rampas (RMF)</b>			
<b>RMF</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>TIPO DE RAMPA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
1	Calcisiltita y Mudstone con peloides	Externa	Fragmentos esqueléticos muy finos, espículas de esponjas y algunas veces finamente laminado.
2	Mudstone y Wackestone arcilloso con bioturbación	Externa	Pocos foraminíferos aglutinados, ostrácodos y equinodermos.
3	Wackestone y Packstone bioclástico con bioturbación	Externa	Diversos y abundantes fósiles (bivalvos, braquiópodos y equinodermos) y peloides; granos esqueléticos no desgastados, es común la preservación de fósiles enteros.
4	Wackestone y Packstone peloidal	Externa	Consiste en pequeños peloides, pequeños litoclastos y bioclastos.
5	Mudstone pelágico	Externa	Contiene microfósiles planctónicos y fósiles neotónicos de mar abierto (ej: amonites)
6	Grainstone peloidal y bioclástico	Externa	Gradado, laminado y con estratificación cruzada fina (tempestitas).
7	Packstone bioclástico	Media	Abundantes equinodermos, bivalvos y foraminíferos; granos esqueléticos desgastados.
8	Packstone y Wackestone con bioturbación	Media	Contiene varios granos esqueléticos, intraclastos, oncoides y peloides.
9	Wackestone, Packstone y Floatstone con bioclastos e intraclastos	Media	Con intraclastos micríticos y bioclastos derivados de rampa, puede contener algunas microbrechas.
10	Conglomerados de Caliza	Media	Rampa distalmente empinada (distally steepened ramp)
11	Margas con intraclastos y guijarros de caliza	Media	Rampa distalmente empinada (distally steepened ramp)
12	Boundstone con corales	Media	Contiene Framestones de corales y cortezas de corales; también Framestones de algas rojas.
13	Wackestone y Packstone bioclástico con foraminíferos	Interna	Con abundantes foraminíferos largos (ej: orbitolínidos)

14	Wackestone y Packstone bioclástico con granos esqueletales	Interna	Esqueletales, varios intraclastos y algunos ooides (near-shoal)
15	Floatstone bioclástico	Interna	Con diversos materiales derivados de arrecifes, (cerca de arrecifes, corales, algas o fragmentos de bivalvos)
16	Mudstone, Wackestone o Packstone con foraminíferos	Interna	Con abundantes foraminíferos miliolidos
17	Wackestone bioclástico con algas	Interna	Con algas verdes dasycladáceas
18	Wackestone bioclástico con ostrácodos	Interna	
19	Caliza o Mudstone no bioturbada	Interna	
20	Wackestone y Packstone bioclástico con algas calcáreas	Interna	Con foraminíferos bentónicos.
21	Packstone y Floatstone con oncoides	Interna	Oncoides aglutinados, con granos esqueletales, sedimentarios y cuarzo terrígeno.
22	Caliza o Mudstone dolomítico	Interna	Micrita finamente laminada; con escasos fósiles de ostrácodos y foraminíferos.
23	Bindstone Fenestral	Interna	Fábrica de algas ramificadas en sedimento fino limo-lodo.
24	Mudstone y Packstone intraclástico	Interna	
25	Bindstone con láminas de evaporitas y carbonatos	Interna	Contiene cristales evaporíticos (yeso).
26	Grainstone y Packstone bioclástico de grano medio a grueso	Interna	Contiene varios granos esqueletales bentónicos.
27	Grainstone y Packstone bioclástico de grano medio a grueso	Interna	Compuesto de pocos granos esqueletales dominantes (ej: predominantemente equinodermos o predominantemente foraminíferos).
28	Floatstone y Rudstone bioclástico	Interna	Exhibe una fábrica altamente desordenada.
29	Grainstone con ooides	Interna	Presenta ooides concéntricos densamente empaquetados.
30	Grainstone y Packstone con ooides y conchas	Interna	Presenta abundantes fragmentos de conchas.

## **Características ambientales de la Formación Tablazo**

Un estudio a detalle de características litológicas y petrográficas de los afloramientos de la Formación Tablazo permitió la identificación de las asociaciones de microfacies, que determinaron el ambiente sedimentario deposicional. Según los tipos microfacies (SMF) propuesto por Wilson (1975) y (RMF) propuesto por Flügel (2004).

Mediante el estudio de Tipos de Microfacies Rampa (RMF) se ubicaron a las rocas de los afloramientos de Formación Tablazo en una **Plataforma de Rampa Interna** y mediante el análisis de Tipos de Microfacies Estándar (SMF) permitió ubicar a las rocas en el cinturón facial 6: **Facies de Plataforma retrabajada** y cinturón facial 7: **Facies de Plataforma laguna abierta**.

### **2.3.1 Afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1)**

#### **Wilson (1975)**

Según los tipos de microfacies (SMF) propuesto por Wilson (1975) se identificó en secciones delgadas las microfacies que determinaron el ambiente sedimentario de depositación de la Formación Tablazo de la siguiente manera.

La sección delgada (PC-01) que corresponde a la microfacie (SMF 11) en donde destaca la litología es de tipo grainstone con bioclastos cubiertos por cemento de esparita donde la ocurrencia de esta microfacies SMF 11 se encuentra asociada con una plataforma retrabajada (Zonas de Microfacies 6).

#### **Flügel (2004)**

El afloramiento Tablazo 1 (ATA - 1) correspondiente a la sección delgada (PC-01) pertenece a la microfacie (RMF 26) en la cual la litología es Grainstone y Packstone bioclástico de grano medio a grueso (Figura 31).

Ocurrencia: Este tipo de microfacies según Flügel (2004), tiene lugar en ambientes lagunares, correspondientes a una Rampa Interna

### **2.3.2 Afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2)**

#### **Wilson (1975)**

La sección delgada (PC-02) pertenece a la microfacie (SMF 10) la litología representativa comprende packstone - wackestone con bioclastos desgastados y cubiertos en micrita (Figura 32).

La ocurrencia de esta microfacies SMF 10 se encuentra asociada con una Plataforma de laguna abierta (Zonas de Microfacies 7).

### **Flügel (2004)**

El Afloramiento Tablazo 2 (ATA - 2) correspondiente a la sección delgada (PC-02) pertenece a la microfacie (RMF 20) donde su litología es Wackestone y Packstone bioclástico con algas calcáreas (Figura 31).

Ocurrencia: Este tipo de microfacies según Flügel (2004), tiene lugar en ambientes lagunares, correspondientes a una Rampa Interna.

### **2.3.3 Afloramiento Tablazo 3 (ATA - 3)**

#### **Wilson (1975)**

Las secciones delgadas (PC-03) pertenecen a la microfacie (SMF 10) la litología representativa comprende packstone - wackestone con bioclastos desgastados y cubiertos en micrita (Figura 32).

La ocurrencia de esta microfacies SMF 10 se encuentra asociada con una plataforma de laguna abierta (Zonas de Microfacies 7)

#### **Flügel (2004)**

El Afloramiento Tablazo 3 (ATA -3) correspondiente a la sección delgada (PC-03) pertenece a la microfacie (RMF 20) en la cual la litología es Wackestone y Packstone bioclástico con algas calcáreas (Figura 31).

Ocurrencia: Este tipo de microfacies según Flügel (2004), tiene lugar en ambientes lagunares, correspondientes a una Rampa Interna.

