



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

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

**TEMA:**

**PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO DEPOSICIONAL DE LA  
CALIZA SAN ANTONIO DE LA FORMACIÓN SAN EDUARDO (EOCENO), AL  
SUROESTE DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS, PROVINCIA DEL  
GUAYAS**

**AUTORA:** CEDEÑO BASURTO JESSENIA ANNABEL  
**TUTOR:** Ph.D. SALCEDO MARIDUEÑA GALO ARÍSTIDES

**GUAYAQUIL, OCTUBRE 2020**



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

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

**TEMA:**

**PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO DEPOSICIONAL DE LA  
CALIZA SAN ANTONIO DE LA FORMACIÓN SAN EDUARDO (EOCENO), AL  
SUROESTE DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS, PROVINCIA DEL  
GUAYAS**

**AUTORA:** CEDEÑO BASURTO JESSENIA ANNABEL  
**TUTOR:** Ph.D. SALCEDO MARIDUEÑA GALO ARÍSTIDES

**GUAYAQUIL, OCTUBRE 2020**



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

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

**TEMA:**

**PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO DEPOSICIONAL DE LA  
CALIZA SAN ANTONIO DE LA FORMACIÓN SAN EDUARDO (EOCENO), AL  
SUROESTE DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS, PROVINCIA DEL  
GUAYAS**

**AUTORA:** CEDEÑO BASURTO JESSENIA ANNABEL  
**TUTOR:** Ph.D. SALCEDO MARIDUEÑA GALO ARÍSTIDES

**GUAYAQUIL, OCTUBRE 2020**



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



Guayaquil, octubre 7 de 2020

Señor

**Lic. Félix Sanango Pazmiño M.A.E.**

VICEDECANO (E) DE LA FACULTAD  
CIENCIAS NATURALES

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO DEPOSICIONAL DE LA CALIZA SAN ANTONIO DE LA FORMACIÓN SAN EDUARDO (EOCENO), AL SUROESTE DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS, PROVINCIA DEL GUAYAS, de la estudiante JESSENIA ANNABEL CEDEÑO BASURTO, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- *El trabajo es el resultado de una investigación.*
- *La 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 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 la estudiante está apta para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

M.Sc. Galo Salcedo Maridueña, Ph.D.

C.I.: 0903850550

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



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



Habiendo sido nombrado GALO ARISTIDES SALCEDO MARIDUENA, Ph.D., Tutor del Trabajo de Titulación certifico que el presente Trabajo de Titulación ha sido elaborado por JESSENIA ANNABEL CEDEÑO BASURTO, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniera Geóloga.

Se informa que el Trabajo de Titulación: PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO DEPOSICIONAL DE LA CALIZA SAN ANTONIO DE LA FORMACIÓN SAN EDUARDO (EOCENO), AL SUROESTE DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS, PROVINCIA DEL GUAYAS, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (indicar el nombre del programa antiplagio empleado) quedando el 0 % de coincidencia.

**URKUND**

**Document Information**

<b>Analyzed document</b>	TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN JESSENIA CEDENO octubre 07 de 2020.pdf (D80991922)
<b>Submitted</b>	10/8/2020 1:44:00 AM
<b>Submitted by</b>	Salcedo Maridueña Galo
<b>Submitter email</b>	maridueña@hotmail.com
<b>Similarity</b>	0%
<b>Analysis address</b>	galo.salcedom.ug@analysis.arkund.com

**Sources included in the report**

<https://secure.arkund.com/view/77476817-946446-962568#/details/findings/matches/-1>

*Galo Salcedo*

**M.Sc. Galo Aristides Salcedo Maridueña, Ph.D.**

C.I.: 0903850550

Fecha: octubre 7 de 202



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



Guayaquil, octubre 16 de 2020

Señor Ingeniero

**Lic. Félix Sanango Pazmiño M.A.E.**

**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 PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO DEPOSICIONAL DE LA CALIZA SAN ANTONIO DE LA FORMACIÓN SAN EDUARDO (EOCENO), AL SUROESTE DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS, PROVINCIA DEL GUAYAS del estudiante JESSENIA ANNABEL CEDEÑO BASURTO. 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 28 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 cinco 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 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,

Clelia Naranjo Freire

Clelia Naranjo Freire, M.C.C.

Docente Tutor Revisor

C.I.: 0923860803

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



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



**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO DEPOSICIONAL DE LA CALIZA SAN ANTONIO DE LA FORMACIÓN SAN EDUARDO (EOCENO), AL SUROESTE DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS, PROVINCIA DEL GUAYAS		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	CEDEÑO BASURTO JESSENIA ANNABEL		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	NARANJO FREIRE CLELIA ISABEL/SALCEDO MARIDUEÑA GALO ARÍSTIDES		
<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>	OCTUBRE DEL 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	214
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	CIENCIAS GEOLÓGICAS		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Plataforma carbonática, litofacies, secuencias de somerización, parasecuencias, calizas, paleoambiente deposicional/Carbonatic shelf, lithofacies, shallows upward sequences, parasequences, limestones, depositional palaeoenvironment.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (259-247 palabras):	<p>La caliza San Antonio, en la que no se han emprendido muchos estudios y de la cual se tiene muy poca información científica ha sido incluida dentro de la Formación San Eduardo (Eoceno Temprano - Eoceno Medio). Esta caliza aflora en la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. El objetivo del presente trabajo es definir la petrografía, bioestratigrafía y paleoambiente deposicional. Se estudiaron cuatro afloramientos y quince secciones delgadas. Se utilizó la metodología propuesta por Dunham (1972) y Folk (1962) para la clasificación de las rocas carbonáticas; los tipos de microfacies de Wilson (1975) y Flugel (2004) para identificar el ambiente deposicional; y mediante análisis químico se determinó el porcentaje de carbono en cuatro muestras de rocas. Las rocas calizas tienen entre 4,28% y 10,91% de carbono total. Se identificaron secuencias de somerización de medio orden en una plataforma carbonatada; litofacies packstone bioclástico, wackestone bioclástico, mudstone</p>		



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



bioclástico, arcillolita y calcretas; parasecuencias gruesas dominantes y de engrosamiento proporcional hacia arriba; falla, fracturas, vetillas y cavernas. El análisis petrográfico al microscopio de la caliza San Antonio indicó que las rocas son packstone (bioesparita), wackestone (bioesparita y biomicrita) y mudstone (esparita). Los componentes ortoquímicos son 33% micrita y 67% esparita; y los componentes aloquímicos corresponden a 38,5% algas, 46,27% foraminíferos, 7,19% moluscos, 5,21% equinodermos, 2,59% briozoos y 0,7% serpulidos. La edad relativa es Eoceno Medio, pisos Luteciense al Bartonense debido al hallazgo de macroforaminíferos, algas calcáreas, radiolarios, foraminíferos planctónicos y bentónicos. El paleoambiente sedimentario deposicional es Plataforma de Laguna Abierta a Plataforma Restringida de Rampa Interna.

The San Antonio limestone, in which not many studies have been undertaken and for which very little scientific information is available, has been included within the San Eduardo Formation (Early Eocene - Middle Eocene). This limestone outcrops in the San Antonio de Playas commune, General Villamil Playas canton, Guayas province. The objective of this work is to define the petrography, biostratigraphy and depositional paleoenvironment. Four outcrops and fifteen thin sections were studied. The methodology proposed by Dunham (1972) and Folk (1962) was used for the classification of carbonate rocks; the types of microfacies of Wilson (1975) and Flugel (2004) to identify the depositional environment; and by means of chemical analysis, the percentage of carbon in four rock samples was determined. Limestone rocks have between 4.28% and 10.91% of total carbon. Medium order somerization sequences were identified on a carbonate platform; bioclastic packstone lithofacies, bioclastic wackestone, bioclastic mudstone, claystone and calcretes; thick dominant and upwardly thickening parasequences; fault, fractures, veinlets and caverns. Petrographic microscopic analysis of the San Antonio limestone indicated that the rocks are packstone (biosparite), wackestone (biosparite and biomicrite) and mudstone (esparite). The orthochemical components are 33% micrite and 67% sparite; and the allochemical components correspond to 38.5% algae, 46.27% foraminifera, 7.19% mollusks, 5.21% echinoderms, 2.59% bryozoans and 0.7% serpulids. The relative age is Middle Eocene, Lutetian to Bartonian floors due to the discovery of macro-foraminifera, calcareous algae, radiolarians, planktonic and benthic foraminifera. The depositional sedimentary paleoenvironment is Open Lagoon Platform to Internal Ramp Restricted Platform.

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0985144680	<b>E-mail:</b> jesseniacb1995@gmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Facultad de Ciencias Naturales	
	<b>Teléfono:</b> (04) 308-077	
	<b>E-mail:</b> info@fccnugye.com	



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



---

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

Yo, JESSENIA ANNABEL CEDEÑO BASURTO, con C.I. No. 1311190803, certifico que los contenidos desarrollados en este Trabajo de Titulación, cuyo título es **PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO DEPOSICIONAL DE LA CALIZA SAN ANTONIO DE LA FORMACIÓN SAN EDUARDO (EOCENO), AL SUROESTE DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS, PROVINCIA DEL GUAYAS** son de mi absoluta propiedad y **responsabilidad Y SEGÚN EL Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\***, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

---

JESSENIA ANNABEL CEDEÑO BASURTO  
C.I.: 1311190803

\*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**

*A mis padres, Edy y Verónica.*

*A mi abuela, Sra. Holanda Alvarado.*

## **Agradecimientos**

*A mis padres por toda la dedicación y perseverancia a favor de mi formación profesional.*

*A mi tutor Ph.D. Galo Salcedo Maridueña por su humanidad, confianza y apoyo académico.*

*A las docentes, M.C.C. Clelia Naranjo Freire y a la Ing. Rita Andrade Díaz por compartirme los conocimientos necesarios para este trabajo.*

*A los representantes de las concesiones mineras donde se realizó la presente investigación por permitirme acceder a su espacio.*

*A las familias, Basurto Vera y Zambrano Intriago por acogerme en sus hogares y brindarme su apoyo moral.*

*A los docentes de la Carrera de Ingeniería Geológica por otorgarme los conocimientos durante estos años de preparación universitaria.*

*A todas las personas que han estado a mi lado brindándome su amistad.*



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



---

*PETROGRAFÍA Y AMBIENTE SEDIMENTARIO DEPOSICIONAL DE LA CALIZA SAN ANTONIO DE LA FORMACIÓN SAN EDUARDO (EOCENO), AL SUROESTE DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS, PROVINCIA DEL GUAYAS*

**Autor:** Jessenia Annabel Cedeño Basurto.

**Tutor:** Ph.D. Galo Salcedo Maridueña.

### **Resumen**

La caliza San Antonio, en la que no se han emprendido muchos estudios y de la cual se tiene muy poca información científica ha sido incluida dentro de la Formación San Eduardo (Eoceno Temprano - Eoceno Medio). Esta caliza aflora en la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. El objetivo del presente trabajo es definir la petrografía, bioestratigrafía y paleoambiente deposicional. Se estudiaron cuatro afloramientos y quince secciones delgadas. Se utilizó la metodología propuesta por Dunham (1972) y Folk (1962) para la clasificación de las rocas carbonáticas; los tipos de microfacies de Wilson (1975) y Flugel (2004) para identificar el ambiente deposicional; y mediante análisis químico se determinó el porcentaje de carbono en cuatro muestras de rocas. Las rocas calizas tienen entre 4,28% y 10,91% de carbono total. Se identificaron secuencias de somerización de medio orden en una plataforma carbonatada; litofacies packstone bioclástico, wackestone bioclástico, mudstone bioclástico, arcillolita y calcretas; parasecuencias gruesas dominantes y de engrosamiento proporcional hacia arriba; falla, fracturas, vetillas y cavernas. El análisis petrográfico al microscopio de la caliza San Antonio indicó que las rocas son packstone (bioesparita), wackestone (bioesparita y biomicrocristal) y mudstone (esparita). Los componentes ortoquímicos son 33% micrita y 67% esparita; y los componentes aloquímicos corresponden a 38,5% algas, 46,27% foraminíferos, 7,19% moluscos, 5,21% equinodermos, 2,59% briozoos y 0,7% serpulidos. La edad relativa es Eoceno Medio, pisos Luteciense al Bartonense debido al hallazgo de macroforaminíferos, algas calcáreas, radiolarios, foraminíferos planctónicos y bentónicos. El paleoambiente sedimentario deposicional es Plataforma de Laguna Abierta a Plataforma Restringida de Rampa Interna.

**Palabras Claves:** Plataforma carbonática, litofacies, secuencias de somerización, parasecuencias, calizas, paleoambiente deposicional.



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



---

*PETROGRAPHY AND DEPOSITIONAL SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF THE SAN ANTONIO LIMESTONE OF THE SAN EDUARDO FORMATION (EOCENO), SOUTHWEST OF THE SAN ANTONIO OF PLAYAS COMMUNITY, PROVINCE OF GUAYAS*

**Author:** Jessenia Annabel Cedeño Basurto.

**Advisor:** Ph.D. Galo Salcedo Maridueña.

**Abstract**

The San Antonio limestone, in which not many studies have been undertaken and for which very little scientific information is available, has been included within the San Eduardo Formation (Early Eocene - Middle Eocene). This limestone outcrops in the San Antonio de Playas commune, General Villamil Playas canton, Guayas province. The objective of this work is to define the petrography, biostratigraphy and depositional paleoenvironment. Four outcrops and fifteen thin sections were studied. The methodology proposed by Dunham (1972) and Folk (1962) was used for the classification of carbonate rocks; the types of microfacies of Wilson (1975) and Flugel (2004) to identify the depositional environment; and by means of chemical analysis, the percentage of carbon in four rock samples was determined. Limestone rocks have between 4.28% and 10.91% of total carbon. Medium order somerization sequences were identified on a carbonate platform; bioclastic packstone lithofacies, bioclastic wackestone, bioclastic mudstone, claystone and calcretes; thick dominant and upwardly thickening parasequences; fault, fractures, veinlets and caverns. Petrographic microscopic analysis of the San Antonio limestone indicated that the rocks are packstone (biosparite), wackestone (biosparite and biomicrite) and mudstone (esparite). The orthochemical components are 33% micrite and 67% sparite; and the allochemical components correspond to 38.5% algae, 46.27% foraminifera, 7.19% mollusks, 5.21% echinoderms, 2.59% bryozoans and 0.7% serpulids. The relative age is Middle Eocene, Lutetian to Bartonian floors due to the discovery of macro-foraminifera, calcareous algae, radiolarians, planktonic and benthic foraminifera. The depositional sedimentary paleoenvironment is Open Lagoon Platform to Internal Ramp Restricted Platform.

**Keywords:** Carbonatic shelf, lithofacies, shallows upward sequences, parasequences, limestones, depositional palaeoenvironment.

## Índice general

Índice general .....	xi
Índice de Figuras.....	xiv
Índice de Tablas .....	xix
Índice de Láminas Bioestratigráficas.....	xxii
Índice de Anexos .....	xxiii
Abreviaturas.....	xxiv
<b>Capítulo I.....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivos del estudio.....</b>	<b>3</b>
1.1.1    Objetivo general .....	3
1.1.2    Objetivos específicos .....	3
<b>1.2. Ubicación del área de estudio .....</b>	<b>4</b>
1.2.1.    Acceso. ....	6
1.2.2.    Actividad poblacional.....	8
1.2.3.    Clima y vegetación. ....	8
1.2.4.    Relieve e hidrografía. ....	9
<b>1.3. Metodología de estudio .....</b>	<b>10</b>
1.3.1.    Planificación. ....	10
1.3.2.    Geología de campo. ....	10
1.3.3.    Análisis de laboratorio.....	11
1.3.3.1.    Análisis petrográfico. ....	11
1.3.3.2.    Análisis bioestratigráfico.....	12
1.3.3.3.    Análisis paleoambiental. ....	12
1.3.3.4.    Porcentaje de carbono. ....	14
<b>1.4. Marco Geológico .....</b>	<b>16</b>
1.4.1.    Formación Piñón .....	18
1.4.2.    Formación Calentura .....	19
1.4.3.    Formación Cayo ss .....	19
1.4.4.    Formación Guayaquil .....	20
1.4.5.    Formación San Eduardo .....	21
1.4.6.    Formación Caliza Las Delicias.....	21

1.5. Estudios anteriores de la caliza San Antonio .....	23
<b>Capítulo II .....</b>	<b>25</b>
<b>Características Sedimentarias, Petrográficas, Bioestratigráficas y Paleoambientales de la caliza San Antonio .....</b>	<b>25</b>
2.1 Características Sedimentarias de la caliza San Antonio .....	25
Generalidades: .....	25
<b>Afloramientos de la caliza San Antonio.....</b>	<b>31</b>
2.1.1 Afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1) .....	31
2.1.2 Afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2). .....	35
2.1.3 Afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3). .....	43
2.1.4 Afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4). .....	47
2.2. Características Petrográficas de la caliza San Antonio.....	51
Generalidades: .....	51
<b>Análisis Petrográfico de la caliza San Antonio .....</b>	<b>63</b>
2.2.1 Afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1) .....	64
2.2.2 Afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2) .....	67
2.2.3 Afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3) .....	76
2.2.4 Afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4) .....	81
2.3 Características Bioestratigráficas de la caliza San Antonio .....	87
Generalidades: .....	87
<b>Análisis Bioestratigráfico de la caliza San Antonio .....</b>	<b>95</b>
2.3.1 Afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1). .....	95
2.3.2 Afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2) .....	99
2.3.3 Afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3) .....	113
2.3.4 Afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4) .....	119
2.4 Características Paleoambientales de la Caliza San Antonio.....	126
Generalidades: .....	126
<b>Análisis Paleoambiental de la caliza San Antonio. ....</b>	<b>142</b>
2.4.1 Afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1) .....	143
2.4.2 Afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2) .....	144
2.4.3 Afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3) .....	147
2.4.4 Afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4) .....	148

2.4.5	Factores Ambientales de los microfósiles de la caliza San Antonio. ....	152
<b>Capítulo III</b>	.....	<b>159</b>
<b>Determinación de Carbono</b>	.....	<b>159</b>
<b>Capítulo IV</b>	.....	<b>161</b>
<b>Discusión de Resultados</b>	.....	<b>161</b>
<b>4.1</b>	<b>Características Sedimentarias de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo</b> .....	<b>161</b>
<b>4.2</b>	<b>Características Petrográficas de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo</b> .....	<b>166</b>
<b>4.3</b>	<b>Características Diagenéticas de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo</b> .....	<b>172</b>
<b>4.4</b>	<b>Características Bioestratigráficas de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo</b> .....	<b>176</b>
<b>4.5</b>	<b>Características Paleoambientales de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo</b> .....	<b>178</b>
<b>Capítulo V</b>	.....	<b>184</b>
<b>Conclusiones</b>	.....	<b>184</b>
<b>Capítulo VI</b>	.....	<b>188</b>
<b>Bibliografía</b>	.....	<b>188</b>
<b>Anexos</b>	.....	<b>196</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Columna litoestratigráfica, bioestratigráfica y paleoambiente de la Cordillera Chongón Colonche.....	2
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	5
<b>Figura 3.</b> Mapa de acceso a los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	7
<b>Figura 4.</b> Proceso para análisis elemental de carbono con analizador LECO aplicado a cuatro muestras de rocas de la caliza San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	15
<b>Figura 5.</b> Entorno estructural y morfológico del sur de la costa ecuatoriana.....	17
<b>Figura 6.</b> Mapa geológico de la Margen Costera Ecuatoriana .....	22
<b>Figura 7.</b> Tipos principales de plataforma carbonáticas y secuencia idealizada de somerización.....	28
<b>Figura 8.</b> Modelo integrado sedimentológico para ambientes supramareal, intermareal y submareal. ....	30
<b>Figura 9.</b> Afloramiento ASA - 1 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas .....	32
<b>Figura 10.</b> Afloramiento ASA - 1 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas .....	33
<b>Figura 11.</b> Columna estratigráfica del afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1).....	34
<b>Figura 12.</b> Parte Inferior Izquierda del afloramiento ASA - 2 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.....	37
<b>Figura 13.</b> Parte Inferior Izquierda del afloramiento ASA - 2 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.....	37
<b>Figura 14.</b> Parte Inferior Izquierda del afloramiento ASA - 2 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.....	38

<b>Figura 15.</b> Parte Superior Derecha del afloramiento ASA - 2 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.....	40
<b>Figura 16.</b> Parte Superior Derecha del afloramiento ASA - 2 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.....	40
<b>Figura 17.</b> Columna estratigráfica del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2).....	42
<b>Figura 18.</b> Afloramiento ASA - 3 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	43
<b>Figura 19.</b> Afloramiento ASA - 3 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas .....	44
<b>Figura 20.</b> Columna estratigráfica del afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3).....	46
<b>Figura 21.</b> Afloramiento ASA - 4 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas .....	47
<b>Figura 22.</b> Afloramiento ASA - 4 de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.. ....	49
<b>Figura 23.</b> Columna estratigráfica del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4).....	50
<b>Figura 24.</b> Clasificación de las calizas basada en su composición .....	55
<b>Figura 25.</b> Clasificación de las calizas basada en su textura deposicional.....	58
<b>Figura 26.</b> Esquema de los diferentes tipos de calizas bioconstruidas .....	60
<b>Figura 27.</b> Secciones delgadas de las calizas (MSA - 1 y MSA - 2) del afloramiento ASA - 1.....	65
<b>Figura 28.</b> Fotomicrografía de las secciones delgadas de la caliza del afloramiento (ASA - 1).....	66
<b>Figura 29.</b> Secciones delgadas de las calizas (MSA - 3 y MSA - 4) del afloramiento ASA - 2.....	68

<b>Figura 30.</b> Secciones delgadas de las calizas (MSA - 5 y MSA - 6) del afloramiento ASA - 2.....	70
<b>Figura 31.</b> Secciones delgadas de las calizas (MSA - 7 y MSA - 8) del afloramiento ASA - 2.....	72
<b>Figura 32.</b> Sección delgada de la caliza (MSA - 9) del afloramiento ASA - 2. ....	74
<b>Figura 33.</b> Fotomicrografía de las secciones delgadas de la caliza del afloramiento (ASA - 2).....	75
<b>Figura 34.</b> Secciones delgadas de las calizas (MSA - 10 y MSA - 11) del afloramiento ASA - 3.....	77
<b>Figura 35.</b> Sección delgada de la caliza (MSA - 12) del afloramiento ASA - 3. ....	79
<b>Figura 36.</b> Fotomicrografía de las secciones delgadas de la caliza del afloramiento (ASA - 3).....	80
<b>Figura 37.</b> Secciones delgadas de las calizas (MSA - 13 y MSA - 14) del afloramiento ASA - 4.....	82
<b>Figura 38.</b> Sección delgada de la (MSA - 15) del afloramiento ASA - 4.....	84
<b>Figura 39.</b> Fotomicrografía de las secciones delgadas de la caliza del afloramiento (ASA - 4). ....	85
<b>Figura 40.</b> Distribución cronoestratigráfica de los fósiles de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo al suroeste de la comuna San Antonio de Playas, provincia del Guayas. ....	125
<b>Figura 41.</b> Aloquímicos y organismos a diferentes rangos de salinidad. ....	127
<b>Figura 42.</b> Aloquímicos y organismos presentes a distintos intervalos de profundidad. ....	128
<b>Figura 43.</b> Ambientes de deposición generalizados, zonas de facies (ZF) y tipos de microfacies (SMF).....	31
<b>Figura 44.</b> Esquema general de distribución de facies y microfacies en el Modelo Estándar de Wilson.....	136
<b>Figura 45.</b> Modelo para los Tipos de Microfacies Rampa (RMF). ....	139

<b>Figura 46.</b> Algas calcáreas de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas ..	152
<b>Figura 47.</b> Foraminíferos de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	153
<b>Figura 48.</b> Radiolarios de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.. ....	154
<b>Figura 49.</b> Fragmentos de moluscos de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.....	155
<b>Figura 50.</b> Equinodermos de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. .	156
<b>Figura 51.</b> Briozoos de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	157
<b>Figura 52.</b> Serpúlidos de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	158
<b>Figura 53.</b> Variación porcentual de carbono total mediante análisis elemental en cuatro muestras de rocas de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil, provincia del Guayas.....	160
<b>Figura 54.</b> Facies y secuencias de alto, medio y bajo orden descritas en los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas. ....	165
<b>Figura 55.</b> Porcentaje de los constituyentes obtenidos de secciones delgadas de la caliza packstone de los afloramientos de la caliza San Antonio. ....	169
<b>Figura 56.</b> Porcentaje de los constituyentes obtenidos de secciones delgadas de la caliza wackestone de los afloramientos de la caliza San Antonio.....	169
<b>Figura 57.</b> Porcentaje de los constituyentes obtenidos de secciones delgadas de la caliza mudstone de los afloramientos de la caliza San Antonio.....	170
<b>Figura 58.</b> Porcentaje de los componentes ortoquímicos obtenidos de secciones delgadas de las calizas packstone, calizas wackestone y de las calizas mudstone de los afloramientos de la caliza San Antonio.....	170

- Figura 59.** Porcentaje de los componentes aloquímicos obtenidos de secciones delgadas de las calizas packstone, calizas wackestone y de las calizas mudstone de los afloramientos de la caliza San Antonio..... 171
- Figura 60.** Distribución cronoestratigráfica de los fósiles de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo al suroeste de la comuna San Antonio de Playas, provincia del Guayas..... 177
- Figura 61.** Diagrama con Zonas de Facies Estándar (ZF) para una plataforma carbonatada, en asociación con los Tipos de Microfacies identificados en los afloramientos de la caliza San Antonio..... 182
- Figura 62.** Diagrama con los Tipos de Microfacies Rampa para una plataforma carbonatada identificados en los afloramientos de la caliza San Antonio. .... 182
- Figura 63.** Diagrama interpretativo de los paleoambientes de la caliza San Antonio al suroeste de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas..... 183

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas UTM (Datum WGS-84) de los afloramientos de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo de la comuna San Antonio, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	4
<b>Tabla 2.</b> Identificación y ubicación de muestras de rocas para análisis petrográfico, bioestratigráfico y paleoambiental. Se recolectaron quince muestras de cuatro afloramientos de la caliza San Antonio. ....	13
<b>Tabla 3.</b> Identificación y ubicación de muestras para análisis elemental de carbono. Se seleccionaron cuatro muestras de roca de cuatro afloramientos de la caliza San Antonio. ....	14
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de rocas sedimentarias de acuerdo con el tamaño de grano. ....	26
<b>Tabla 5.</b> Porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 1 .....	65
<b>Tabla 6.</b> Porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 2 .....	68
<b>Tabla 7.</b> Porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 2 .....	70
<b>Tabla 8.</b> Porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 2. ....	72
<b>Tabla 9.</b> Porcentaje de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la caliza del afloramiento ASA - 2. ....	74
<b>Tabla 10.</b> Porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 3 .....	77
<b>Tabla 11.</b> Porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 3 .....	79
<b>Tabla 12.</b> Porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 4. ....	82
<b>Tabla 13.</b> Porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra MSA - 15 del afloramiento ASA - 2 .....	84

<b>Tabla 14.</b> Características petrográficas de las secciones delgadas de los afloramientos de la Caliza San Antonio al suroeste de la comuna San Antonio de Playas. ....	86
<b>Tabla 15.</b> Tipos de Microfacies Estándar (SMF) .....	132
<b>Tabla 16.</b> Tipos de Microfacies Rampa (RMF).....	140
<b>Tabla 17.</b> Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de las calizas San Antonio del afloramiento 1 (ASA - 1).....	143
<b>Tabla 18.</b> Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de las calizas San Antonio del afloramiento 2 (ASA - 2).....	144
<b>Tabla 19.</b> Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de las calizas San Antonio del afloramiento 2 (ASA - 2).....	145
<b>Tabla 20.</b> Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de las calizas San Antonio del afloramiento 2 (ASA - 2).....	146
<b>Tabla 21.</b> Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de las calizas San Antonio del afloramiento 3 (ASA - 3).....	147
<b>Tabla 22.</b> Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de las calizas San Antonio del afloramiento 4 (ASA - 4).....	148
<b>Tabla 23.</b> Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de las calizas San Antonio del afloramiento 4 (ASA - 4).....	149
<b>Tabla 24.</b> Características litológicas y micropaleontológicas de la MSA - 15 del afloramiento 4 (ASA - 4). ....	150
<b>Tabla 25.</b> Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) obtenidas de análisis a las secciones delgadas de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas. ....	151

<b>Tabla 26.</b> Resultados del contenido en carbono total de cuatro muestras de roca de los afloramientos de la caliza San Antonio, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	160
<b>Tabla 27.</b> Disposición del grosor de las facies de las secuencias de somerización en los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas.. ...	162
<b>Tabla 28.</b> Resumen de las características sedimentarias de las facies de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna de San Antonio de Playas. ....	163
<b>Tabla 29.</b> Nivel de abundancia de los tipos de porosidades en las secciones delgadas de los afloramientos de la caliza San Antonio al suroeste de la comuna San Antonio de Playas.. ....	173
<b>Tabla 30.</b> Etapa diagenética de los afloramientos de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. ....	175

## Índice de Láminas Bioestratigráficas

<b>Lámina MSA - 1.</b> Foraminíferos y Algas calcáreas .....	95
<b>Lámina MSA - 2.</b> Foraminíferos .....	97
<b>Lámina MSA - 3.</b> Foraminíferos .....	99
<b>Lámina MSA - 4.</b> Foraminíferos y Algas calcáreas .....	101
<b>Lámina MSA - 5.</b> Foraminíferos y Radiolarios .....	103
<b>Lámina MSA - 6.</b> Foraminíferos .....	105
<b>Lámina MSA - 7.</b> Foraminíferos y Radiolarios.....	107
<b>Lámina MSA - 8.</b> Foraminíferos, Algas calcáreas y Radiolarios.....	109
<b>Lámina MSA - 9.</b> Foraminíferos, Algas calcáreas y Radiolarios.....	111
<b>Lámina MSA - 10.</b> Foraminíferos, Algas calcáreas y Radiolarios.....	113
<b>Lámina MSA - 11.</b> Foraminíferos y Algas calcáreas .....	115
<b>Lámina MSA - 12.</b> Foraminíferos y Algas calcáreas .....	117
<b>Lámina MSA - 13.</b> Foraminíferos y Algas calcáreas .....	119
<b>Lámina MSA - 14.</b> Foraminíferos .....	121
<b>Lámina MSA - 15.</b> Foraminíferos .....	123

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Fotografías de muestras de rocas obtenidas en afloramientos de la caliza San Antonio.....	196
<b>Anexo 2.</b> Descripción petrográfica de la caliza San Antonio .....	199

## Abreviaturas

<b>ASA - 1</b> Afloramiento San Antonio 1	<b>SSE</b> Sursureste
<b>ASA - 2</b> Afloramiento San Antonio 2	<b>SO</b> Suroeste
<b>ASA - 3</b> Afloramiento San Antonio 3	<b>µm</b> Micra
<b>ASA - 4</b> Afloramiento San Antonio 4	<b>&gt;</b> Mayor
<b>N</b> Norte	<b>&lt;</b> Menor
<b>S</b> Sur	<b>Esp</b> Esparita
<b>E</b> Este	<b>Mic</b> Micrita
<b>O</b> Oeste	<b>Alg</b> Alga
<b>NO</b> Noroeste	<b>For</b> Foraminíferos
<b>SE</b> Sureste	<b>Mol</b> Restos de Moluscos
<b>km</b> Kilómetros	<b>Equi</b> Placas de Equinodermos
<b>m</b> Metro	<b>Bri</b> Briozoos
<b>cm</b> Centímetro	<b>Serp</b> Serpulidos
<b>mm</b> Milímetro	<b>NI</b> No Identificado
<b>°C</b> Grado centígrado	<b>NP</b> Nicoles Paralelos
<b>UTM</b> Universal Transversal de Mercator	<b>NC</b> Nicoles Cruzados
<b>m.s.n.m</b> Metros sobre el nivel del mar	<b>sp.</b> Especie
<b>g</b> Gramo	<b>FZ</b> Standard Facies Zones “Modelos o Zonas de Microfacies”
<b>NNW</b> Nornoroeste	

**SMF** Standard Microfacies Types

“Tipos de Microfacies Estándar”

**RMF** Ramp Microfacies Types “Tipos

de Microfacies Rampa”

## Capítulo I

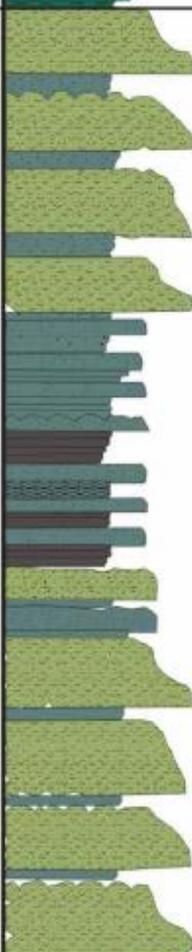
### Introducción

En la región suroeste de la costa ecuatoriana existen afloramientos muy bien expuestos pertenecientes a facies que registran un conjunto de procesos sedimentarios asociados a una paleogeografía dinámica durante el Mesozoico-Cenozoico, tal es el caso de la caliza San Antonio.

La Formación San Eduardo fue mencionada y descrita inicialmente por Landes (1944) y Williams (1947), e identificada por Benitez (1995), en el flanco sur de la Cordillera Chongón Colonche.

Estratigráficamente, la Formación San Eduardo yace entre las Formaciones Guayaquil y Caliza Las Delicias (figura 1); está constituida principalmente por depósitos de origen turbidítico (Feininger y Bristow, 1980), calizas que van desde calcarenitas hasta calciruditas. Sus componentes están formados por detritos arrecifales (Benitez, 1995; Ordóñez et al., 2006; Luzieux, 2007).

La edad asignada para las rocas de la Formación San Eduardo es Eoceno Temprano a Eoceno Medio (figura 1). El paleoambiente es marino de plataforma continental, debido al hallazgo del foraminífero planctónico *Globorotalia pseudotopilensis* (Ordóñez et al., 2006; figura 1).

FORMACIÓN	LITOSTRATIGRAFÍA	BIOESTRATIGRAFÍA	PALEOAMBIENTE
Caliza Las Delicias		Eoceno Medio - Eoceno Tardío	Marino somero
San Eduardo		Eoceno Temprano - Eoceno Medio	Marino, Plataforma Continental
Guayaquil		Maastrichtiano - Paleoceno (Daniano)	Marino profundo de salinidad normal, Nerítico Externo a Batial
Cayo ss		Campaniano medio	Batial
Calentura		Coniaciano superior - Coniaciano medio	Marino de Plataforma Externa
Piñón		Aptiano superior - Albiano inferior	Fondo oceánico

**Figura 1.** Columna litoestratigráfica, bioestratigráfica y paleoambiente de la Cordillera Chongón Colonche (Ordoñez et al., 2006).

## **1.1. Objetivos del estudio**

### **1.1.1 Objetivo general**

Realizar un análisis petrográfico, bioestratigráfico y paleoambiental de la caliza San Antonio, en los afloramientos al suroeste de la comuna San Antonio, cantón General Villamil Playas.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Describir e interpretar las características sedimentarias, estructurales y petrográficas de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo.
- Clasificar las rocas carbonáticas según sus elementos texturales y principales componentes ortoquímicos y aloquímicos.
- Determinar la edad relativa y el paleoambiente sedimentario deposicional de la caliza San Antonio.

## 1.2. Ubicación del área de estudio

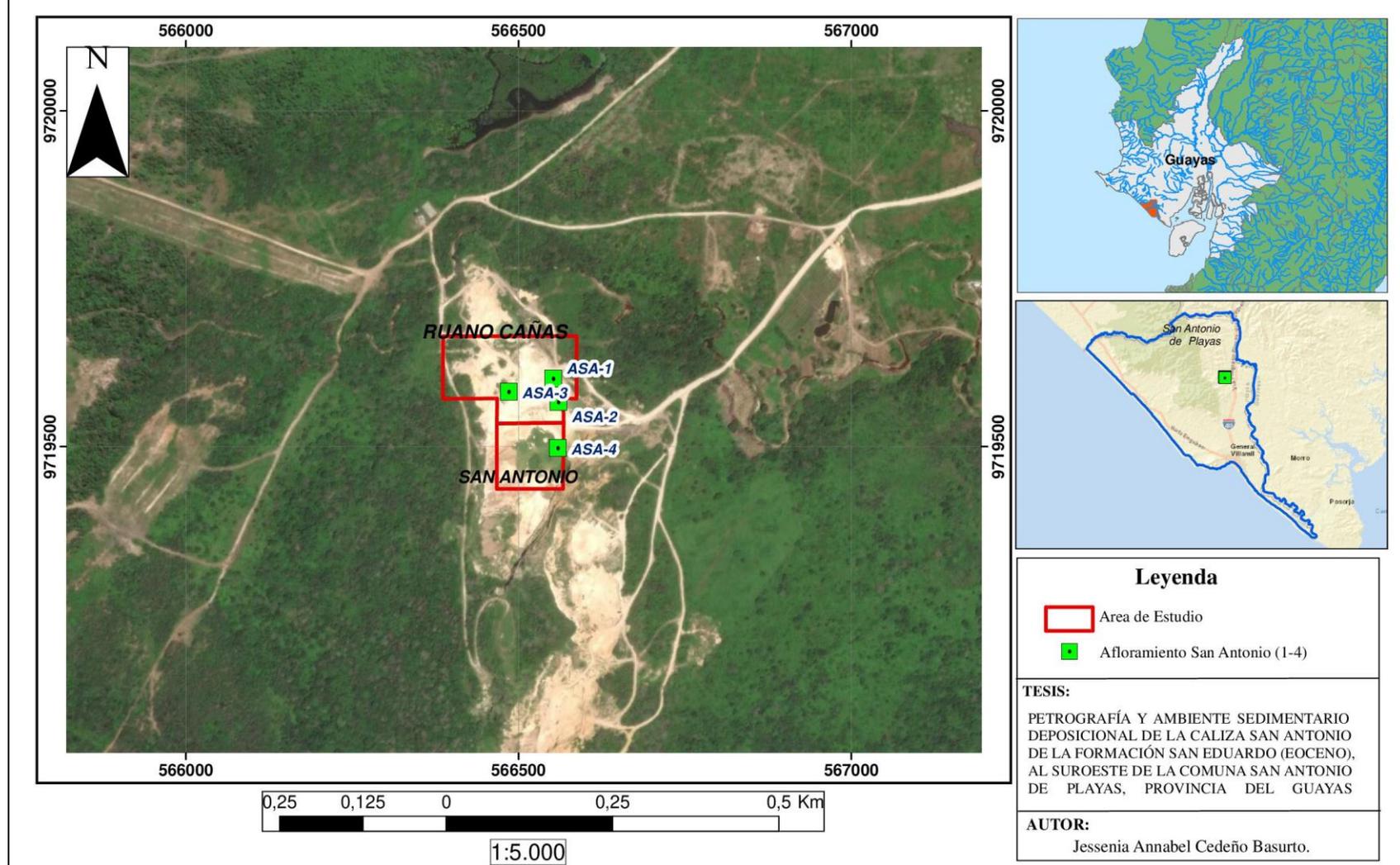
El área de estudio de la caliza San Antonio se encuentra en las canteras mineras Ruano Cañas y San Antonio, ubicada a 600 metros al suroeste de la comuna San Antonio de Playas, provincia del Guayas, cantón General Villamil Playas (figura 2).

En el área de investigación se ubicaron cuatro afloramientos: San Antonio 1 (ASA - 1), San Antonio 2 (ASA - 2), San Antonio 3 (ASA - 3) y San Antonio (ASA - 4; tabla 1, figura 2); que cubren una extensión de 3,30 hectáreas, correspondientes a las siguientes coordenadas geográficas (tabla 1):

**Tabla 1.** Coordenadas UTM (Datum WGS-84) de los afloramientos de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo de la comuna San Antonio, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.