### **2.3.4 Afloramiento Tablazo 4 (ATA - 4)**

#### **Wilson (1975)**

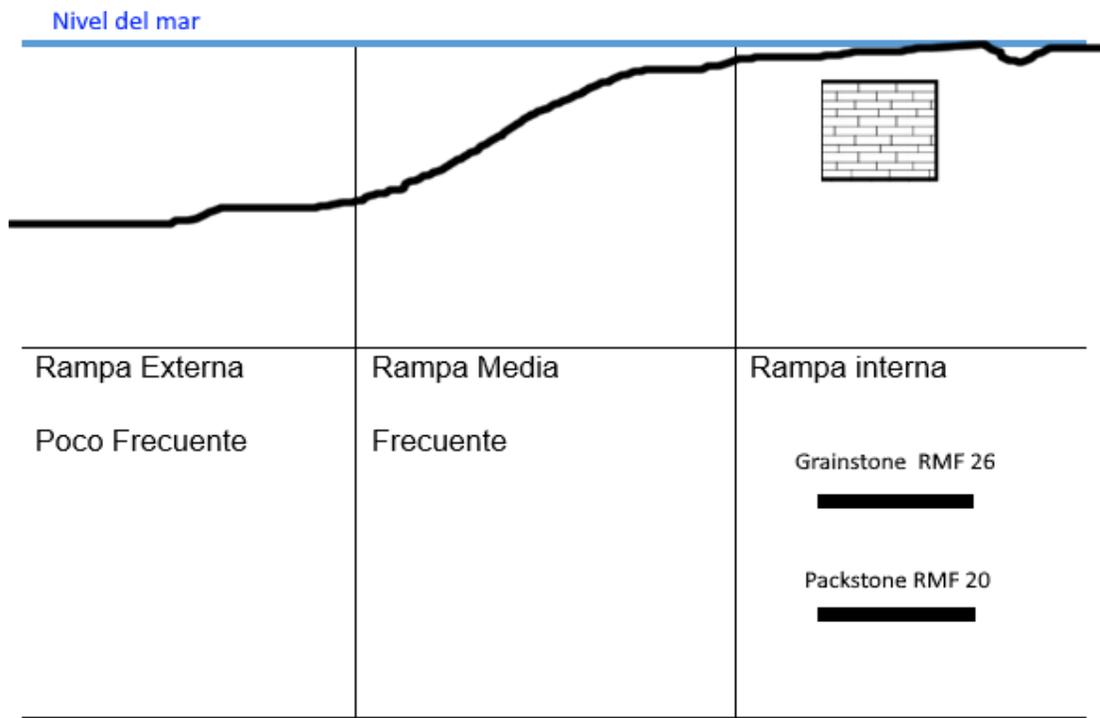
Las secciones delgadas (PC-04) pertenecen a la microfacie (SMF 10) la litología representativa comprende packstone - wackestone con bioclastos desgastados y cubiertos en micrita (Figura 32).

La ocurrencia de esta microfacies SMF 10 se encuentra asociada con una plataforma de laguna abierta (Zonas de Microfacies 7).

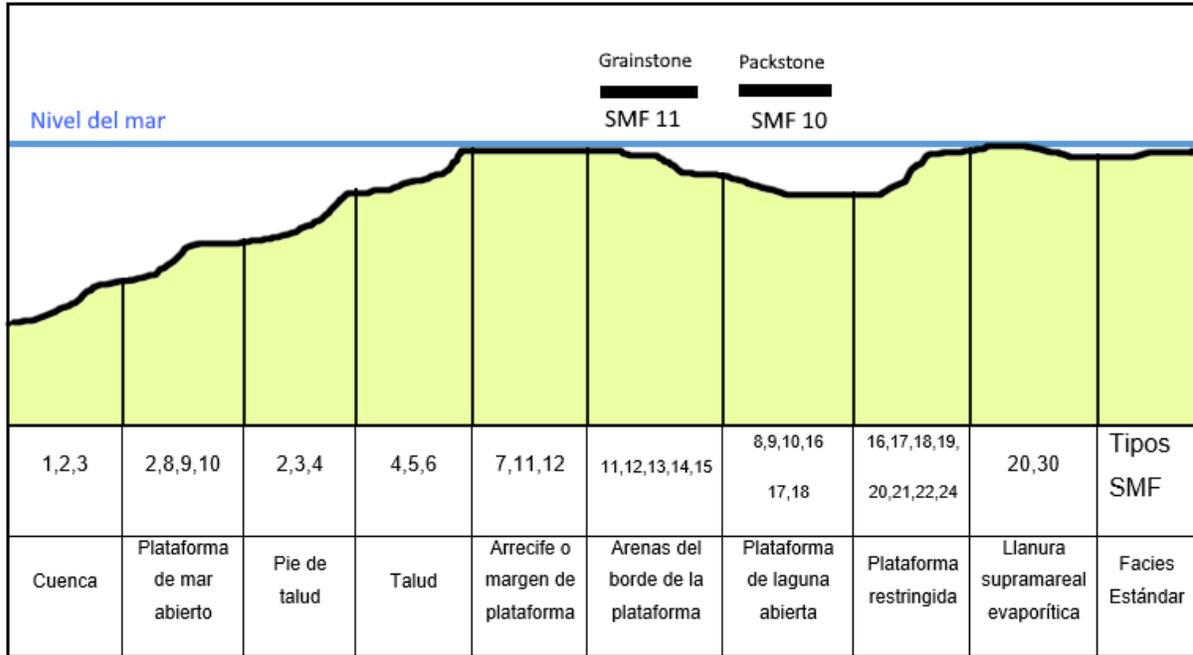
#### **Flügel (2004)**

El afloramiento Tablazo 4 (ATA - 4) correspondiente a la sección delgada (PC-04) pertenece a la microfacie (RMF 20) en la cual la litología es Wackestone y Packstone bioclástico con algas calcáreas (Figura 31).

Ocurrencia: Este tipo de microfacies según Flügel (2004), tiene lugar en ambientes lagunares, correspondientes a una Rampa Interna.



**Figura 31.** Diagrama con Zonas de Facies Estándar (ZF) con el ambiente sedimentario en que se depositó las rocas de la Formación Tablazo. En las líneas negras se indica el sitio de depósito de las microfacies.



**Figura 32.** Diagrama con los Tipos de Microfacies Rampa para una plataforma carbonatada identificados en los afloramientos de Formación Tablazo. En las líneas negras se indica el sitio de depósito de las microfacies.

**Tabla 14.** Análisis a las secciones delgadas de los afloramientos de la Formación Tablazo sobre los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF).

MUESTRA	TEXTURA		MICROFACIES		AMBIENTES	
			SMF	RMF	Wilson(1975)	Flügel(2004)
<b>PC-01</b>	Grainstone	Bioesparita	11	26	Plataforma retrabajada	Rampa Interna.
<b>PC-02</b>	Packstone	Biomicrita	10	20	Plataforma de laguna abierta	Rampa Interna.
<b>PC-03</b>	Packstone	Biomicrita	10	20	Plataforma de laguna abierta	Rampa Interna.
<b>PC-04</b>	Packstone	Biomicrita	10	20	Plataforma de laguna abierta	Rampa Interna.

## CAPÍTULO III

### Discusión de Resultados

#### 3.1. Análisis geoquímico de la Formación Tablazo

En este capítulo se da a conocer los resultados obtenidos en los trabajos realizados:

Se podría realizar una correlación entre el tipo litológico de las calizas entre la petrografía y la geoquímica, pero se cometería un error, así también realizar una correlación solo con los datos geoquímicos se produciría un error mayor ya que, los valores obtenidos en los datos geoquímicos depende de la composición química de estas, pudiendo ser alteradas por los procesos que han pasado antes de ser depositados los materiales detríticos, ejemplo de esto el resultado obtenido en los diagramas binario y ternario (Figura 9; Figura 10) donde las muestra G02 su composición es de una Marga calcárea compuesta por un de 65% a 75% de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y el porcentaje restante de minerales arcillosos, mientras que las muestras G01, G03, G04, son Margas que en su formación también puede ser favorecida diagenéticamente por disolución del carbonato (Ricken 1986, Bathurst 1987, Ricken y Eder 1991). Esto a pesar de que pertenecen a una misma formación geológica como en este caso la Formación Tablazo.