Afloramientos	Coordenadas UTM		Altitud
ASA-1	566552	9719601	42 m.s.n.m
ASA-2	566569	9719565	44 m.s.n.m
ASA-3	566495	9719572	47 m.s.n.m
ASA-4	566602	9719496	41 m.s.n.m

## MAPA DE UBICACIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA CALIZA SAN ANTONIO, DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS



**Figura 2.** Mapa de ubicación de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.

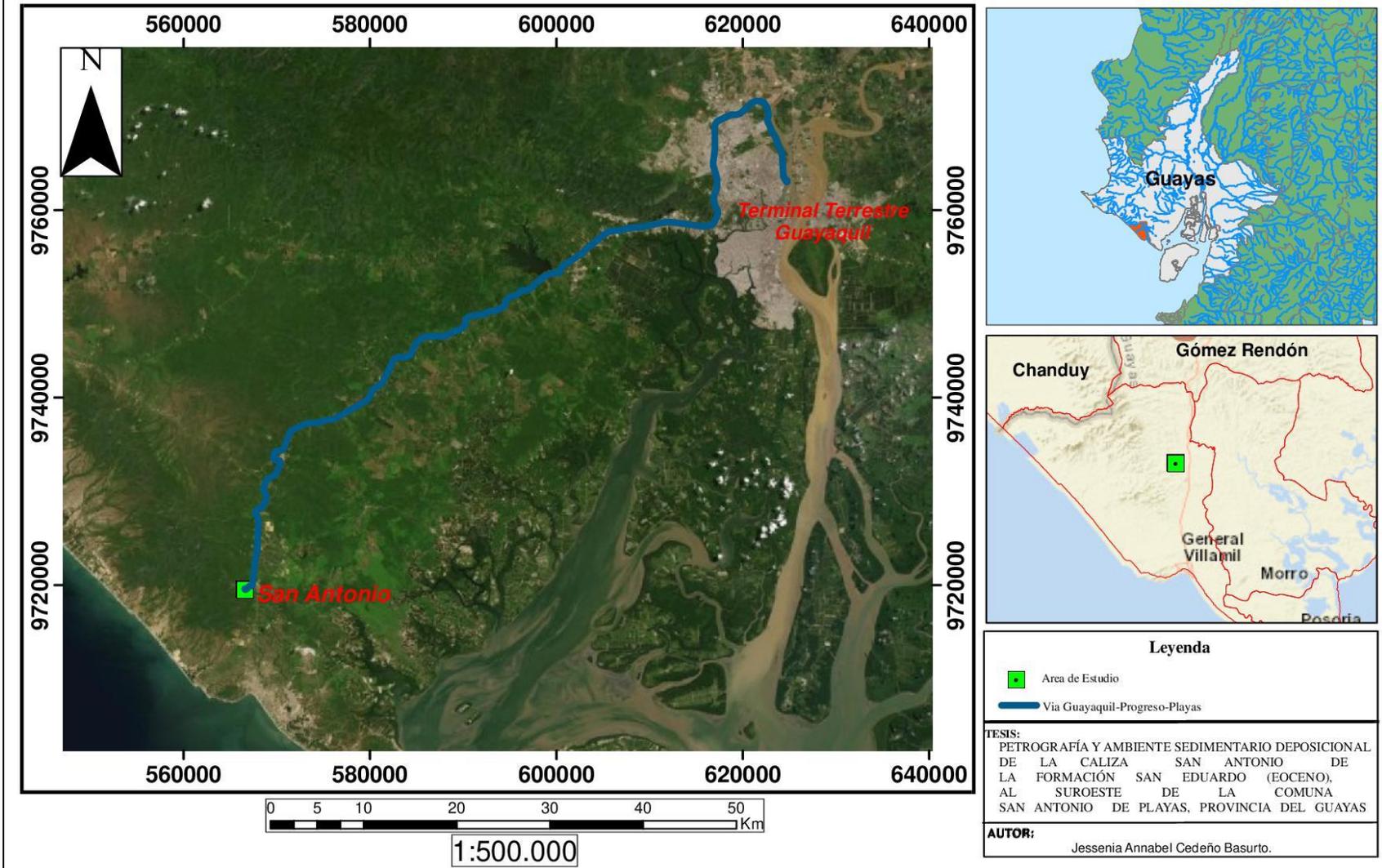
### **1.2.1. Acceso.**

San Antonio de Playas se localiza al norte del cantón General Villamil Playas, a 12 kilómetros de la cabecera cantonal. Sus límites son al norte con el recinto Juan Gómez Rendón, al sur con la cabecera cantonal General Villamil, al este con los recintos San Miguel y San Juan y al oeste con la comuna Engabao.

Para llegar al área de estudio se deben recorrer alrededor de 99.2 kilómetros, en dirección suroeste desde la ciudad de Guayaquil - Terminal Terrestre, hacia la comuna donde se localizan las canteras por la vía asfaltada Guayaquil - Progreso - Playas (figura 3).

Desde el sector de la comuna San Antonio, se debe tomar un camino secundario de grava en dirección suroeste y que conduce a las canteras; este último tramo tiene 600 metros de distancia.

**MAPA DE ACCESO A LOS AFLORAMIENTOS DE LA CALIZA SAN ANTONIO, DE LA COMUNA SAN ANTONIO DE PLAYAS**



**Figura 3.** Mapa de acceso a los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.

### **1.2.2. Actividad poblacional.**

Ecuador, desde hace décadas, es considerada como una nación turística que ofrece una gran variedad de productos y destinos turísticos de alta calidad, debido a que es un país mega diverso (Ministerio de Turismo, 2015).

El cantón General Villamil Playas es un balneario que acoge a miles de turistas en la temporada de playa y en feriados, por lo que es considerado un destino turístico importante a nivel provincial y nacional (Godoy y Vélez del Hierro, 2017).

La población en este cantón depende directamente de la actividad pesquera artesanal y del turismo, es así que llegan a considerar esta última como la principal actividad económica para su desarrollo.

En la comuna de San Antonio, lugar donde se realizó el estudio, los habitantes se dedican mayormente a las actividades agrícolas y mineras (GAD PLAYAS, 2014). Esto se atribuye en parte al pertenecer a la zona rural y al contar con suficiente cantidad de terreno expuesto para la ejecución de mencionadas prácticas. Además, otra de las actividades características en esta comuna es la elaboración de artesanías.

### **1.2.3. Clima y vegetación.**

Mediante datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), en el cantón General Villamil se tiene un clima cálido-tropical, en donde se llega a sentir el fresco de la brisa marina en las playas. Esta es una zona seca, cuya temperatura promedio es de 24° C., la temperatura más alta se alcanza entre los meses de enero y abril, permitiendo disfrutar de sus balnearios en época de temporada.

La UNESCO en 1982 declaró al cantón General Villamil Playas como el segundo mejor clima en el mundo; el cantón se halla afectado principalmente por factores como la corriente de Humboldt, la corriente del Niño y los desplazamientos de la convergencia tropical; tiene una precipitación anual de 250 mm, mientras que la humedad presente en la región alcanza una media relativa anual de 79.24% (SENPLADES, 2014).

En la comuna de San Antonio, se presenta un clima seco con una temperatura de 20° C; el suelo de esta zona se ha desertificado debido a las prolongadas sequias.

La flora a lo largo del territorio de Playas se emplaza entre una gran vegetación que comprende bosques secos.

#### **1.2.4. Relieve e hidrografía.**

El relieve del terreno en el cantón General Villamil Playas es generalmente plano con un rango de altitudes al norte que varía entre los 50 y 100 metros de altura sobre el nivel del mar, como son: el cerro Colorado, el cerro Verde, el cerro Picón, y el cerro Cantera.

La comuna San Antonio presenta un relieve suavemente ondulado, caracterizado por un bajo relieve local que oscila de 2 a 12%, y un bajo desnivel relativo menor a 5m.

En cuanto a la hidrografía del cantón Playas, ésta se encuentra representada por el río Arenal y por el estero El Data (Mujica, 2014). Las costas son extensas, al sur se han localizado los más importantes balnearios del cantón. Los principales ríos son: el Río de Arena, Moñones, y Tambiche.

### **1.3. Metodología de estudio**

La adquisición de la información se realizó en orden sistemático, la cual consta de la siguiente manera: planificación, geología de campo, análisis de laboratorio e interpretación de datos y redacción Trabajo de Titulación.

#### **1.3.1. Planificación.**

- Revisión, análisis e interpretación de todo tipo de información y resultados de trabajos geológicos disponibles en el aspecto local y regional referentes al presente trabajo de investigación: libros, publicaciones científicas, tesis de grado, estudios anteriores, mapas geológicos, mapas topográficos e imágenes satelitales.
- Planificación de las actividades a realizarse en campo y laboratorio.

#### **1.3.2. Geología de campo.**

- Reconocimiento geológico y ubicación de los afloramientos de rocas carbonáticas del área de investigación.
- Descripción de la composición litológica, espesores y estructuras sedimentarias de los afloramientos de la caliza San Antonio.
- Recolección sistemática de muestras de rocas para análisis petrográficos, bioestratigráficos y paleoambiental, a partir de la selección de puntos o zonas específicas de importancia en los diferentes afloramientos del estudio.
- Elaboración de columnas o cortes geológicos para reconocimiento de unidades litoestratigráficas de las rocas carbonáticas. Se utilizó software Strater.
- Medición de datos estructurales de estratificación, fallas y diaclasas.

### **1.3.3. Análisis de laboratorio**

- De las muestras recolectadas durante la etapa de campo se procedió a realizar análisis petrográfico, análisis bioestratigráfico, análisis paleoambiental; e interpretación y análisis respectivo de las columnas estratigráficas levantadas.
- Determinación de Carbono.

#### ***1.3.3.1. Análisis petrográfico.***

Se elaboraron 15 secciones delgadas a partir de muestras de calizas de 15 a 20 cm de dimensión obtenidas en los afloramientos del área de estudio y se observaron sus componentes litológicos y estructuras orgánicas (tabla 2).

El análisis petrográfico en las secciones delgadas se realizó en función del reconocimiento de la composición y de los elementos texturales que la constituyen. Para clasificar las rocas carbonáticas se tuvo en cuenta la clasificación de Folk (1959, 1962), Dunham (1962) y la clasificación Embry y Klovan (1971); las cuales consisten en el análisis macroscópico y microscópico de las características de los componentes ortoquímicos y aloquímicos presentes en la roca carbonática; con la finalidad de clasificar la roca, determinar la etapa diagenética y el posible ambiente de sedimentación.

### ***1.3.3.2. Análisis bioestratigráfico.***

Se analizó de manera sistemática la bioestratigrafía disponible en 15 secciones delgadas de muestras de roca de la caliza San Antonio (tabla 2). Se considero las reglas fundamentales utilizadas por Ordóñez et al., (2006) para la identificación.

La identificación bioestratigráfica se realizó mediante el análisis de secciones delgadas y la utilización de catálogos paleontológicos y micropaleontológicos, para de esta manera definir la edad relativa de los estratos y poder correlacionarlos a nivel local, regional o intercontinental.

### ***1.3.3.3. Análisis paleoambiental.***

El análisis para determinar el ambiente sedimentario de deposición se realizó en base al estudio petrográfico de las secciones delgadas, se aplicó el modelo de facies estándar propuesto por Wilson (1975) y Flügel (2004), considerando composición litológica, color, granulometría, textura y estructuras sedimentarias de las rocas carbonáticas.

La caracterización e identificación de los tipos de calizas y los procesos geológicos que influyeron en su formación, mineralogía y composición, contribuyeron a que mediante la observación e interpretación se reconozca su paleoambiente deposicional.

**Tabla 2.** Identificación y ubicación de muestras de rocas para análisis petrográfico, bioestratigráfico y paleoambiental. Se recolectaron quince muestras de cuatro afloramientos de la caliza San Antonio.

<b>Afloramientos</b>	<b>Muestra</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	
<b>Afloramiento</b>	MSA - 1	566545	9719603
<b>ASA - 1</b>	MSA - 2	566556	9719610
	MSA - 3	566562	9719601
	MSA - 4	566675	9719591
<b>Afloramiento</b>	MSA - 5	566574	9719593
<b>ASA - 2</b>	MSA - 6	566575	9719593
	MSA - 7	566576	9719592
	MSA - 8	566576	9719591
	MSA - 9	566583	9719577
<b>Afloramiento</b>	MSA - 10	566492	9719565
<b>ASA - 3</b>	MSA - 11	566491	9719569
	MSA - 12	566501	9719579
<b>Afloramiento</b>	MSA - 13	566592	9719459
<b>ASA - 4</b>	MSA - 14	566592	9719459
	MSA - 15	566605	9719492

#### 1.3.3.4. Porcentaje de carbono.

Se analizaron cuatro muestras de calizas de 10 a 20 cm de dimensión, obtenidas en los afloramientos del área de estudio (tabla 3) y se determinó el contenido de carbono (C) mediante análisis elemental con analizador LECO (Eltra Elemental Analyzers, 2000; figura 4):

**A:** Tomar 300 g de muestra de roca, triturar > 90% y pulverizar.

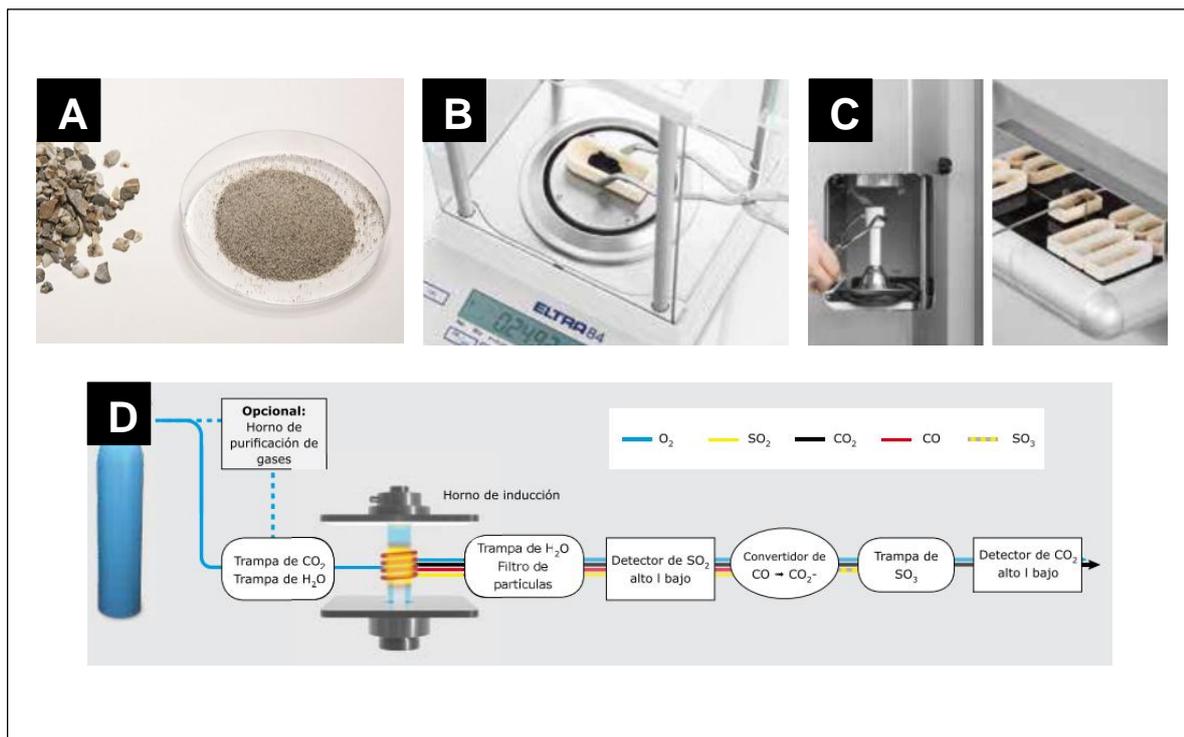
**B:** Seleccionar determinada cantidad y pesar en balanza del analizador.

**C:** Fundir la muestra en horno del analizador. Seguido, los gases de combustión son conducidos a celdas infrarrojas para la detección de los elementos.

**D:** Se realiza detección del azufre, inmediatamente el monóxido de carbono se oxida a dióxido de carbono, y el dióxido de azufre a trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>). Se elimina el SO<sub>3</sub> gaseoso y el contenido de carbono es determinado en celdas infrarrojas individualmente configuradas.

**Tabla 3.** Identificación y ubicación de muestras para análisis elemental de carbono. Se seleccionaron cuatro muestras de roca de cuatro afloramientos de la caliza San Antonio.

Afloramientos	Muestra	Coordenadas UTM	
<b>Afloramiento</b>	MSA - 4	566675	9719591
<b>ASA - 2</b>	MSA - 6	566575	9719593
	MSA - 8	566576	9719591
<b>Afloramiento</b>	MSA - 15	566605	9719492
<b>ASA - 4</b>			



**Figura 4.** Proceso para análisis elemental de carbono con analizador LECO. **A:** Triturar y pulverizar muestra de roca. **B:** Pesada de la muestra. **C:** Fundir la muestra en horno de inducción. **D:** Principio de medición con analizador LECO.

El método utilizado se basa en la oxidación completa de la muestra, que tiene lugar a 1000 °C en oxígeno puro, el resultado comprende la cantidad de C que contiene la muestra expresada en porcentaje respecto a su peso total.

#### **1.4. Marco Geológico**

A continuación, se enmarca a la zona de estudio dentro de un aspecto geológico regional, describiendo la geomorfología, estratigrafía, estructuras y la historia geológica de las formaciones que se encuentran en relación con la Formación San Eduardo.

La costa ecuatoriana se sitúa en el borde occidental del continente suramericano, entre la Cordillera de los Andes y la costa del Pacífico. Presenta una geomorfología caracterizada por zonas planas, con elevaciones de unos pocos cientos de metros, producto de un proceso tectónico comprensivo; está constituida por rocas magmáticas de origen oceánico, recubiertas por terrenos sedimentarios esencialmente marinos (Reyes y Michaud, 2012).

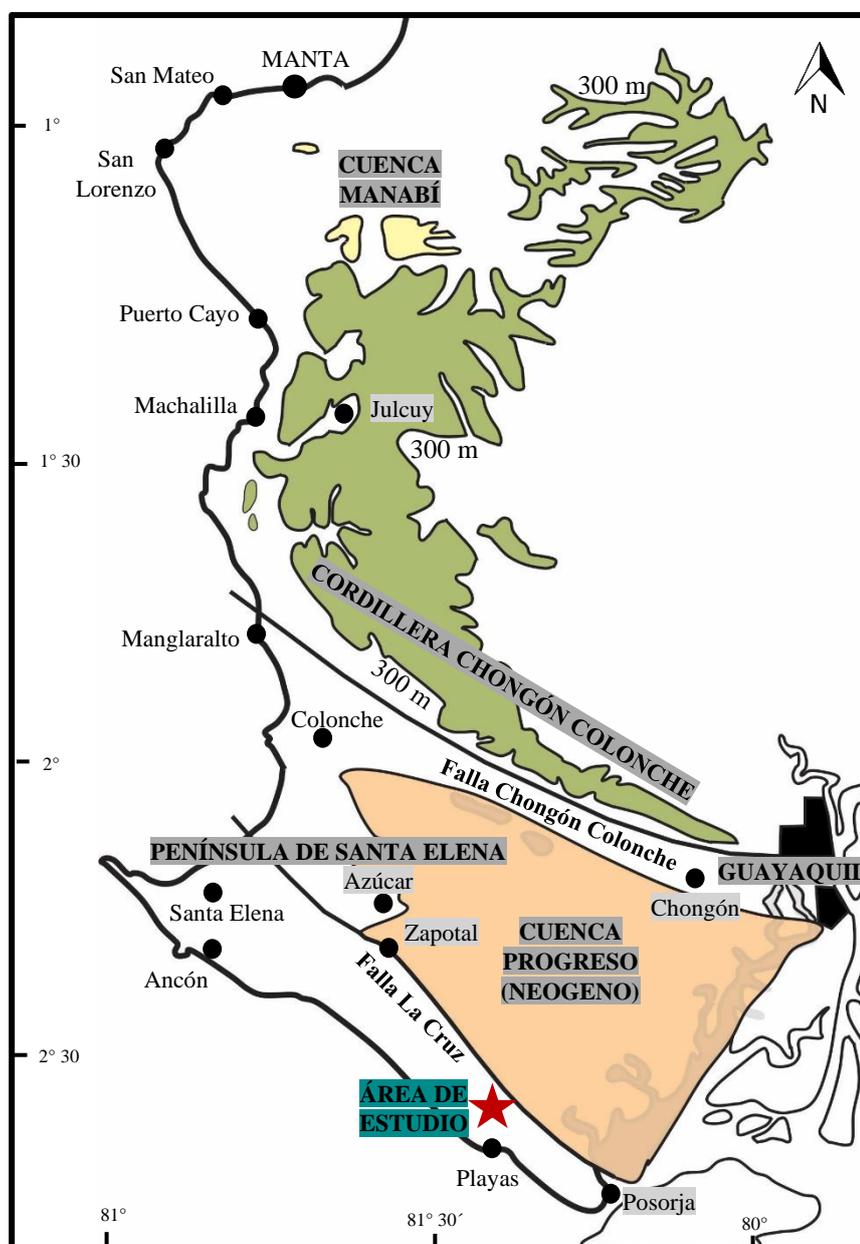
El principal sistema montañoso que cubre una parte del suroeste de la costa ecuatoriana es parte de la gran morfoestructura conocida como Cordillera Chongón Colonche, la cual es el rasgo fisiográfico más predominante de la costa y se extiende hacia el NNW - SSE desde Guayaquil hasta Olón - Pedro Pablo Gómez y la Cordillera Costera. La Cordillera Chongón Colonche limita al sur con La Falla Colonche en dirección Norte  $110^\circ$  (Benitez, 1995).

Otros rasgos estructurales importantes que se encuentran predominando son las fallas Carrizal, La Cruz, Posorja, Playas y Guayaquil - Dolores, la Cordillera Costera, el Levantamiento de Santa Elena y las cuencas Manabí, Borbón y Progreso.

Las rocas más antiguas de la Cordillera Chongón Colonche constituyen el basamento del SO de la costa ecuatoriana que corresponden a la Formación Piñón; en ella se encuentran sedimentos con una evolución estratigráfica y estructural desde el Cretácico hasta el Eoceno; sobreyaciendo a este basamento se encuentra la Formación Calentura, la cual comprende paquetes sedimentarios compuestos de sedimentos pelágicos (Luzieux, 2007; Macías, 2018), seguida se encuentra la Formación Cayo, que contiene rocas volcanosedimentarias intercaladas con lutitas de la Formación Guayaquil que finalizan en el Maastrichtiano (Ordóñez et al., 2006).

Durante el Eoceno Medio - Superior, en la costa, al norte de la Falla Chongón Colonche, una invasión marina tuvo lugar, en la cual se depositaron las calizas arrecifales algáceas San Eduardo, Javita, Punta Ostiones, entre otras (Jaillard et al., 1995).

Regionalmente la zona de estudio representa una parte de la zona deprimida del antearco, entre el Levantamiento de Santa Elena y la Cordillera Chongón Colonche; se encuentra ubicada en el flanco occidental de la Cuenca Progreso (figura 5).



**Figura 5.** Entorno estructural y morfológico del sur de la costa ecuatoriana. Modificada de Jaillard et al., (1995).

Las formaciones que afloran en la Cordillera Chongón Colonche son: Piñón, Calentura, Cayo ss, Guayaquil, San Eduardo y Caliza Las Delicias. A continuación, se describen las características más representativas de las principales formaciones geológicas sedimentarias (figura 1 y 6).

#### **1.4.1. Formación Piñón**

Conocida generalmente como las rocas que constituyen el basamento máfico de la costa ecuatoriana; inicialmente, el término “Piñón” fue introducido por Tschopp en 1948. Denominado también Complejo Ígneo Básico (CIB) por (Goossens y Rose, 1973; Lebrat, 1985).

Los afloramientos más extensos se encuentran a lo largo del flanco noroeste de la Cordillera Chongón Colonche desde Pascuales hasta Montecristi, en Pedernales aflora un bloque y aparece discontinuamente hasta el sur de Quinindé, provincia de Esmeraldas (Feininger y Bristow, 1980; Lebrat, 1985; Macías, 2018).

Litológicamente está formada por una extensa gama de litologías máficas que contienen wehrlitas, gabros, flujos de lava, almohadas y basaltos columnares; existen afloramientos de gabros y cumulatos serpentinizados en el Cerro Madope, al NO de Guayaquil (Luzieux, 2007; Macías, 2018). Es considerada por varios autores como corteza oceánica acrecionada al continente, principalmente constituida de basaltos afaníticos y diabasas en forma de lavas y varias intercalaciones volcánicas (Ordóñez et al., 2006; Luzieux, 2007; Sánchez et al., 2017).

La edad que se le asigna es Aptiano superior - Albiano inferior, mediante métodos radiométricos (Ordóñez et al., 2006), y han sido consideradas como rocas de fondo oceánico (Goossens y Rose, 1973).

### **1.4.2. Formación Calentura**

Denominada por Thalmann (1946), como Miembro Basal Calentura, encontrada en la cantera Calentura que estuvo ubicada en el Peñón del Río, al Norte de Guayaquil.

Los sedimentos afloran desde las cercanías a Guayaquil hasta el pueblo Las Delicias, provincia de Manabí, en el flanco NE de la Cordillera Chongón Colonche; presenta de 200 a 250 m de espesor, según los estudios de geólogos del CIGG.

Litológicamente está constituida por una serie de roca calcárea tipo micrita, observando que en algunos intervalos la caliza tiende a ser marga, con intercalaciones decimétricas de sedimentos volcanoclásticos y en menor proporción lutitas gris oscuras a negras con silicificación variable; capas delgadas de brechas volcánicas e hialoclastitas (Ordóñez et al., 2006). Se reconocen tres miembros: el Miembro Basal (unidad Las Orquídeas), el miembro Medio y el Miembro Superior (Reyes y Michaud, 2012).

La edad asignada de Calentura es Coniaciano superior - Coniaciano medio y su ambiente de depositación es marino de plataforma externa (Ordóñez et al., 2006).

### **1.4.3. Formación Cayo ss**

Definida por Thalmann en 1946 como Formación. Olsson (1942), la asignó a facies sedimentarias marinas, expuestas en los afloramientos presentes al sur del pueblo de Puerto Cayo, provincia de Manabí, de donde proviene su nombre.

Aflora claramente en la Cordillera Chongón Colonche y en Puerto Cayo, en la parte Norte de Guayaquil.

Litológicamente está establecida por una alternancia de rocas volcánicas y sedimentarias; entre los que predominan limolitas, areniscas, grauvacas clorotizadas, tobas y aglomerados que se presentan como una secuencia sedimentaria de origen volcánica estratificada en capas delgadas a gruesas. Se reconocen dos miembros: el Miembro Basal lutítico y el Miembro Cayo ss volcanoclástico (Ordóñez et al., 2006).

La edad asignada es Campaniano medio y el ambiente de depositación es batial, según lo evidencian la ocurrencia de foraminíferos bentónicos, la frecuencia de radiolarios y la escasa representación de dinoflagelados (Ordóñez et al., 2006).

#### **1.4.4. Formación Guayaquil**

Definida inicialmente por Thalmann (1946) y Sheppard (1946) en el oeste de la ciudad de Guayaquil, la parte basal de la Formación de edad Maastrichtiano se halla silicificada por lo que se le denomina “Chert de Guayaquil”.

Afloran en el flanco sur de la Cordillera Chongón Colonche, presentando las mejores secciones en la parte noroeste de Guayaquil (Benitez, 1995). También se encuentra aflorando al norte de Guayaquil, desde los Cerros de Bellavista, Cerro Blanco, hasta las cercanías del Río Colonche, se le estima una potencia de 300 m. (Macías, 2018).

Compuesta irregularmente de capas centimétricas a decimétricas de calizas silíceas con nódulos de cherts, areniscas turbidíticas y limolitas tobáceas intercalados con capas de cenizas (Luzieux, 2007; Reyes y Michaud, 2012).

La edad asignada es Maastrichtiano - Paleoceno (Daniano) y representa un ambiente marino profundo, de salinidad normal, de nerítico externo a batial, entre 500 a 1000 m, justificado por el predominio de los radiolarios junto a la ocurrencia de foraminíferos

bentónicos principalmente y a la escasez de palinomorfos de origen continental (Ordóñez et al., 2006).

#### **1.4.5. Formación San Eduardo**

Definida por Landes (1944) e interpretada como calizas arrecifales depositadas en aguas someras (Hoffstetter, 1956), posteriormente reinterpretadas como depósitos turbidíticos por (Feininger y Bristow, 1980). Benitez (1995), propone una nueva localidad tipo en Cerro Blanco a 15 km al oeste de Guayaquil.

Aflora en el flanco sur de la Cordillera Chongón Colonche, tiene un espesor de 80 metros, por su contenido de carbonato de calcio en 1966 la Cemento Nacional lo dividió en cuatro ciclos sedimentarios (Jaillard, E. y Mascle, 1994).

Litológicamente se distingue tres tipos de litologías, que son: calcarenitas turbidíticas a calciruditas que contienen algas, nódulos de calcilutitas y cherts (Benítez, 1988).

La edad asignada es Eoceno Temprano a Eoceno Medio y el ambiente de depositación o paleoambiente es marino de plataforma continental, debido al hallazgo del foraminífero planctónico *Globorotalia pseudotopilensis* (Ordóñez et al., 2006).

#### **1.4.6. Formación Caliza Las Delicias**

Se localiza al noroeste a 25 km de la parroquia Manglar Alto, litológicamente lo constituye una base de calizas masivas, tobas, grauvacas y calizas micríticas de un espesor de 10 cm.

La edad que se asigna a la Caliza Las Delicias es de Eoceno Medio - Eoceno Tardío y el paleoambiente es marino somero, con un máximo de 50 m de profundidad, de aguas cálidas (Ordóñez et al., 2006)

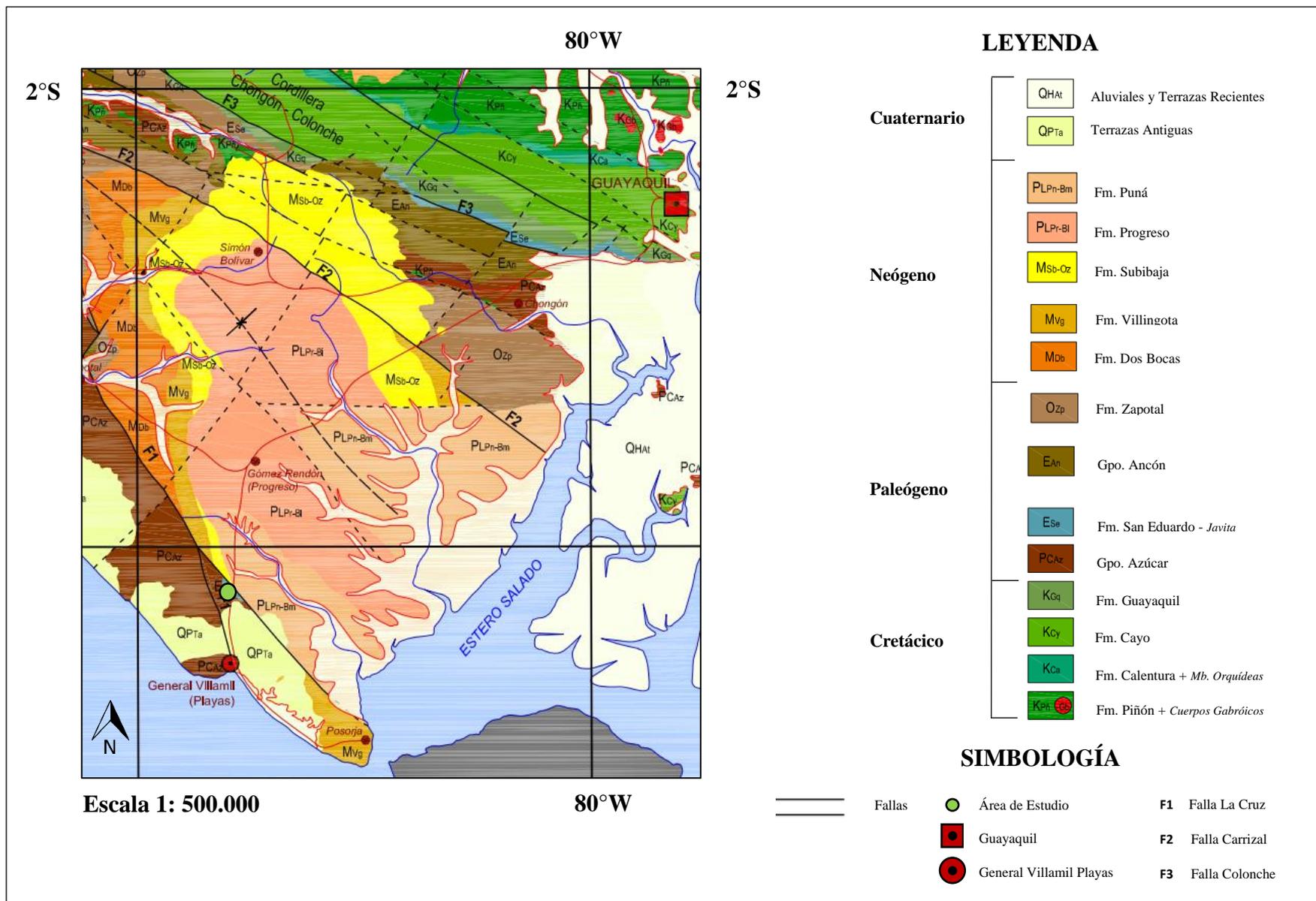


Figura 6. Mapa geológico de la Margen Costera Ecuatoriana (zona de estudio; Reyes y Michaud, 2012).

### **1.5. Estudios anteriores de la caliza San Antonio**

La caliza San Antonio, en la que hasta el momento no se han emprendido muchos estudios y de la cual se tiene muy poca información científica ha sido incluida dentro de la Formación San Eduardo por Feininger y Bristow (1980). Sin embargo, estudios posteriores la han asignado como equivalente de la Formación Subibaja (Deniaud, 1998).

Estudios realizados en el año de 1973 por el British Museum (Natural History) de Londres consideran a la caliza San Antonio como equivalente de la Formación San Eduardo, debido a factores de similitud en la litología y edad de la roca (Hoja Geológica Estero Salado, 1968). Los estudios determinaron la presencia de algas y foraminíferos, entre las algas se identificaron *Solenomeris* sp., *Archasolithothamnium lugeoni* y *Lithothamnium jaurai* correspondientes al Eoceno Medio.

Estructuralmente, se interpreta como una sección de la Formación San Eduardo separada y aislada por la acción del sistema NO-SE de la Falla de la Cruz (Bristow y Hoffstetter, 1977).

Feininger y Bristow (1980), indican que a las calizas San Antonio se las ha incluido dentro de la Formación San Eduardo, representando un flysch calcáreo depositado en aguas profundas.

Durante el año 1997 se realizó un estudio de cuencas neógenas costeras del Ecuador en convenio con ORSTOM-PETROPRODUCCION con el propósito de: definir las secuencias tectono-sedimentarias; análisis geométrico y cinemático de la deformación; y la diferenciación y caracterización de diferentes etapas de deformación. En este trabajo se establece mediante la interpretación de una secuencia sísmica de la Formación Subibaja de edad Mioceno Inferior Terminal y mediante observaciones de Benítez (1986),

la interdigitación de esta formación con las calizas San Antonio en el borde Sur de la cuenca Progreso, estas observaciones fueron confirmadas por dataciones bioestratigráficas de la caliza San Antonio.

Se definen nuevos datos bioestratigráficos y paleoecológicos en las cuencas: Graben de Jambelí, Progreso, Manabí, Esmeraldas y Oriente; del Levantamiento de la Península de Santa Elena, y de las Cordilleras Chongón Colonche, Costera y Occidental. En este trabajo se le asigna a la Formación San Eduardo una edad de Eoceno Temprano a Eoceno Medio, estableciendo un paleoambiente marino de plataforma continental, debido al hallazgo del foraminífero planctónico *Globorotalia pseudotopilensis* (Ordóñez et al., 2006).

Navarrete (2018), en su estudio de Itinerarios Geológicos de la Costa del Ecuador determino que la unidad estratigráfica de la caliza San Antonio, es de ambiente sedimentario de arrecife, debido a las características litológicas, al análisis petrográfico y micropaleontológico y a la presencia de las estructuras.

Mediante el estudio, Ambiente Sedimentario de Depositación de las Calizas de la Formación San Eduardo (Eoceno Medio), en el Recinto San Antonio, Cantón Playas, provincia del Guayas, Sares (2020), identificó una edad Eoceno Medio, pisos Luteciense al Bartonense para la caliza San Eduardo, debido al contenido de microorganismos bentónicos y planctónicos, macrofósiles, algas calcáreas y el hallazgo del foraminífero *Clavigerinella eocanica*. También estableció un ambiente sedimentario deposicional de Plataforma de Laguna Abierta a Plataforma Restringida.

## Capítulo II

### **Características Sedimentarias, Petrográficas, Bioestratigráficas y Paleambientales de la caliza San Antonio**

Este capítulo presenta los resultados del análisis de las características sedimentológicas, petrográficas, bioestratigráficas y paleoambientales de 15 muestras de rocas carbonáticas de los afloramientos de la caliza San Antonio.

#### **2.1 Características Sedimentarias de la caliza San Antonio**

##### **Generalidades:**

La Sedimentología consiste en el estudio del transporte y depósito de sedimentos Leeder (1999). Tiene un interés especial por el conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas presentes en los sedimentos.

El trabajo de campo fue llevado a cabo mediante la observación de las características de las rocas carbonáticas, como son la textura, fábrica y estructuras sedimentarias. Considerando como parte esencial, la propia naturaleza de las partículas que la componen.

Para comprender la distribución de facies de carbonato se reconocieron las características de los principales modelos de plataformas carbonáticas que tienen lugar en el área de investigación.

Las características sedimentarias en las rocas carbonáticas son las siguientes:

- **Color de la roca:** El tamaño de grano e impurezas contribuyen al color de las rocas carbonáticas. Se utilizó la carta de colores de Munsell Color (2009), para distinguir y establecer el color de las rocas o suelos.

- **Tamaño del grano:** Normalmente se emplea la misma escala de Wentworth (1922), para la clasificación granulométrica de partículas sedimentarias de arcilla (0,002 mm), limo (0,063 mm), arena (2 mm) y grava (63 mm) en muestras de rocas. Sin embargo, existen otras clasificaciones, como la propuesta por Tucker (1981), basada en el tamaño de grano (tabla 4).

**Tabla 4.** Clasificación de rocas sedimentarias de acuerdo con el tamaño de grano (Tucker, 1981).

Tamaño de grano	Clasificación
> 2 mm (grosso)	Calcirudita
2 mm - 62 $\mu$ m (medio)	Calcarenita
< 62 $\mu$ m (fino)	Calcilutita

- **Redondez:** Consiste en el grado de desgaste que exhiben las aristas o filos de las partículas. Se emplea la carta de comparación visual propuesta por Powers (1953), para determinar la redondez de bioclastos o fragmentos fósiles.
- **Selección del grano:** La selección o clasificación permite tener una idea de la duración del transporte, se refiere a la mayor o menor homogeneidad del tamaño de los clastos existentes en la roca y refleja la energía presente durante el depósito. Los términos establecidos por Compton (1962), para definir la selección del grano son: muy bien seleccionado, bien seleccionado, moderadamente seleccionado, pobremente seleccionado y muy pobremente seleccionado.

- ***Empaque:*** Es el espaciamiento que existe entre los granos y la cantidad de matriz presente en el sedimento. Se establece los tipos de contactos: flotante, puntual, longitudinal, cóncavo - convexo y suturado (Pettijohn et al., 1987).
- ***Bioturbación:*** Este proceso consiste en la alteración de la textura deposicional original y estructuras originales de un sedimento por actividad orgánica (Shakeri, 2012).
- ***Composición:*** Se debe especialmente a la precipitación de minerales de carbonatos. Estos carbonatos se presentan en forma de agregados cristalinos o microcristalinos (lodo y cemento calcáreo), también como parte de estructuras compuestas (aloquímicos).
- ***Estructuras:*** Generalmente se forman in situ (Arche, 2010). Los planos de estratificación representan un cambio en las condiciones de sedimentación.

### **Plataforma Carbonática, Secuencia Turbidítica, Facies y Parasecuencias.**

Una plataforma carbonática es un cuerpo sedimentario que posee relieve topográfico y que se compone de los depósitos calcáreos autóctonos (Wilson, 1975). Un aspecto distintivo de estas plataformas es el papel predominante de los organismos en la producción, procesamiento y/o captura de sedimentos de carbonato (Insalaco et al., 2000).