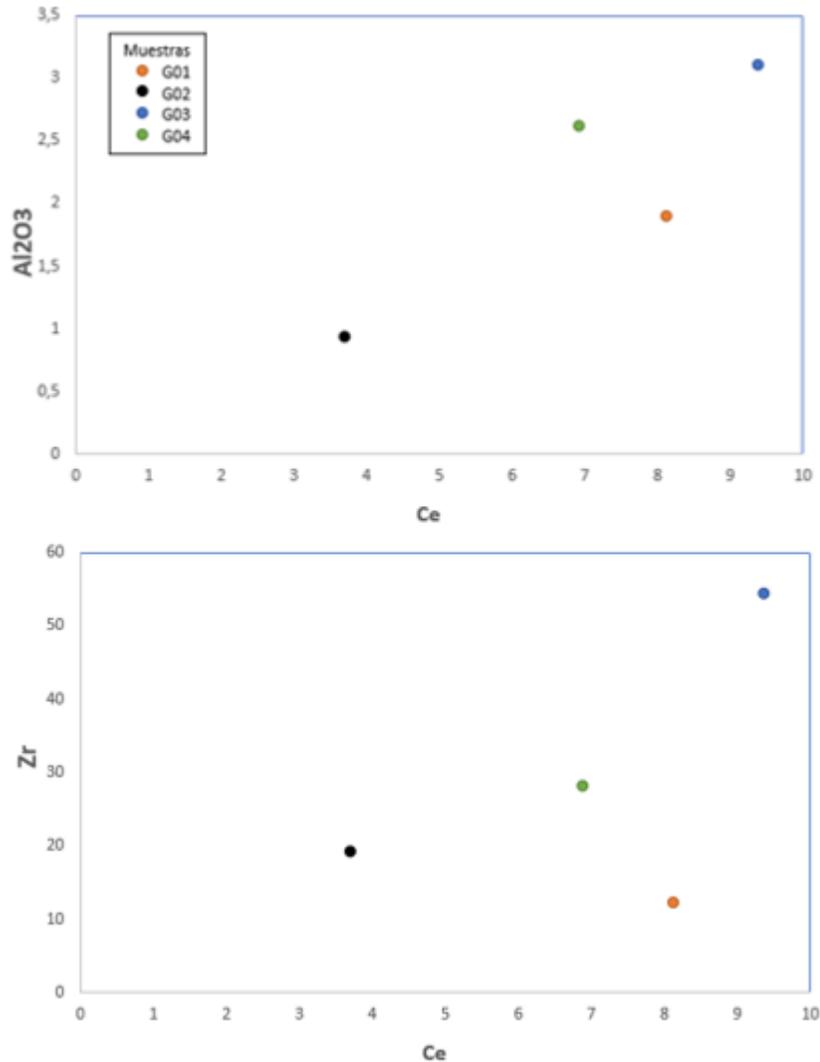
**Tabla 15.** Contenido de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  en diferentes litologías.

Litología	$\text{CO}_3\text{Ca}$
Caliza	95%
Caliza Margosa	85-95%
Marga muy calcárea	75-85%
Marga Calcárea	65-75%
Marga	35-65%

Marga arcillosa	35-25%
Marga muy arcillosa	25-15%
Arcilla margosa	15-5%
Arcilla	5%

En la relación de Y/Ho (Tabla 6) en las muestras en carbonatos marinos son más altos que las relaciones encontradas en los carbonatos de agua dulce (Webb y Kamber, 2000; Van Kranendonk et al., 2003; Bolhar et al., 2004; Shields y Webb, 2004). Los sedimentos químicos marinos desprovistos de contaminantes continentales muestran la relación Y/Ho entre 44 y 74 (Kamber *et al.*, 2005). Como resultado las muestras analizadas G01 y G02 indica que las rocas calizas son carbonatos marinos y conservaron sus principales propiedades químicas, o sea no presentaron alteraciones, mientras que las rocas G03 y G04 tienen valores de 27,6 a 29,2 presentan contaminación de partículas terrestres y cenizas volcánicas.

Las calizas de la Formación Tablazo según el contenido de SiO<sub>2</sub> de 16.28% a 32.97% y de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de 0.94% a 3.09% muestran contaminación por materiales terrígenos. El SiO<sub>2</sub> en las rocas calizas la mayor parte pertenece a la presencia de componentes terrígenos. Según los autores Santana-Casino *et al.* (1997), la existencia de Al en el agua de mar tiene un dominio característico en la cinética de absorción del hierro, esto se debe a la presencia de diatomeas marinas y algas verdes. Analizando entonces que el contenido de Al en las rocas estudiadas se debe a las actividades biológicas que comenzaron la precipitación del Si. Se realizó diagramas binarios de Ce versus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Ce versus Zr (Figura 33), donde se observa la inexistencia de correlación entre los elementos. Esto otorga evidencia sobre la contaminación cortical en las rocas calizas analizadas.



**Figura 33.** Diagrama Binario de relación entre Ce con los elementos Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Zr, donde muestra que los contenidos de Ce no se relacionan con estos elementos.

La anomalía negativa del elemento Ce es típica de carbonatos marinos y de corales masivos (Kasper Zubillaga *et al.*, 2010). Las anomalías negativas de Ce son interpretadas como un indicador de condición óxica, mientras que las anomalías positivas resultan de un ambiente anóxico. (Sandoval, 2013). Estudios de corales masivos y microbialitas sugieren que las anomalías negativas de Ce son por crecimiento de corales en aguas someras (Oliver y Boyet, 2006; Kasper-Zubillaga *et al.*, 2010). Las muestras analizadas dan valores de anomalías negativas lo que

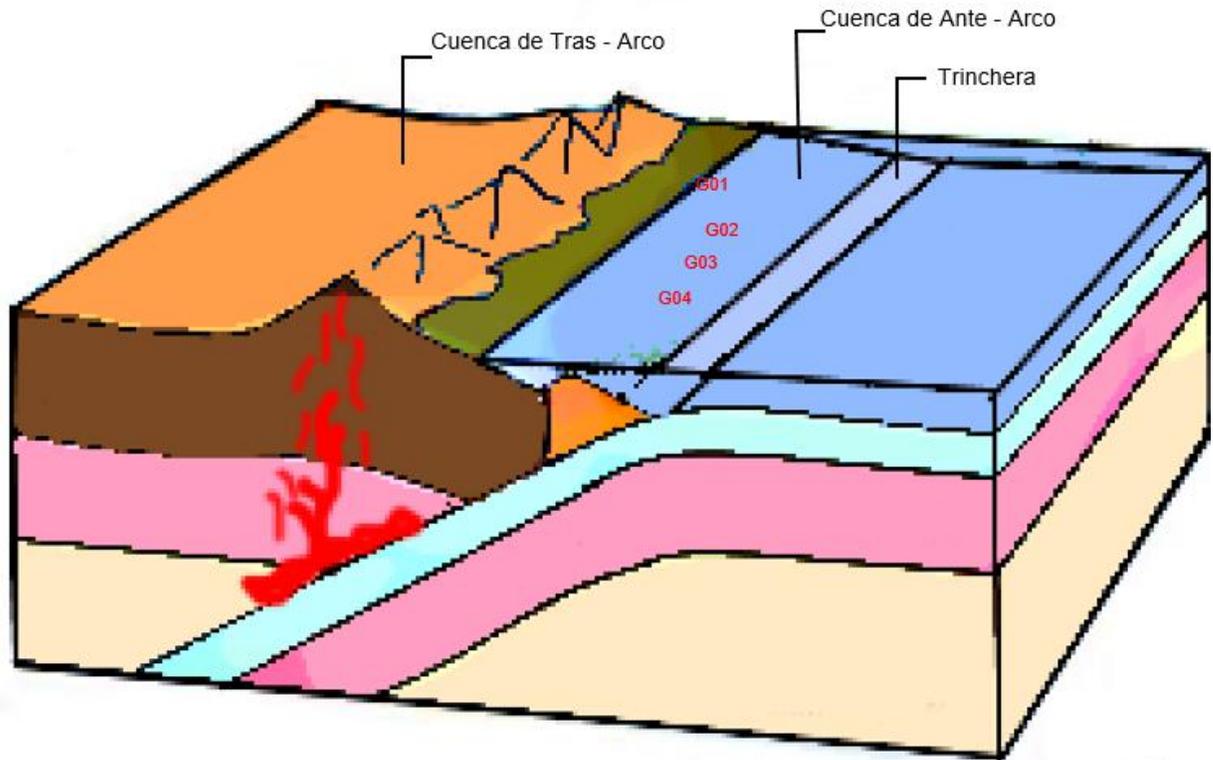
corroborar ya lo mencionado anteriormente que son carbonatos marinos, también provienen de un ambiente de condición oxidada en crecimiento de corales en aguas someras.

Gracias a los sedimentos detríticos depositados en las rocas calizas se puede obtener el ambiente tectónico de procedencia. McLennan (1989) dispuso que los REE y algunos elementos inmóviles, pueden ser trasladados desde su roca madre de área de aporte hasta los sedimentos.

El contenido de tierras raras (REE) en los sedimentos, depende principalmente de su procedencia (Rollinson, 1993). Según en el diagrama binario de ambientes tectónicos de procedencia (Figura 12) propuesto por Bhatia y Crook (1986), los REE de las muestras G01 y G02 arrojan en el campo de MCA, donde presenta una cuenca de depósito dominante en cuencas marginales, la naturaleza de la corteza adyacente a la cuenca es una corteza continental gruesa y su procedencia un basamento levantado que sus materiales podrían haberse transportado hasta depositarse como sedimentos en la formación de las rocas calizas.

Las muestras restantes en el campo AIC que presentan una cuenca de depósito intra-arco, tras-arco o ante-arco, su naturaleza de la corteza adyacente a la cuenca es un arco formado sobre corteza continental y su tipo de procedencia en arco magmático disectado de los cuales los elementos se transportaron hacia depositarse en las rocas calizas estudiadas (Figura 12).

Según el diagrama ternario de ambientes tectónicos de procedencia (Figura 13) propuesto por Bhatia y Crook (1986), los REE de las muestras G02, G03, G04 arrojan en el campo de AIC, mientras que la faltante no cae en ninguno de los campos determinados por los autores. Se toma en consideración este diagrama debido a que todos los elementos utilizados para su elaboración, sus valores se encuentran por encima del límite de detección.



**Figura 34.** Esquema que representa el ambiente de procedencia tectónica de las muestras analizadas de la Formación Tablazo donde se ubican en la una cuenca de depósito Tras – Arco.

El diagrama binario Zr/Sc vs Th/Sc elaborado por McLennan y colaboradores (1993) muestra la composición mineralógica, el área fuente y el reciclamiento del sedimento. Donde las muestras estudiadas presentan una variación en la composición mineralógica que se encuentra entre estable e inestable, su área fuente proviene del manto el mismo que se corrobora en la figura 14 donde los elementos presentan un patrón normalizado cerca a la composición del manto primitivo y el tipo de roca de composición básica. A excepción de la muestra G01 que torna a tener una composición tipo andesita.

### **3.2. Características petrográficas de la Formación Tablazo**

Según Ordoñez (2006) la Formación Tablazo estratigráficamente se encuentra en discordancia sobre las rocas cretácico - paleógenas de la península de Santa Elena y litológicamente está conformada por coquinas y areniscas calcáreas.

Los afloramientos de la Formación Tablazo en Santa Elena presentan diferencias con respecto a su composición y características texturales, por medio de estos cambios ha permitido identificar los siguientes tipos de rocas calizas: Packstone y Grainstone.

La sección delgada (PC-01) es Grainstone, según (Dunham, 1962) y Bioesparita (Folk 1959, 1962). La caliza grainstone en el afloramiento de la Formación Tablazo contienen de 41% de componentes ortoquímicos y 59% de componentes aloquímicos.

Los componentes ortoquímicos de las calizas grainstone de los afloramientos de la caliza de la Formación Tablazo están constituidos por: 45% micrita y 55% esparita.

Los componentes aloquímicos de las calizas grainstone de los afloramientos de la caliza de la Formación Tablazo, están constituidos por 83% Bioclastos y 17% de intraclastos. El 83% de Bioclastos lo constituyen con un 50% algas, 20% moluscos y 13% foraminíferos.

Texturalmente de las calizas grainstone se caracteriza con: cemento microesparita predominante y matriz micrítica escasa, tamaño de grano fino a grueso, forma subangular a subredondeada, moderadamente clasificadas.

Petrográficamente las secciones delgadas (PC-02, PC-03, PC-04) están clasificadas como calizas Packstone, según (Dunham, 1962) y Biomicrita según (Folk 1959, 1962).

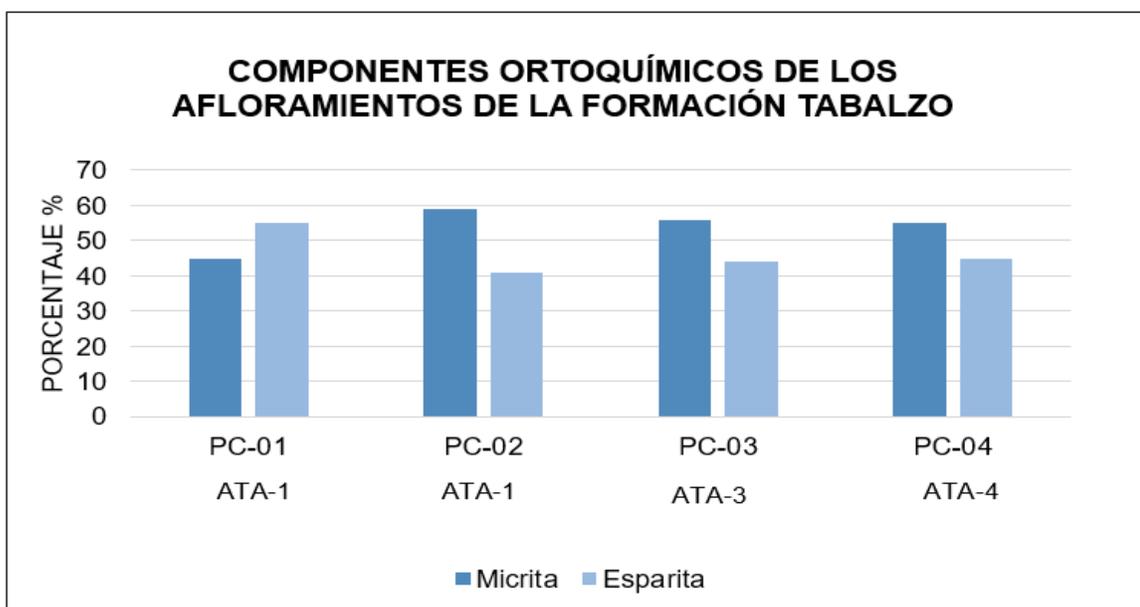
Las secciones delgadas clasificadas como Packstone, según (Dunham, 1962) se conforman por abundante lodo carbonático, los promedios de los componentes

ortoquímicos corresponden a un 55% - 59% de micrita y 41% - 45% de cemento esparítico.