Registrando fundamentalmente las características morfológicas, Read (1985), establece dos grandes grupos de plataformas carbonáticas: plataformas-lagoon y rampas. Correspondientes a plataformas someras, cuyo borde externo viene marcado por un pronunciado incremento de la pendiente (desde pocos grados hasta  $> 45^\circ$ ) y por plataformas con pendientes suaves ( $< 1^\circ$ ), respectivamente (figura 7A). Otros tipos de plataformas son: plataformas epicontinentales, plataformas aisladas y plataformas inundadas (Read, 1982).

James (1979), trabajo en un modelo secuencial: Secuencia de Somerización “shallowing upward”, adecuado para plataformas que dan lugar a secuencias que de base a techo pasan a términos cada vez más someros. Una típica secuencia presenta los siguientes términos (figura 7B):

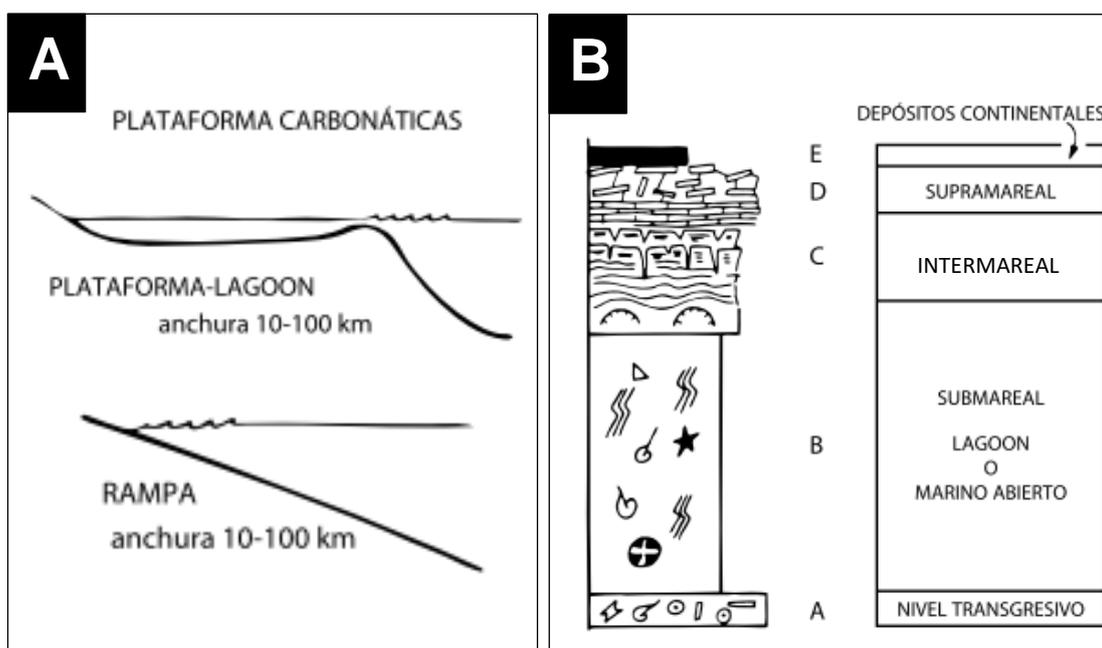
(A): Término basal, en el que un periodo transgresivo constituye un término de retrabajamiento de los materiales inferiores; deja poco registro.

(B): Situaciones marinas someras diversas, es en general el de mayor potencia.

(C): Representa las situaciones intermareales.

(D): Representa las situaciones supramareales.

(E): Es el término superior, pertenece al registro de medios continentales adyacentes.



**Figura 7. A:** Tipos principales de plataforma carbonáticas (Tucker y Wright, 1990). **B:** Secuencia idealizada de somerización (James, 1979).

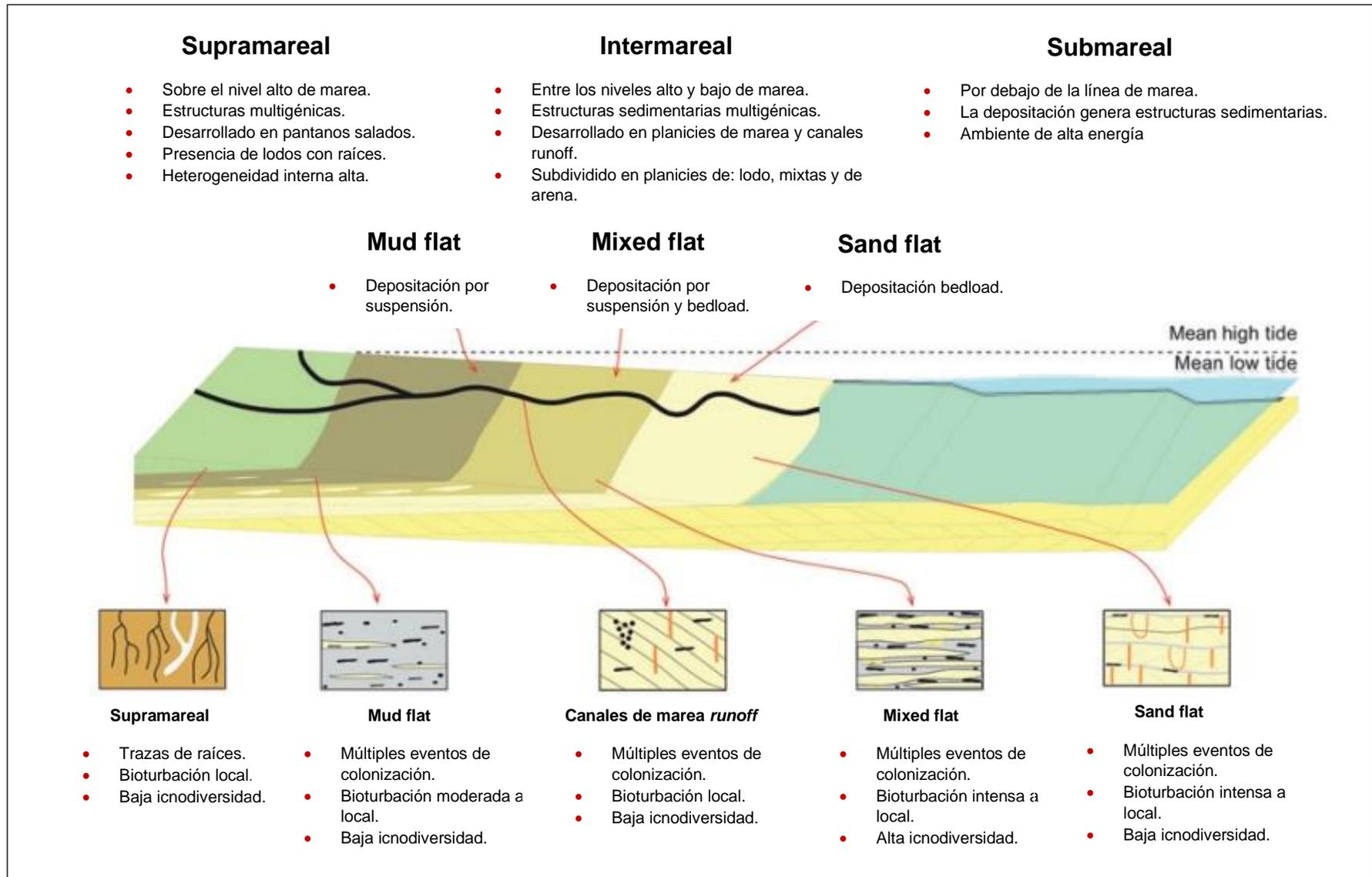
El análisis de la evolución vertical de las facies y superficies de discontinuidad, permiten reconocer tres órdenes de secuencias en función de su potencia: de alto orden (~ 1 m a < 10 m), medio orden (~ 10 m a ~ 20 m) y bajo orden (~ 30 m a ~ 80 m), propias para la diferenciación de secuencias en cada serie (Sevillano et al., 2013).

Las facies características que forman parte de los dos principales tipos de plataforma se encuentran incluidas dentro de las siguientes zonas o dominios ambientales: supramareal, intermareal y submareal (figura 8).

- **Supramareal:** Comprende la zona costera situada por encima del nivel medio de marea alta; influenciada principalmente por el clima. Se produce la formación de minerales evaporíticos, tanto primarios como diagenéticos.
- **Intermareal:** Situada entre los límites de la marea alta y baja. La precipitación de sedimentos se debe al efecto de las tormentas y mareas, fundamentalmente.
- **Submareal:** Es en general el de mayor potencia, se sitúa por debajo de la línea de marea. Lagoon, bajíos, arrecifes, plataforma abierta y pendiente de plataforma, son situaciones marinas someras que se reflejan en esta zona (Arche, 2010).

Para Heckel (1986), los ciclos sedimentarios responden a sucesiones o conjunto de estratos genéticamente relacionados y limitados por superficies inundables o correlativas en periodos correspondiente a un ciclo mayor (0.2 a 0.5 millones de años).

El desarrollo predominante de una plataforma de carbonato se refleja a través de los cambios en el nivel del mar, que operan en una escala de tiempo de  $10^7$  y  $10^6$  años (2do y 3er orden, respectivamente). Es así que muchos de los ciclos o parasecuencias de pequeña escala hacia arriba son comunes dentro de estas secuencias de plataformas.



**Figura 8.** Modelo integrado sedimentológico para ambientes supramareal, intermareal y submareal. (Desjardins et al, 2012).

## **Afloramientos de la caliza San Antonio.**

Se efectuaron exploraciones geológicas en el área de estudio, realizando visitas de campo que permitieron comprobar la existencia de los afloramientos que dieron viabilidad para la realización del presente trabajo de titulación.

Los afloramientos de la caliza San Antonio pertenecientes a la Formación San Eduardo se ubican a 600 metros de la comuna San Antonio de Playas, al norte del cantón General Villamil (figura 2 y 3).

A continuación, se describen los cuatro afloramientos: San Antonio 1 (ASA - 1), San Antonio 2 (ASA - 2), San Antonio 3 (ASA - 3) y San Antonio 4 (ASA - 4; tabla 1).

### **2.1.1 Afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1)**

La ubicación del afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1) en coordenadas UTM es la siguiente: 566552 E, 9719601 N, con una elevación de 42 m.s.n.m. y un espesor de 8,00 metros; se encuentra dentro del área de explotación de la concesión minera Ruano Cañas (figura 2; tabla 1).

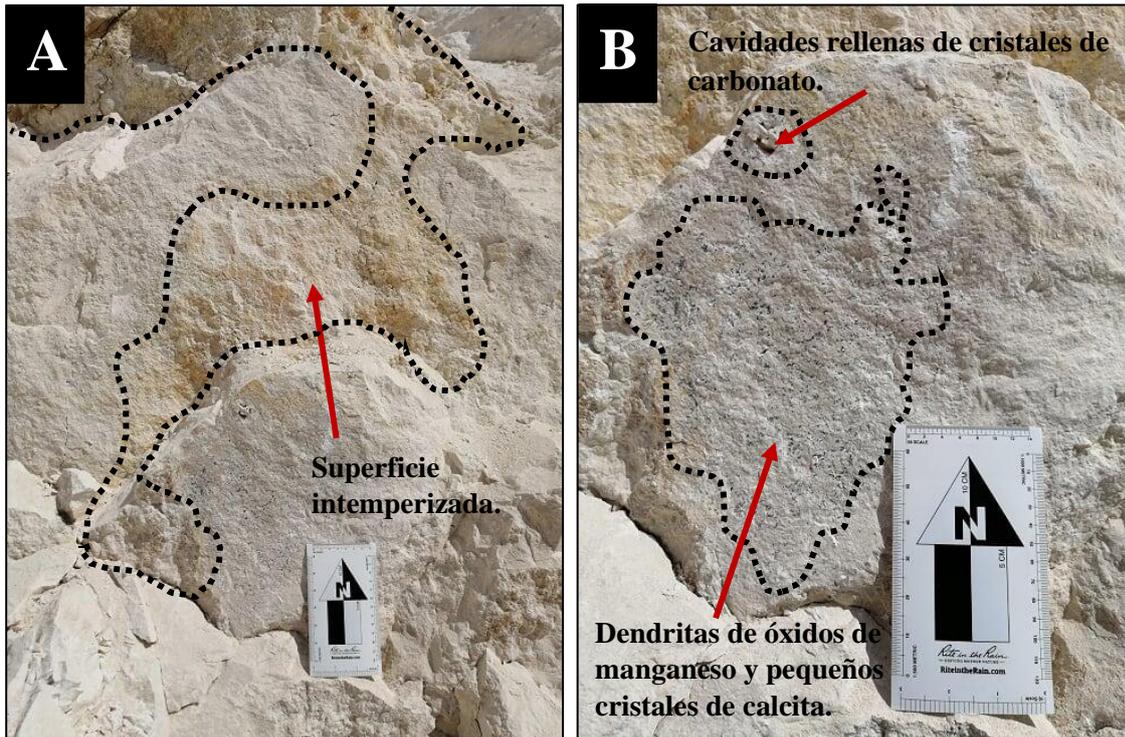
La litología del afloramiento consiste principalmente de roca caliza, compuesta por componentes ortoquímicos y aloquímicos, presenta diseminados cristales de carbonato. Se observó cavidades o huecos y dendritas. En este afloramiento se colectaron dos muestras de rocas (MSA - 1 y MSA - 2) para análisis petrográfico y bioestratigráfico (tabla 2).

El afloramiento es masivo en su mayor parte, evidencia un buzamiento de 50° en dirección NE y un rumbo de N50W (310° de azimut; figura 9).



**Figura 9.** En el afloramiento ASA - 1 se observa: secuencia que muestra la caliza, generalmente masiva; con tamaño de grano grueso a fino, bien seleccionado y consolidado; presenta bioturbación. La estratificación presenta un buzamiento de 50° y 38° en dirección NE y un rumbo de N50W y N80W.

La **caliza** es masiva de color gris amarillento (5Y 8/1) y blanco (N9) con tonalidades color naranja debido al intemperismo (figura 10A); el tamaño de grano es grueso a fino, redondez subangulosa a subredondeada, bien seleccionada y consolidada; el espesor es métrico y presenta bioturbación; entre los componentes que la constituyen podemos encontrar cemento, lodo micrítico, fragmentos de algas, bioclastos y oncoides; se observa cristales de carbonato y dendritas de óxidos de manganeso, parcialmente dispersas sobre la roca. Los cristales de carbonato son de color beige translucido; mientras que las ramificaciones de dendritas son de color negro y gris oscuro (figura 10B). Localmente, se identificaron cavidades o huecos centimétricos (1.5 centímetros), rellenas con cristales de carbonato de forma fibrosa y drúsica, color gris y beige translucido (figura 10B).



**Figura 10.** Afloramiento ASA - 1. **A:** Superficie intemperizada. **B:** Cavidades de 1.5 centímetros rellenas con cristales de carbonato. Además, se observan dendritas de óxidos de manganeso y cristales de calcita dispersos sobre la roca.

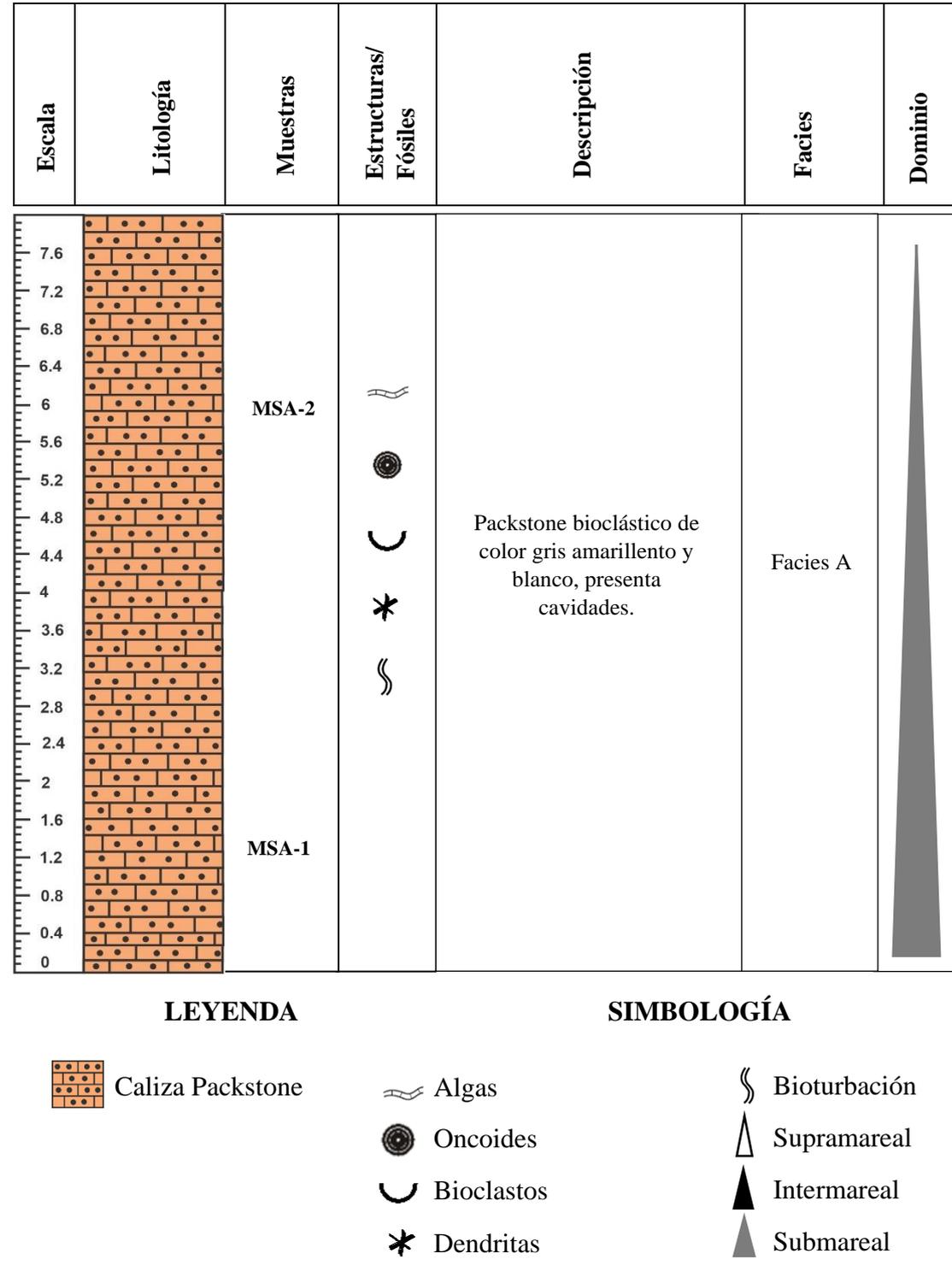
La textura que corresponde al afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1) según la observación visual en campo y en base a la clasificación de Dunham (1962; figura 25) es *Packstone* (figura 11).

Por consiguiente, este afloramiento consta de una secuencia somerizante de medio orden (~ 10 m a ~ 20 m) dominada por facies submareales (Facies A). Esta prevalece en todo el afloramiento y consiste en packstone bioclástico (figura 11).

La litología o litofacies pertenece a un solo ciclo o parasecuencia sedimentaria gruesa.

## AFLORAMIENTO SAN ANTONIO 1 (ASA - 1)

---



**Figura 11.** Columna estratigráfica del afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1). Tiene un espesor de 8,00 metros, consiste de packstone bioclástico con presencia de cavidades y de bioturbación. Las siglas MSA - 1 y MSA - 2 representan las muestras obtenidas en este trabajo.

### 2.1.2 Afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2).

El afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2) está situado en las siguientes coordenadas UTM: 566569 E, 9719565 N, a una elevación de 44 m.s.n.m. y con un espesor de 13,00 metros. Este afloramiento pertenece al área de la concesión minera Ruano Cañas, ubicado al sur del afloramiento ASA - 1 (figura 2; tabla 1).

Presenta una litología que se puede dividir en cuatro unidades, desde la parte inferior a la superior incluye: **a.** caliza de grano grueso a fino, **b.** caliza de grano fino intercalada con, **c.** capas centimétricas de arcillolita laminada; **d.** caliza de grano medio a fino, seguido por otra unidad de, **e.** caliza de grano grueso a fino (figura 12 y 15). La caliza es generalmente masiva, con espesores centimétricos a métricos, está constituida por componentes ortoquímicos y aloquímicos, se identificaron cristales de carbonato, cavidades, dendritas y nódulos de chert. En este afloramiento se colectaron siete muestras de rocas (MSA - 3, MSA - 4, MSA - 5, MSA - 6, MSA - 7, MSA - 8 y MSA - 9) para análisis petrográfico y bioestratigráfico (tabla 2).

El sistema estructural se define por una falla de tipo normal con buzamiento de 42° en dirección NE y rumbo de N15W (345° de azimut; figura 12). Además, se identificaron fracturas y vetillas en la roca caliza.

Debido a sus características litológicas y a la extensión horizontal, el afloramiento fue dividido en dos partes:

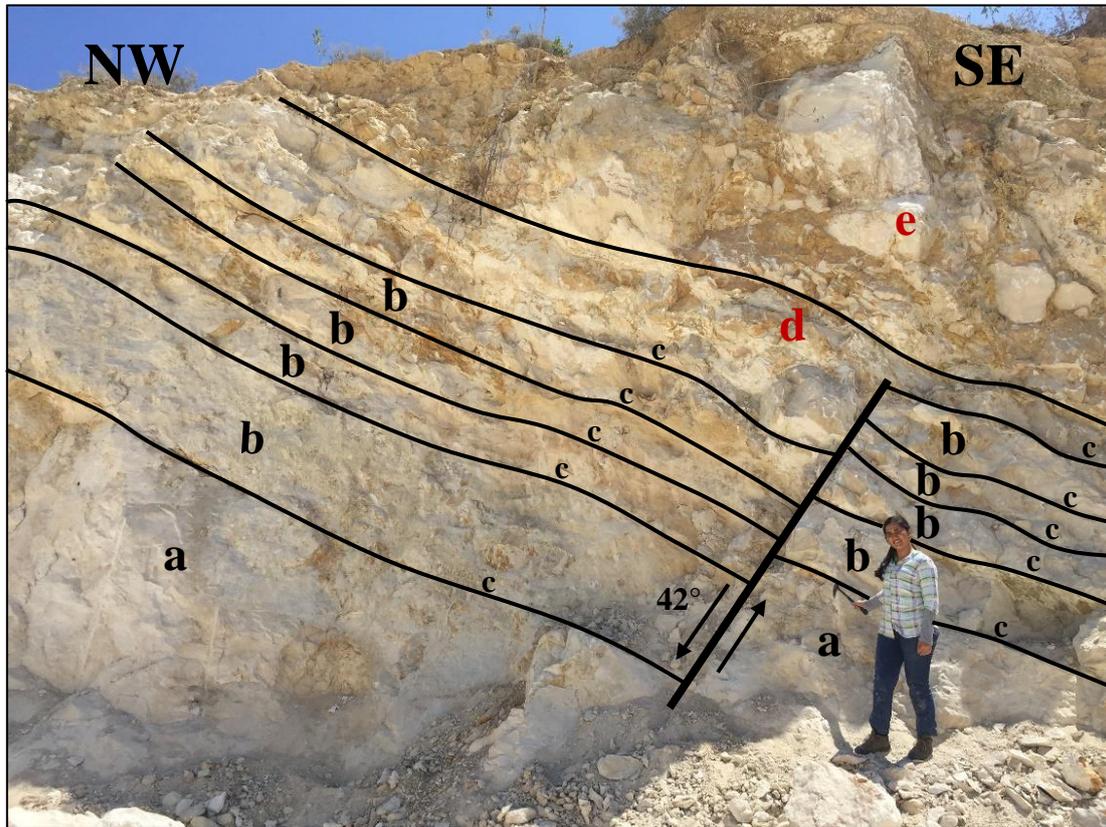
## Parte Inferior Izquierda

a. **Caliza de grano grueso a fino**, es masiva, de color gris amarillento (5Y 8/1) y blanco (N9); en partes con tonalidades naranja que se asocia a un fuerte intemperismo superficial; la redondez es subangular a subredondeada, bien seleccionada, consolidada; el espesor es métrico y con bioturbación. Está compuesta por cemento, lodo micrítico, algas, fragmentos fósiles, oncoides; y cristales de calcita de color beige translucido dispersos sobre la roca. Localmente se observaron cavidades o huecos que tienen 1.5 centímetros de diámetro rellenas con cristales de carbonato con forma fibrosa y drúsica de color gris y beige translucido, las dendritas de óxidos de manganeso son de color negro y gris oscuro, mientras que los nódulos de cherts son café oscuro de 4 centímetros (figura 13A).

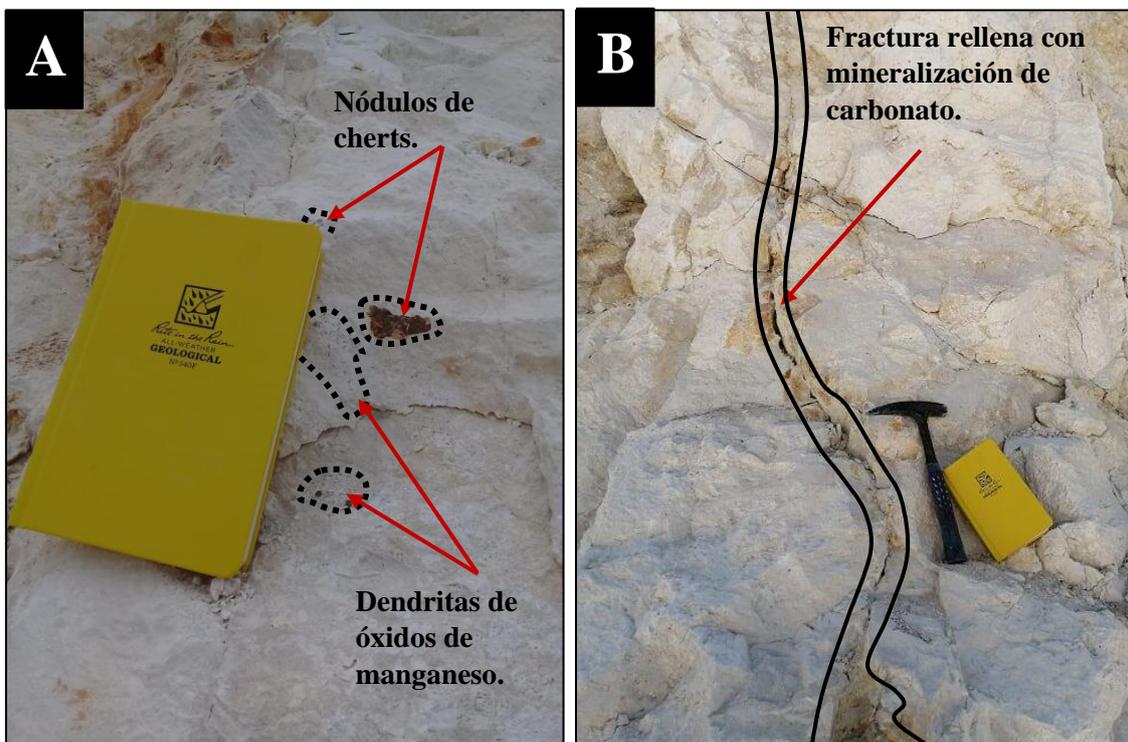
Las fracturas y vetillas tienen espesores centimétricos de aproximadamente 2 centímetros y se encuentran rellenas con mineralización de carbonatos (figuras 13B y 14A).

b. **Caliza de grano fino** es de color naranja grisáceo (5Y 8/4) y blanco (N9); con intemperismo que muestra una tonalidad naranja; la redondez de los granos es subredondeada, bien seleccionada y consolidada; los espesores son centimétricos. El componente principal que constituye la roca es el cemento esparítico; contiene cristales de carbonato de color beige translucido parcialmente distribuidos sobre la roca. Las capas de roca se hallan separadas por;

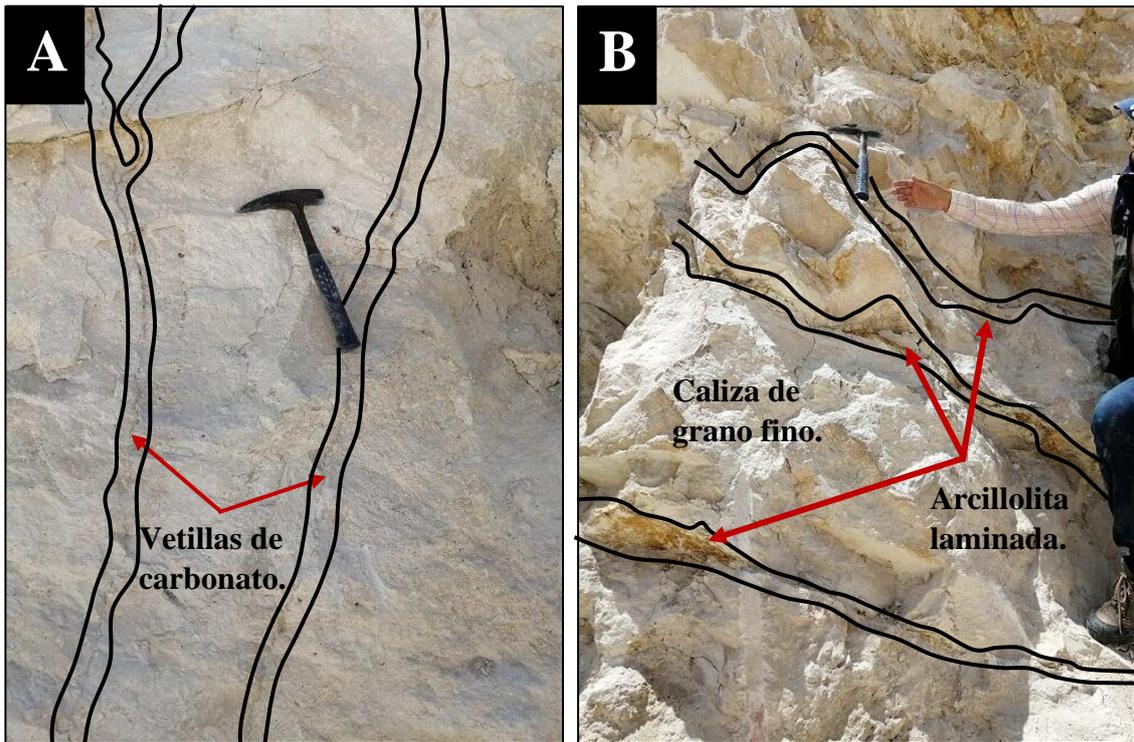
c. **Arcillolita laminada** de color marrón amarillento oscuro (10YR 4/2); son finas laminas centimétricas (< 1 cm.) moderadamente consolidadas (figura 14B).



**Figura 12.** En la Parte Inferior Izquierda del afloramiento ASA - 2 se observan las siguientes unidades litológicas: **a.** Caliza de grano grueso a fino. **b.** Caliza de grano fino intercalada con **c.** Finas capas de arcillolita laminada. **d.** Caliza de grano medio a fino. **e.** Caliza de grano grueso a fino. Se identifica una falla normal con buzamiento de  $42^\circ$  en dirección NE y un rumbo de N15W.



**Figura 13.** Parte Inferior Izquierda del afloramiento ASA - 2. **A:** Nódulos de chert (4 centímetros) con dendritas de óxidos de manganeso. **B:** Fracturas rellenas con mineralización de carbonato.

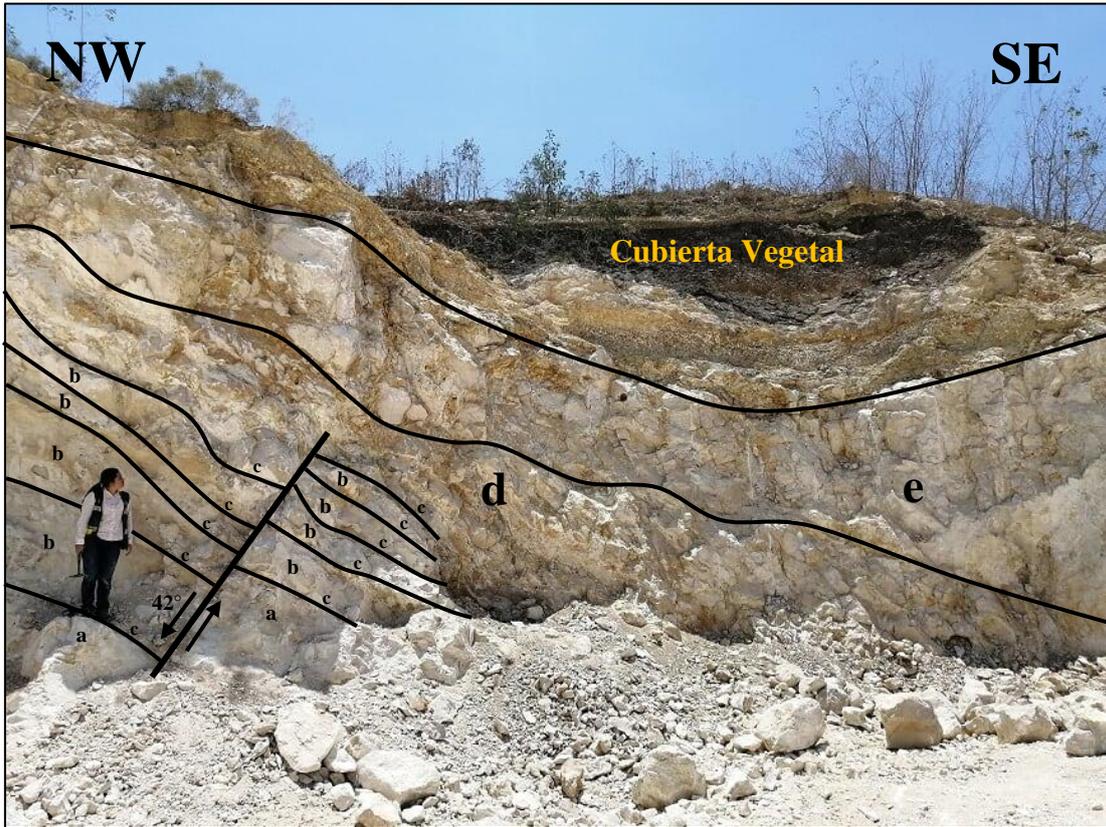


**Figura 14.** Parte Inferior Izquierda del afloramiento ASA - 2. **A:** Vetillas con espesores centimétricos rellenas con mineralización de carbonato. **B:** Caliza de grano fino intercalada con arcillolita laminada.

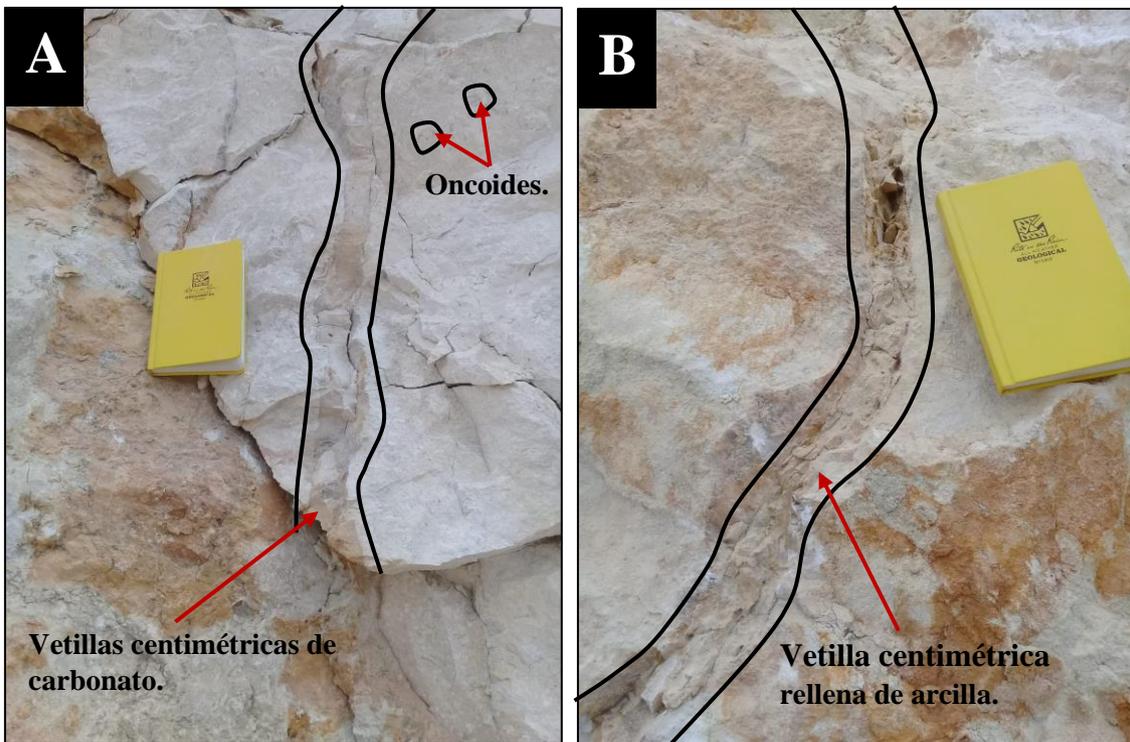
## **Parte Superior Derecha.**

**d. Caliza de grano medio a fino** es de color gris amarillento (5Y 8/1) y blanco (N9) con intemperismo; la redondez es subangular a subredondeada, bien seleccionada y consolidada; el espesor es métrico y con bioturbación. Compuesta mayoritariamente por cemento; se identificaron algas calcareas, fragmentos fosiles y oncolitos. También, se observo pequeños cristales de carbonato esparcidos en la roca que son de color beige translucido.

**e. Caliza de grano grueso a fino** es masiva de color gris amarillento (5Y 8/1) y blanco (N9), con alto intemperismo en la superficie de la roca que se evidencia en un color naranja; la redondez es subangular a subredondeada, bien seleccionada, consolidada; el espesor es metrico y contiene bioturbación. Compuesta principalmente por cemento, lodo micrítico, fragmentos de algas calcareas, bioclastos y oncoides (figura 16 A); en la superficie de la roca se observo cristales de carbonato de color beige traslucido. Los huecos o cavidades son centimetricos y contienen carbonato en forma fibrosa y drúsica de color gris y beige claro. Las vetillas con mineralización de carbonato son centimétricas (5 cm; figura 16A) al igual que las vetillas rellenas con arcilla de color café claro (figura 16B).



**Figura 15.** En la Parte Superior Derecha del afloramiento ASA - 2 se identificó: **a.** Caliza de grano grueso a fino. **b.** Caliza de grano fino. **c.** Finas capas de arcillolita laminada. **d.** Caliza de grano medio a fino. **e.** Caliza de grano grueso a fino.



**Figura 16.** Parte Superior Derecha del afloramiento ASA - 2. **A:** Vetilla de carbonato (5 cm) y oncoides. **B:** Vetilla de arcilla (5 cm).

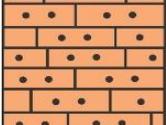
La textura que se encuentra predominante en la Parte Inferior Izquierda del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2) en las rocas calizas corresponde a **Packstone**, seguida de otra secuencia de grano más fino, denominada **Mudstone** (figura 17), según la clasificación de Dunham (figura 25).

La Parte Superior Derecha del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2) presenta una textura que corresponde a **Wackestone** y otra que pertenece a **Packstone** (figura 17), de acuerdo con la clasificación textural de Dunham (figura 25).

Las litofacies se organizan en secuencias de somerización, en función de su potencia son de medio orden (~ 10 m a ~ 20 m). El levantamiento de la sección estratigráfica ha permitido reconocer tres tipos de facies sedimentarias: packstone bioclástico (Facies A); wackestone bioclástico (Facies B), que se encuentran asociadas a un dominio submareal somero de alta energía; y mudstone con intercalaciones de arcillolita (Facies C; figura 17), representativa del dominio submareal somero de baja energía.

Estas litofacies se distribuyen en dos ciclos sedimentarios o parasecuencias gruesas y de engrosamiento proporcional hacia arriba.