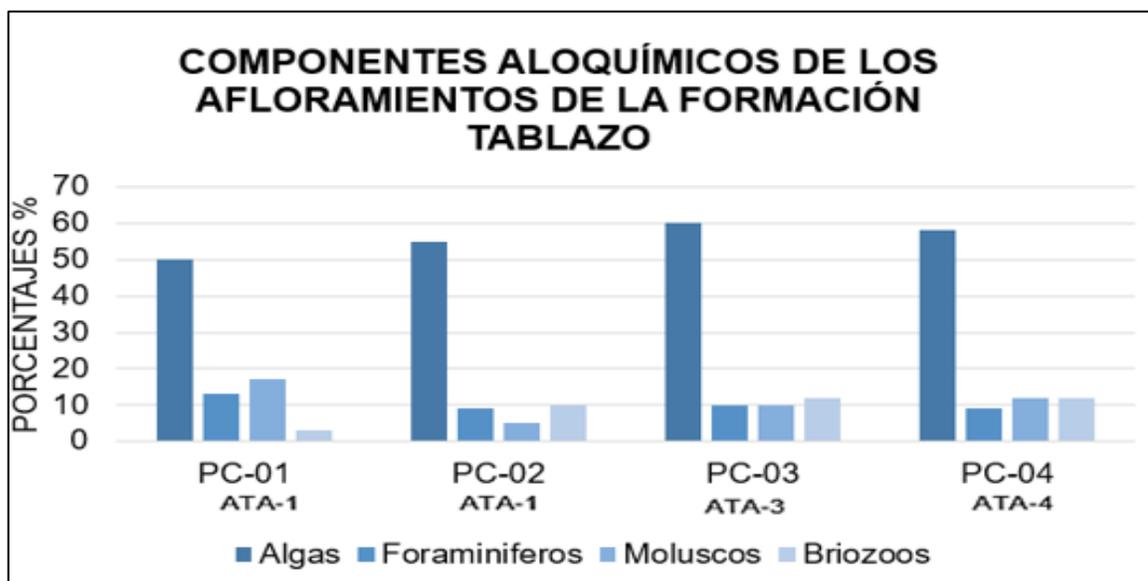
En los componentes aloquímicos lo constituyen un promedio de 15% de intraclastos y 87% de bioclastos predominando los bioclastos, de los cuales 57,7% corresponde a algas y fragmentos de algas, el 11,3% briozoos, 9,3% foraminíferos y 9% moluscos (Figura 36).

Las características texturales de las calizas Packstone son: matriz micrítica abundante, cemento esparítico; tamaño de grano fino a grueso, forma subangular a subredondeada, pobremente clasificadas.

Por lo tanto, las rocas que afloran en ATA-1 (PC-01) son grainstone y las que afloran en ATA-2 (PC-02), ATA-3 (PC-03), ATA-4 (PC-04) son Packstone respectivamente.



**Figura 35.** Porcentaje de los componentes ortoquímicos de la Formación Tablazo obtenidos de las secciones como grainstone ATA-1 (PC-01) y packstone ATA-2 (PC-02), ATA-3 (PC-03), ATA-4 (PC-04), predomina la micrita con (45% - 59%) y esparita (41% - 55%).



**Figura 36.** Porcentajes de los componentes aloquímicos de los afloramientos de la Formación Tablazo donde predominan las algas con (55% - 60%), foraminíferos (9% - 10%), moluscos (5% - 12%), briozoos (10% - 12%).

### 3.3. Análisis ambiental de la Formación Tablazo

Con el estudio de las secciones delgadas se clasificó a las rocas de la Formación Tablazo como Packstone y Grainstone, y como resultado del análisis ambiental indican que según los tipos de microfacies estándar propuesto por Wilson (1975), se reconoció un ambiente de **plataforma de laguna abierta** y **plataforma retrabajada**; y según los tipos de microfacies rampa propuesto por Flügel (2004), un ambiente de **rampa interna**.

La sección delgada PC-01 clasificada como grainstone correspondieron al tipo de microfacie estándar (SMF 11), donde la litología que destaca es de tipo grainstone con bioclastos cubiertos por cemento de esparita.

Las secciones delgadas PC-02, PC-03, PC-04 clasificadas como packstone, correspondieron al tipo de microfacie estándar (SMF 10), la litología representativa comprende packstone - wackestone con bioclastos desgastados y cubiertos en micrita.

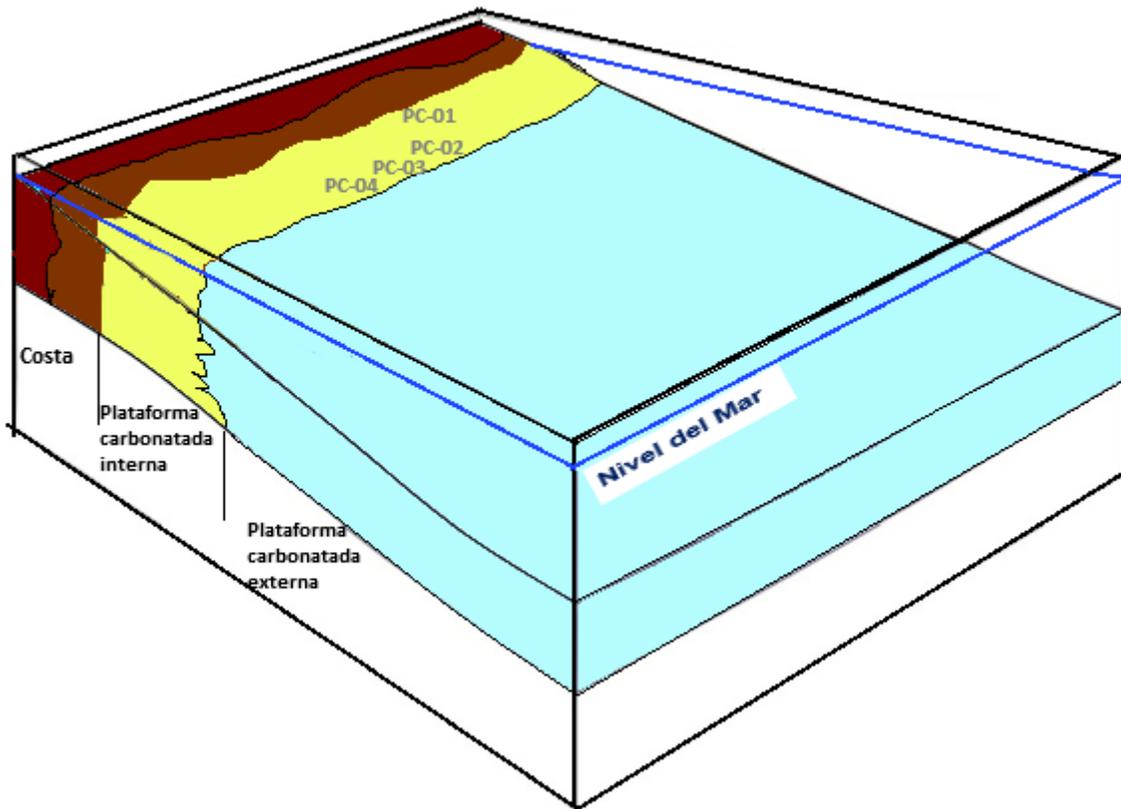
Los tipos de microfacies estándar de Wilson (1975) de los afloramientos de la Formación Tablazo, ubicaron a las calizas grainstone en el cinturón facial plataforma retrabajada (ZF6) y a la caliza packstone en el cinturón facial plataforma de laguna abierta (ZF 7).

El tipo de microfacies rampa (RMF) que corresponden a las calizas grainstone en la sección delgada PC-01 litológicamente son Grainstone y Packstone bioclástico de grano medio a grueso, con microfacie (RMF 26).

El tipo de microfacies rampa (RMF) que corresponden a las calizas packstone en las secciones delgadas PC-02, PC-03, PC-04 litológicamente son Wackestone y Packstone bioclástico con algas calcáreas, con microfacie (RMF 20).