## AFLORAMIENTO SAN ANTONIO 2 (ASA - 2)

Escala	Litología	Muestras	Estructuras/ Fósiles	Descripción	Facies	Dominio	
13		MSA-9	   	Packstone bioclástico de color gris amarillento y blanco, presenta cavidades, vetillas de carbonatos y vetillas de arcillas.	Facies A		
12							
11							
10							
9		MSA-8	   	Wackestone bioclástico de color gris amarillento y blanco.	Facies B		
8							
7							
6		MSA-7			Mudstone bioclástico de color naranja grisáceo y blanco con intercalaciones de arcillolita laminada color marrón amarillento oscuro.	Facies C	
5							
4	MSA-6				Facies C		
3							
2							
1	MSA-5		   	Packstone bioclástico de color gris amarillento y blanco, presenta cavidades, fracturas y vetillas de carbonatos.	Facies A		
0							
0							

### LEYENDA

	Caliza Wackestone
	Caliza Mudstone
	Arcillolita
	Caliza Packstone

### SIMBOLOGÍA

	Algas		Nódulos de chert
	Oncoides		Supramareal
	Bioclastos		Intermareal
	Bioturbación		Submareal
	Dendritas		

**Figura 17.** Columna estratigráfica del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2). Tiene un espesor de 13,00 metros; comprende desde base a techo de: packstone bioclástico, mudstone bioclástico con intercalaciones de arcillolita laminada, wackestone bioclástico y packstone bioclástico; se observó cavidades, fracturas, vetillas y bioturbación. Las siglas MSA-3 a MSA-9 representan las muestras obtenidas en este trabajo.

### 2.1.3 Afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3).

El afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3) se localiza en las coordenadas geográficas UTM: 566495 E, 9719572 N, a una elevación de 47 m.s.n.m. y con un espesor de 10,00 metros. Este afloramiento se halla dentro del área que pertenece a la concesión minera Ruano Cañas, al oeste del afloramiento ASA - 1 y ASA - 2 (figura 2; tabla 1).

Litológicamente, consiste en roca caliza masiva dispuesta en bancos métricos, formada por componentes ortoquímicos y aloquímicos; se observó la presencia de cavidades. En este afloramiento se colectaron tres muestras de rocas (MSA - 10, MSA - 11 y MSA - 12) para su correspondiente análisis petrográfico y bioestratigráfico (tabla 2).

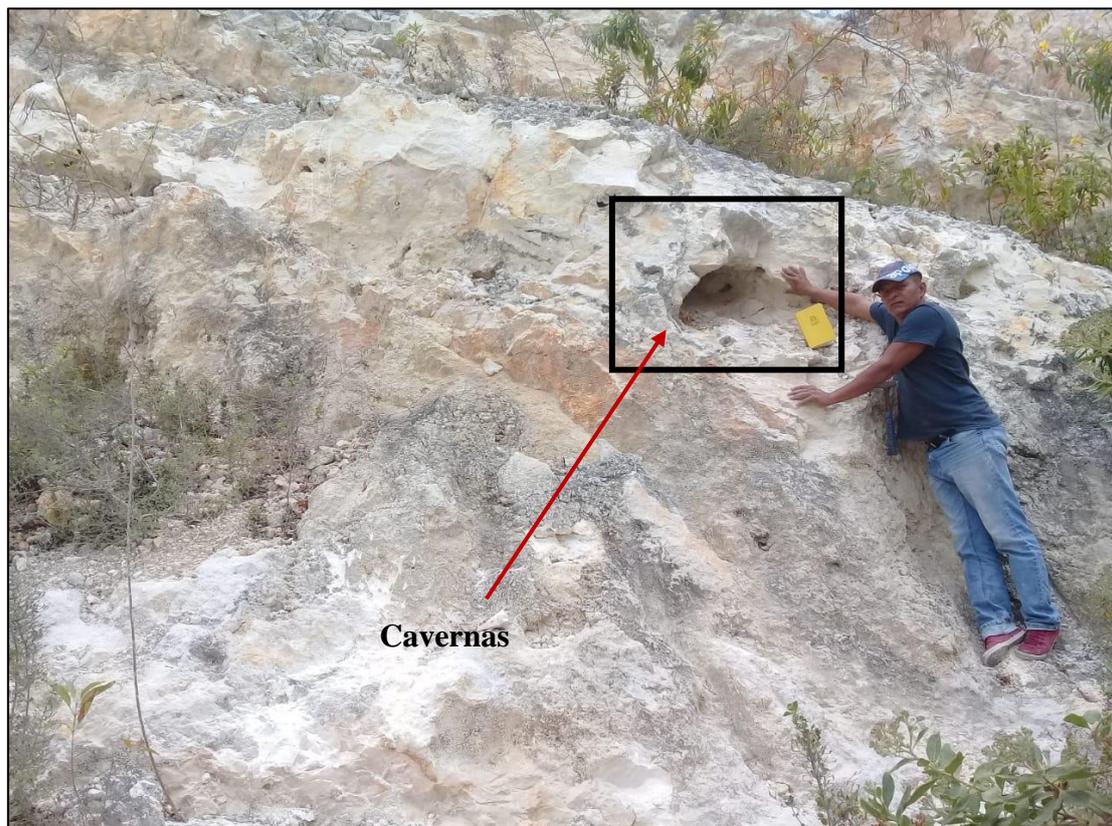
El afloramiento presenta un buzamiento de  $41^\circ$  en dirección NE con un rumbo de N21W ( $345^\circ$  de azimut). Se identificó cavernas en el afloramiento y fuerte intemperismo o meteorización superficial en casi la totalidad de esta unidad (figura 18).



**Figura 18.** En el afloramiento ASA - 3 se observa: secuencia de roca caliza de grano grueso a fino, subangular a subredondeada, bien seleccionada y consolidada; contiene bioturbación. Presenta un buzamiento de  $41^\circ$  en dirección NE y un rumbo de N21W.

**La caliza** masiva en bancos métricos es de color gris amarillento (5Y 8/1) y blanco (N9) con alto intemperismo superficial que se observa en una coloración naranja; tamaño de grano grueso a fino, redondez subangular a subredondeada, bien seleccionada y consolidada; con bioturbación. Los componentes que la constituyen son cemento, lodo micrítico, fragmentos de algas calcáreas, bioclastos y oncoides. Presenta cristales de carbonato y ciertas cavidades dispersas parcialmente sobre la superficie de la roca. Los cristales identificados en el afloramiento son de color gris y beige translucido; los huecos son centimétricos de 1.5 y están rellenos con minerales de carbonato fibroso y drúsico.

La superficie kárstica (cavernas) observada es producto de la meteorización o descomposición química de los minerales que componen la roca carbonatada; el tamaño es centimétrico (figura 19).



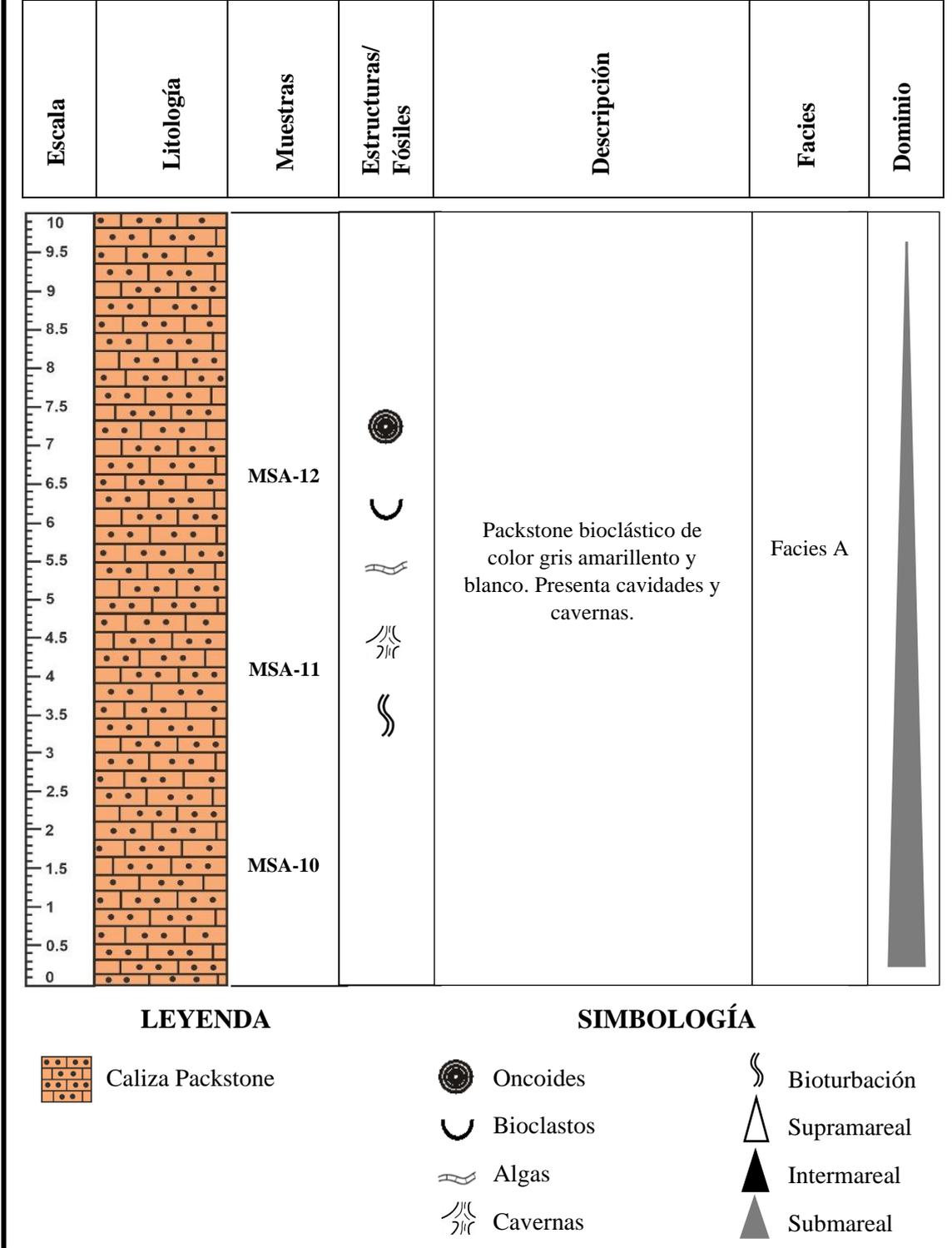
**Figura 19.** En el afloramiento ASA - 3 se identificó: roca caliza con superficie kárstica (tamaño de cavernas es centimétrico).

El afloramiento San Antonio ASA - 3 tiene una textura *Packstone* (figura 20), basado en la observación macroscópica de la roca y en la clasificación textural de Dunham (figura 25).

La secuencia que corresponde al afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3), también somerizante de medio orden (~ 10 m a ~ 20 m) es dominada por facies de packstone con bioclastos (Facies A) pertenecientes a un dominio submareal (figura 20).

La litofacies identificada corresponde a un solo ciclo o parasecuencias sedimentaria gruesa.

## AFLORAMIENTO SAN ANTONIO 3 (ASA - 3)



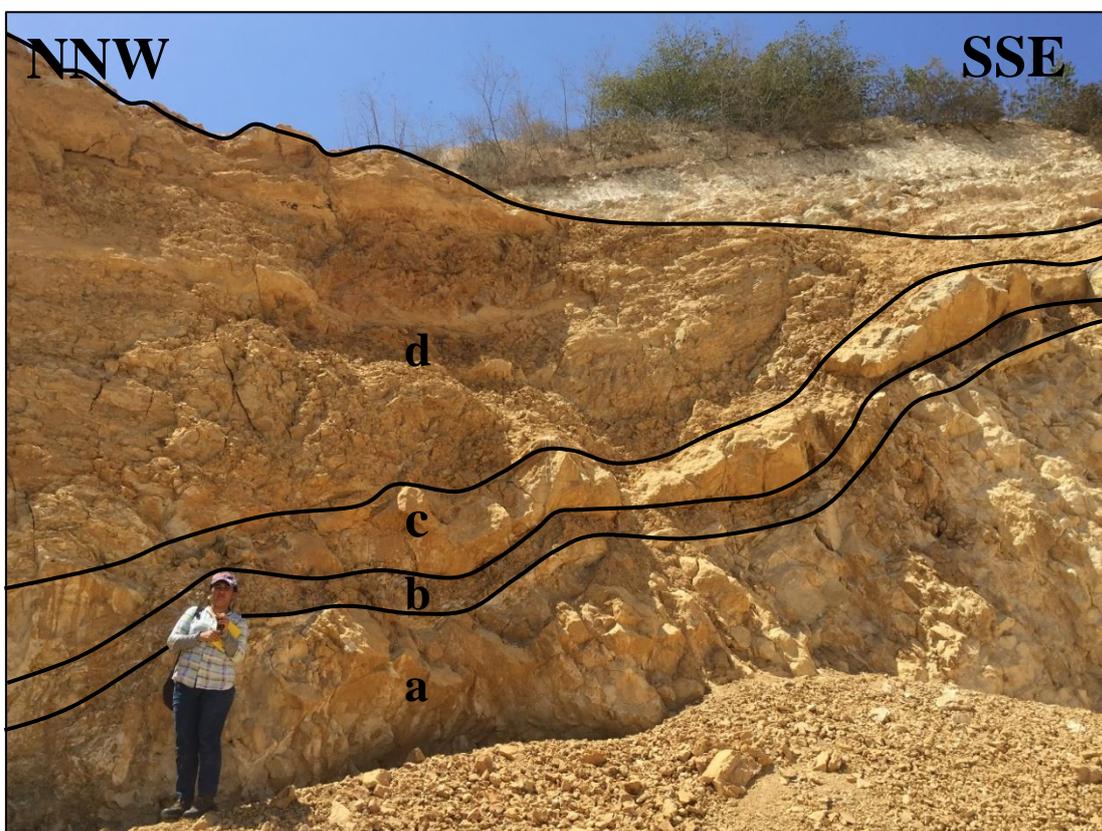
**Figura 20.** Columna estratigráfica del afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3). Tiene un espesor de 10,00 metros, que consiste de packstone bioclástico; se identificaron cavidades, cavernas y bioturbación. Las siglas MSA-10 a MSA-12 representan las muestras recolectadas en este trabajo.

#### 2.1.4 Afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4).

El afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4) se encuentra en las coordenadas geográficas UTM: 566605 E, 9719492 N, a una elevación de 41 m.s.n.m. con un espesor total de 7,00 metros. Este afloramiento se encuentra dentro del área perteneciente a la concesión minera San Antonio, dispuesto hacia el sur del afloramiento ASA - 2 (figura 2; tabla 1).

La litología corresponde a caliza, arcillolita y a un suelo calcáreo. La caliza comprende componentes ortoquímicos y aloquímicos; presenta cristales de carbonato y cavidades, mientras, que en el suelo calcáreo se identificaron anillos de oxidación. En este afloramiento se colectaron tres muestras de roca (MSA - 13, MSA - 14 y MSA - 15) para análisis petrográfico y bioestratigráfico (tabla 2).

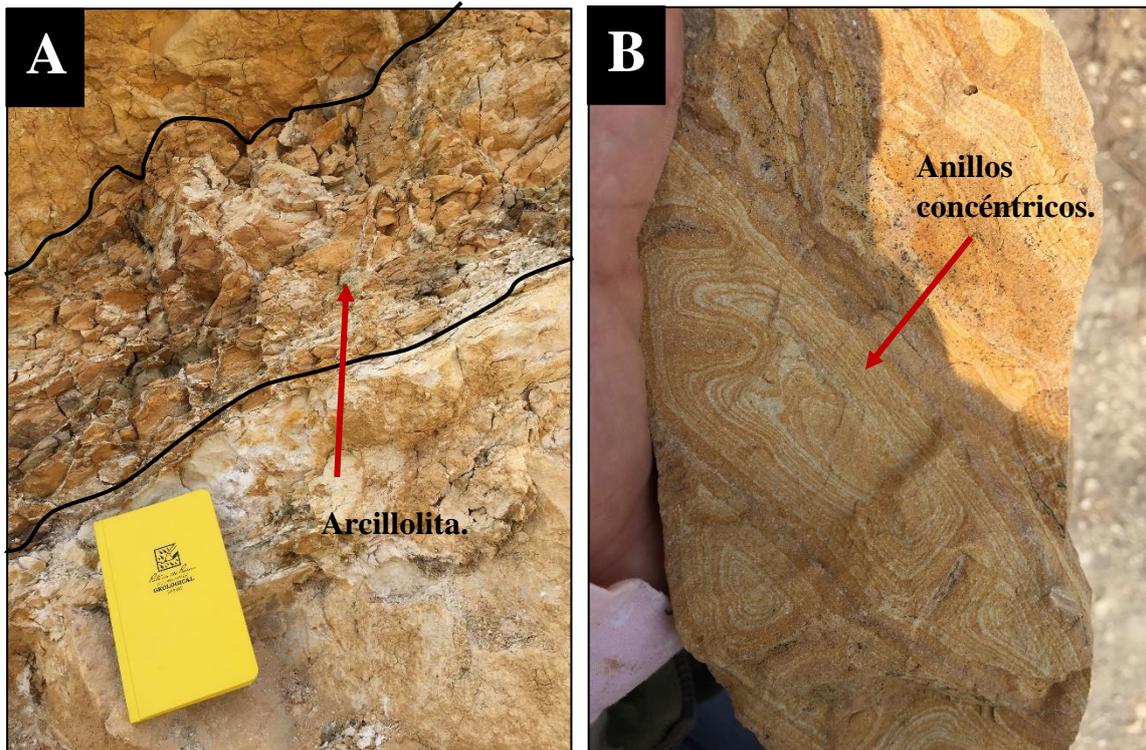
Se evidencia un buzamiento de  $35^\circ$  en dirección NE y un rumbo de N42W ( $318^\circ$  de azimut; figura 21).



**Figura 21.** En el afloramiento ASA - 4 se observa: **a.** Caliza de grano grueso a fino. **b.** Arcillolita laminada. **c.** Caliza de grano fino. **d.** Suelo calcáreo. La estratificación presenta un buzamiento de  $35^\circ$  en dirección NE y un rumbo de N42W.

Desde la parte inferior a la superior del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4) se identificó la siguiente litología:

- a. **Caliza de grano grueso a fino**, de color gris amarillento (5Y 8/1) y blanco (N9), se observa intemperismo, redondez subangular a subredondeada, bien seleccionada, muy consolidada, espesor métrico y con bioturbación. Los componentes que la constituyen son cemento, lodo micrítico, fragmentos de algas, fragmentos fósiles y oncolitos. Presenta cristales de carbonato y ciertas cavidades dispersas sobre la roca, rellenas con mineralización de carbonato, de forma fibrosa y drúsica, el color es gris y beige claro.
- b. **Arcillolita laminada**, es de color marrón amarillento oscuro (10YR 4/2), consiste en laminaciones apiladas unas sobre otras, moderadamente consolidada y con espesor centimétrico (0.80 centímetros; figura 22A).
- c. **Caliza de grano fino**, es de color naranja grisáceo (5Y 8/4); subredondeada, bien seleccionada y consolidada, espesor métrico. Los componentes observados son principalmente cemento y lodo micrítico. Presenta cristales de carbonato de color gris y beige claro.
- d. **Suelo calcáreo**, es de color naranja amarillento oscuro (10YR 6/6), muestra cierta coloración café debido al intemperismo, el tamaño es de grano fino, redondeado, bien seleccionado y consolidado, con espesor métrico. Está compuesta por carbonato de calcio y arcilla; se identificaron anillos o bandas concéntricas que tienen diferentes tamaños y formas, con diámetros diversos, entre 1 cm y 10 cm con forma elipsoidal a irregular (figura 22B). Estas estructuras podrían ser causadas por procesos repetidos de disolución y reprecipitación de compuestos de hierro.



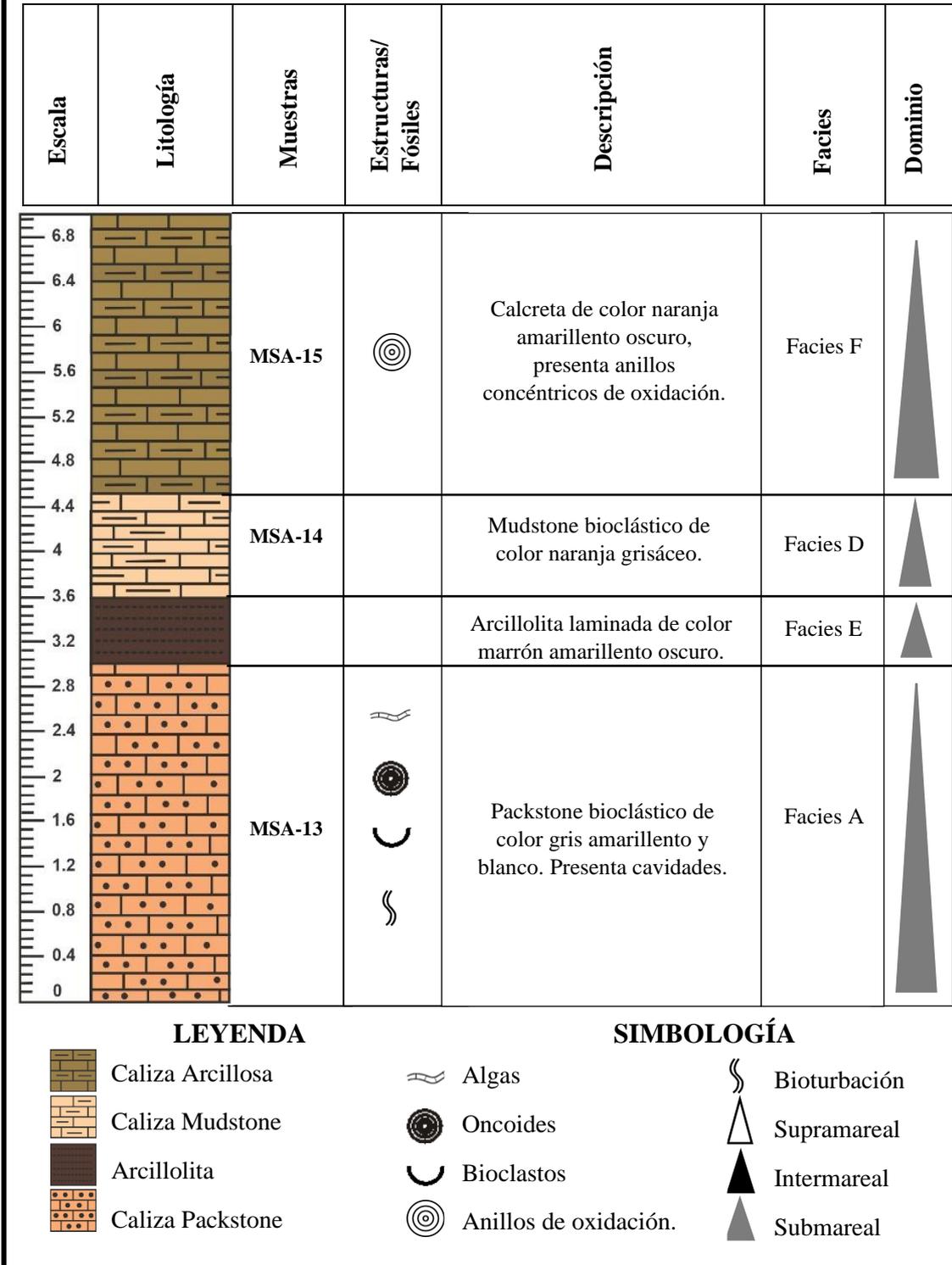
**Figura 22.** Afloramiento ASA - 4. **A:** Arcillolita laminada. **B:** Anillos o bandas concéntricas en muestra de mano.

Para las calizas del afloramiento ASA - 4 se identificó dos tipos de texturas de acuerdo a la clasificación de Dunham (1962; figura 25): *Packstone* y *Mudstone* (figura 23).

Por consiguiente, las secuencias que corresponden a este afloramiento son secuencias de somerización de medio orden. Estas litofacies son: packstone bioclástico (Facies A), representativa de un dominio submareal somero de alta energía; mudstone bioclástico (Facies D), arcillolita laminada (Facies E) y caliche o calcreta (Facies F) que representan facies de un dominio submareal somero de baja energía (figura 23).

Estas litofacies se distribuyen en dos ciclos sedimentarios o parasecuencias gruesas y de engrosamiento proporcional hacia el tope.

## AFLORAMIENTO SAN ANTONIO 4 (ASA - 4)



**Figura 23.** Columna estratigráfica del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4). Tiene un espesor de 7,00 metros; consiste de base a techo de: packstone bioclástico, arcillolita laminada, mudstone bioclástico y calcreta. Las siglas MSA-13 a MSA-15 representan las muestras recolectadas en este trabajo.

## **2.2. Características Petrográficas de la caliza San Antonio**

### **Generalidades:**

La petrografía permite la identificación de granos constituyentes, la clasificación detallada de sedimentos y rocas, la determinación de la historia de alteración post-deposicional (diagénesis) y la interpretación de ambientes de deposición (Scholle, 2003).

El análisis de la petrografía en secciones o láminas delgadas es una técnica fundamental e importante para la interpretación de las características litológicas y paleontológicas o de microfacies en las unidades de rocas carbonáticas. El objetivo de la petrografía y parte de este trabajo es que estas características puedan ser identificadas, descritas y clasificadas bajo el microscopio petrográfico; con la finalidad de establecer el tipo de roca carbonática, la etapa diagenética y el posible ambiente de sedimentación.

Se realizó el reconocimiento y descripción petrográfica a detalle de las características de microfacies en función de los elementos texturales y de la fábrica que componen a las rocas carbonáticas; se consideró para ello la clasificación de Folk (1959, 1962), Dunham (1962), y se complementó con la clasificación propuesta por Embry y Klovan (1971).

### **Clasificación de Rocas Carbonatadas**

Los dos esquemas de clasificación más extensamente usados para la identificación de rocas carbonáticas son: la clasificación composicional de Folk (1959, 1962) y la clasificación textural de Dunham (1962). La utilización de ambas está establecida al estudio en laboratorio de secciones delgadas, no obstante, la clasificación de Dunham se aplica tanto en campo como en laboratorio.

La clasificación propuesta por Embry y Klovan (1971) se ha empleado en unión a la de Dunham (1962), para la categorización oportuna de las rocas carbonáticas.

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

Folk en su esquema propuesto en 1959 y 1962 describe a las rocas carbonáticas basándose fundamentalmente en el análisis macroscópico y microscópico del tamaño de la micrita y esparita.

En las rocas carbonáticas, la clasificación de Folk (1959, 1962) depende principalmente de la composición, es decir, de las cantidades relativas de componentes ortoquímicos (matriz micrita y cemento esparita) y de los componentes aloquímicos (partículas o granos de carbonatos) que las constituyen (figura 24).

**Los componentes ortoquímicos:** Se encuentran formando las rocas carbonáticas como un sedimento inorgánico precipitado a partir del agua, estos componentes se forman en el interior de la cuenca de depositación o in situ. Son difíciles de identificar y no muestran un transporte significativo. Los componentes ortoquímicos se dividen en: micrita (calcita microcristalina) y esparita (espatocaliza o cemento; Folk, 1974).

- La *micrita* o calcita microcristalina es un agregado de cristales de carbonato de calcio de tamaño generalmente inferior a 4 micras de aragonito a calcita rica en Mg. Se asocia a la fracción fina o matriz de las rocas de carbonato y al componente de grano fino de los granos de carbonato (Flügel, 2004). La recristalización parcial de la micrita a esparita es considerada como microesparita, presenta cristales de tamaño entre 4 a 20 micras. La micrita en secciones delgadas se observa como una masa de color oscuro pardo (Folk, 1959).

- La *esparita* es un carbonato de calcio con tamaño mayor a 4 micras. Se encuentra relleno de las cavidades, poros y fracturas, generalmente se forma después al depósito del sedimento carbonatado. Para el crecimiento de cristales de carbonato en un espacio poroso intergranular o cavidades originales se debe utilizar exclusivamente el término *esparita* (cemento *esparítico*). El término *esparita* *neomórfica* o más comúnmente *pseudoesparita* se emplea para las *recristalizaciones* originadas a partir de carbonatos preexistentes (Arche, 2010).

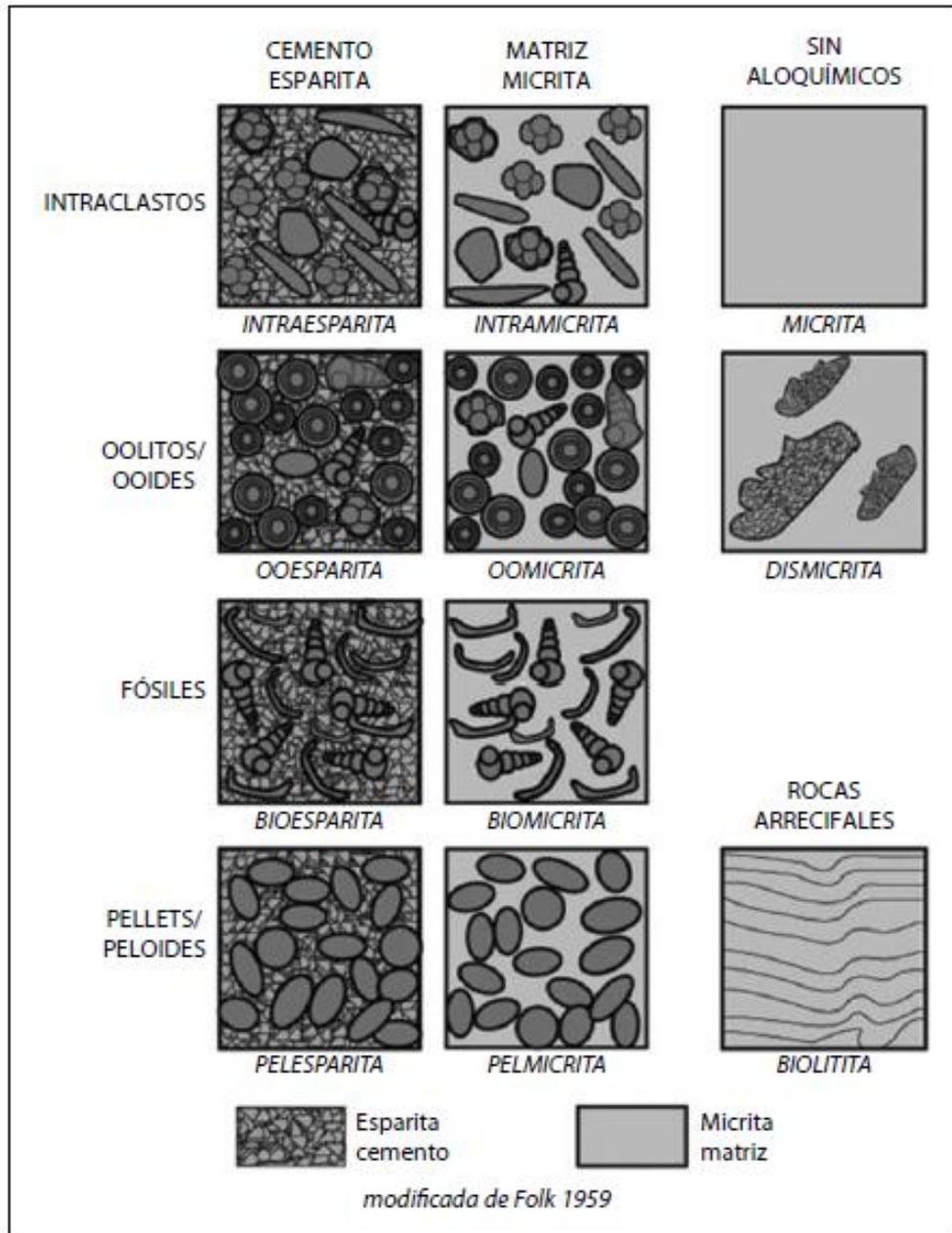
**Los componentes aloquímicos:** Son agregados organizados de sedimentos carbonatados que se hallan constituyendo a las rocas, estos son resultado de la solución y precipitación de sustancias a su posterior litificación, es decir que son a consecuencia de procesos inorgánicos. Se forman dentro de la cuenca de depósito (Folk, 1974).

Los principales componentes aloquímicos son: *intraclastos*, *ooides*, *bioclastos* y *peloides*.

- Los *intraclastos* son fragmentos de sedimento de carbonato reelaborados en el interior de la cuenca de deposición, son procedentes de procesos destructivos en sedimentos de la misma cuenca o cerca de ella; están compuestos de calcita microcristalina y pueden contener otros aloquímicos; la forma que presentan es variable, con frecuencia son redondeados. Su tamaño se extiende normalmente por encima de los 2 mm de diámetro y menos que algunos centímetros de diámetro. Denominados también *litoclastos*.
- Los *ooides* son granos de carbonato con una corteza de cristales de aragonito o calcita con alto contenido de Mg que se puede disponer en una o más láminas concéntricas regulares alrededor de un núcleo o en forma radial, este núcleo

puede ser habitualmente una partícula de carbonato o un grano de cuarzo (Wilkinson y Given, 1985; Scholle, 2003); la forma de estos granos es esférica o sub-esférica, con tamaño usualmente menor de 2 mm de diámetro. Los ooides con un tamaño mayor a 2 mm de diámetro son generalmente denominados como pisoides (Arche, 2010); además, los nombres de los ooides dependen de las laminaciones, cuando se desarrolla una sola lamina alrededor del núcleo se trata de un ooide superficial y cuando consisten en varios ooides pequeños envueltos por laminas concéntricas se denomina ooide compuesto.

- Los *bioclastos* (granos esqueléticos) son la concha de calcita o aragonito de organismos que han habitado contemporáneamente con los procesos de deposición, constituyen parte del sedimento. Existe una muy amplia diversidad de tipos de bioclastos, cada uno con su propia forma y textura (Luna, 2008).
- Los *peloides* son granos no esqueléticos, están constituidos por micrita o aragonito y carecen de una estructura interior; posiblemente tengan un origen fecal (pellets). Tienen una forma esférica, elipsoidal o angular de tamaño con un rango variable entre 0.1 y 0.5 mm de diámetro mayoritariamente. También pueden ser fragmentos esqueléticos u ooides micritizados (Arche, 2010).



**Figura 24.** Clasificación de las calizas basada en su composición según Folk (1959, 1962) (Arche, 2010).

Se utiliza como prefijo la abreviatura (*intra*, *oo*, *bio* y *pel*) según el aloquímico que domina, esta va seguida de los términos *micrita* o *esparita*, dependiendo de cuál sea el componente que los agrupa. Cuando dominan dos tipos de aloquímicos, estos términos pueden ser combinados (Arche, 2010).

Folk, en la clasificación de las rocas carbonatadas basada en su composición distingue otras categorías, que son:

- ***Dismicrita***, se refiere a una caliza micrítica con abundantes estructuras (cavidades rellenas de calcita esparítica). Son características de ambientes intermareales - supramareales.
- ***Biolitita***, referente a una roca caliza bioconstruida, es decir que está formada in situ por organismos. Estos organismos producen un armazón rígido. (Folk, 1959, 1962).

- **Clasificación de Dunham (1962)**

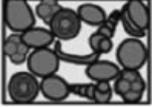
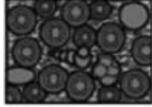
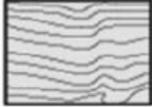
Fue ideada inicialmente por Robert J. Dunham en 1962 y modificado más tarde por Embry y Klovan en 1971 para incluir a los sedimentos orgánicamente ligados en el momento de la deposición.

Dunham (1962), clasifica a los carbonatos apoyándose en la textura dominante en la roca durante el proceso de la deposición, para ello considera principalmente el tamaño de grano; en el cual el lodo carbonático es menor a 20 micras y los granos carbonáticos mayores a 20 micras. Además, especifica cuál de estos dos componentes es más abundante en la roca caliza y los relaciona como indicativo de los niveles de energía conforme el tipo de material de soporte (figura 25).

Es importante que al momento de utilizar la clasificación de Dunham se determinen si las estructuras esqueléticas que componen la roca se construyeron o no durante la deposición.

- **Mudstone (lodolita calcárea):** Roca carbonatada compuesta principalmente por una textura con matriz soportada de lodo calcáreo; contiene un porcentaje de granos menores al 10% del volumen total de la roca. Su origen asume implicaciones de aguas tranquilas (baja energía) donde la producción de organismos es escasa. Se sugiere reemplazar el uso del término mudstone por calcimudstone (Wright, 1992).
- **Wackestone (caliza lodosa):** Se refiere a las rocas carbonáticas que comprenden una textura con más del 10% de granos con respecto al volumen total de la roca, soportados con matriz micrítica o lodo calcáreo. Debido a la poca energía del caudal dentro de la cuenca, algunos granos quedan en suspensión en el fluido y se depositan gradualmente (Dunham, 1962). Fueron designados como floatstone por Embry y Klovan (1971).
- **Packstone (caliza granular lodosa):** Se trata de rocas con una textura grano soportada y con matriz de lodo calcáreo, lo que indica que está compuesta por un porcentaje de granos mayores al 50% del volumen total de la roca. Estas rocas son depositadas en aguas agitadas (alta energía) y pueden resultar de la compactación y deshidratación de wackestones (Shinn y Robbin, 1983). Designados por Embry y Klovan (1971), como rudstone.
- **Grainstone (caliza granular):** Terminación incorporada por Dunham (1962), para referirse a las rocas con textura 100% soportadas por granos y que carecen de lodo calcáreo, es decir que es una roca sostenida con alóquenos y por lodo libre de carbonato. Se originan en ambientes de moderada a alta energía, donde los sedimentos previamente depositados pueden ser transportados por corrientes.

- **Boundstone (biolitita):** Los componentes originales se encuentran ligados durante la sedimentación debido a la acción de organismos bioconstructores (corales, algas rodoíceas, cianobacterias, etc.). Generalmente son depositadas en ambientes de alta energía, donde las corrientes pueden proporcionar nutrientes a los organismos, así como eliminar los productos de desecho.
- **Cristaline (cristalina):** Se refiere a los carbonatos cristalinos cuya textura deposicional no es reconocible. Esta textura es borrada generalmente por una dolomitización extensa.

Los componentes originales no estaban unidos en la sedimentación				Los componentes originales estaban unidos en la sedimentación. Crecimiento de material esquelético, laminación contraria a la gravedad, o cavidades con sedimento en el fondo y techo de materiales orgánico que son demasiado grandes para ser intersticios.
Contiene fango carbonático (partículas de tamaño arcilla y limo fino)		Sin fango carbonático		
Fango-soportada		Grano-soportada		
Menos del 10% de granos	Más del 10% de granos			
<b>Mudstone</b> 	<b>Wackestone</b> 	<b>Packstone</b> 	<b>Grainstone</b> 	
				<b>Boundstone</b> 

**Figura 25.** Clasificación de las calizas basada en su textura deposicional según Dunham, (1962) (Arche, 2010).

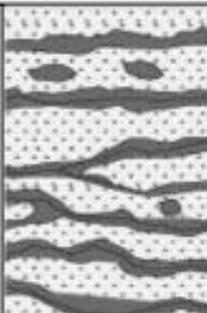
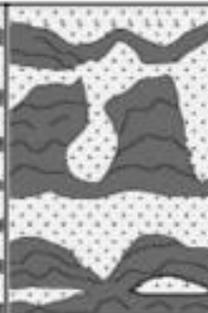
- **Clasificación de Embry y Klovan (1971)**

La clasificación propuesta por Embry y Klovan (1971), define a las calizas basándose en la granulometría. Intenta diferenciar a las calizas boundstone en tres categorías significativas (bafflestones, bindstones y framestones). Además, reconoce como tipos de rocas importantes a las calizas con tamaño de grano grueso (floatstone y rudstone). Este esquema es esencialmente una versión modificada y ampliada de la clasificación de Dunham (1962; figura 26).

Es necesario reconocer los dos tipos de calizas con tamaño de grano grueso, ya que las partículas mayores a 2 mm suelen ser los componentes más importantes para describir e interpretar rocas de acumulaciones orgánicas. Por otra parte, las categorías asignadas en las calizas boundstone implican una interpretación en cuanto al papel paleoecológico de los fósiles en la roca, debido a que existen varios tipos en que los organismos se unen a los sedimentos.

- **Floatstone:** Corresponde a una caliza con más del 10% en componentes mayores a 2 mm soportados por lodo, equivale a una wackestone. Las partículas mayores a 2 mm “flotan” en la matriz de grano más fino que forma la estructura.
- **Rudstone:** Pertenece a una caliza con más del 10% en componentes mayores a 2 mm soportados entre sí, es equivalente a una grainstone. Las partículas mayores de 2 mm forman la estructura de soporte.
- **Bafflestones:** Contienen organismos fósiles in situ en forma de tallo, atrapan el sedimento; actúan como deflectores durante la deposición de la caliza.
- **Bindstone:** Contienen organismos fósiles in situ, tabulares o lamelares que incrustan y unen sedimentos durante la deposición. La matriz es el soporte y los fósiles pueden formar tan poco como el 15% de los componentes de la roca.

- **Framestones:** Contienen organismos fósiles masivos in situ que construyeron una estructura rígida durante la deposición. Estos fósiles forman la estructura de soporte de la roca (Klement, 1967).

Alóctona		Autóctona		
Componentes originales no unidos orgánicamente durante la sedimentación		Componentes originales unidos orgánicamente durante la sedimentación		
>10% de granos > 2 mm				
matriz-soportada	soportada por componentes > 2 mm	Por organismos que actúan atrapando sedimento	Por organismos que incrustan y entierran sedimento	Por organismos que construyen un armazón rígido
Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone
				

**Figura 26.** Esquema de los diferentes tipos de calizas bioconstruidas reconocidas por Embry y Klovan (1971) (Arche, 2010).

## **Diagénesis de Rocas Carbonatadas**

La diagénesis de los carbonatos engloba todos los procesos post-sedimentarios químicos, físicos y biológicos y excluye a aquellos que suceden en condiciones metamórficas. Comienza inmediatamente después de la sedimentación, a temperaturas y presiones muy variables.

Respecto a las etapas diagenéticas en carbonatos, la diagénesis temprana incluye los procesos que suceden en superficie o a relativamente poca profundidad (Machel, 2005). La diagénesis de enterramiento puede subdividirse en dos etapas: enterramiento somero (desde cientos de metros hasta aproximadamente 2 kilómetros, < aproximadamente 80 °C) y enterramiento profundo (más de aproximadamente 2 kilómetros, > aproximadamente 80 °C). En la diagénesis de emersión tiene lugar la penetración de aguas meteóricas entre profundidades que oscilan unos cientos de metros y aproximadamente 1 - 2 kilómetros, esto sucede como consecuencia de la inversión tectónica de una cuenca sedimentaria (Arche, 2010).

Los principales procesos diagenéticos involucrados en el proceso de transformación de los sedimentos en rocas son los siguientes:

- **Micritización:** Es la alteración de los granos bioclásticos debido a la acción conjunta entre la erosión biológica y abrasión mecánica, dando lugar a cubiertas micríticas que van destruyendo la textura interna de las partículas. Chafetz (1986) y Shakeri (2012), han interpretado este proceso como producto de la actividad microbiana en el fondo marino. La micritización se considera típicamente como diagénesis temprana.
- **Cementación:** Es posiblemente el mayor proceso diagenético que se origina en las rocas carbonáticas, consiste en el crecimiento o precipitación de

minerales en los espacios vacíos, teniendo lugar donde hay una aportación significativa de agua intersticial saturado con respecto a la fase de cemento (Morse, 2003). Se produce a temperaturas bajas (diagénesis temprana y de emersión).

- **Recristalización:** Se refiere a un conjunto de procesos que transforman los minerales, transformaciones que ocurren infaliblemente en presencia de agua. En 1965, Folk propone el término neomorfismo, el cual describe procesos de reemplazamiento y recristalización donde puede haber un cambio de mineralogía. Proceso característico de una diagénesis temprana.
- **Compactación:** La compactación es la acumulación de procesos que reduce el volumen de los macizos y tiene dos formas: física y química (Flügel, 2010). Tiene lugar durante el enterramiento, debido al aumento de la presión efectiva. La compactación supone la expulsión progresiva de agua intersticial, dando como resultado un empaquetamiento más apretado de los granos revestidos, su fractura y la disolución eventual en el contacto.
- **Disolución:** Resultado del paso de aguas intersticiales subsaturadas con respecto a la fase de carbonato presente. La porosidad secundaria creada por disolución del carbonato es importante en algunos depósitos de hidrocarburos. Este es un proceso importante en ambientes diagenéticos meteóricos, casi superficiales y puede llevar a la formación de karst, pero también puede tener lugar en el fondo marino y durante el enterramiento profundo.
- **Dolomitización:** Proceso de alteración importante para muchas calizas y la dolomita, puede precipitarse en ambientes casi superficiales y de enterramiento.

## **Análisis Petrográfico de la caliza San Antonio**

En el área de estudio perteneciente a la caliza San Antonio, en la que hasta el momento no se ha emprendido muchos estudios en esta línea de la petrografía han sido identificados tres tipos principales de rocas, siendo estas *Packstone*, *Wackestone* y *Mudstone o Lodolita calcárea* (tabla 14).

Los principales procesos que condicionaron la evolución diagenética fueron: *micritización, cementación, recristalización, disolución y compactación*. La secuencia de eventos diagenéticos sugiere la ocurrencia de al menos tres ambientes diagenéticos diferentes: *marino, meteórico y de enterramiento*.

### 2.2.1 Afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1)

En el afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1) se analizaron calizas en dos secciones delgadas (MSA - 1 y MSA - 2) en base a sus principales componentes ortoquímicos y aloquímicos.

Petrográficamente, las muestras de caliza MSA - 1 y MSA - 2 son similares, de grano grueso a muy fino, moderadamente clasificada, redondez subangular a subredondeada y empaquetamiento con contacto puntual a tangencial. El total de componentes ortoquímicos de la caliza es 40% y el de los aloquímicos es 60%. Estas calizas son clasificadas según Folk (1959, 1962), de acuerdo a su composición como *Bioesparita* y texturalmente *Packstone* por Dunham (1962; tabla 5).

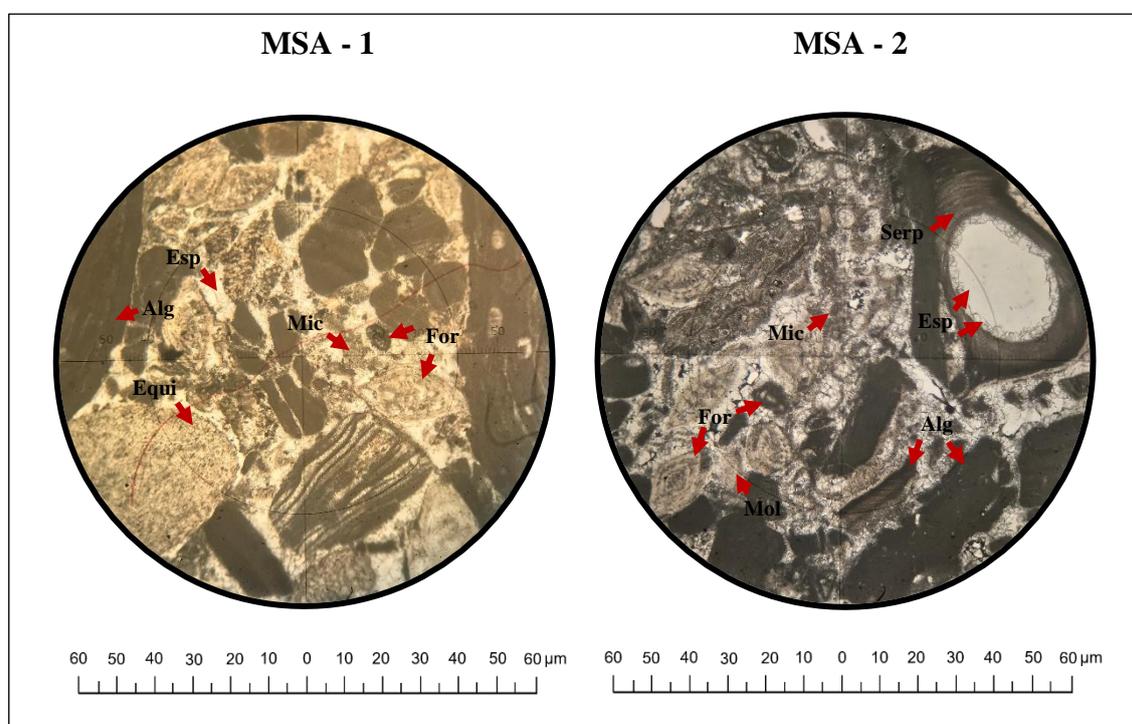
Entre los componentes ortoquímicos de las calizas del afloramiento San Antonio 1, predomina el cemento esparita (70%) sobre el contenido de micrita (30%). Los componentes aloquímicos de las calizas son generalmente bioclastos en un 100%; están constituidos por algas (40% y 45%), foraminíferos (30%), restos de moluscos (10%), placas de equinodermos (10%), briozoos (10% y 3%) y serpulidos (NI y 2%; figura 27).

Dentro de los procesos diagenéticos, el cemento que rellena los espacios intergranulares e intragranulares, se asocia con una recristalización agradante, que consiste en la transformación de micrita a microesparita o calcita recristalizada. La cementación es de tipo granular, drúsica (figura 28A) y fibrosa (figura 28B). Algunos bioclastos o fragmentos presentan cubiertas micríticas (figura 28C) y cámaras rellenas con microesparita, especialmente los granos de foraminíferos (figura 28D).

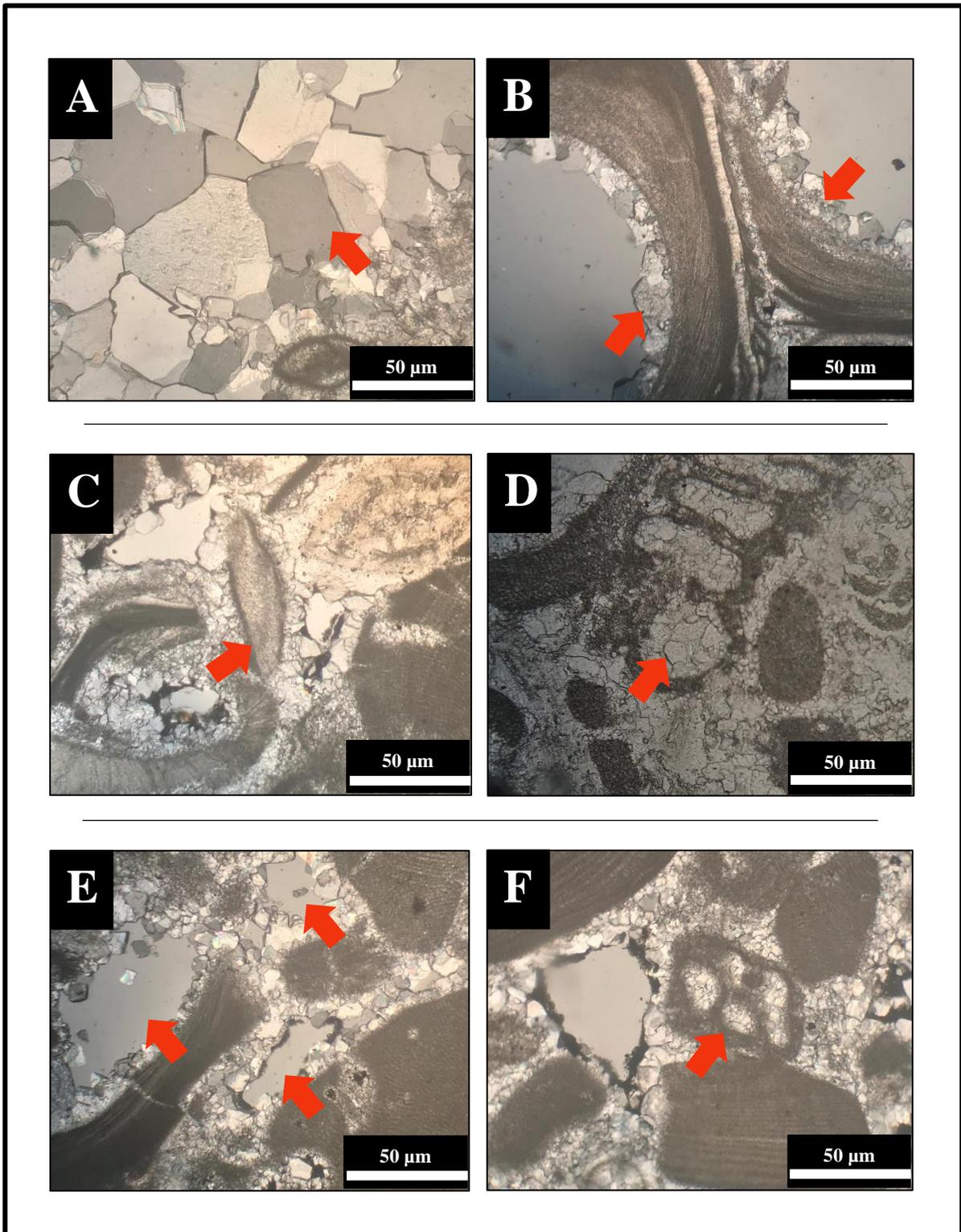
Por disolución, se ha generado porosidad secundaria de tipo vugs, generalmente rellena por cemento (figura 28E). Además, se observó vacíos llenos con carbonato en los fragmentos de algas (figura 28F).

**Tabla 5.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 1 son: 70% esparita, 30% micrita y 100% bioclastos. Estas calizas son clasificadas como Bioesparita Folk (1959, 1962), y Packstone Dunham (1962).

		CONSTITUYENTES	MUESTRAS	
			MSA - 1	MSA - 2
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	40%	Micrita	30%	30%
		Esparita	70%	70%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	60%	Bioclastos	100%	100%
		Intraclastos	NI	NI
		Peloides	NI	NI
		Ooides	NI	NI
<b>Tipo De Roca</b>		Folk (1959, 1962).	Bioesparita	Bioesparita
		Dunham (1962).	Packstone	Packstone



**Figura 27.** Secciones delgadas de las calizas (MSA - 1 y MSA - 2) del afloramiento ASA - 1. Los constituyentes corresponden a 70% esparita (Esp), 30% micrita (Mic), 40% - 45% algas (Alg), 30% foraminíferos (For), 10% restos de moluscos (Mol), 10% placas de equinodermos (Equi), 10% - 3% briozoos (Bri) y NI - 2% serpulidos (Serp). Fotomicrografías en NP.



**Figura 28.** Fotomicrografía de las secciones delgadas de la caliza del afloramiento (ASA - 1). **A:** Cemento granular y drúsico. NP. **B:** Cemento fibroso recubriendo pared interna de serpulidos. NP. **C:** Fragmento de bioclastos con cubierta micrítica. NP. **D:** Foraminífero bentónico con porosidad intragranular rellena por cemento de microesparita. NP. **E:** Porosidad vugs. NC. **F:** Vacíos llenos de carbonato en fragmentos oscuros de algas incrustantes. NP.

### 2.2.2 Afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2)

En el afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2) se analizaron calizas en siete secciones delgadas (MSA - 3, MSA - 4, MSA - 5, MSA - 6, MSA - 7, MSA - 8 y MSA - 9) en base a sus principales componentes ortoquímicos y aloquímicos.

Petrográficamente, las calizas MSA - 3 y MSA - 4 son similares, de grano grueso a muy fino, moderadamente clasificada, redondez subangular a subredondeada y empaquetamiento con contacto puntual a tangencial. Ambas muestras presentan un total de 40% de componentes ortoquímicos y un total de 60% de componentes aloquímicos. Estas calizas corresponden a *Bioesparita* según la clasificación de Folk (1959, 1962), o *Packstone* según Dunham (1962; tabla 6).

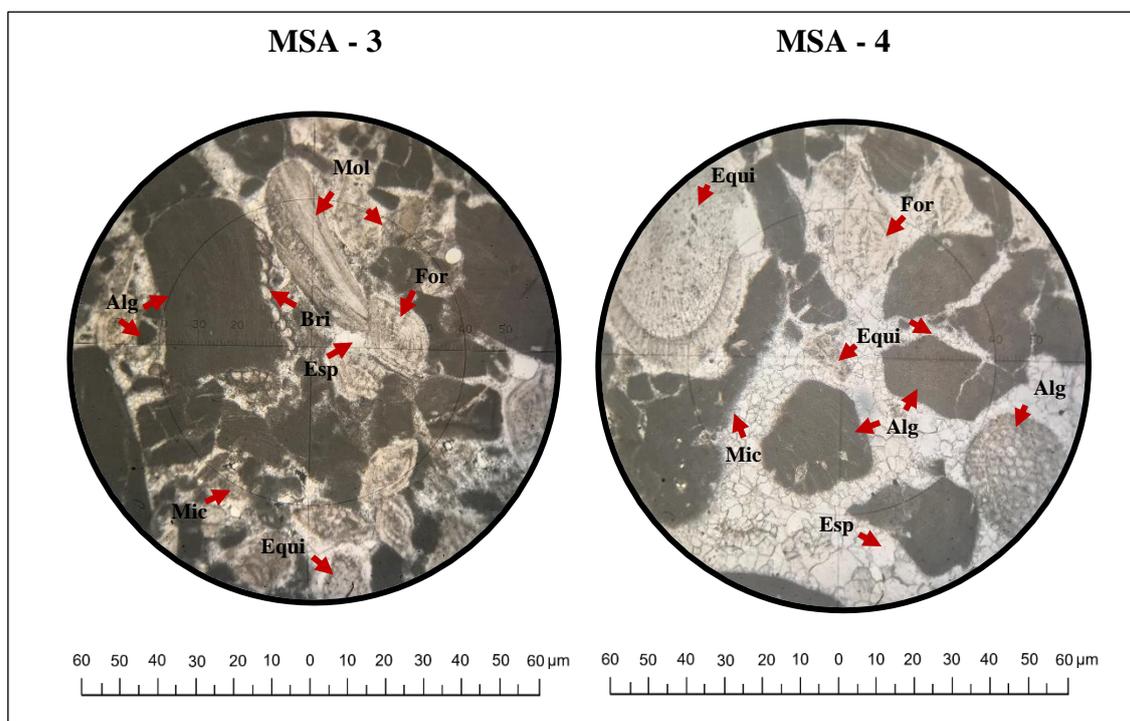
Los componentes ortoquímicos de las muestras de calizas MSA - 3 y MSA - 4 están representados por una abundancia de esparita (70% y 80%) sobre el contenido de micrita (30% y 20%); mientras que los componentes aloquímicos están representados principalmente por bioclastos (100%). Los bioclastos son algas (40% y 45%), foraminíferos (35%), restos de moluscos (10% y 12%), placas de equinodermos (10% y 5%), y briozoos (5% y 3%; figura 29).

Dentro de los procesos diagenéticos, la cementación es de tipo granular y drúsico (figura 33A), presente en porosidad inter e intragranular producto de una recristalización de matriz micrítica a microesparita con textura en mosaico xenotópico.

Las paredes de algunas cavidades de disolución (vugs) están recubiertas con cristales de microesparita fibroso e isópaco. También las cavidades presentan un relleno parcial a completo de esta solución (figura 33B). En el interior de algunas algas calcáreas se identificaron vacíos o perforaciones rellenas con cemento calcáreo (figura 33C).

**Tabla 6.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 2 son: 70% - 80% esparita, 30% - 20% micrita y 100% bioclastos. Estas calizas son clasificadas como Bioesparita Folk (1959, 1962), y Packstone Dunham (1962).

		CONSTITUYENTES	MUESTRAS	
			MSA - 3	MSA - 4
Componentes Ortoquímicos	40%	Micrita	30%	20%
		Esparita	70%	80%
Componentes Aloquímicos	60%	Bioclastos	100%	100%
		Intraclastos	NI	NI
		Peloides	NI	NI
		Ooides	NI	NI
Tipo De Roca		Folk (1959, 1962).	Bioesparita	Bioesparita
		Dunham (1962).	Packstone	Packstone



**Figura 29.** Secciones delgadas de las calizas (MSA - 3 y MSA - 4) del afloramiento ASA - 2. Los constituyentes corresponden a 70% - 80% esparita (Esp), 30% - 20% micrita (Mic), 40% - 45% algas (Alg), 35% foraminíferos (For), 10% - 12% restos de moluscos (Mol) 10% - 5% placas de equinodermos (Equi) y 5% - 3% briozoos (Bri). Fotomicrografías en NP.

Petrográficamente, la muestra de caliza MSA - 5 es de grano grueso a muy fino, moderadamente clasificada, redondez subangular a subredondeada, empaquetamiento flotante a tangencial. La caliza MSA - 6 es de grano fino a muy fino, pobremente clasificada, forma subangular, empaquetamiento flotante a tangencial. Los componentes ortoquímicos se encuentran representando el 40% y 90%; mientras que los componentes aloquímicos establecen el 60% y 10% de las muestras, respectivamente (tabla 7).

Estas calizas pertenecientes al afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2) corresponden composicionalmente a *Bioesparita* y *Esparita* según la clasificación de Folk (1959, 1962), o *Packstone* y *Mudstone* o *Lodolita calcárea* según la clasificación textural de Dunham (1962; tabla 7).

La caliza MSA - 5 está constituida por componentes ortoquímicos que comprende cemento esparita (90%) y micrita (10%). Los componentes aloquímicos se encuentran dominados por bioclastos (100%); el grupo de los bioclastos está formado por algas (50%), foraminíferos (30%) y restos de moluscos (20%; figura 30).

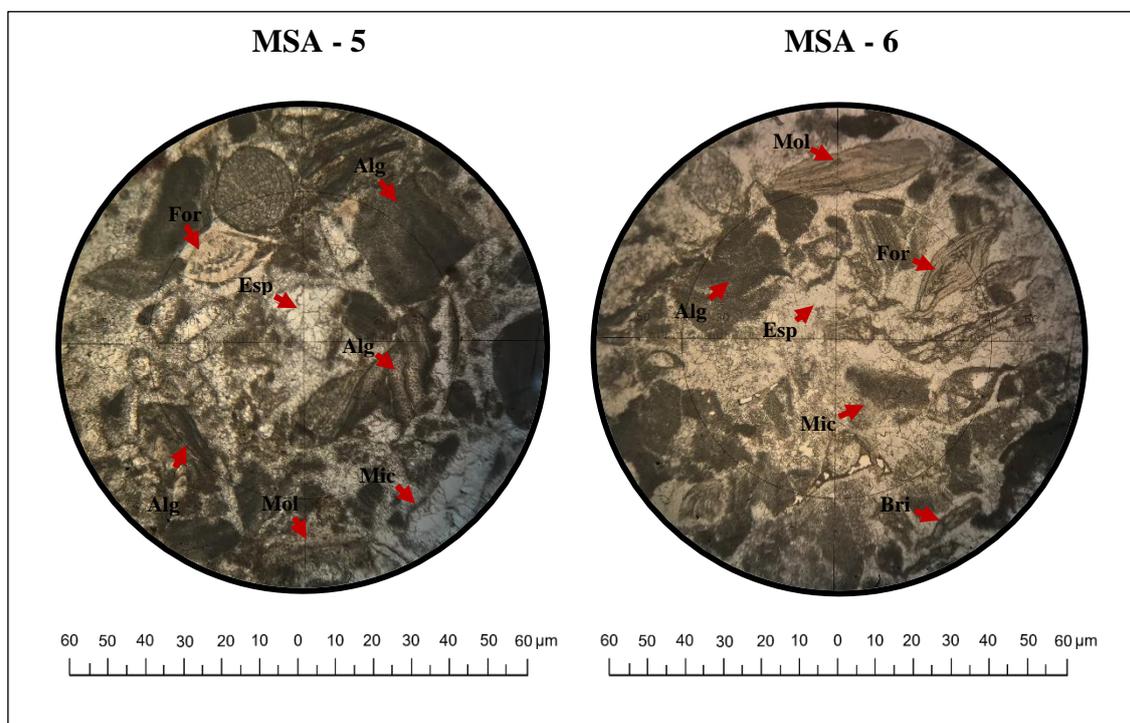
La caliza MSA - 6 comprende componentes ortoquímicos con mayor contenido de cemento de esparita (80%) en comparación con la matriz micrítica (20%). Los componentes aloquímicos están representados por bioclastos (100%); entre ellos algas (50%), foraminíferos (40%), restos de moluscos (8%) y briozoos (2%; figura 29).

Dentro de los procesos diagenéticos identificados, la calcita recristalizada dentro de porosidad presenta cementación de tipo granular y drúsica. Producto del proceso de disolución se identificó porosidad vugs y moldica (figura 33D).

Algunos fragmentos de bioclastos presentan cubiertas micríticas (figura 33D), además de que algunas cámaras esqueléticas contienen pequeñas cantidades de matriz micrítica.

**Tabla 7.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 2 son: 90% - 80% esparita, 10% - 20% micrita y 100% bioclastos. Estas calizas son clasificadas como Bioesparita y Esparita Folk (1959, 1962), o Packstone y Mudstone o Lodolita calcárea (Dunham, 1962).

			MUESTRAS		
					MSA - 5
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	40 %	90%	Micrita	10%	20%
		90%	Esparita	90%	80%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	60%	10%	Bioclastos	100%	100%
			Intraclastos	NI	NI
			Peloides	NI	NI
			Ooides	NI	NI
<b>Tipo De Roca</b>			Folk (1959, 1962).	Bioesparita	Esparita
			Dunham (1962).	Packstone	Mudstone



**Figura 30.** Secciones delgadas de las calizas (MSA - 5 y MSA - 6) del afloramiento ASA -2. Los constituyentes corresponden a 90% - 80% esparita (Esp), 10% - 20% micrita (Mic), 50% algas (Alg), 30% - 40% foraminíferos (For), 20% - 8% restos de moluscos (Mol) y NI - 2% brioos (Bri). Fotomicrografías en NP.

Petrográficamente, la caliza MSA - 7 de grano fino a muy fino, clasificación pobre, redondez subangular, empaquetamiento flotante a tangencial; presenta un total de componentes ortoquímicos de 90% y componentes aloquímicos de 10%. La caliza MSA - 8 es de grano medio a muy fino, moderadamente clasificada, forma subangular a subredondeada, empaquetamiento flotante a tangencial; los componentes ortoquímicos y aloquímicos que la constituyen representan el 30% y 70%, respectivamente. Estas calizas corresponden composicionalmente a *Esparita* y *Bioesparita* según la clasificación de Folk (1959, 1962), y *Mudstone* o *Lodolita Calcárea* y *Wackestone* según la clasificación textural de Dunham (1962; tabla 8).

La caliza MSA - 7 contiene componentes ortoquímicos que comprende esparita (80%) que se observa en mayor cantidad con respecto a la matriz micrítica (20%). Los aloquímicos se encuentran dominados por bioclastos (100%) como son algas (50%) y foraminíferos (45) y restos de moluscos (5%; figura 31).

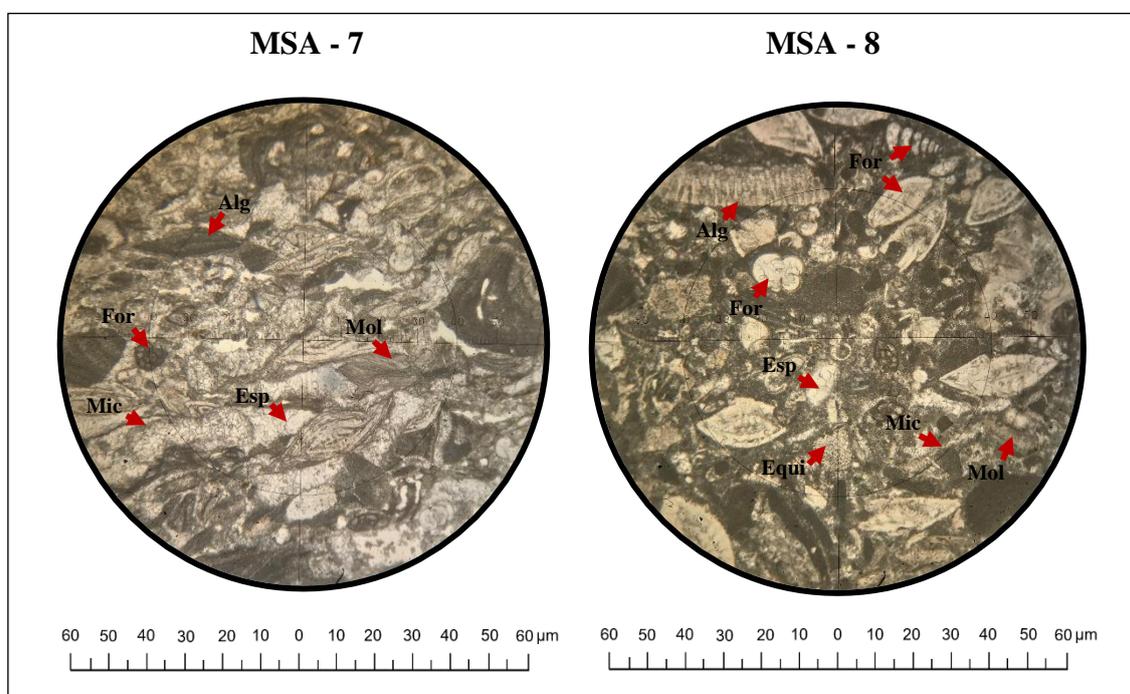
La MSA - 8 contiene cemento esparita (70%) en comparación a la micrita (30%) en lo que pertenece a los componentes ortoquímicos. Dentro de los componentes aloquímicos de las calizas se observó bioclastos (100%); entre los bioclastos predominan las algas (40%), foraminíferos (35%), restos de moluscos (10%), placa de equinodermos (10%) y briozoos (5%; figura 30).

La diagénesis constituye una porosidad intergranular e intragranular, en la que tiene lugar una cementación de tipo granular y drúsica, relacionada con una recristalización. Se observó fragmentos delgados y alargados de granos bioclásticos, que se interpreta como un efecto de la compactación mecánica (figura 33E).

Las cavidades identificadas contienen cemento fibroso. Además, algunos granos esqueléticos contienen cubiertas y pequeñas cantidades de micrita sobre estos.

**Tabla 8.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 2 son: 80% - 70% esparita, 20% - 30% micrita y 100% bioclastos. Las calizas son clasificadas como Esparita y Bioesparita Folk (1959, 1962), Mudstone o Lodolita calcárea y Wackestone Dunham (1962).

			MUESTRAS		
					MSA - 7
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	90%	30%	Micrita	20%	30%
			Esparita	80%	70%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	10%	70%	Bioclastos	100%	100%
			Intraclastos	NI	NI
			Peloides	NI	NI
			Ooides	NI	NI
<b>Tipo De Roca</b>			Folk (1959, 1962).	Esparita	Bioesparita
			Dunham (1962).	Mudstone	Wackestone



**Figura 31.** Secciones delgadas de las calizas (MSA - 7 y MSA - 8) del afloramiento ASA - 2. Los constituyentes corresponden a 80% - 70% esparita (Esp), 20% - 30% micrita (Mic), 50% - 40% algas (Alg), 45% - 35% foraminíferos (For), 5% - 10% restos de moluscos (Mol), NI - 10% placa de equinodermos (Equi) y NI - 5% briozoos (Bri). Fotomicrografías en NP.

Petrográficamente, la muestra de caliza MSA - 9 es de grano grueso a muy fino, moderadamente clasificada, redondez subangular a subredondeada y empaquetamiento con contacto puntual a flotante; el contenido total de componentes ortoquímicos es de 45% y el total de componentes aloquímicos es de 55%. Esta caliza es clasificada según Folk (1959, 1962), principalmente por su composición como *Bioesparita* y texturalmente *Packstone* por Dunham (1962; tabla 9).

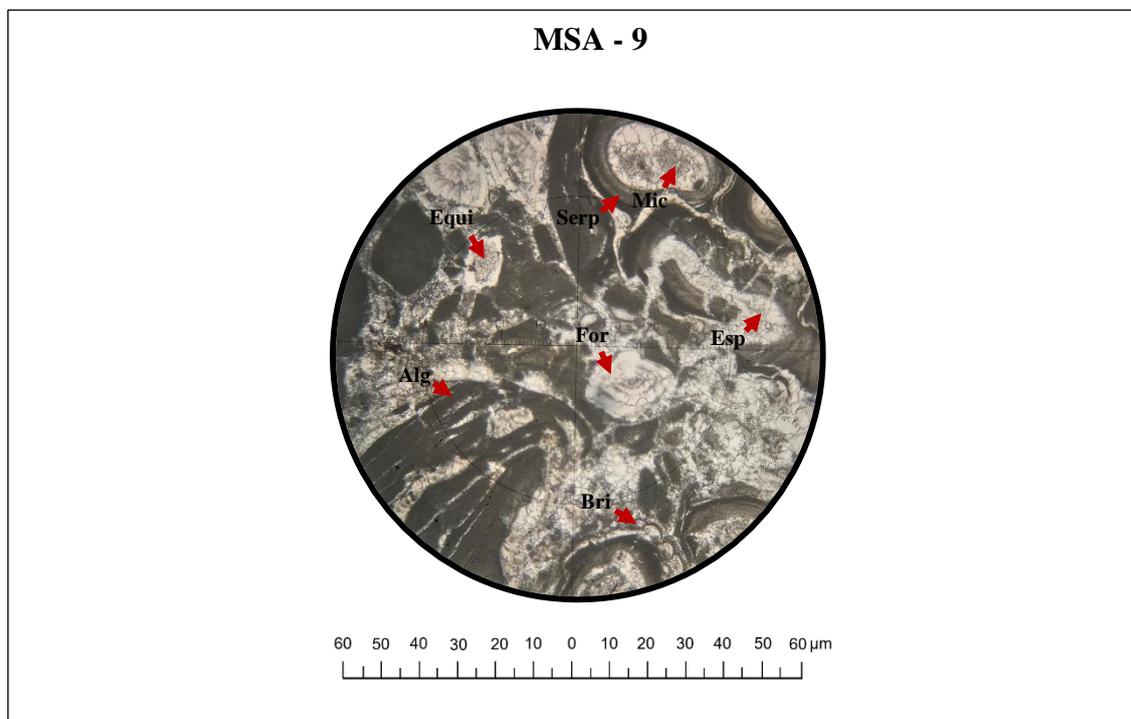
Dentro de los componentes ortoquímicos de las calizas, el cemento de esparita (80%) que rellena los poros entre los granos es mayor en comparación con la matriz de micrita (20%) presente en la muestra. Los componentes aloquímicos lo constituyen los bioclastos (100%), entre los cuales se observó la presencia de algas (45%), foraminíferos (35%), placa de equinodermos (10%), briozoos (5%) y serpulidos (5%; figura 32).

Los procesos diagenéticos definidos corresponden a una recristalización de micrita a microesparita, la misma que se encuentra relleno de porosidades de tipo intergranular, intragranular y vugs con un cemento granular y drúsico. Además, las paredes internas de la porosidad vugs presentan una cementación fibrosa e isópaca.

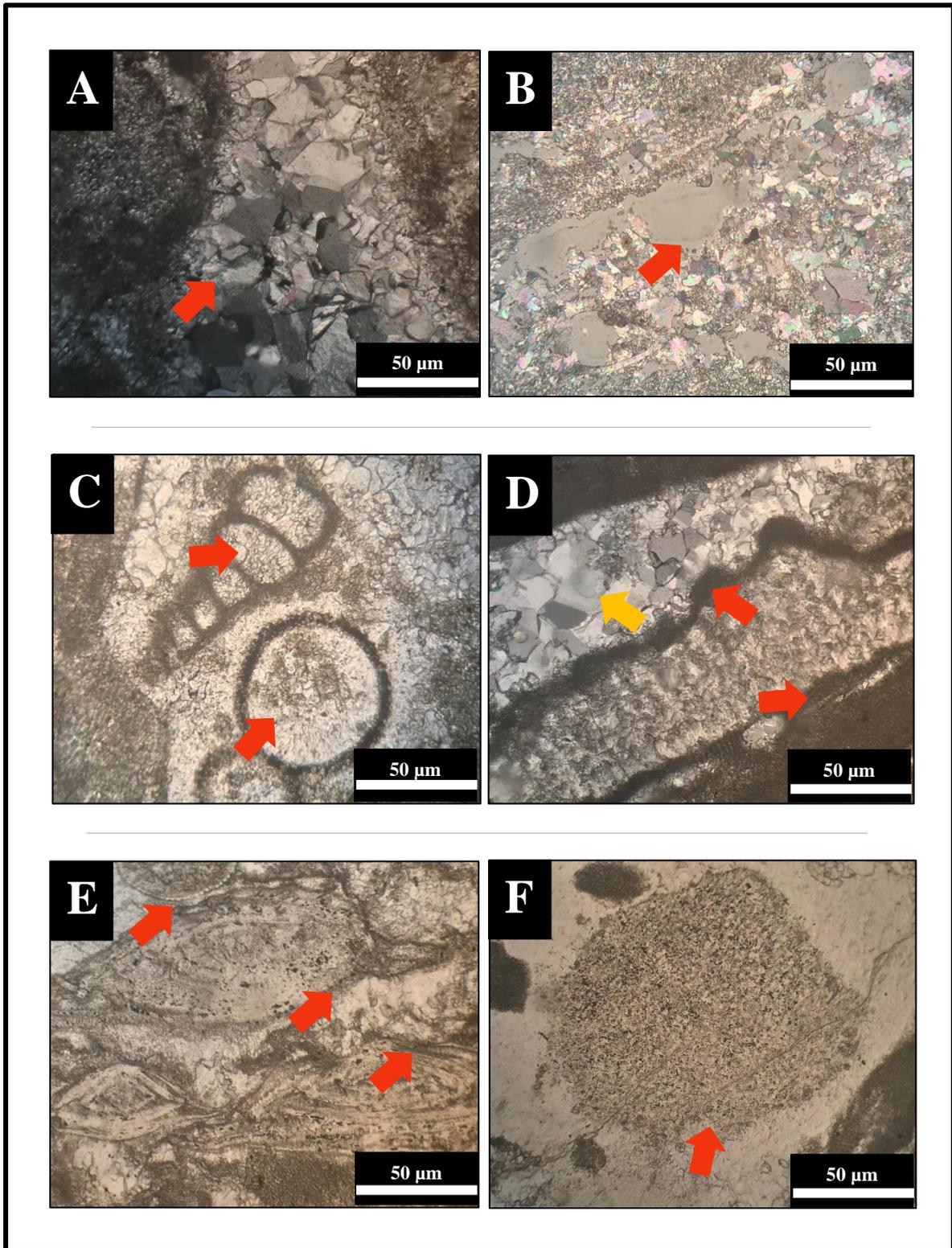
Ciertos granos de bioclastos, especialmente las placas de equinodermos son cubiertos por cemento syntaxial (figura 33F). Este cemento se identificó relleno de los espacios intergranulares parcialmente.

**Tabla 9.** El porcentaje de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la caliza del afloramiento ASA - 2 es: 80% esparita, 20% micrita y 100% bioclastos. Las calizas son clasificadas como Bioesparita Folk (1959, 1962), y Packstone Dunham (1962).

		CONSTITUYENTES	MUESTRAS
			MSA - 9
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	45%	Micrita	20%
		Esparita	80%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	55%	Bioclastos	100%
		Intraclastos	NI
		Peloides	NI
		Ooides	NI
<b>Tipo De Roca</b>		Folk (1959, 1962).	Bioesparita
		Dunham (1962).	Packstone



**Figura 32.** Sección delgada de la caliza (MSA - 9) del afloramiento ASA - 2. Los constituyentes corresponden a 80% esparita (Esp), 20% micrita (Mic), 45% algas (Alg), 35% foraminíferos (For), 10% placa de equinodermos (Equi), 5% briozoos (Bri) y 5% serpulidos (Serp). Fotomicrografía en NP.



**Figura 33.** Fotomicrografía de las secciones delgadas de la caliza del afloramiento (ASA - 2). **A:** Cementación drúsica en porosidad intergranular. NC. **B:** Porosidad tipo vugs, rellena con cemento microesparita. NC. **C:** Porosidad intragranular de foraminíferos rellena con cementación de microesparita. NP. **D:** Alga calcárea con desarrollo de cubierta micrítica, esta se rellena con cemento, producto de la micritización, disolución y precipitación. Porosidad moldica (flecha amarilla). NC. **E:** Evidencia de compactación. NP. **F:** Placa de equinodermo con crecimiento de cemento syntaxial. NP.

### 2.2.3 Afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3)

En el afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3) se analizaron calizas en tres secciones delgadas (MSA - 10, MSA - 11 y MSA - 12) en base a sus principales componentes ortoquímicos y aloquímicos.