Los tipos de microfacies rampa propuesto por Flügel (2004) en las calizas grainstone y packstone tuvieron lugar en ambientes lagunares, correspondientes a una Rampa Interna (RMF 19 y 20).

Los resultados obtenidos revelaron que los tipos de microfacies de las rocas packstone y grainstone de los afloramientos de la Formación Tablazo representaron sistemas sedimentarios dentro de una plataforma carbonatada interna somera (Figura 37).



**Figura 37.** Diagrama de la interpretación del ambiente de procedencia tectónica de la Formación Tablazo al Oeste de la provincia de Santa Elena – Ecuador.

El análisis ambiental indicó que según los Tipos de Microfacies Estándar propuesto por Wilson (1975), se reconoce un ambiente de **Plataforma de Laguna Abierta** y **Plataforma Retrabajada**; y según los Tipos de Microfacies Rampa propuesto por Flügel (2004), un ambiente de **Rampa Interna**, por lo tanto, se comparan estos resultados con los análisis geoquímicos los cuales indican que la procedencia ambiente tectónico de las rocas de la Formación Tablazo son el campo de **Arco de Isla Continental** con una cuenca de **depósito de ante - arco** su naturaleza de la corteza es un arco formado sobre corteza continental y su tipo de procedencia en **arco magmático disectado**.

## CAPÍTULO IV

### Conclusiones

1. Mediante los análisis geoquímicos de los óxidos mayoritarios la litología de las muestras respecto a su composición química dio como resultado una marga calcárea (Muestra G02) y margas (Muestras G01- G03- G04). A pesar de que pertenezcan a una misma formación geológica.
2. En la relación Y/Th como resultado las muestras analizadas G01 y G02 indica que las rocas calizas son carbonatos marinos y conservaron sus principales propiedades químicas, o sea no presentaron alteraciones.
3. Las calizas de la Formación Tablazo según el contenido de SiO<sub>2</sub> de 16.28% a 32.97% y de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de 0.94% a 3.09% muestran contaminación por materiales terrígenos.
4. En diagramas binarios de Ce versus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Ce versus Zr se identificó la inexistencia de correlación entre los elementos lo cual se interpreta como una evidencia sobre la contaminación cortical en las rocas calizas analizadas.
5. La procedencia del ambiente tectónico de las muestras G01 y G02 según la relación entre los elementos Ti/Zr versus La/Sc pertenecen a MCA su cuenca de depósito dominante es en cuencas marginales, la naturaleza de la corteza adyacente a la cuenca es una corteza continental gruesa y su procedencia un basamento levantado interpretándose que sus materiales fueron transportado hasta depositarse como sedimentos en la formación de las rocas calizas; mientras que en las muestras G03 y G04 pertenecen al AIC que presentan una cuenca de depósito intra-arco, tras-arco o ante-arco, su naturaleza de la corteza adyacente a la cuenca es un arco formado sobre corteza continental y su tipo de procedencia en arco magmático disectado.
6. La procedencia del ambiente tectónico de las muestras G02, G03, G04 según la relación entre los elementos Co- Th y Zr/10 pertenecen AIC que presentan una cuenca de depósito intra-arco, tras-arco o ante-arco, su naturaleza de la corteza

adyacente a la cuenca es un arco formado sobre corteza continental y su tipo de procedencia en arco magmático disectado.

7. La relación de los elementos Zr/Sc vs Th/Sc demostraron que las rocas presentan una variación en la composición mineralógica que se encuentra entre estable e inestable, su área fuente proviene del manto, procede de una roca de composición básica.
8. Petrográficamente las rocas estudiadas de la Formación Tablazo son clasificadas como packstone y grainstone, también se pueden llamar Bioesparita y Biomicrita.
9. Los componentes ortoquímicos de manera general en las calizas grainstone son: 45% micrita y 55% esparita, en caliza packstone son: 57% micrita y 43% esparita.
10. Los componentes aloquímicos de manera general en las calizas grainstone son: 83% Bioclastos y 17% de intraclastos. El 83% de Bioclastos lo constituyen con un 50% algas, 20% moluscos y 13% foraminíferos; en la caliza packstone son: 15% de intraclastos y 87% de bioclastos predominando los bioclastos, de los cuales 57,7% corresponde a algas y fragmentos de algas, el 11,3% briozoos, 9,3% foraminíferos y 9% moluscos.
11. La identificación de microfacies por medio del estudio de la petrografía de los afloramientos de la Formación Tablazo dieron como resultado dos tipos de microfacies estándar las cuales se han depositado en dos ambientes relacionados con la plataforma de laguna abierta y con plataforma retrabajada (SMF 10 y SMF 11), que se caracterizan litológicamente por packstone-wackestone con bioclastos desgastados y cubiertos; y grainstone con bioclastos cubiertos por cemento de esparita.
12. La identificación de las microfacies rampa dieron como resultado una acumulación en rampa interna (RMF 20 y RMF 26), por su litología Wackestone y Packstone bioclástico con algas calcáreas; y Grainstone y Packstone bioclástico de grano medio a grueso.

## CAPÍTULO V

### Referencias

- Arche, A., 2010**, Sedimentología: Del Proceso Físico a la Cuenca Sedimentaria: Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, p. 1287.
- Asiedu, D.K., Dampare, S.B., AsmoahSakyi, P., Banoeng-Yakubo, B., Osae, S., Nyarko, B.J.B., y Manu, J., 2004**, Geochemistry of Paleoproterozoic metasedimentary rocks from the Birimdiamontiferous field, southern Ghana: implications for provenance and crustal evolution at the Archean-Proterozoic boundary. *Geochemical Journal*, v. 38, p. 215-228.
- Balasubramanian, A., y Kalasaiah, M., 2013**, Depositional Environments Ecological Modeling of Dalavoy Lake in Mysore City, Karnataka, India View project Geochemical Modelling of Groundwater For Prevention of Incrustation In The Water Supply Systems of Salem District, Tamil Nadu, India, 7 p. doi:10.13140/RG.2.2.29422.61767.
- Bathurst, R. G. C., 1987**, Diagenetically enhanced bedding in argillaceous platform limestones: stratified cementation and selective compaction. *Sedimentology* 34: p. 749-778.
- Benítez, S., 1991**, Las cuencas cretácicas del Ecuador y cuadros de distribución estratigráfica: VI Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas y Petróleos, Guayaquil, Ecuador.
- Bhatia, M., 1983**, Plate tectonics and geochemical composition of sandstone. *Journal of Geology*, 91 (6): 611-627.

- Bhatia, M.R., y Crook, A.W., 1986**, Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 92, p. 181-193.
- Blatt, H., Middleton, G., y Murray, R. 1980**, Origin of sedimentary rocks. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ: 782 pp.
- Bolhar, R., Kamber, B.S., Moorbath, S, Fedo., C.M., y Whitehouse, M.J., 2004**, Characterization of early Archean chemical sediments by trace element signatures: *Earth and Planetary Science Letters*, 222, 43-60.
- Brand, U., y Veizer, J. 1980**, Chemical diagenesis of a multi component carbonate system: Trace elements, *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 50, pp. 1219-1236.
- Asiedu, D.K., Dampare, S.B., AsmoahSakyi, P., Banoeng-Yakubo, B., Osa, S., Nyarko, B.J.B., Manu, J., 2004. Geochemistry of Paleoproterozoic metasedimentary rocks from the Birimdiamontiferous field, southern Ghana: implications for provenance and crustal evolution at the Archean-Proterozoic boundary. *Geochemical Journal* 38, p. 215-228.
- Bristow, C., y Hoffstetter, R., 1977**, *Léxico Estratigráfico. América Latina fascículo 5, Ecuador* 2da. Edición: Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Francia, p. 410.
- Brown, C.B., y Baldry, R.A., 1925**, On the Clay Pebble - Bed of Ancon (Ecuador). *Q. Jnl geol. Soc.*, 81, 454 - 460.
- Burchette, T., y Wright, V., 1992**, Carbonate Ramp Depositional Systems: *Sedimentary Geology*, v. 79, p. 3 - 57, doi:10.1016/0037-0738(92)90003-A.
- Campos Alvarez N.O., y Roser B.P., 2007**, Geochemistry of black shales from the Lower Cretaceous Paja Formation, Eastern Cordillera, Colombia: Source weathering, provenance, and tectonic setting, *Journal of South American Earth Sciences*, v 23, Issue 4, p 271-289.