Petrográficamente, las muestras de caliza MSA - 10 y MSA - 11 son similares, de grano grueso a muy fino, moderadamente clasificada, redondez subangular a subredondeada y empaquetamiento con contacto puntual a tangencial. El total de componentes ortoquímicos de la caliza es 40% y el total de componentes aloquímicos es 60%. Estas calizas son clasificadas según Folk (1959, 1962), de acuerdo a su composición como *Bioesparita* y texturalmente *Packstone* por Dunham (1962; tabla 10).

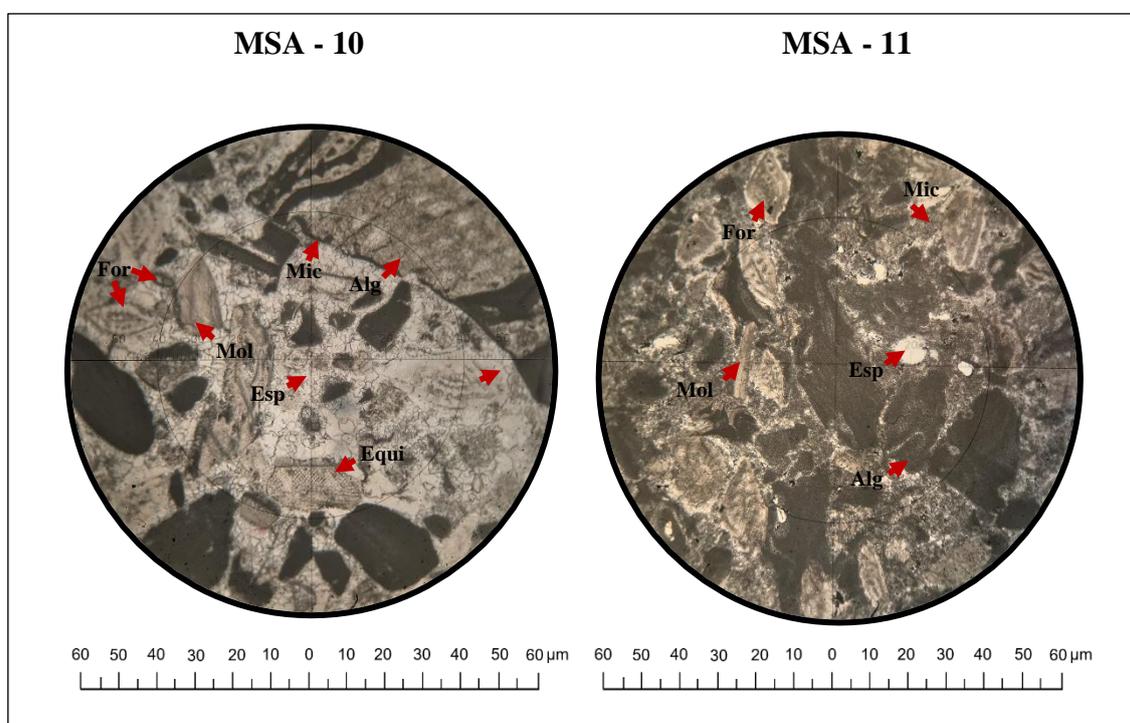
Entre los componentes ortoquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 3, el cemento esparita representa el (80% y 60%) en comparación con el contenido de matriz micrítica (20% y 40%). Los componentes aloquímicos de las calizas son bioclastos en un 100%; correspondientes a algas (45% y 60%), foraminíferos (30%), restos de moluscos (10% y 5%), placa de equinodermos (10% y 5%) y briozoos (5% y NI; figura 34).

Dentro de los procesos diagenéticos, la microesparita, se debe a una recristalización y se encuentra relleno de los espacios o poros entre los granos, lo que se relaciona con una cementación de tipo granular (figura 36A), al igual que sucede con los espacios intragranulares (figura 36B); también se observa cementación fibrosa o isópaca alrededor de porosidad de tipo vugs (por disolución; figura 36C).

Otro proceso identificado es la presencia de micritización en fragmentos de granos bioclásticos (figura 36D). También, vacíos sobre los fragmentos de algas calcáreas (figura 36E).

**Tabla 10.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 3 son: 80% - 60% esparita, 20% - 40% micrita y 100% bioclastos. Las calizas son clasificadas como Bioesparita Folk (1959, 1962), o Packstone Dunham (1962).

		CONSTITUYENTES	MUESTRAS	
			MSA - 10	MSA - 11
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	40%	Micrita	20%	40%
		Esparita	80%	60%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	60%	Bioclastos	100%	100%
		Intraclastos	NI	NI
		Peloides	NI	NI
		Ooides	NI	NI
<b>Tipo De Roca</b>		Folk (1959, 1962).	Bioesparita	Bioesparita
		Dunham (1962).	Packstone	Packstone



**Figura 34.** Secciones delgadas de las calizas (MSA - 10 y MSA - 11) del afloramiento ASA - 3. Los constituyentes corresponden a 80% - 60% esparita (Esp), 20% - 40% micrita (Mic), 45% - 60% algas (Alg), 30% foraminíferos (For), 10% - 5% restos de moluscos (Mol), 10 - 5% placa de equinodermos (Equi) y 5% y NI briozoos (Bri). Fotomicrografías en NP.

Petrográficamente, la muestra de caliza MSA - 12 es de grano grueso a muy fino, moderadamente clasificada, redondez subangular a subredondeada y empaquetamiento con contacto puntual a tangencial. El total de componentes ortoquímicos de la caliza es 40% y el total de componentes aloquímicos es 60%. Esta caliza es clasificada según Folk (1959, 1962), de acuerdo a su composición como *Bioesparita* y texturalmente *Packstone* por Dunham (1962; tabla 11)

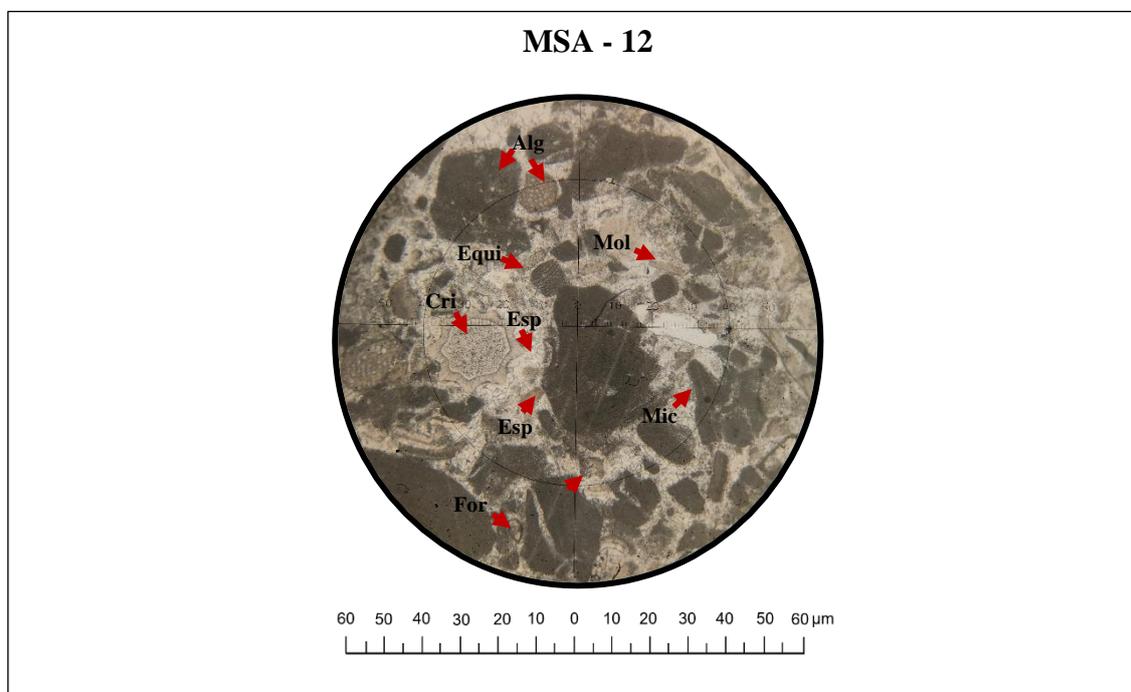
Los componentes ortoquímicos de la caliza MSA - 12 del afloramiento ASA - 3 están representados por una diferencia de cemento esparita (80%) con respecto a la matriz micrítica (20%); los componentes aloquímicos están representados por granos bioclásticos en un 100%; estos bioclastos lo constituyen algas (40%), foraminíferos (35%), restos de moluscos (10%), placa de equinodermos (10%) y briozoos (5%; figura 35).

El proceso diagenético identificado corresponde a una porosidad intergranular e intragranular, en la cual se ha observado cementación de microesparita granular y drúsica. Los granos bioclásticos aparecen con micrita alrededor de ellos, lo que se relaciona con el proceso de micritización. Mediante el proceso de disolución se ha creado porosidad de tipo vugs, rellena total o parcialmente con cemento granular, fibroso e isópaco.

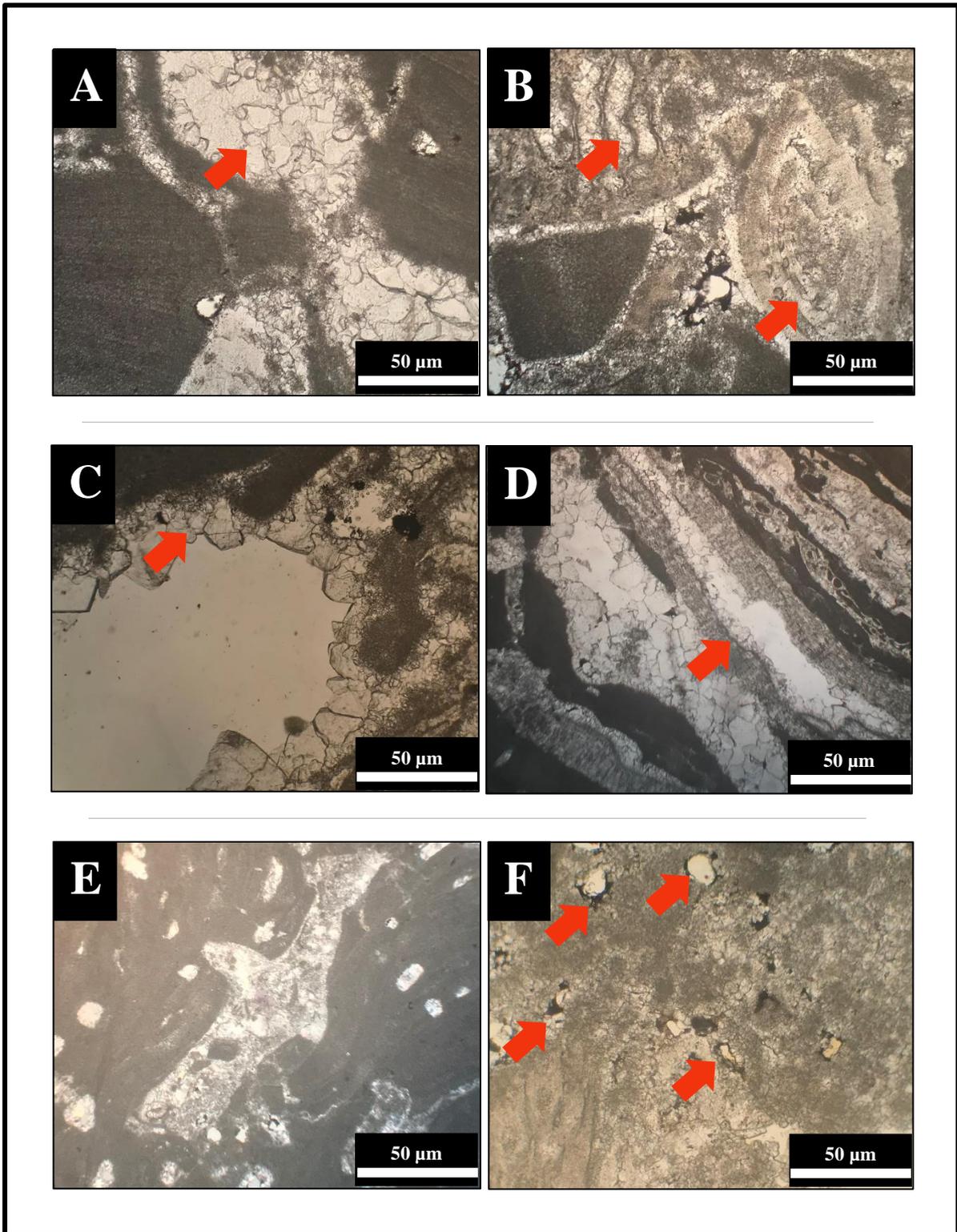
Adicional a estos procesos, algunas bioturbaciones identificadas se encuentran rellenas parcialmente con cemento de carbonato (figura 36F).

**Tabla 11.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 3 son: 80% esparita, 20% micrita y 100% bioclastos. La caliza es clasificada como Bioesparita Folk (1959, 1962), o Packstone Dunham (1962).

		CONSTITUYENTES	MUESTRAS
			MSA - 12
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	40%	Micrita	20%
		Esparita	80%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	60%	Bioclastos	100%
		Intraclastos	NI
		Peloides	NI
		Ooides	NI
<b>Tipo De Roca</b>		Folk (1959, 1962).	Bioesparita
		Dunham (1962).	Packstone



**Figura 35.** Sección delgada de la caliza (MSA - 12) del afloramiento ASA - 3. Los constituyentes corresponden a 80% esparita (Esp), 20% micrita (Mic), 40% algas (Alg), 35% foraminíferos (For), 10% restos de moluscos (Mol), 10% placa de equinodermos (Equi) y 5% briozoos(Bri). Fotomicrografía en NP.



**Figura 36.** Fotomicrografía de las secciones delgadas de la caliza del afloramiento (ASA - 3). **A:** Microesparita granular o drúscica entre fragmentos de algas calcáreas. NP. **B:** Microesparita relleno de cámaras de granos esqueléticos. NP. **C:** Microesparita fibrosa e isópaca recubriendo paredes de porosidad tipo vugs. NP. **D:** Micritización alrededor de alga calcárea, posterior recristalización. NP. **E:** Vacíos rellenos de calcita sobre fragmentos de algas. NP. **F:** Bioturbación con relleno parcial de cemento. NP.

#### 2.2.4 Afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4)

En el afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4) se analizaron calizas en tres secciones delgadas (MSA - 13, MSA - 14 y MSA - 15) en base a sus principales componentes ortoquímicos y aloquímicos.

Petrográficamente, la muestra de caliza MSA - 13 es de grano grueso a muy fino, moderadamente clasificada, redondez subangular y de empaquetamiento con contacto puntual a tangencial. La muestra MSA - 14 es de grano fino a muy fino, clasificación pobre, redondez subangular a subredondeada, empaquetamiento con contacto flotante. El total de componentes ortoquímicos de estas calizas es 40% y 90% y el total de componentes aloquímicos es de 60% y 10%. Estas calizas son clasificadas según Folk, (1959, 1962), de acuerdo a su composición como *Bioesparita* y *Esparita* o texturalmente *Packstone* y *Mudstone* o *Lodolita calcárea* por Dunham (1962; tabla 12).

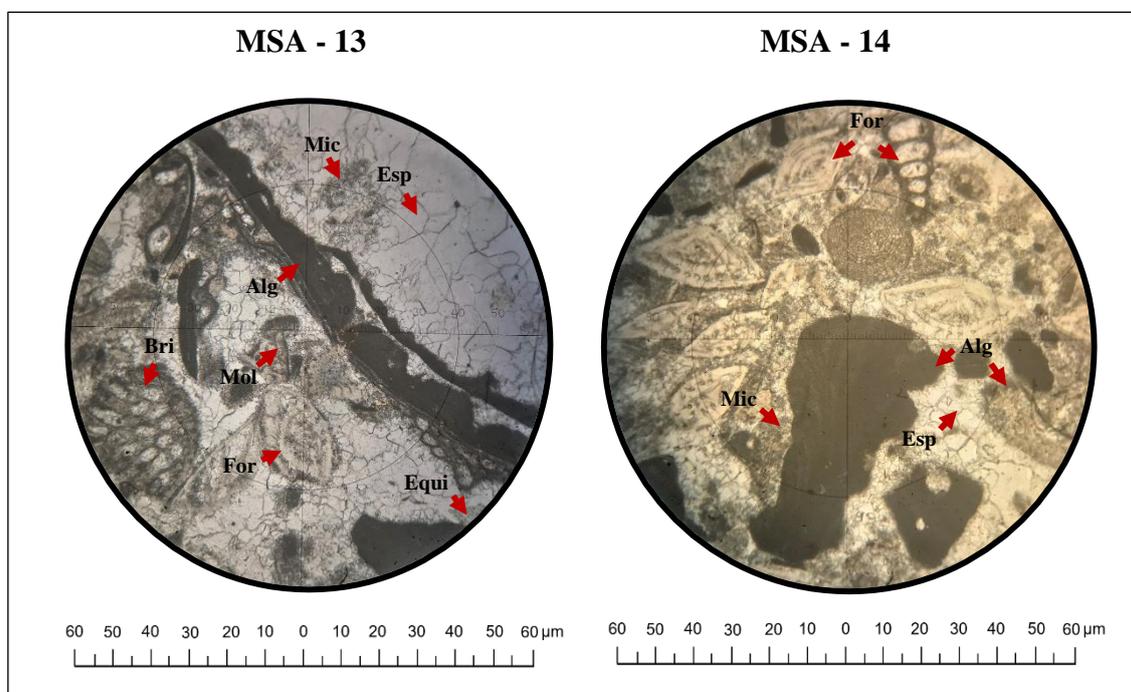
Entre los componentes ortoquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 4, predomina el cemento esparita (80%) sobre el contenido de micrita (20%). Los componentes aloquímicos de las calizas son bioclastos (100%). Los bioclastos están constituidos por algas (45% y 50%), foraminíferos (40% y 30%), restos de moluscos (2% y 10%), placa de equinodermos (3% y 10%) y briozoos (10% y NI; figura 37).

Dentro de los procesos diagenéticos identificados, la micrita se transformó a microesparita mediante el proceso de recristalización, esta microesparita rellena los espacios o poros dentro y entre los granos, con cementación de tipo drúsica y granular (figura 39A y 39B). Se observó micritización (figura 39C) y recristalización (figura 39D), principalmente en bioclastos de algas calcáreas, previo a una disolución de las mismas.

Los granos de equinodermos presentan desarrollo de cemento syntaxial (figura 39E). También, se observaron cavidades (vugs).

**Tabla 12.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de las calizas del afloramiento ASA - 4 son: 80% esparita, 20% micrita y 100% bioclastos. Las calizas son clasificadas como Bioesparita y Esparita Folk (1959, 1962), o Packstone y Mudstone o Lodolita calcárea Dunham (1962).

			MUESTRAS		
					MSA - 13
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	40%	90%	Micrita	20%	20%
			Esparita	80%	80%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	60%	10%	Bioclastos	100%	100%
			Intraclastos	NI	NI
			Peloides	NI	NI
			Ooides	NI	NI
<b>Tipo De Roca</b>			Folk (1959, 1962).	Bioesparita	Esparita
			Dunham (1962).	Packstone	Mudstone



**Figura 37.** Secciones delgadas de las calizas (MSA - 13 y MSA - 14) del afloramiento ASA - 4. Los constituyentes corresponden a 80% esparita (Esp), 20% micrita (Mic), 45% - 50% algas (Alg), 40% - 30 foraminíferos (For), 2 - 10% restos de moluscos (Mol), 3% - 10% placa de equinodermos (Equi) y 10% - NI briozoos (Bri). Fotomicrografías en NP.

Petrográficamente, la muestra MSA - 15 es de grano fino a muy fino, moderadamente clasificada, redondez subangular a subredondeada y empaquetamiento con contacto flotante. El total de componentes ortoquímicos de la caliza es 80% y el total de componentes aloquímicos es 20%. Esta caliza es clasificada según Folk (1959, 1962), de acuerdo a su composición como *Biomicro* y texturalmente *Wackestone* por Dunham (1962; tabla 13)

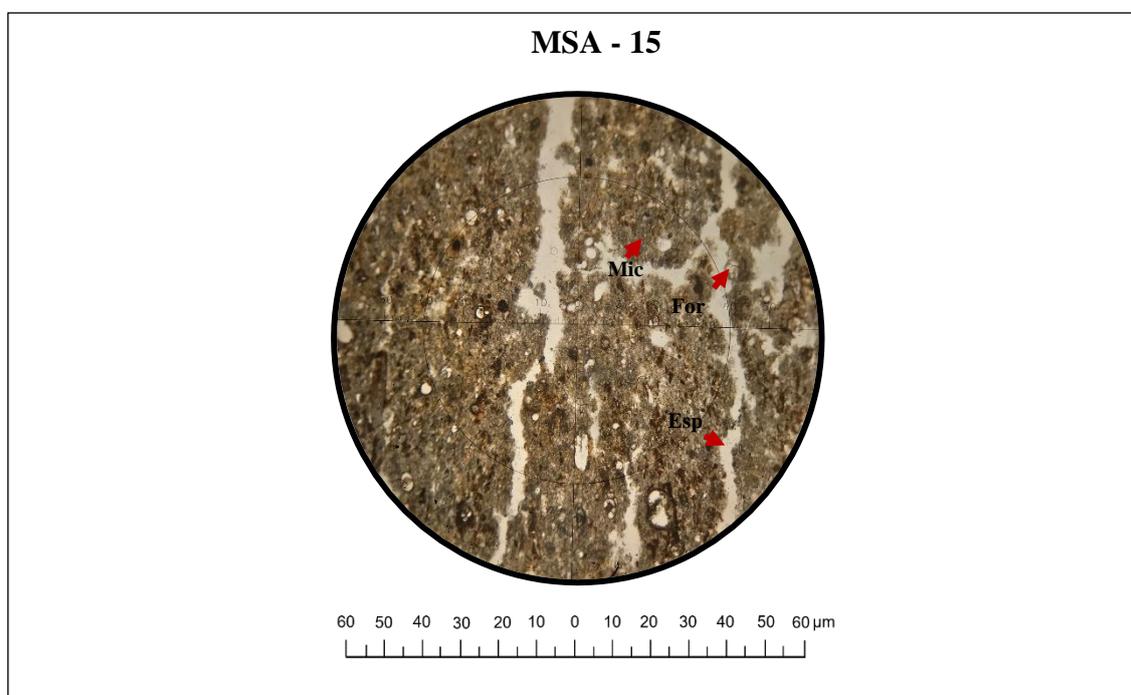
Los componentes ortoquímicos de la MSA - 15 del afloramiento ASA - 4 están representados por matriz micrítica (80%) y cemento de esparita (20%). Los componentes aloquímicos lo constituyen los bioclásticos en un 100%; principalmente foraminíferos (figura 38).

Dentro de los procesos diagenéticos, la presencia de cristales de calcita de grano fino se asocia con una micritización. La cementación es de tipo granular y se encuentra rellenando porosidad intragranular, esta cementación se relaciona con una recristalización de micrita a microesparita.

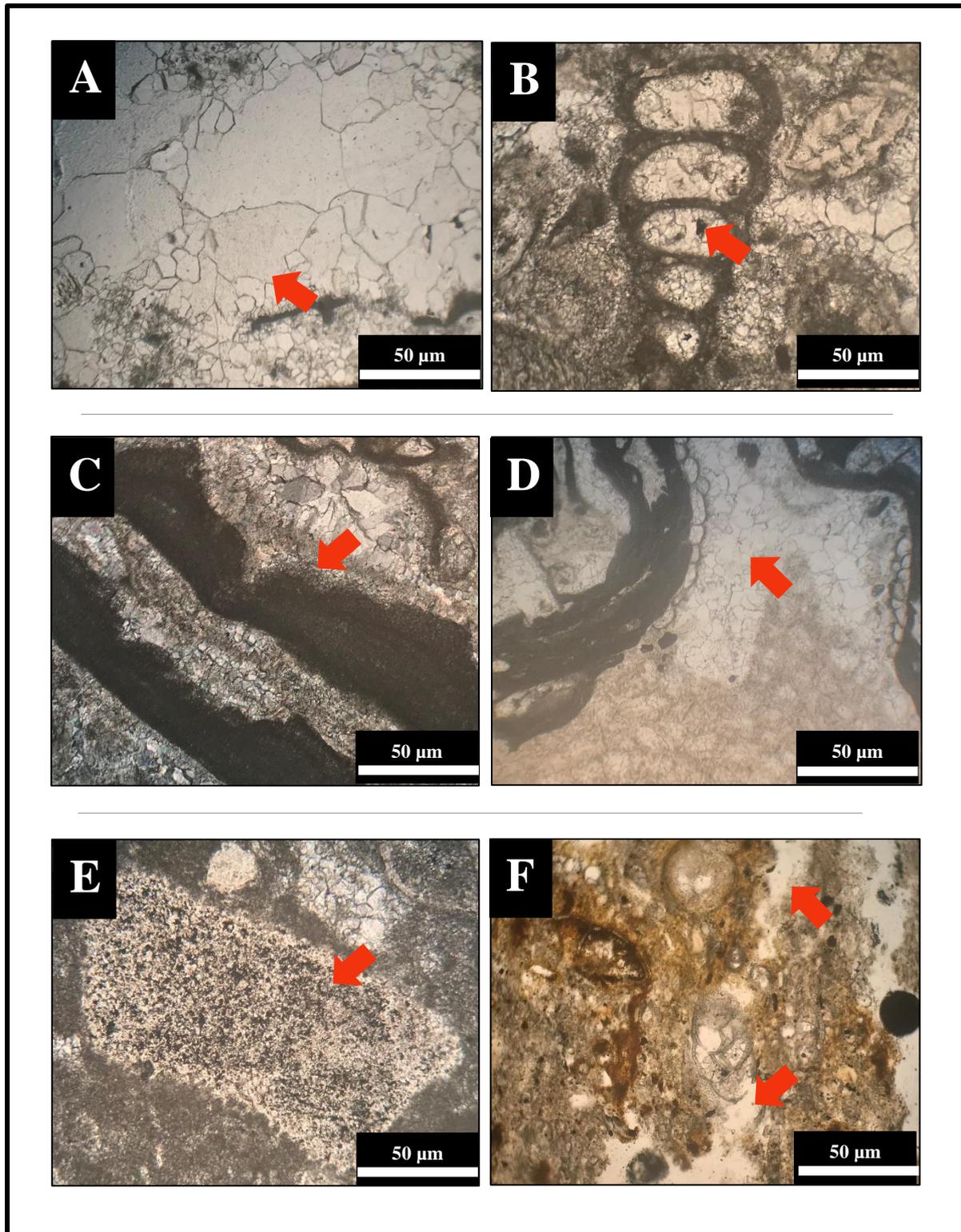
Se observaron bandas, estas se encuentran rellenas con cemento (figura 39F).

**Tabla 13.** Los porcentajes de los componentes ortoquímicos y aloquímicos de la muestra MSA - 15 del afloramiento ASA - 2 son: 80% micrita, 20% esparita y 100% bioclastos. Es clasificada como Biomicrita Folk (1959, 1962), y Wackestone Dunham (1962).

		CONSTITUYENTES	MUESTRAS
			MSA - 15
<b>Componentes Ortoquímicos</b>	80%	Micrita	80%
		Esparita	20%
<b>Componentes Aloquímicos</b>	20%	Bioclastos	100%
		Intraclastos	NI
		Peloides	NI
		Ooides	NI
<b>Tipo De Roca</b>		Folk (1959, 1962).	Biomicrita
		Dunham (1962).	Wackestone



**Figura 38.** Sección delgada de la (MSA - 15) del afloramiento ASA - 4. Los constituyentes corresponden a 80% micrita (Mic), 20% esparita (Esp), 100% foraminíferos (For). Fotomicrografía en NP.



**Figura 39.** Fotomicrografía de las secciones delgadas de la caliza del afloramiento (ASA - 4). **A:** Porosidad intergranular con cementación granular y drúsica. NP. **B:** Porosidad intragranular en foraminíferos bentónicos rellena con microesparita fina. NP. **C:** Micritización de algas calcáreas. NC. **D:** Recristalización de algas calcáreas previa a una disolución. NP. **E:** Equinodermos con crecimiento de cemento syntaxial. NP. **F:** Bandas rellenas con cementación. NP.

**Tabla 14.** Características petrográficas de las secciones delgadas de los afloramientos de la caliza San Antonio al suroeste de la comuna San Antonio de Playas.

## PETROGRAFÍA DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA CALIZA SAN ANTONIO

SECCIÓN DELGADA	ORTOQUÍMICOS		ALOQUÍMICOS								CLASIFICACIÓN			
	MICRITA	ESPARITA	BIOCLASTOS								FOLK (1962)	DUNHAM (1962) EMBRY Y KLOVAN (1972)		
			ALGAS	FORAMINIFEROS	MOLUSCOS	EQUINODERMOS	BRIOZOOS	SERPULIDOS	INTRACLASTOS	PELOIDES			OOIDES	
MSA - 1	■	■	■	■	■	■	■	■	■			Bioesparita	Packstone	
MSA - 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Packstone
MSA - 3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Packstone
MSA - 4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Packstone
MSA - 5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Packstone
MSA - 6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Esparita	Mudstone
MSA - 7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Esparita	Mudstone
MSA - 8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Wackestone
MSA - 9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Packstone
MSA - 10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Packstone
MSA - 11	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Packstone
MSA - 12	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Packstone
MSA - 13	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Esparita	Mudstone
MSA - 14	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Bioesparita	Packstone
MSA - 15	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		Biomicrita	Wackestone

<b>ABUNDANTE</b> (>50 - 25%). 	<b>FRECUENTE</b> (24 - 11%). 	<b>COMÚN</b> (10 - 6%). 	<b>RARO</b> (5 - 1%). 
-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	---------------------------

### **2.3 Características Bioestratigráficas de la caliza San Antonio**

#### **Generalidades:**

La disciplina geológica encargada del estudio de la vida del pasado y la evolución de la biósfera a partir de fósiles de pequeño tamaño es la Micropaleontología, la misma que aporta datos muy interesantes de tipo evolutivo, paleoecológico y bioestratigráfico (Molina, 2004). Además de que contribuye significativamente a la industria petrolífera (Arenillas et al., 2000).

La bioestratigrafía se basa en el hecho que los organismos han sufrido cambios sucesivos a través del tiempo geológico, así cualquier unidad de estratos se puede datar y caracterizar por su contenido fósil (Blandón, 2002).

El análisis bioestratigráfico es una herramienta poderosa que utiliza los microorganismos fósiles para poder definir las edades relativas de los estratos y poder correlacionarlos a nivel local, regional e intercontinental. Tiene como objetivo principal recopilar y usar la información acerca de la evolución morfológica de especies concretas para que de este modo se pueda determinar la distribución paleobiogeográfica y estratigráfica de un sedimento.

Para la investigación bioestratigráfica, la técnica utilizada es la observación e identificación de las características de cada conjunto taxonómico en secciones delgadas. A continuación, se describirán a los microorganismos fósiles más representativos de este estudio:

## MACROFORAMINÍFEROS

### FAMILIA NUMMULITIDAE

(Lámina MSA: 1a, 2a, 3a, 5a, 6a, 9a, 10g)

*Operculinella nummullitiformis.*: Pertenece al grupo de los macroforaminíferos, con tamaño generalmente entre 0,8 mm y 1 mm; consiste en una conchilla discoidal, lenticular o cónica con cámaras ecuatoriales que se comprimen lateralmente.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio - Eoceno Tardío.

Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006), p. 576, Lám. 307, Fig. 8.

## FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

### FAMILIA CIBICIDIDAE

(Lámina MSA: 2e-f, 3d-e, 4d, 5b, 7b, 8b, 9c, 10a-e-f, 11b-d, 13b, 14c)

*Cibicides sp.*: Consiste en una concha trocoespiral, paredes calcáreas perforadas, inicialmente enrolladas, parte final planoespiral o ligeramente convexo y evolutivo, uniserial, biserial o irregular, abertura primaria interiomarginal en forma espiralada, con o sin aberturas secundarias, suturas notorias y curvadas.

Rango cronoestratigráfico: Paleoceno - Actualidad.

Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006), p. 96, Fig. 5.9, 12.

(Lámina MSA: 2c, 3c, 6d, 7c, 8c, 11c, 12a)

*Cibicides tuxpamensis (Cole, 1928).*: Conchilla con enrollamiento trocoespiral; las cámaras se diferencian por ser triangulares, tienen una abertura umbilical.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio.

Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006), p. 548, Lám. 293, Fig. 1, 6 y 9.

## FAMILIA MILIOLIDAE

(Lámina MSA: 1c-d, 4b, 5c-e, 7h, 8f, 9b, 10c, 12e, 13c-d, 14b, 15d)

*Miliolidae* (Ehrenberg, 1839).: Conchas porcelanoides, con una membrana interior pseudoquitinosa. Proloculum y cámaras posteriores con aberturas internas. Al final de la última cámara se dispone una abertura principal, esta puede ser sencilla o cribosa.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio.

Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006), p. 558, Lám. 298, Fig. 2.

## FAMILIA NODOSARIIDAE

(Lámina MSA: 1e)

*Dentalina sp.*: Concha elongada arqueada, de sección ovalada, última cámara es más desarrollada; presenta suturas profundas y costillas longitudinales. La abertura terminal consiste en una serie de cortes que se cierran en el ápice. La superficie es lisa y no ornamentada.

Rango cronoestratigráfico: Cretácico Inferior - Holoceno.

Referencia bibliográfica: Molina (2004), p. 162, Fig. 7.2. 5.

(Lámina MSA: 2d, 10b, 15c)

*Quinqueloculina* (d'Orbigny, 1826).: Exhibe de 5 a más cámaras visibles; apertura alargada y ovalada, contiene un diente largo simple o dividido; en el adulto, las cámaras se disponen en piso y la última cámara de la mayoría de las especies es un solo plano.

Rango cronoestratigráfico: Cretácico - Actualidad.

Referencia bibliográfica: Toumarkine y Luterbacher (1985).

**(Lámina MSA: 7a)**

*Frondicularia sp.*: Concha uniseriada aplanada, palmada o lanceolada, pared con laminación primaria y secundaria y con desarrollo continuo. La forma de las cámaras consiste en una v invertida.

Rango cronoestratigráfico: Jurásico Medio - Actualidad

Referencia bibliográfica: Molina (2004), p. 162, Fig. 7.2. 6a, 6b.

**FAMILIA BOLIVINITIDAE**

**(Lámina MSA: 4e, 7e, 15e)**

*Bolivina maculata (Cushman & Stone, 1947).*: La pared presenta poros no muy grandes que se abren en forma de embudo. Posee dentífricos grandes y anchos, borde ligeramente lobulado. La placa de dientes en la parte adjunta sobresale ligeramente hacia la cámara siguiente o abertura de la cámara final.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio

Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006), p. 552, Lám. 295, Fig. 10.

**FAMILIA BULIMINIDAE**

**(Lámina MSA: 4c)**

*Bulimina sp.*: Concha de composición hialina, con cámaras triserial, pared exterior redondeada. Posee poros finos y apertura en forma de bucle, sutural; placa dentaria real.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio.

Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006), p. 550, Lám. 294, Fig. 5.

## FAMILIA CANCRISIDAE

(Lámina MSA: 10d, 14f)

*Valvulineria stainforthi* (Hofker, 1956).: Se caracteriza por ser una concha con forma redondeada lisa, brillante con placas apertural salientes grandes en el ombligo.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio.

Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006), p. 558, Lám. 298, Fig. 4.

## FAMILIA PLEUROSOMELLIDAE

(Lámina MSA: 6b)

*Pleurostomella* sp.: Consiste en una concha uniseriada, la posición de las cámaras es alternante debido a la presencia de suturas no paralelas.

Rango cronoestratigráfico: Aptiense - Holoceno.

Referencia bibliográfica: Molina (2004), p. 181, Fig. 8.1. 19.

## FAMILIA PLANORBULINIDAE

(Lámina MSA: 6c)

*Planorbulina* sp.: Concha con inicio trocoespiralado y final estreptoespiralado, desarrollo irregular de las cámaras sobre un plano y abertura en algunas de las cámaras periféricas. La morfología es discoidal y planoconvexa; por lo general son de tamaño grande.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno - Holoceno.

Referencia bibliográfica: Molina (2004), p. 183, Fig. 8.2. 27 y 28.

## FAMILIA UVIGERINIDAE

(Lámina MSA: 12d)

*Uvigerina sp.*: Concha triseriada con costillas alargadas o longitudinales; al final de un cuello sin labio tienen una abertura.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno - Holoceno

Referencia bibliográfica: Molina (2004), p. 181, Fig. 8.2. 15.

## FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS

### FAMILIA GLOBOROTALIIDAE

(Láminas MSA: 4i, 5d, 6f, 7d, 8d, 14e, 15a-b-f)

*Globorotalia sp.*: Concha libre, trocoespiral, pared calcárea, las cámaras son subglobulares, algo comprimidas lateralmente, perforadas por poros de regular tamaño.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio.

Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006).

(Láminas MSA: 9f, 12c, 13f)

*Globorotalia bolivariana (Petters, 1954)*.: Concha con pared calcárea, trocoespiral, involuta en el lado ventral, perforada por poros. Tiene cámara inflada, la última cámara es más pequeña que las anteriores. La testa es masiva de aspecto algo cuadrado, suturas curvas y profundas. Muestra una abertura extraumbilical interiomarginal; la ranura tiende a desarrollarse hacia el lado de la espiral.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio.

Referencia bibliográfica: Bolli et al., 1994, pág. 274 pl. 37, figs. 14a-16; Ordóñez et al., 2006, p. 109, Fig. 6.5, 4.

**(Lámina MSA: 6e, 7f, 8a-e)**

*Turborotalia sp.*: Concha trocoespiralada, pared finamente perforada y periferia redondeada o angulosa y carenada. Tienen abertura suturales y bulla con aberturas infralaminares.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio - Eoceno Tardío

Referencia bibliográfica: Molina (2004), p. 140, Fig. 6.7. 6.

**FAMILIA HETEROHELICIDAE**

**(Lámina MSA: 14d)**

*Chiloguembelina martini (Pijpers, 1933)*.: Concha de forma acampanada, triangular, biserial con tendencia a torcerse; primeras cámaras anchas y bajas, después ovaladas a subglobulares y más altas; suturas claras, hundidas, oblicuas o rectas; pared calcárea, finamente perforada.

Rango cronoestratigráfico: Eoceno Medio

Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006), p. 556, Lám. 297, Fig. 1.

**ALGAS CALCÁREAS**

**FAMILIA CORALLINACEAE**

**(Láminas MSA: 1h-i, 4g-h, 8g, 9d, 10h, 11e-f, 12f, 13e)**

*Algas calcáreas sp.*: Generalmente, se hallan fragmentos de estas algas. Presentan las células características, en el hipotalo se observan hileras curvas o bien con aspecto plumoso y un peridio marcadamente grueso hasta delgado, de desarrollo variable.

Rango cronoestratigráfico: Cretácico Tardío - Cuaternario.

Referencia bibliográfica: Molina (2004); Ordóñez et al., 2006, p. 563, L. 300, 4 y 6.

## **RADIOLARIOS**

### **ESPUMELARIDOS**

**(Lámina MSA: 5f, 7i, 8h, 9e, 10i)**

*Radiolarios espumelaridos.:* Concha de pared silíceo, forma esférica de textura perforada con orificios o poros redondos y grandes. Entre estos poros posee abundantes espinas secundarias.

Rango cronoestratigráfico: Paleoceno - Eoceno.

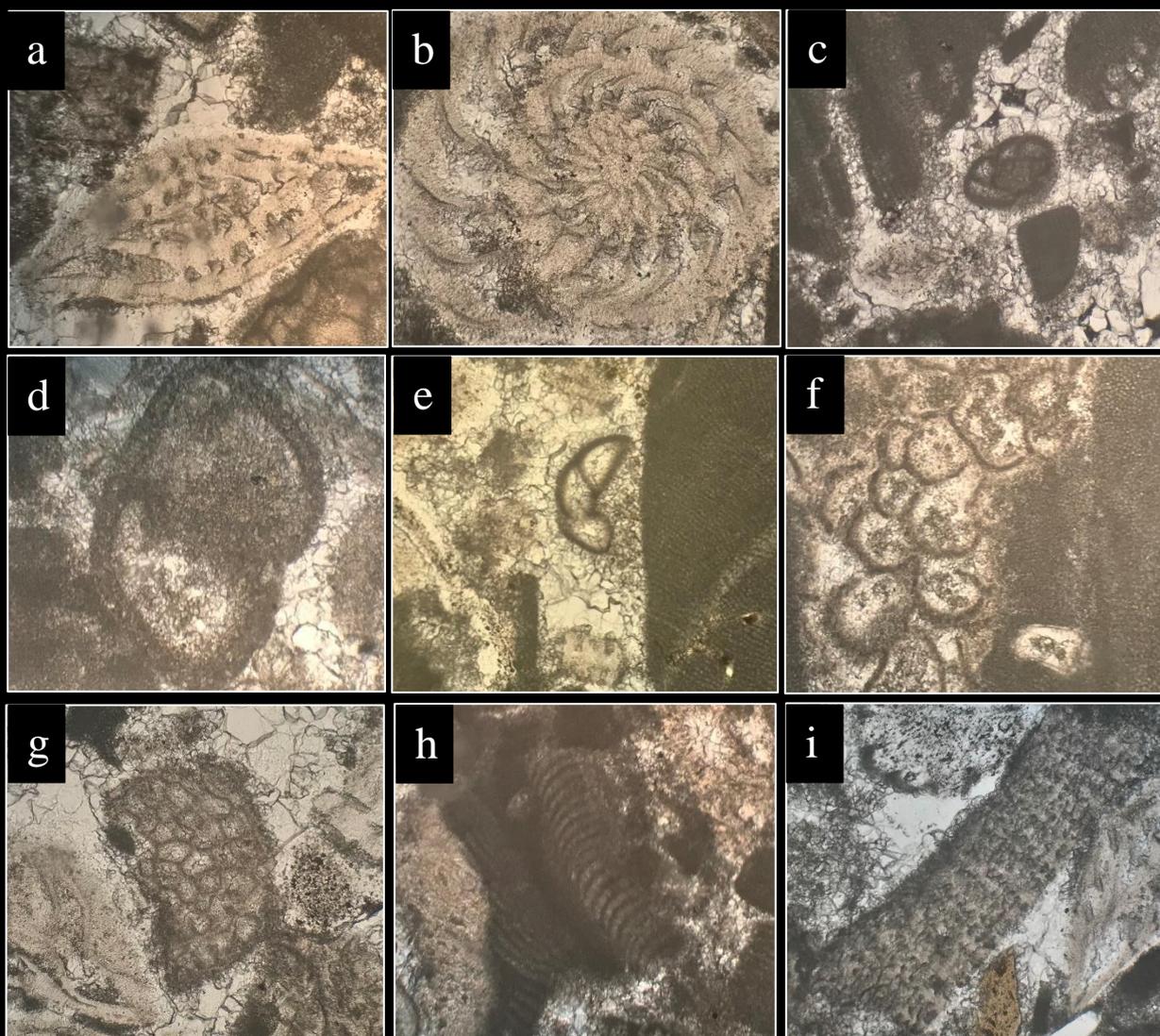
Referencia bibliográfica: Ordóñez et al., (2006), p. 23, Fig. 2.3, C.

## Análisis Bioestratigráfico de la caliza San Antonio

El contenido fosilífero analizado, corresponde a 15 secciones delgadas de muestras de rocas calizas, pertenecientes a cuatro afloramientos estudiados en el área de la comuna San Antonio de Playas.

### 2.3.1 Afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1).

Lámina MSA - 1



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

## **CALIZA SAN ANTONIO**

### **Lámina MSA - 1**

#### **Foraminíferos y Algas calcáreas**

- a.** Operculinella nummullitiformis
- b.** Género y sp. indeterminado
- c.** Miliolidae
- d.** Miliolidae
- e.** Dentalina sp.
- f.** Género y sp. indeterminado
- g.** Resto vegetal
- h.** Alga calcárea
- i.** Alga calcárea

Lámina MSA - 2



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

## **CALIZA SAN ANTONIO**

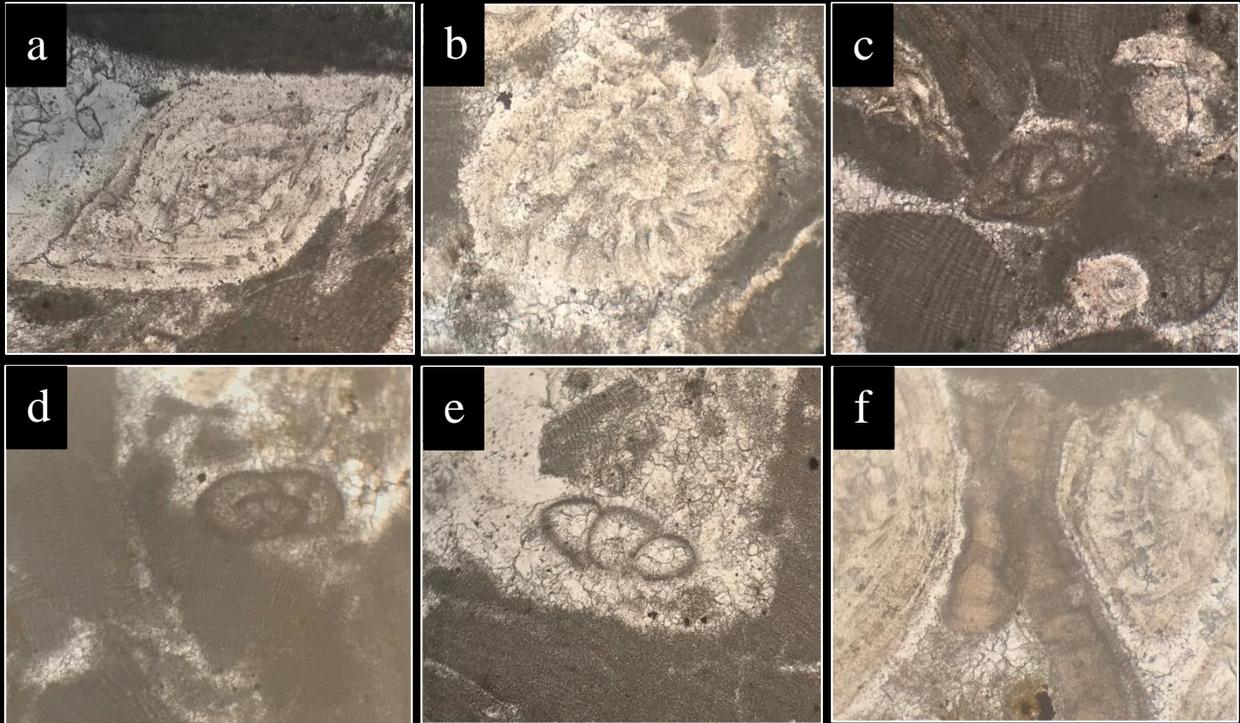
### **Lámina MSA - 2**

#### **Foraminíferos**

- a.** Operculinella nummullitiformis
- b.** Género y sp. indeterminado
- c.** Cibicides tuxpamensis
- d.** Quinqueloculina
- e.** Cibicides sp. (lado apertural)
- f.** Cibicides sp. (lado ecuatorial dorsal)

2.3.2 Afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2)

Lámina MSA - 3



50  $\mu\text{m}$

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

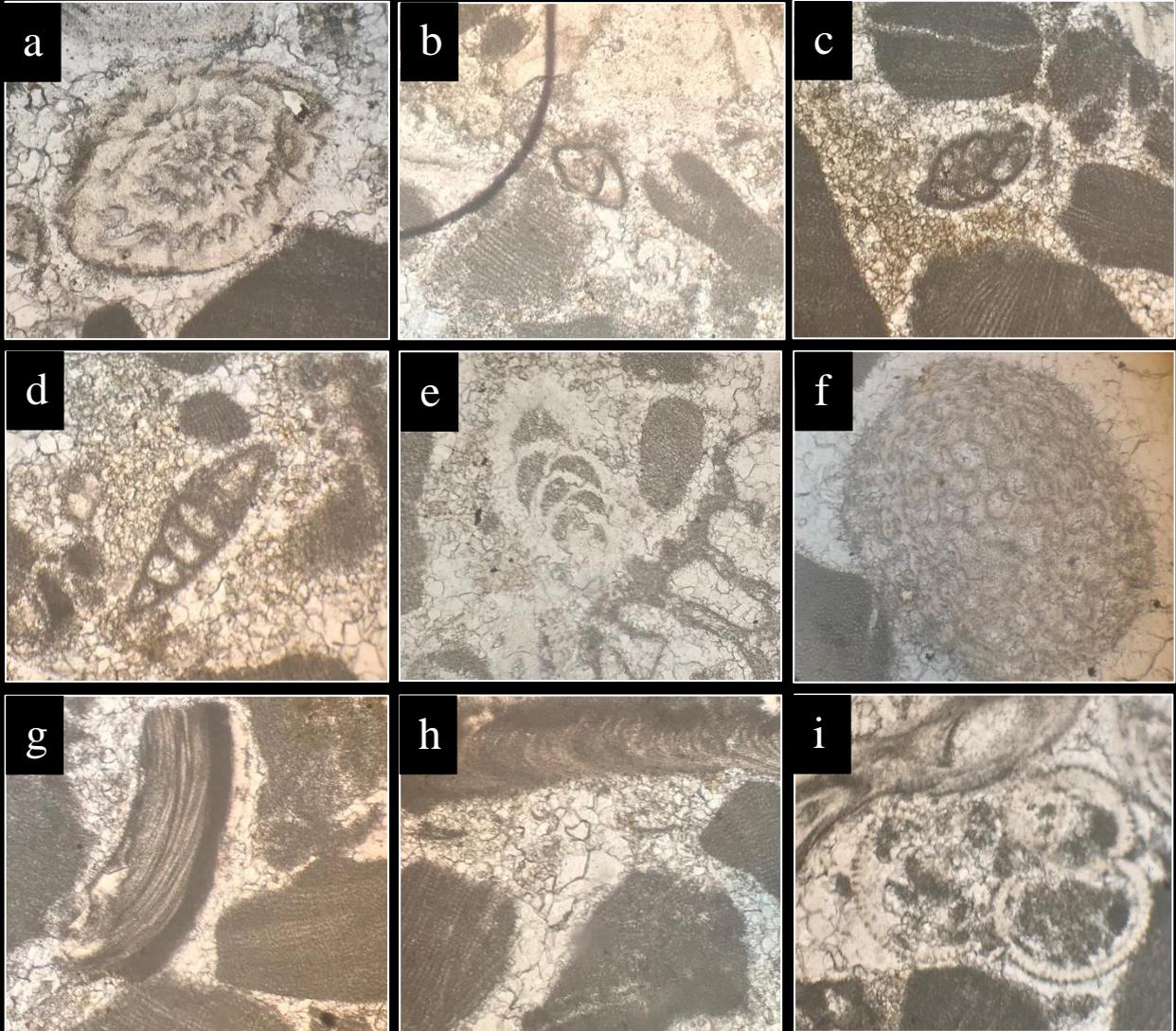
## **CALIZA SAN ANTONIO**

### **Lámina MSA - 3**

#### **Foraminíferos**

- a.** Operculinella nummullitiformis
- b.** Género y sp. indeterminado
- c.** Cibicides tuxpamensis
- d.** Cibicides sp.
- e.** Cibicides sp.
- f.** Resto vegetal

Lámina MSA - 4



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

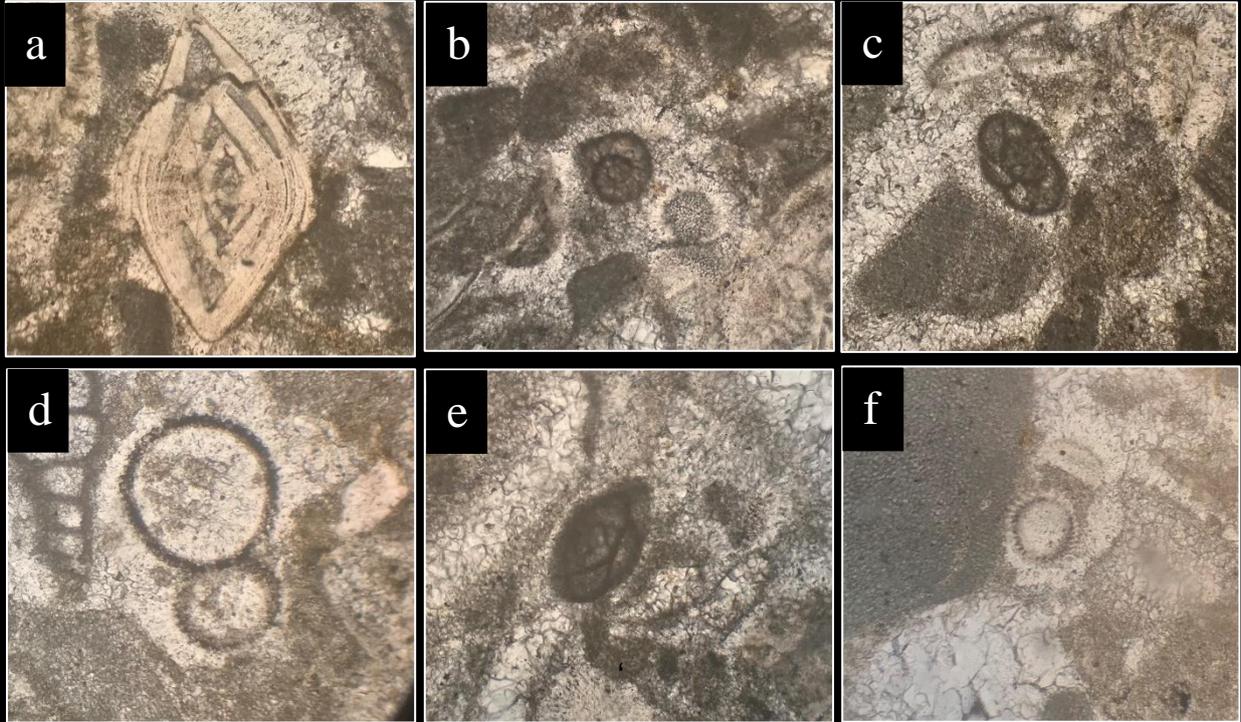
## **CALIZA SAN ANTONIO**

### **Lámina MSA - 4**

#### **Foraminíferos y Algas calcáreas**

- a.** Género y sp. indeterminado
- b.** Miliolidae
- c.** Bulimina sp.
- d.** Cibicides sp. (lado dorsal)
- e.** Bolivina maculata
- f.** Resto vegetal
- g.** Alga calcárea
- h.** Fragmentos de algas calcáreas
- i.** Globorotalia sp.

Lámina MSA - 5



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

**CALIZA SAN ANTONIO**

**Lámina MSA - 5**

**Foraminíferos y Radiolarios**

**a.** Operculinella nummullitiformis

**b.** Cibicides sp.

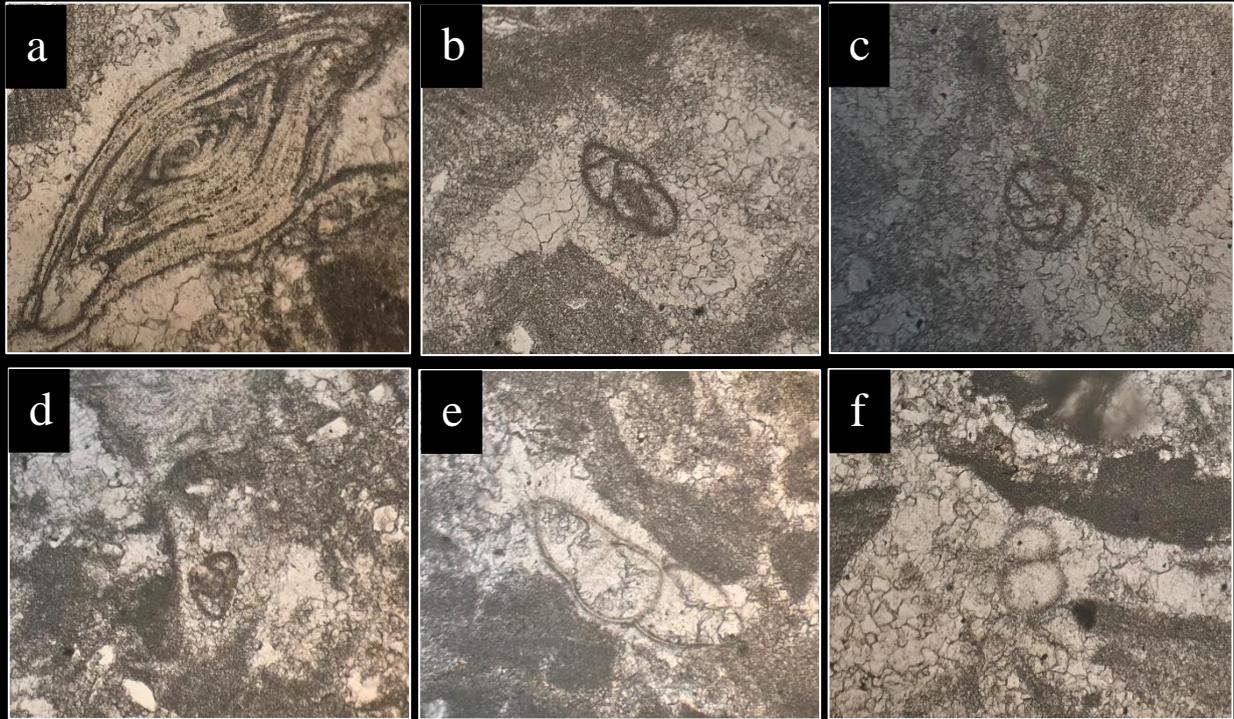
**c.** Miliolidae

**d.** Globorotalia sp.

**e.** Miliolidae

**f.** Radiolarios espumelaridos

Lámina MSA - 6



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

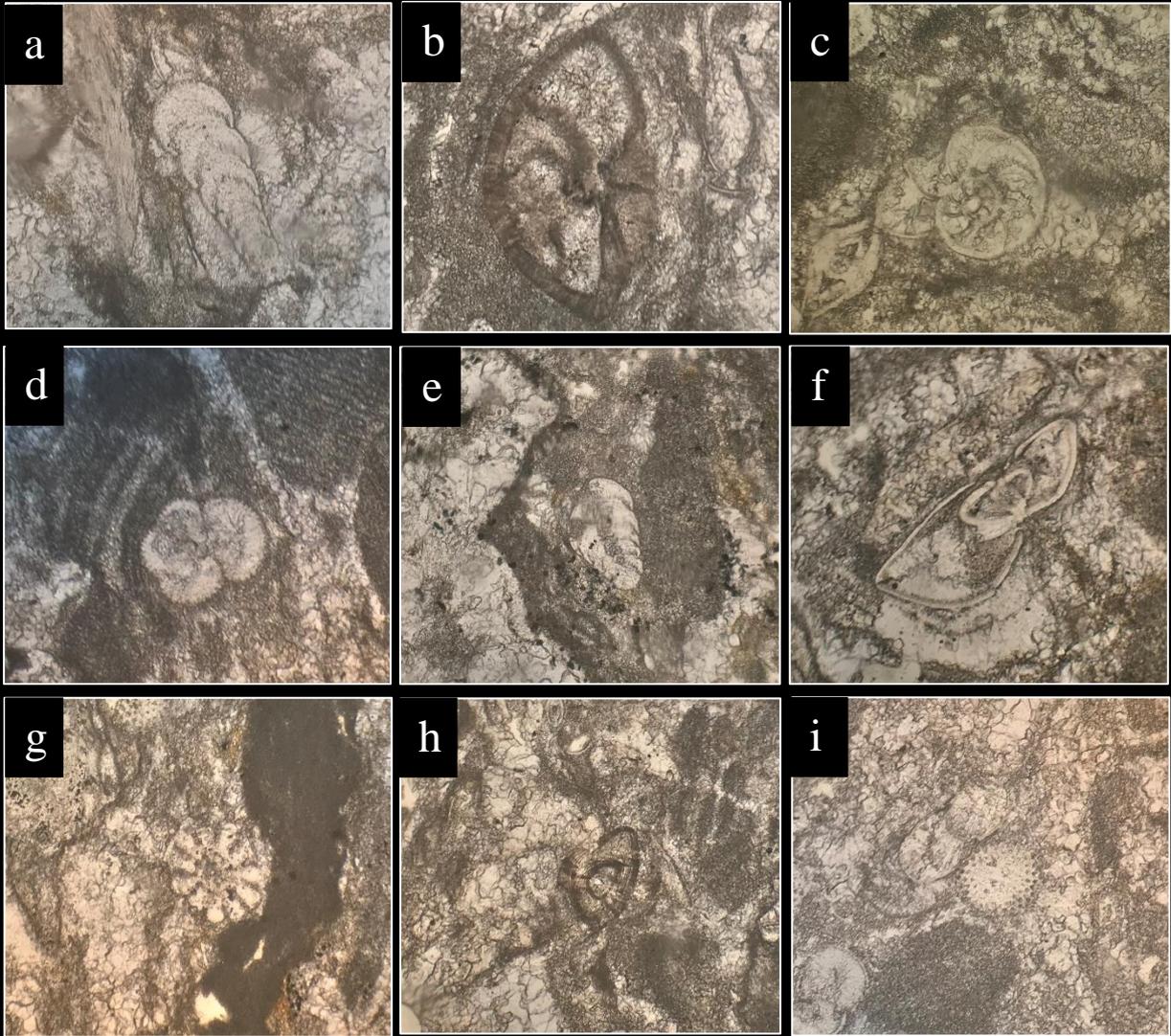
**CALIZA SAN ANTONIO**

**Lámina MSA - 6**

**Foraminíferos**

- a.** Operculinella nummullitiformis
- b.** Pleurostumella sp.
- c.** Planorbulina sp.
- d.** Cibicides tuxpamensis
- e.** Turborotalia sp.
- f.** Globorotalia sp.

Lámina MSA - 7



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

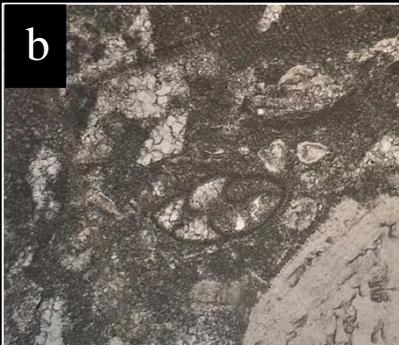
**CALIZA SAN ANTONIO**

**Lámina MSA - 7**

**Foraminíferos y Radiolarios**

- a.** Frondicularia sp.
- b.** Cibicides sp.
- c.** Cibicides tuxpamensis
- d.** Globorotalia sp.
- e.** Bolivina maculata
- f.** Turborotalia sp.
- g.** Fragmento de equinodermo
- h.** Miliolidae
- i.** Radiolarios espumelaridos

Lámina MSA - 8



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

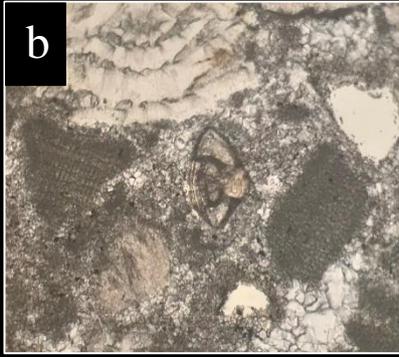
## CALIZA SAN ANTONIO

### Lámina MSA - 8

#### Foraminíferos, Algas calcáreas y Radiolarios

- a. Género y sp. indeterminado
- b. Cibicides sp.
- c. Cibicides tuxpamensis
- d. Globorotalia sp.
- e. Turborotalia sp.
- f. Miliolidae
- g. Alga calcárea
- h. Radiolarios espumelaridos
- i. Microgasteropodo

Lámina MSA - 9



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

**CALIZA SAN ANTONIO**

**Lámina MSA - 9**

**Foraminíferos, Algas calcáreas y Radiolarios**

**a.** Operculinella nummullitiformis

**b.** Miliolidae

**c.** Cibicides sp.

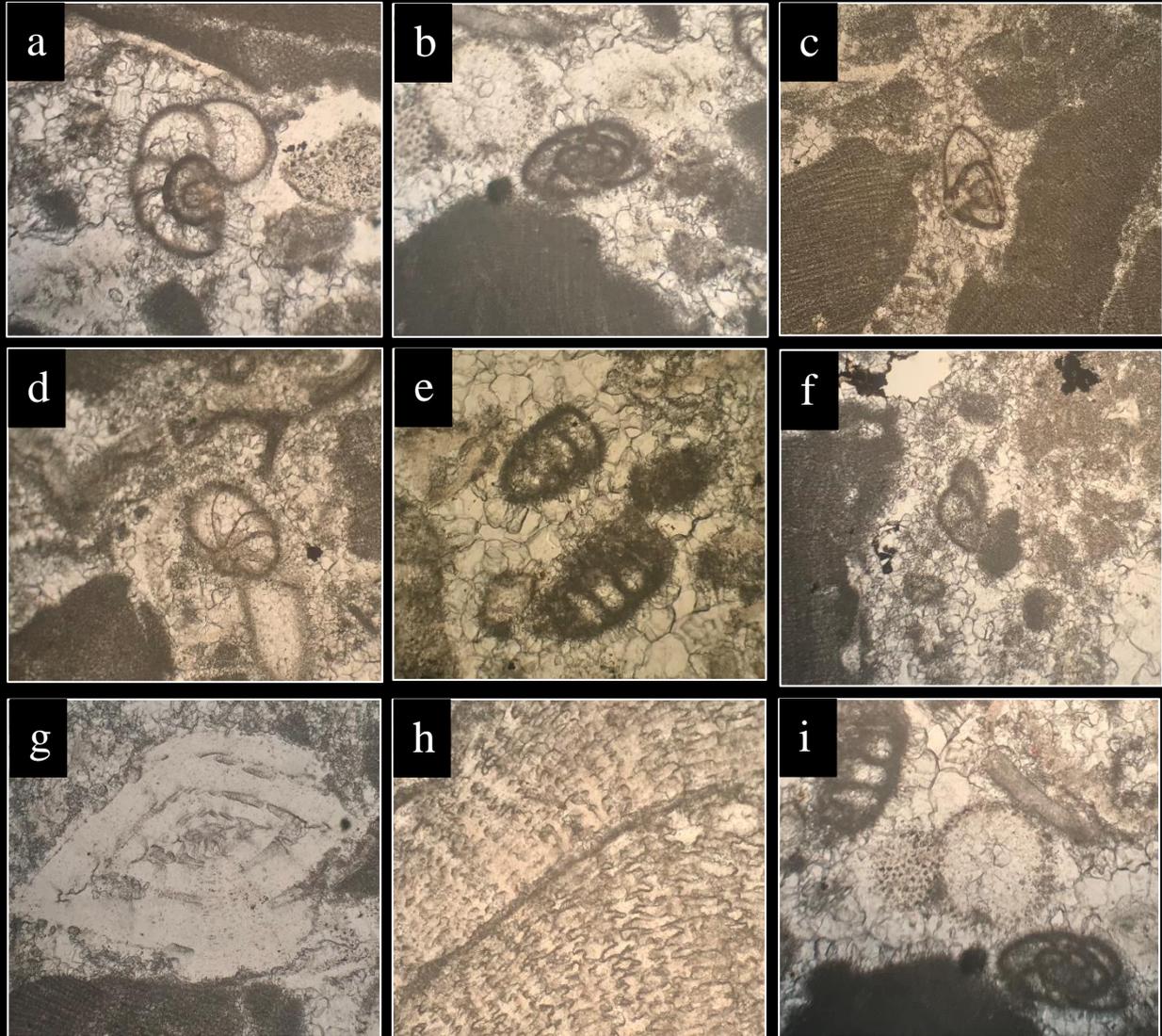
**d.** Alga calcárea

**e.** Radiolarios espumelaridos

**f.** Globorotalia bolivariana

2.3.3 Afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3)

Lámina MSA - 10



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

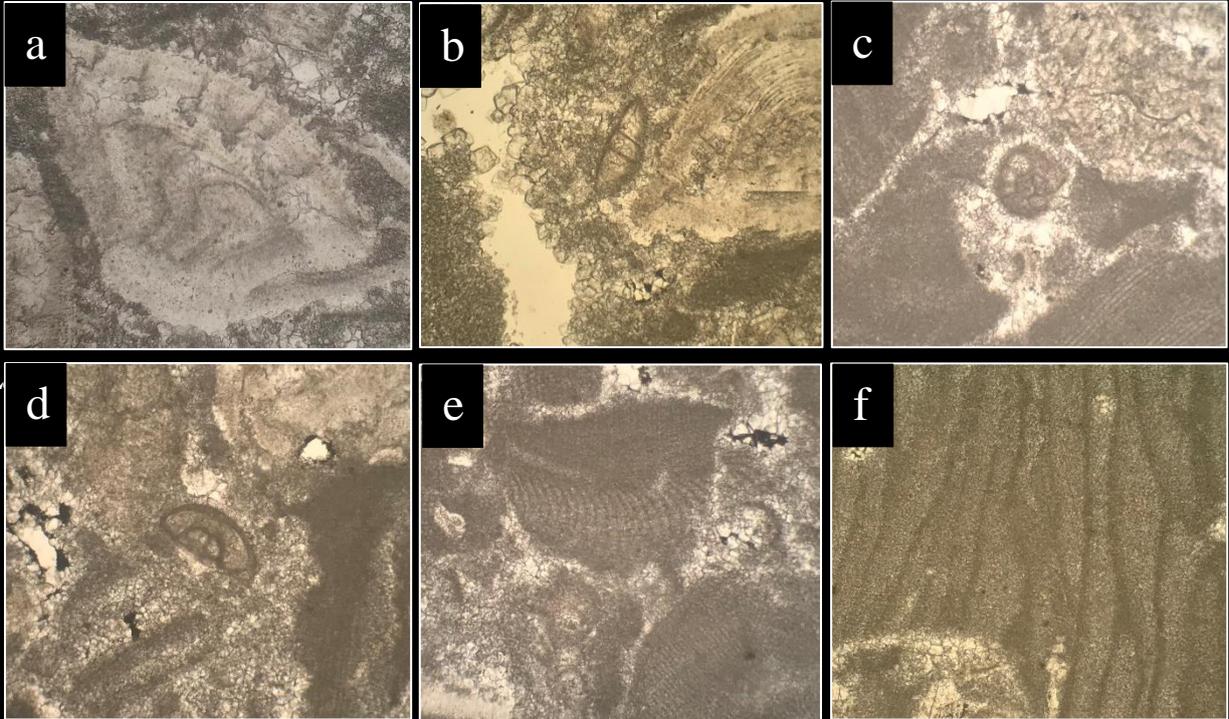
**CALIZA SAN ANTONIO**

**Lámina MSA - 10**

**Foraminíferos, Algas calcáreas y Radiolarios**

- a.** Cibicides sp.
- b.** Quinqueloculina
- c.** Miliolidae
- d.** Valvulineria stainforthi
- e.** Cibicides sp.
- f.** Cibicides sp.
- g.** Operculinella nummullitiformis
- h.** Alga calcárea
- i.** Radiolarios espumelaridos

Lámina MSA - 11



L

50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

**CALIZA SAN ANTONIO**

**Lámina MSA - 11**

**Foraminíferos y Algas calcáreas**

**a.** Género y sp. indeterminado

**b.** Cibicides sp.

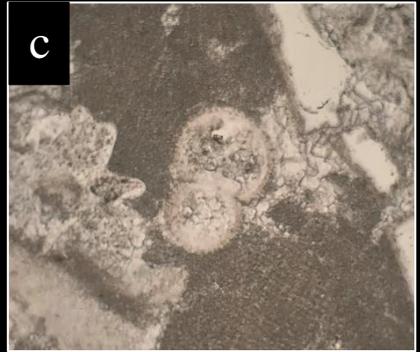
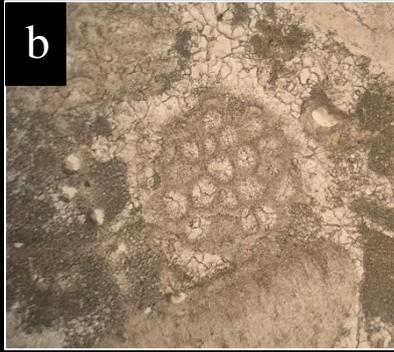
**c.** Cibicides tuxpamensis

**d.** Cibicides sp.

**e.** Alga calcárea

**f.** Alga calcárea

Lámina MSA - 12



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

**CALIZA SAN ANTONIO**

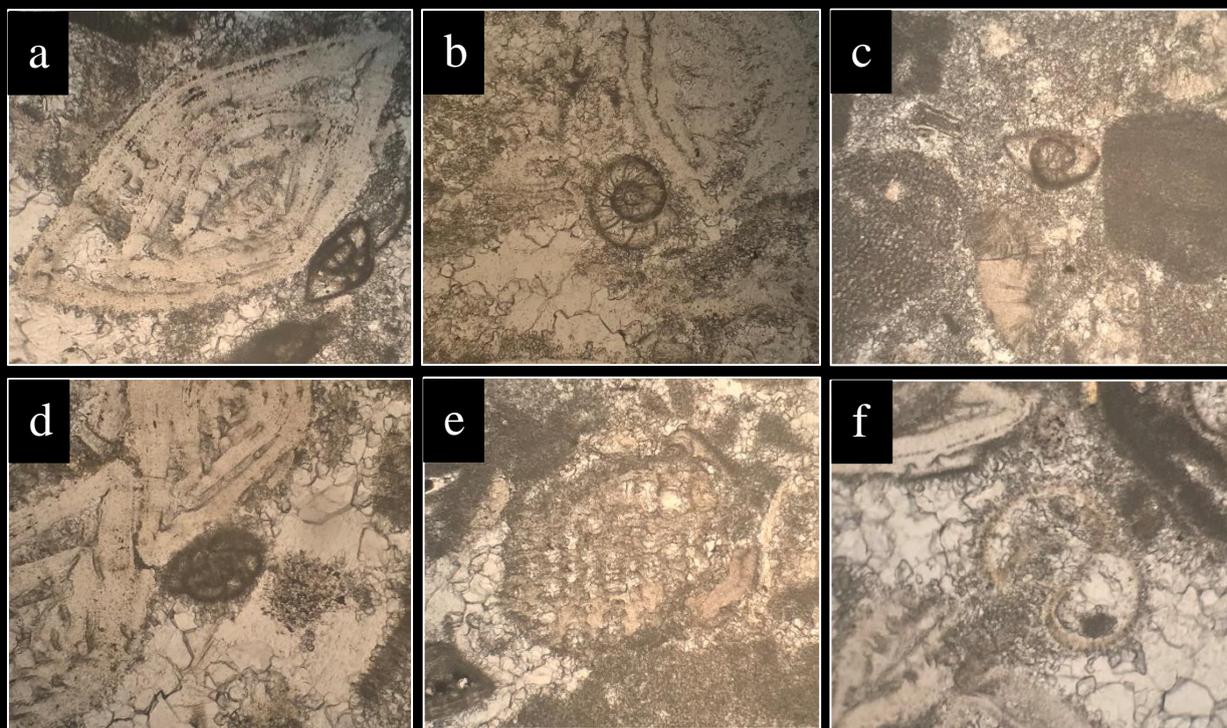
**Lámina MSA - 12**

**Foraminíferos y Algas calcáreas**

- a.** *Cibicides tuxpamensis*
- b.** Resto vegetal
- c.** *Globorotalia bolivariana*
- d.** *Uvigerina* sp.
- e.** Miliolidae
- f.** Alga calcárea

### 2.3.4 Afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4)

Lámina MSA - 13



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

**CALIZA SAN ANTONIO**

**Lámina MSA - 13**

**Foraminíferos y Algas calcáreas**

**a.** Género y sp. indeterminado

**b.** Cibicides sp.

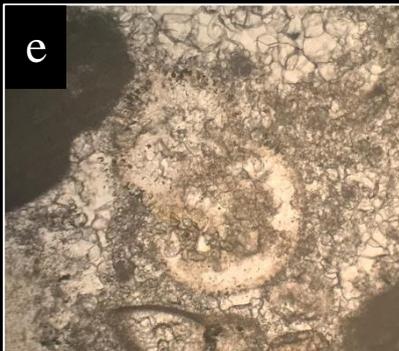
**c.** Miliolidae

**d.** Miliolidae

**e.** Alga calcárea

**f.** Globorotalia bolivariana

Lámina MSA - 14



50  $\mu$ m

Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

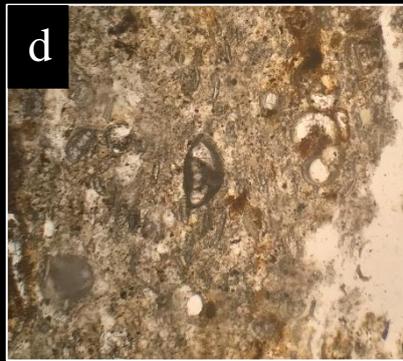
## **CALIZA SAN ANTONIO**

### **Lámina MSA - 14**

#### **Foraminíferos**

- a.** Género y sp. indeterminado
- b.** Miliolidae
- c.** Cibicides sp.
- d.** Chiloguembelina martini
- e.** Globorotalia sp.
- f.** Valvulineria stainforthi

Lámina MSA - 15



50  $\mu$ m

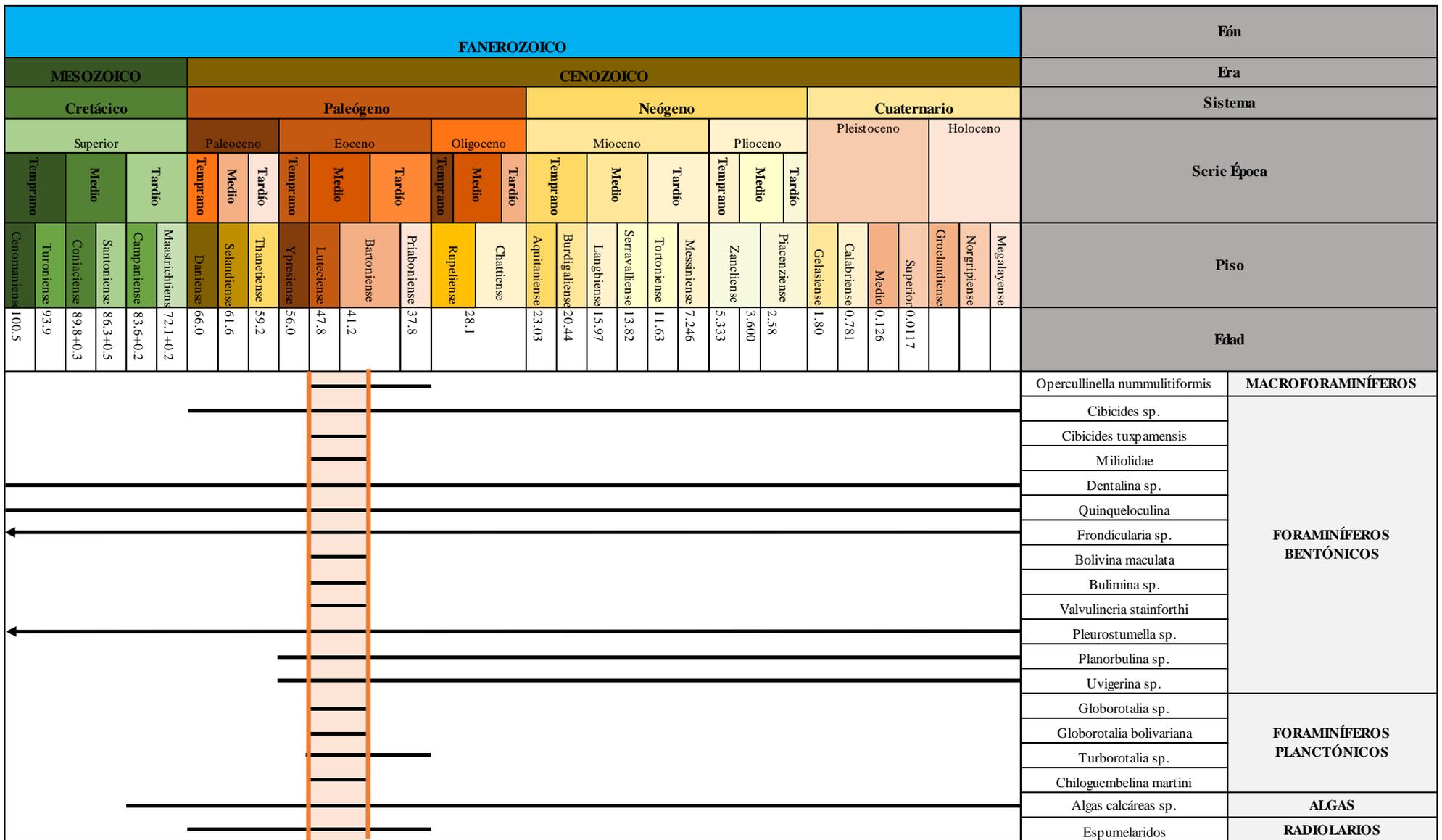
Microscopio Carl - Zeiss JENA - 10/0.25

**CALIZA SAN ANTONIO**

**Lámina MSA - 15**

**Foraminíferos**

- a.** Globorotalia sp.
- b.** Globorotalia sp.
- c.** Quinqueloculina
- d.** Miliolidae
- e.** Bolivina maculata
- f.** Globorotalia sp.