- Centro del Agua y Desarrollo Sustentable., 2013**, Proyecto de Evaluación de Vulnerabilidad y Reducción de Riesgo de Desastres a Nivel Municipal en el Ecuador: Análisis de vulnerabilidad del cantón Santa Elena Documento.
- Cullers, R. L., y Podkovyrov, V.N., 2002**, The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Meso-proterozoic Ui group, southeastern Russia. *Precambrian Research* 117, p. 157-183.
- Derry, L.A., Kaufman, A.J., y Jacobson, S.B., 1992**, Sedimentary cycling and environmental change in the Late Proterozoic: evidence from stable and radiogenic isotopes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, p 1317-1329.
- Ditchfield, P.W., Marshall, J.D., y Pirrie, D., 1994**, High latitude palaeotemperature variations: New data from the Thithonian to Eocene of James Ross Island, Antarctica: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107(1-2), 79-101.
- Dunham, R., 1962**, Classification of carbonate rocks according to depositional texture: In Ham, W.E., (ed.), *Classification of carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir* 1, 108-121 p.
- Elderfield, H., 1988**, The oceanic chemistry of rare earth elements. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 325, 105–126.
- Flügel, E., 2004**, *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*: Institute of Paleontology Loewenichstrasse, Germany, 976 p.
- Folk, R., 1959**, Practical Petrographic Classification of Limestones: *AAPG Bulletin*, v. 43, doi:10.1306/0bda5c36-16bd-11d7-8645000102c1865d.
- Folk, R., 1962**, Spectral Subdivision of Limestone Types, *Amer: Assoc. Petrol. Geol.* 191 Mem. I, p. 62 - 82.
- Folk, R., 1974**, *Petrology of Sedimentary Rocks*: Hemphill Publishing Company Austin, Texas 78703, p. 1 - 190.

- Garner, H.F., 1956**, Southern Guayas Province. California Ecuador Petroleum Co. Geol. Rep. Inédito.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Santa Elena., 2014**, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Santa Elena (2014 - 2020): Gad General Santa Elena, Ecuador.
- Herron, M.M., 1988**, Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology* 58, p. 820-829.
- Hesselbo, S.P., Meister, C., y Grocke, D.R., 2000**, A potential global stratotype for the Sinemurian-Pliensbachian boundary (Lower Jurassic), Robin Hood's Bay, UK: ammonite faunas and isotope stratigraphy: *Geological Magazine*, 137(6), 601-607.
- Jacobsen, S.B., y Kaufman, A.J., 1999**, The Sr, C and O isotopic evolution of Neoproterozoic seawater: *Chemical Geology*, 161(1-3), 37-57.
- Jaillard, É., Ordoñez, M., Benitez, S., Berrones, G., Jiménez, N., Montenegro, G., y Zambrano, I., 1995**, Basin Development in an Accretionary, Oceanic-Floored ForeArc Setting: Southern Coastal Ecuador During Late Cretaceous-Late Eocene Time in Tankard, A., R. Suárez, and H, Welsink, *Petroleum basins of South America: Tulsa, Oklahoma, AAPG Memoir v. 62.*, p. 615 - 631.
- Jiménez de C., 1994**, Geoquímica de carbonatos relacionados con etapas de emersión. Tesis de Grado de Doctor. Universidad de Granada., p. 4.
- Kamber, B.S., Greig, A., y Collerson, K.D., 2005**, A new estimate for the composition of weathered young upper continental crust from alluvial sediments, Queensland, Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, 1041-1058.
- Kasper-Zubillaga, J.J., Rosales-Hoz, L., y Bernal, J.P., 2010**, Rare earth elements in corals from the Isla de Sacrificios Reef, Veracruz, Mexico. *Chemie Der Erde, Geochemistry*, 70, 55-60.

- Kaufman, A.J., Jacobsen, S.B., y Knoll, A.H., 1993**, The Vendian Record of Sr and C isotopic variations in seawater: Implications for tectonic and paleoclimate. *Earth and Planetary Science Letters*, 120, 409-430.
- Kaufman, A.J., Knoll, A.H., y Awramik, S.M., 1992**, Biostratigraphic and chemostratigraphic correlation of Neoproterozoic sedimentary successions: Upper Tindir Group, northwestern Canada, as a test case: *Geology*, 20(2), 181-185.
- Labrousse, B., 1986**, Relaciones entre la Formación Cayo y la Formación Piñón en el sector de Guayaquil. Implicaciones Geodinámicas. *Cultura, Revista del Banco Central del Ecuador, Coloquio Ecuador 86*, Quito, 12p.
- Lee, Y., 2002**, Provenance derived from the geochemistry of Late Paleozoic-Early Mesozoic mudrocks of the Pyeongan Supergroup, Korea. *Sedimentary Geology*, 149: 219-235.
- Liu, Y. G., Miah, M. R.U., y Schmitt, R. A., 1988**, Cerium: a chemical trace for paleoceanic redox conditions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52, 1361-1371.
- Luna, J., 2008**, Petrografía y Geoquímica de Isótopos Estables ( $\delta^{18}\text{O}$  -  $\delta^{13}\text{C}$ ) en Calizas de la Formación El Abra, Hidalgo, México: Implicaciones de Ambientes Diagenéticos, 122 p.
- Marchant, S., 1958**, A note on stratigraphical nomenclature in SW Ecuador. *Anglo Ecuadorian Oilfields Ltd., Geol. Rep.* 99.
- Marchant, S., 1957**, Studies in the revision of the geology of the Ancón area - V. The section in the surface strata between the Santo 141 Tomas and La Fe areas: *Geological Report n. 86*, Anglo Ecuadorian Oilfields Limited, Inédito.

- Markteiner, R., y Alemán, A., 1991**, Coastal Ecuador, technical evaluation agreement: Unpublished internal report, Amoco Production Company Co. & Petroecuador, v. 1, p. 218.
- McDonough, William., y Sun, S.S., 1995**, The composition of the Earth. *Chemical Geology*. 67, p. 1050-1056.
- McDonough, W.F., y Sun, S.-S., 1995**, Composition of the Earth. *Chemical Geology*. 120, p. 223-253. doi: 10.1016/0009-2541(94)00140-4.
- McLennan, S., Hemming, S., McDaniel, D., y Hanson, G., 1993**, Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. *Geological Society of America, Publicación Especial 284*: 21-40.
- McLennan, S.M., 1989**, Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. *Reviews in Mineralogy* 21, p. 169-200.
- Mejía, A.L., y Samaniego, D.V., (ABRIL de 2019)**, Análisis petrográfico y estratigráfico de las terrazas marinas de la Formación Tablazo provincia de Santa Elena-Ecuador. [tesis]: Universidad de Guayaquil.
- Merodio, J. y Spalletti, L., 1990**, Geoquímica de pelitas: su empleo en la definición de ambientes sedimentarios y tectónicos para el Ordovícico de la Precordillera Occidental. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 45 (3-4): 336-345.
- Meyers, W.J., Lu, F.H., y Zachariah, J.K., 1997**, Dolomitization by mixed evaporative brines and freshwater, Upper Miocene carbonates, Nijar, Spain. *Journal of Sedimentary Research*, 67, 898-912.
- Minster, J.F., y Allégre, C.J., 1978**, Systematic use of trace elements in igneous processes. Part III: Inverse problem of batch melting in volcanic suites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 168, 37-52.

- MMrz, C., Beckmann, B., Franke, C., Vogt, C., Wagner, T., y Kasten, S., 2009**, Geochemical environment of the Coniacian-Santonian western tropical Atlantic at Demerara Rise. *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 273, p. 286-301.
- Montenegro, G., y Loor, B., 1988**, Informe Geológico de los Acantilados de Ancón, Anconcito y Punta Mambra. CEPE - SRG. Inédito.
- Murray, J., 1923**, Report on the Geology of de Santa Elena Península, Ecuador. Part III. Geology of the country around the Ancón Field: Anglo Ecuadorian Oilfields Limited, Geological Report, n. 7. Inédito.
- Núñez Del Arco, E., y Dugas, F., 1987**, Guía Geológica del Suroeste de la costa Ecuatoriana, p.125.
- Olivier, N., y Boyet, M., 2006**, Rare earth and trace elements of microbialites in Upper Jurassic coral and sponge-microbialite reefs. *Chemical Geology*, 230, 105-123.
- Olsson, A.A., 1939**, Introduction a la Geologic duNord - Ouest du Pérou et du Sud Ouest de l' Equateur. *Ann. off Nat. Comb., Liq.* 14 ann. N°3, 551- 604.
- Ordoñez, M., Jiménez, N., y Suarez, J., 2006**, Micropaleontología del Ecuador. Guayaquil: Centro de Investigaciones Geologicas de Guayaquil, Ecuador, p. 634.
- Pedoja, K., Dumont, J. F., Lamothe, M., Ortlieb, L., Collot, J. Y. Ghaleb, B., Auclair, M., Álvarez, V., y Labrousse, B., 2006**, Plio-Quaternary uplift of the Manta Peninsula and La Plata Island and subduction of the Carnegie Ridge, central coast of Ecuador.
- Ratcliffe, K.T., Wright, A.M., y Schmidt, K., 2012**, Application of inorganic whole-rock geochemistry to shale resource plays: an example from the Eagle Ford Shale Formation, Texas. *The Sedimentary Record*: 10 (2), p. 4-9.

- Ricken, W., y Eder, W., 1991**, Diagenetic modifications of calcareous beds – an overview. En: Einsele, G., Ricken, W. and Seilacher, A. (Eds.): Cycles and events in stratigraphy, p. 430- 449, Springer Verlag. Berlín.
- Ricken, W., 1986**, Diagenetic bedding, a model for marl-limestone alternations. Lecture notes in Earth Sciences 6, Springer Verlag, 210 p., Berlín.
- Rollinson, H., 1993**, Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific & Technical: 352 pp.
- Roser, B., y Korsh, R., 1986**, Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio. Journal of Geology, 94 (5): 635-650.
- Sandoval, A., 2013**, Geoquímica de las rocas carbonatadas de la formación el abra (actopan), México: implicaciones de condiciones paleoredox y procedencia. (Ph.D.tesis): Universidad autónoma de Mexico . 58 p.
- Santana-Casiano, J.M., Gonzalez-Davila, M., Lagdera, L.M., Perezpera, J., Brand, L., y Sillero, F.J., 1997**, The influence of zinc, aluminum and cadmium on the uptake kinetics of iron by algae. Marine Chemistry, 59, p 95-111.
- Scholle, P., y Ulmer-Scholle, D., 2003**, A color guide to the petrography of carbonate rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis: AAPG, p. 1 - 486.
- Sheppard, G., 1928**, The Geology of Ancon Point, Ecuador. S.A. Jnl. Geol., 36, N°2, p 113 - 138.
- Shields, g.a., y webb, g.e., 2004**, Has the REE composition of seawater changed over geologic time: Chemical Geology, 204, p 103-107.
- Spalletti, L.A., Schwarz, E., y Veiga, G.D., 2014**, Geoquímica inorgánica como indicador de procedencia y ambiente sedimentario en sucesiones de lutitas negras: Los depósitos transgresivos titonianos (Formación Vaca Muerta) de la

Cuenca Neuquina, Argentina. *Andean geology*, 41(2), 401-435. doi: /10.5027/andgeoV41n2-a07.

**Taylor, S.R., y McLennan, S. M., 1985**, *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell, Londres: 312 p.

**Van Kranendonk, M., Webb, G.E., y Kamber, B.S., 2003**, Geological and trace evidence for a marine sedimentary environment of deposition and biogenicity of 3.45 Ga stromatolitic carbonates in the Pilbara Craton, and support for a reducing Archean ocean: *Geobiology*, 1, p 91-108.

**Veizer, J., 1983**, Trace elements and isotopes in sedimentary carbonates. In *Carbonates: Mineralogy and Chemistry*, Reeder, R.J. (Ed.), Mineralogical Society of America 11, pp. 265-299.

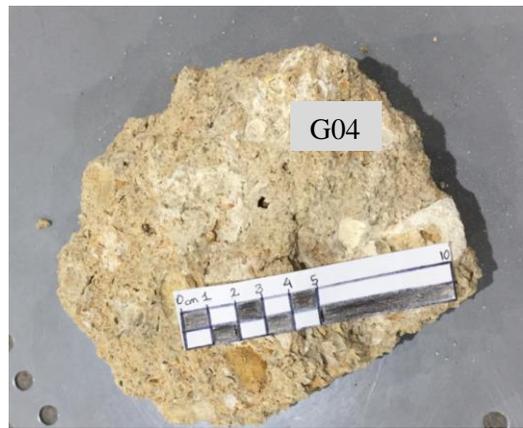
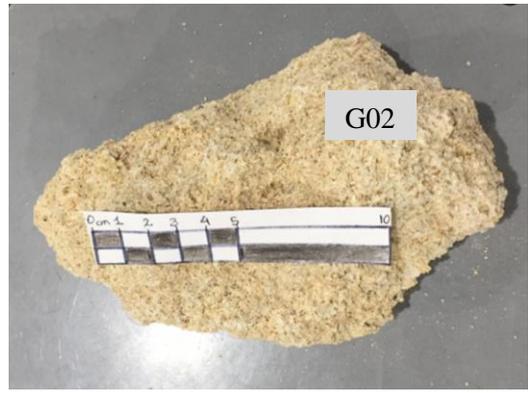
**Webb, G.E., y Kamber, B.S., 2000**, Rare earth elements in Holocene reefal microbialites: A new shallow seawater proxy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64, 1557-1565.

**Wilkinson, B., y Given, R., 1985**, *Secular Variation in Abiotic Marine Carbonates: Constraints on Phanerozoic Atmospheric Carbon Dioxide Contents and Oceanic Mg/Ca Ratios*: Department of Geological Sciences, 333 p.

**Wilson, J., 1975**, *Carbonate Facies in Geologic History*: Springer - Verlag, Heidelberg, Alemania, p. 471, doi:10.1007/978-1-4612-6383-8.

## **Anexos**

***Anexo 1*** Fotografías de las muestras de rocas enviadas al laboratorio para análisis geoquímico.



**Anexo 2** Fotografías del proceso realizado para la obtención de las láminas delgadas.



**Anexo 3** Formato para la descripción petrográfica de las láminas delgadas de las rocas de la Formación Tablazo.

DESCRIPCIÓN PETROGRAFICA			
Ubicación:		Coordenadas WGS-84 Zona 17 sur	
Formación:		X:	Y:
Fotografía nicoles cruzados			
CONSTITUYENTES		MUESTRA: PC-01	
Componentes Ortoquímicos		Micrita	
		Esparita	
Componentes Aloquímicos		Bioclastos	
		Intraclastos	
		Peloides	
		Ooides	
Tipo de Roca		Folk (1959, 1962)	
		Dunham (1962)	