**Figura 40.** Distribución cronoestratigráfica de los fósiles de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo al suroeste de la comuna San Antonio de Playas, provincia del Guayas.

## **2.4 Características Paleoambientales de la caliza San Antonio**

### **Generalidades:**

El ambiente deposicional es una unidad geomórfica en la que tiene lugar la deposición (Balasubramanian y Kalasaiah, 2013), y su estudio detallado es a través de la Paleoecología, que es la relación entre organismos antiguos y su ambiente deposicional, ocurridos en lugares y momentos del pasado geológico determinados.

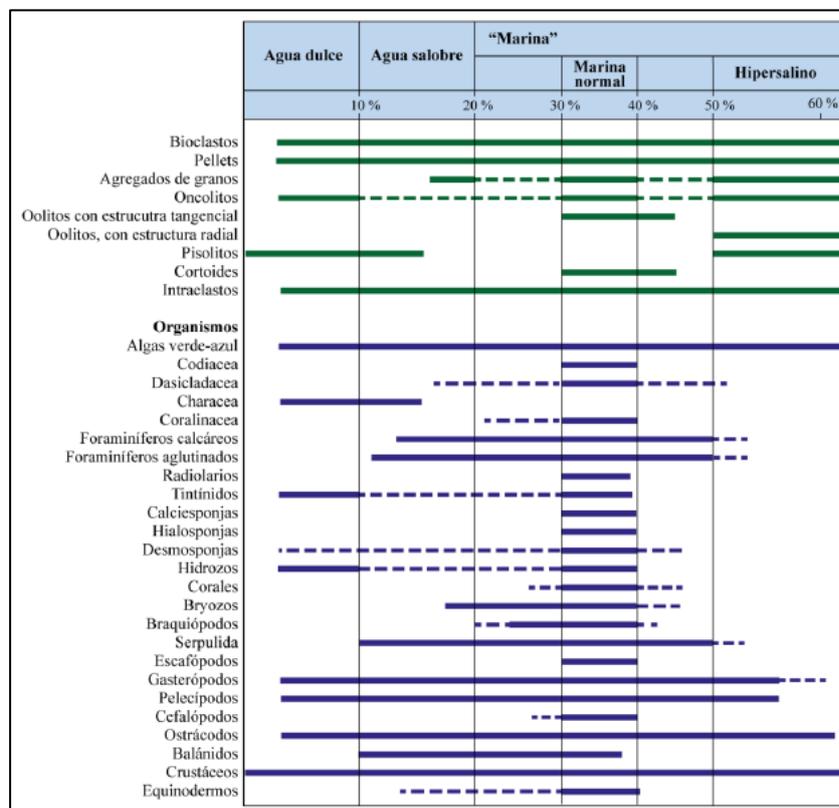
El análisis paleoambiental consiste en la determinación de las condiciones físicas, químicas y biológicas presentes en el ambiente de depósito al momento de la sedimentación de las rocas carbonáticas. La interpretación de las condiciones requiere considerar cada uno de los componentes descritos en el análisis sedimentológico, petrográfico y con base en la composición, texturas, estructuras y fósiles es posible establecer el ambiente sedimentario deposicional de la caliza.

En efecto, para llevar a cabo el objetivo de este subcapítulo se realizó la identificación y clasificación mediante el modelo de microfacies propuesto por Wilson (1975) y Flügel (2004).

Adicionalmente, en la caracterización del ambiente sedimentario deposicional y de las condiciones que prevalecieron durante el depósito de las unidades en estudio, se ha considerado a los fósiles y a las asociaciones de estos microorganismos como muy esenciales, debido a que estos grupos pueden ser o no susceptibles a variaciones de ciertos factores que van a controlar el ambiente que es óptimo para su existencia (Flügel, 2004).

Los factores que se han analizado son:

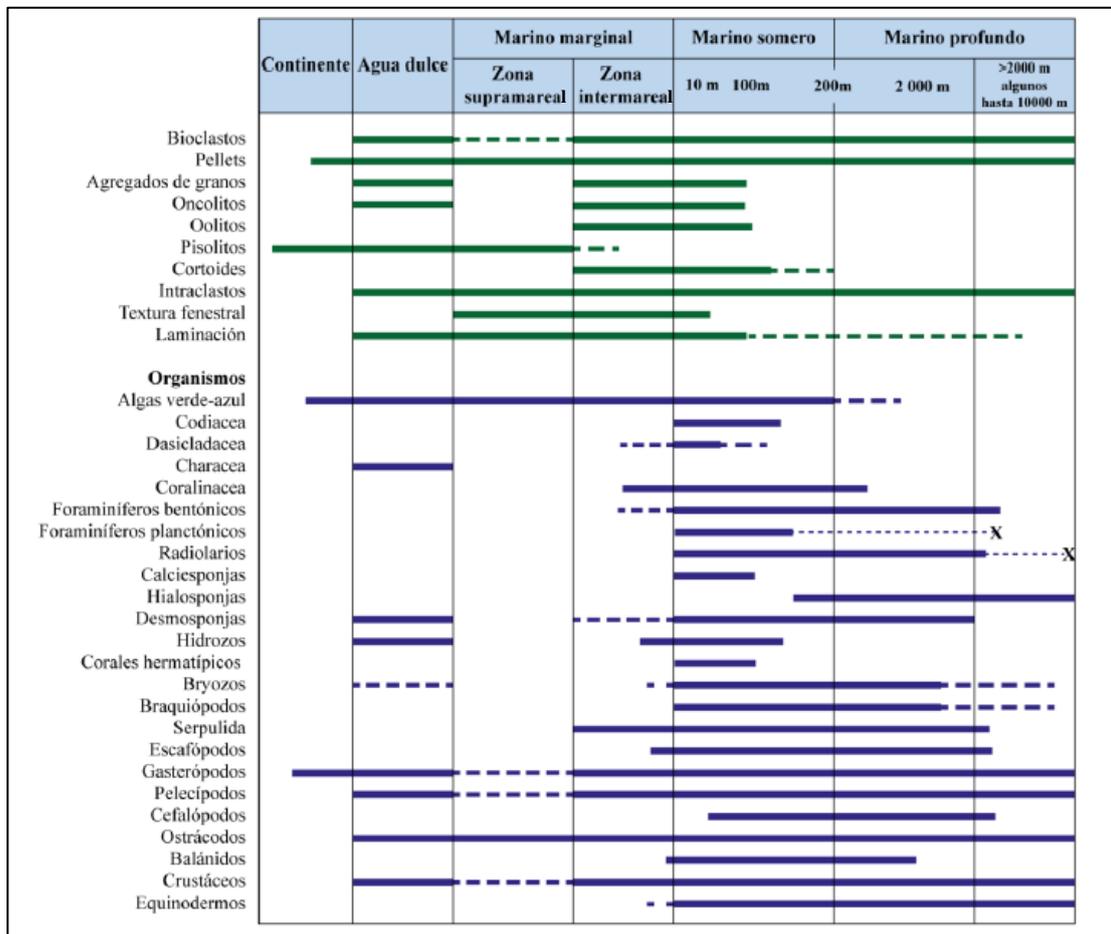
- **Temperatura:** La temperatura está determinada por el clima, es uno de los factores más importantes para controlar los procesos vitales y la distribución de organismos (Flügel, 2004). En base a criterios y características paleontológicas, se interpretan las condiciones de paleotemperatura que son o no favorables para la precipitación de sedimentos carbonatados.
- **Salinidad:** La salinidad es una medida para referirse al contenido salino en el agua de mar. En las estimaciones de paleosalinidad, las variaciones de la salinidad son un factor a considerar, debido a que organismos estenohalinos son sensibles a cambios de salinidad, no pueden o solo pueden tolerar un rango estrecho de salinidad, mientras que los organismos eurihalinos pueden tolerar los cambios, es decir amplias fluctuaciones (Flügel, 2004; Santana, 2012). Los datos sobre fósiles permiten reconstruir paleosalinidades y diferenciar ambientes marinos, salobres y de agua dulce (figura 41).



**Figura 41.** Aloquímicos y organismos a diferentes rangos de salinidad Flügel (2010) (Hernández, 2017).

- Profundidad:** Se trata de una situación con limitaciones físicas (determinadas por el rango de la marea, el nivel base de las olas de buen tiempo y el nivel base de las olas de tormenta), limitaciones biológicas (dada por restricciones ambientales), y factores ecológicos condicionantes (limitados por la iluminación y la temperatura del agua de mar; Flügel, 2004). La profundidad absoluta de estos límites es enormemente variable.

Mediante la determinación de la existencia de ciertos aloquímicos y organismos es posible establecer una profundidad aproximada (figura 42).



**Figura 42.** Aloquímicos y organismos presentes a distintos intervalos de profundidad. X = Alóctono Flügel (2010) (Hernández, 2017).

- **Iluminación:** La distribución de los organismos en dependencia de la penetración de la luz en el océano, se zonifican en: zona fótica (fotosíntesis), zona disfótica (poca fotosíntesis) y zona afótica (no fotosíntesis).
- **Oxigenación:** Se caracteriza por ser uno de los factores más importantes, influyentes en la diversidad y abundancia de los organismos (Flügel, 2004). La ausencia de oxígeno es fundamental para inhibir la descomposición microbiana y formar sedimentos ricos en materia orgánica (Allison, 1990).  
Generalmente, el contenido de oxígeno es alto en las aguas superficiales de los océanos.
- **Turbidez:** La presencia de partículas detríticas en suspensión, al aumentar la turbidez del agua, impide la penetración de la luz y el desarrollo de la sedimentación calcárea (Jaillard, 1994).

## **Tipos de Microfacies Estándar**

Wilson (1975) y Flügel (2004), han propuesto hacer uso de la información de microfacies carbonáticas, es decir de las características petrológicas y paleontológicas identificadas de secciones delgadas, con la finalidad de establecer un número restringido de tipos principales de microfacies que sirven como modelo para todas las microfacies carbonatadas, independiente de la edad asignada de la roca.

- **Facies y Microfacies de Wilson (1975)**

Mediante el estudio de una gran cantidad de plataformas de carbonato actuales y antiguas se ha elaborado un Modelo de Facies Estándar “Standard Facies Zones” (FZ; figura 43). En este modelo, Wilson (1975), considera los niveles de agitación en la plataforma, así como otros factores hidrológicos, climáticos, orgánicos, tectónicos (Arche, 2010).

Para la aplicación de este Modelo de Facies Estándar se debe considerar como factor importante lo siguiente:

- Los efectos de las fluctuaciones del nivel del mar no se muestran en este modelo.
- Esta limitado a plataformas tropicales y subtropicales donde no incluye factores climáticos, a excepción de las Facies de Plataforma evaporítica (Zona 9).
- La Facies de arrecifes de margen de plataforma (Zona 5) incluida dentro de este modelo, debe de ser analizada por separado de las demás Facies.

Las microfacies están referidas como Tipos de Microfacies Estándar “Standard Microfacies Types” (SMF; tabla 15); se asocian o agrupan dentro de “zonas” de facies (figura 44), las cuales pueden ser usadas luego para construir un modelo deposicional generalizado para las rocas carbonáticas.

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	
Nivel del mar										Perfil esquemático de facies
Nivel de olas normal										
Nivel de olas de tormentas										
Nivel de oxigenación										
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 43.** Ambientes de deposición generalizados, zonas de facies (ZF) y tipos de microfacies (SMF), propuesta por Wilson, (1975) (Espinel y Hurtado, 2010).

**Tabla 15.** Tipos de Microfacies Estándar (SMF) propuesta por Wilson (1975), (Espinel y Hurtado, 2010).

<b>Tipos De Microfacies Estándar (SMF)</b>		
<b>SMF</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
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	CALCISILTITA 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-LITOCCLÁSTICO	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 BIOESPARÍTICO 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; fabrica 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 agradas y una fábrica fenestral.
17	GRAINSTONE O GRAPESTONE PELSPARÍTICO	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 calcilitita sin fósiles, y puede tener un arreglo de lado o imbricado; puede estar cruzando los estratos; matriz esparcida.
25	MUDSTONE EVAPORÍTICO-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 comprende nueve cinturones de facies correspondientes a nueve ambientes carbonatados. Las principales características de los cinturones de facies son:

- 1. Facies de Cuenca:** Esta constituida por láminas carbonatadas orgánicas, arcillosas y pelágicas intercaladas, no presentan bioturbación; ocurren o se depositan en cuencas a profundidades que se encuentran por debajo de la zona de agotamiento de oxígeno.
- 2. Facies de Plataforma de Mar Abierto:** Consiste en litofacies basales de calizas fangosas enterradas con acumulaciones de margas entrelazadas. El agua está a una profundidad de decenas o aún cientos de metros, generalmente es oxigenada y con salinidad marina normal.
- 3. Facies Pie de Talud:** Comprende material pelágico con intercalaciones de carbonatos que se localizan en el límite o al pie de la pendiente de la plataforma carbonatada.
- 4. Facies de Talud (Foreslope):** La estratificación presenta derrumbes, montículos, frentes en forma de cuñas y bloques grandes. Se pueden presentar las siguientes litologías: micritas, calcarenitas y brechas.
- 5. Facies de Arrecifes o Margen de Plataforma (construcción orgánica):** Las construcciones o acumulaciones orgánicas son de carácter variable. En esta facie se producen enormes calizas esqueléticas.
- 6. Facies de Arenas del borde de Plataforma:** Los principales tipos de rocas son las calcarenitas con ooides, peloides y esqueletos. Estas facies toman las formas de bancos, playas, barras de marea de mar abierto en abanicos, cinturones o islas de dunas que se forman en el agua a profundidades de aproximadamente 10 metros, tienden a contener comunidades bentónicas pobres debido a la alta energía y condiciones de fondo inestable (estrés ambiental).

- 7. Facies de Plataforma Laguna Abierta:** Este ambiente se localiza en estrechos, lagunas y bahías abiertas detrás del borde de plataforma externa. La profundidad del agua es generalmente poco profunda o somera, a veces solo algunos metros de profundidad. La salinidad es normal, a veces variable y con circulación moderada.
- 8. Facies de Plataforma Restringida:** Corresponde al ambiente de planicies de mareas. En esta facies existe una limitación de colonización a comunidades de organismos, debido a alternos periodos de exposición e inundación de agua fresca o hipersalina con fuertes cambios estacionales de temperatura (Sares, 2020).
- 9. Facies de Llanura Supramareal Evaporítica (Sabkha):** Es común encontrar minerales como yeso y anhidrita formados tanto diagenéticamente como precipitados primarios, la dolomitización de la aragonita existente a menudo puede ocurrir. Se forman en ambientes supratidales en climas áridos.

Zona de Facies.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Ambiente</b>	Cuenca	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 (sabhka)
<b>Facies.</b>	<i>Cuenca</i> (Exuxínica o evaporítica). a) Clásticos finos. b) Carbonatos. c) Evaporitas.	<i>Plataforma abierta</i> (marino nerítico abierto). a) Carbonatos. b) Lutitas.	<i>Carbonatos del pie de talud.</i>  Límite de la plataforma profunda.	<i>Talud.</i> a) Sedimentos de grano fino con deslizamientos. b) Calcarenitas. c) Lodos.	<i>Arrecife.</i> a) Boundstone. b) Acumulaciones de restos orgánicos y fangos.	<i>Calcarenitas del borde de la plataforma.</i> a) Bajíos. b) Islas con dunas.	<i>Plataforma abierta</i> (lagunas abiertas). a) Bancos de calcarenitas. b) Áreas de wackestone y mudstone, biohermas. c) Áreas con terrigenos.	<i>Plataforma restringida.</i> a) Wackestone en lagunas y bahías. b) Calcarenitas en canales de marea. c) Lodos calcáreos en llanuras de mareas. d) Siliciclásticos finos intercalados.	<i>Llanura supramareal evaporítica.</i> 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 silix.	Variable, dependiendo de la turbulencia del agua en la parte superior del talud, brechas y calcarenitas.	Calizas y dolomías masivas.	Calcarenitas 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 nectónica y planctónica, localmente abundante en los planos de estratificación.	Organismos con concha infaunales 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 (milióridos) y ostrácodos.	Fauna alóctona excepto las algas formadoras de los estromatolitos.
<b>Tipo de microfacies SMF.</b>	1. <i>Epiculita wackestone</i> y <i>packstone</i> . 2. <i>Calcilimolita microbioclástica</i> . 3. <i>Mudstone</i> y <i>wackestone pelágicos</i> .	1, 2, 8. <i>Wackestone</i> con conchas completas. 9. <i>Wackestone bioclástico</i> . 10. <i>Packstone-wackestone bioclástico</i> con granos esqueléticos desgastados.	2, 3, 4. <i>Microbrecha</i> o <i>packstone biolitoclástico</i> .	4, 5. <i>Grainstone</i> o <i>packstone</i> o <i>floatstone bioclástico</i> . 6. <i>Rudstone</i> arrecifal.	7. <i>Boundstone</i> , <i>arrecife</i> de <i>plataforma marginal</i> . 11. <i>Grainstone</i> de <i>bioclastos cubierto</i> . 12. <i>Coquina packstone</i> , <i>grainstone</i> o <i>rudstone bioclástico</i> .	11, 12, 13. <i>Grainstone</i> de <i>bioclastos oncolitizados</i> . 14. <i>Depósitos</i> de <i>brechas erosivas</i> . 15. <i>Oolitos</i> bien seleccionados.	8, 9, y 10. 16. <i>Grainstone</i> con <i>pellets</i> . 17. <i>Grapestone</i> , <i>pelespatita</i> . 18. <i>Grainstone</i> de <i>foraminíferos</i> y <i>dasycladáceas</i> (algas).	16, 17 y 18. 19. <i>Micrita laminada fenestral-peletoidal</i> . 21. <i>Mudstone espongiostromico</i> . 22. <i>Micrita</i> con grandes <i>oncoides</i> . 23. <i>Micrita pura</i> no laminada. 24. <i>Rudstone</i> o <i>floatstone</i> .	20. <i>Mudstone estromatolítico laminado</i> . 23. <i>Micrita pura</i> no laminada. <i>Anhidrita enterolítica</i> .

Figura 44. Esquema general de distribución de facies y microfacies en el Modelo Estándar de Wilson (1975) (Arche, 2010).

- **Microfacies de Flügel, (2004).**

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

Los fenómenos ambientales que controlan las secuencias de facies en la determinación de las rampas carbonáticas son los siguientes:

- Los niveles de energía.
- Las variaciones en la topografía de la rampa.
- Transporte.

Burchette y Wright (1992), de los tres controles ambientales mencionados, destacan la importancia de la energía inducida por el oleaje; considerada en la descripción de las microfacies de rampas.

### **Rampa Externa**

La rampa externa comprende la zona situada debajo del nivel base de las olas de tormenta (figura 45), en donde las profundidades del agua superan las decenas de metros; la deposición de sedimentos es de baja energía y hemipelágica. Estas rampas tienen la característica de no verse afectada por las energías altas del oleaje. Los foraminíferos, esponjas, moluscos, equinodermos, algas rojas se encuentran asociados a acumulaciones orgánicas abundantes.

## **Rampa Media**

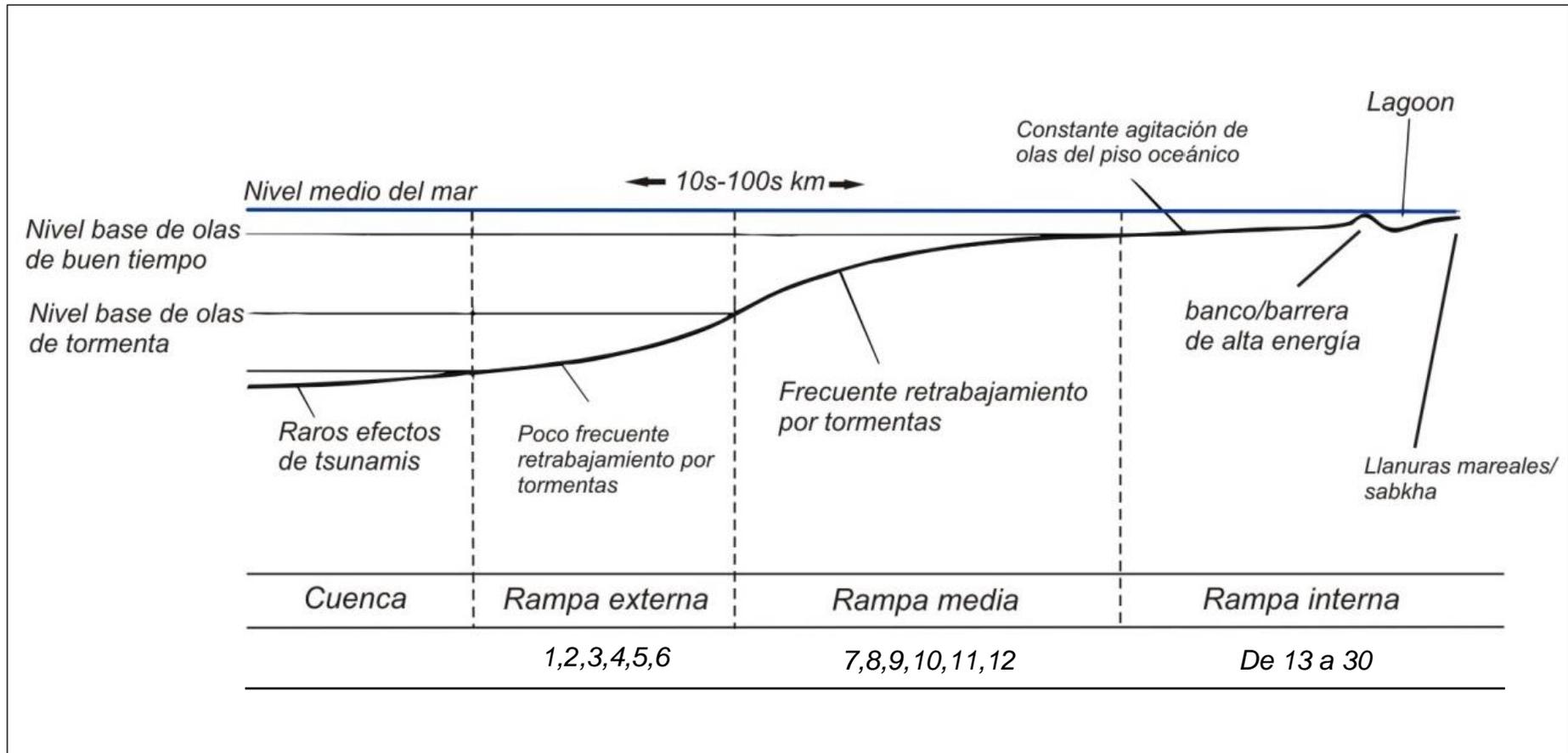
La rampa media tiene lugar entre el nivel base de olas de buen tiempo y el nivel base de olas de tormenta (figura 45); el agua alcanza profundidades de decenas de metros. Los sedimentos representativos o comunes en este tipo de rampas son los intraclastos, camas de brechas y los bancos de arena oolíticos, sin embargo, pueden existir variaciones debido al grado de influencia de las tormentas con respecto a la profundidad del agua y al relieve del fondo.

## **Rampa Interna.**

La rampa interna o somera se encuentra entre la superficie costera (playa) y el nivel base de las olas de buen tiempo (figura 45); en esta zona se favorece el desarrollo de ooides, foraminíferos, algas calcáreas o moluscos, debido a que es un área poco profunda y existe un contacto constante con el oleaje. Dominan los bancos de arena, barreras orgánicas y depósitos costeros (Burchette y Wright, 1992).

Flügel (2004), propuso las *ramp microfacies types* (RMF; tabla 16) comparables en algunos casos con las SMF. Si bien las RMF no poseen el carácter estándar de las SMF, su utilización permite la caracterización de cinturones de facies y superficies de valor estratigráfico difícilmente reconocibles macroscópicamente en este tipo de ambiente.

Además, al modelo de Zonas de Facies de Wilson (1975), le añade un cinturón de facies (ZF 10) para carbonatos que se han formado bajo condiciones meteóricas y marinas.



**Figura 45.** Modelo para los Tipos de Microfacies Rampa (RMF) en una rampa homoclinal, propuesto por Flügel (2004) (Reading y Collinson, 1996).

**Tabla 16.** Tipos de Microfacies Rampa (RMF) para una rampa homoclinal propuesta por Flügel (2004) (Espinell 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 esqueléticos	Interna	Con granos esqueléticos, 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 limolodo.
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.

### **Análisis Paleoambiental de la caliza San Antonio.**

Mediante el análisis detallado del conjunto de características litológicas, petrográficas y paleontológicas de los afloramientos de la caliza San Antonio, se identificaron las asociaciones de microfacies de la caliza. Además, se ha considerado el análisis de las variaciones de los factores controladores de los grupos de fósiles, como parte importante en la identificación del ambiente sedimentario de depositación de las rocas carbonáticas.

El estudio de Tipos de Microfacies Estándar (SMF) ha permitido ubicar a las rocas de los afloramientos de la caliza San Antonio en el cinturón facial 7: *Facies de Plataforma de Laguna Abierta* y cinturón facial 8: *Facies de Plataforma Restringida*. Adicionalmente, mediante el análisis de Tipos de Microfacies Rampa (RMF) se ubican a las rocas en una *Plataforma de Rampa Interna* (tabla 25).

## 2.4.1 Afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1)

### MSA - 1 y MSA - 2

#### Wilson (1975)

Las calizas del afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1; tabla 17) correspondientes a las muestras MSA - 1 y MSA - 2 pertenecen a la microfacies (SMF 10) en la cual, la litología es de tipo packstone - grainstone con bioclastos desgastados y cubiertas de micrita.

*Ocurrencia:* La microfacies SMF 10 se encuentra asociada con una **Plataforma de Laguna Abierta (FZ 7)**.

#### Flügel (2004)

Las calizas del afloramiento San Antonio 1 (ASA - 1; tabla 17) correspondientes a las muestras MSA - 1 y MSA - 2 pertenecen a la microfacies (RMF 20) donde la litología es de tipo wackestone - packstone bioclástico con algas calcáreas y foraminíferos bentónicos.

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

**Tabla 17.** Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) de Wilson (1975) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de Flügel (2004) de las calizas San Antonio del afloramiento 1 (ASA - 1).

<b>Tipo de grano</b>	Matriz, cemento con bioclastos enteros y fragmentados.
<b>Tipo de matriz</b>	Micrita.
<b>Fábrica</b>	Grano soportado.
<b>Fósiles</b>	Oncoides, algas, foraminíferos bentónicos, moluscos, equinodermos y briozoos.
<b>Textura</b>	Packstone.

## 2.4.2 Afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2)

**MSA - 3, MSA - 4, MSA - 5 y MSA - 9**

**Wilson (1975)**

Las calizas del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2; tabla 18) correspondientes a las muestras MSA - 3, MSA - 4, MSA - 5 y MSA - 9 pertenecen a la microfacies (SMF 10) de litología tipo packstone - grainstone con bioclastos desgastados, cubiertos en micrita.

*Ocurrencia:* La microfacies SMF 10 se asocia a una **Plataforma de Laguna Abierta (FZ 7)**.

**Flügel (2004)**

Las calizas del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2; tabla 18) correspondientes a las muestras MSA - 3, MSA - 4, MSA - 5 y MSA - 9 pertenecen a la microfacies (RMF 20) con litología tipo wackestone - packstone bioclástico con algas calcáreas y foraminíferos bentónicos.

*Ocurrencia:* La microfacies RMF 20 tiene lugar en ambientes lagunares de **Rampa Interna**.

**Tabla 18.** Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) de Wilson (1975) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de Flügel (2004) de las calizas San Antonio del afloramiento 2 (ASA - 2).

<b>Tipo de grano</b>	Matriz, cemento con bioclastos enteros y fragmentados.
<b>Tipo de matriz</b>	Micrita.
<b>Fábrica</b>	Grano soportado.
<b>Fósiles</b>	Oncoides, algas, foraminíferos bentónicos, moluscos, equinodermos y briozoos.
<b>Textura</b>	Packstone.

## **MSA - 6 y MSA - 7**

### **Wilson (1975)**

Las calizas del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2; tabla 19) correspondientes a las muestras MSA - 6 y MSA - 7 pertenecen a la microfacies (SMF 10) donde se destaca la litología tipo packstone - grainstone con bioclastos desgastados, cubiertos en micrita.

*Ocurrencia:* La microfacies SMF 10 tiene lugar en **Plataforma de Laguna Abierta (FZ 7)**.

### **Flügel (2004)**

Las calizas del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2; tabla 19) correspondientes a las muestras MSA - 6 y MSA - 7 corresponden a la microfacies (RMF 19), en la cual se destaca la litología mudstone no bioturbada.

*Ocurrencia:* Para Flügel (2004) la microfacies RMF 19 está relacionada con entornos lagunares de **Rampa Interna**.

**Tabla 19.** Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) de Wilson (1975) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de Flügel (2004) de las calizas San Antonio del afloramiento 2 (ASA - 2).

<b>Tipo de grano</b>	Matriz, cemento con bioclastos enteros y fragmentados.
<b>Tipo de matriz</b>	Micrita.
<b>Fábrica</b>	Lodo soportado.
<b>Fósiles</b>	Algas, foraminíferos bentónicos, moluscos y briozoos.
<b>Textura</b>	Mudstone.

## MSA - 8

### Wilson (1975)

Las calizas del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2; tabla 20) correspondiente a la muestra MSA - 8 pertenece a la microfacies (SMF 22) donde se destaca la litología tipo wackestone - floatstone con oncoides aglutinados de tamaño milimétrico a centimétricos atrapados y unidos entre sí por algas.

*Ocurrencia:* La microfacies SMF 22 se relaciona a una **Plataforma Restringida (ZF 8)**.

### Flügel (2004)

Las calizas del afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2; tabla 20) correspondiente a la muestra MSA - 8 pertenece a la microfacies (RMF 20) donde se presenta una litología de tipo wackestone - packstone bioclástico con algas calcáreas y foraminíferos bentónicos.

*Ocurrencia:* La microfacies RMF 20 tiene lugar en ambientes lagunares de **Rampa Interna**.

**Tabla 20.** Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) de Wilson (1975) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de Flügel (2004) de las calizas San Antonio del afloramiento 2 (ASA - 2).

<b>Tipo de grano</b>	Matriz, cemento con bioclastos enteros y fragmentados.
<b>Tipo de matriz</b>	Micrita.
<b>Fábrica</b>	Grano soportado.
<b>Fósiles</b>	Oncoides, algas, foraminíferos bentónicos, moluscos, equinodermos y briozoos.
<b>Textura</b>	Wackestone.

### 2.4.3 Afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3)

**MSA - 10, MSA - 11 y MSA - 12**

**Wilson (1975)**

Las calizas del afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3; tabla 21) correspondientes a las muestras MSA - 10, MSA - 11 y MSA - 12 pertenecen a la microfacies (SMF 10) donde se destaca la litología tipo packstone - grainstone con bioclastos desgastados, cubiertos en micrita.

*Ocurrencia:* La microfacies SMF 10 se produce o tiene lugar en **Plataforma de Laguna Abierta (ZF 7)**.

**Flügel (2004)**

Las calizas del afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3; tabla 21) correspondientes a las muestras MSA - 10, MSA - 11 y MSA - 12 pertenecen a la microfacies (RMF 20) donde la litología es de tipo wackestone - packstone bioclástico con algas calcáreas y foraminíferos bentónicos.

*Ocurrencia:* La microfacies RMF 20 tiene lugar en ambientes lagunares de **Rampa Interna**.

**Tabla 21.** Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) de Wilson (1975) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de Flügel (2004) de las calizas San Antonio del afloramiento 3 (ASA - 3).

<b>Tipo de grano</b>	Matriz, cemento con bioclastos enteros y fragmentados.
<b>Tipo de matriz</b>	Micrita.
<b>Fábrica</b>	Grano soportado.
<b>Fósiles</b>	Oncoides, algas, foraminíferos bentónicos, moluscos, equinodermos y briozoos.
<b>Textura</b>	Packstone.

#### 2.4.4 Afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4)

##### MSA - 13

##### Wilson (1975)

Las calizas del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4; tabla 22) correspondiente a la muestra MSA - 13 pertenece a la microfacies (SMF 10), donde se destaca la litología tipo packstone - grainstone con bioclastos desgastados, cubiertos en micrita.

*Ocurrencia:* La microfacies SMF 10 se produce en **Plataforma de Laguna Abierta (ZF 7)**.

##### Flügel (2004)

Las calizas del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4; tabla 22) correspondiente a la muestra MSA - 13 pertenecen a la microfacies (RMF 20) presenta litología de tipo wackestone - packstone bioclástico con algas calcáreas y foraminíferos bentónicos.

*Ocurrencia:* Esta microfacies RMF 20 tiene lugar en ambientes lagunares de **Rampa Interna**.

**Tabla 22.** Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) de Wilson (1975) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de Flügel (2004) de las calizas San Antonio del afloramiento 4 (ASA - 4).

<b>Tipo de grano</b>	Matriz, cemento con bioclastos enteros y fragmentados.
<b>Tipo de matriz</b>	Micrita.
<b>Fábrica</b>	Grano soportado.
<b>Fósiles</b>	Oncoides, algas, foraminíferos bentónicos, moluscos, equinodermos y briozoos.
<b>Textura</b>	Packstone.

## MSA - 14

### Wilson (1975)

Las calizas del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4; tabla 23) correspondiente a la muestra MSA - 14 pertenece a la microfacies (SMF 10) donde se destaca la litología tipo packstone - grainstone con bioclastos desgastados, cubiertos en micrita.

*Ocurrencia:* La microfacies SMF 10 se asocia con una **Plataforma de Laguna Abierta (FZ 7)**.

### Flügel (2004)

Las calizas del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4; tabla 23) correspondiente a la muestra MSA - 14 pertenecen a la microfacies (RMF 19) donde la litología es de tipo mudstone no bioturbada.

*Ocurrencia:* Esta microfacies RMF 19 se relaciona con ambientes lagunares de **Rampa Interna**.

**Tabla 23.** Características litológicas y micropaleontológicas de los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) de Wilson (1975) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) de Flügel (2004) de las calizas San Antonio del afloramiento 4 (ASA - 4).

<b>Tipo de grano</b>	Matriz, cemento con bioclastos enteros y fragmentados.
<b>Tipo de matriz</b>	Micrita.
<b>Fábrica</b>	Lodo soportado.
<b>Fósiles</b>	Algas, foraminíferos bentónicos, moluscos y equinodermos.
<b>Textura</b>	Mudstone.

## MSA - 15

La muestra MSA - 15 del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4; tabla 24) no se ha podido incluir dentro del Análisis de Tipos de Microfacies Estándar (SMF) del modelo propuesto por Wilson (1975) y Tipos de Microfacies Rampa planteado por Flugel (2004), debido a que las características litológicas y micropaleontológicas presentes no son suficientes y no se encuentran dentro de las microfacies establecidas para cada Zonas de Facies y Tipo de Rampa, respectivamente.

Sin embargo, a la MSA - 15 del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4) se la puede ubicar en un cinturón facial de **afectación meteórica (ZF 10)**, donde se destaca la litología perteneciente a calcreta o caliche y otros entornos terrestres y terrestres marinos.

**Tabla 24.** Características litológicas y micropaleontológicas de la MSA - 15 del afloramiento 4 (ASA - 4).

<b>Tipo de grano</b>	Matriz, cemento con bioclastos enteros y fragmentados.
<b>Tipo de matriz</b>	Micrita, Arcilla.
<b>Fábrica</b>	Lodo soportado.
<b>Fósiles</b>	Foraminíferos bentónicos y planctónicos.
<b>Textura</b>	Wackestone.

**Tabla 25.** Tipos de Microfacies Estándar (SMF) y Tipos de Microfacies Rampa (RMF) obtenidas de análisis a las secciones delgadas de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas.

Muestra	Textura		Microfacies		Ambiente	
			SMF	RMF	Wilson (1975)	Flügel (2004)
MSA - 1	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 2	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 3	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 4	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 5	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 6	Mudstone	Esparita	10	19	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 7	Mudstone	Esparita	10	19	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 8	Wackestone	Bioesparita	22	20	Plataforma Restringida	Rampa Interna
MSA - 9	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 10	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 11	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 12	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 13	Packstone	Bioesparita	10	20	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna
MSA - 14	Packstone	Bioesparita	10	19	Plataforma de Laguna Abierta	Rampa Interna

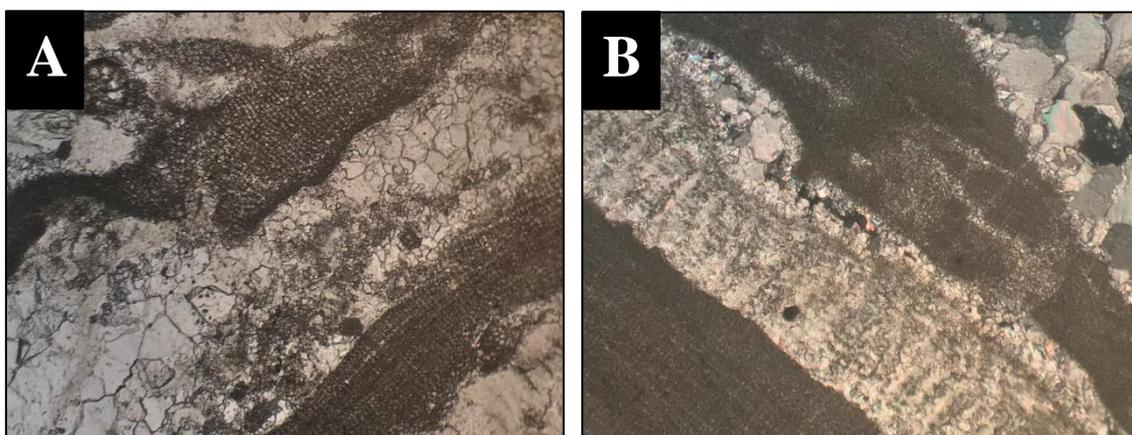
#### 2.4.5 Factores Ambientales de los microfósiles de la caliza San Antonio.

La sistematización taxonómica a nivel de especie puede resultar compleja para algunos microorganismos, debido a que en secciones delgadas se encuentran disponibles diversos cortes al azar y las estructuras de la pared a menudo se borran por procesos diagenéticos. Sin embargo, se ha llevado a efecto la descripción de los diferentes grupos esqueléticos correspondientes a los afloramientos de la caliza San Antonio.

##### Algas calcáreas

Las algas son plantas acuáticas fotosintéticas bentónicas y planctónicas (Flügel, 2010). Para Arche (2010), estas constituyen uno de los principales productores de carbonatos a través del tiempo geológico. Los tipos de algas carbonáticas consisten en: rodófitas (algas rojas), clorófitas (algas verdes), crisófitas (algas amarillas-verdes) y cianófitas (algas azules -verdes) o (cianobacterias).

Las algas calcáreas se observan en casi todas las secciones delgadas, en calizas packstone, wackestone y mudstone; estas representan una alta abundancia de organismos microfósiles. Se manifiestan como elementos incrustantes, que sujetan y cementan a las calizas; tienen estructura alargada y regular; en algunas ha tenido lugar la micritización y recristalización de microesparita (figura 46).



**Figura 46.** Algas calcáreas. **A:** Algas calcáreas con micritización en una cementación de microesparita. **B:** Algas calcáreas con paredes micritizadas y posterior recristalización.

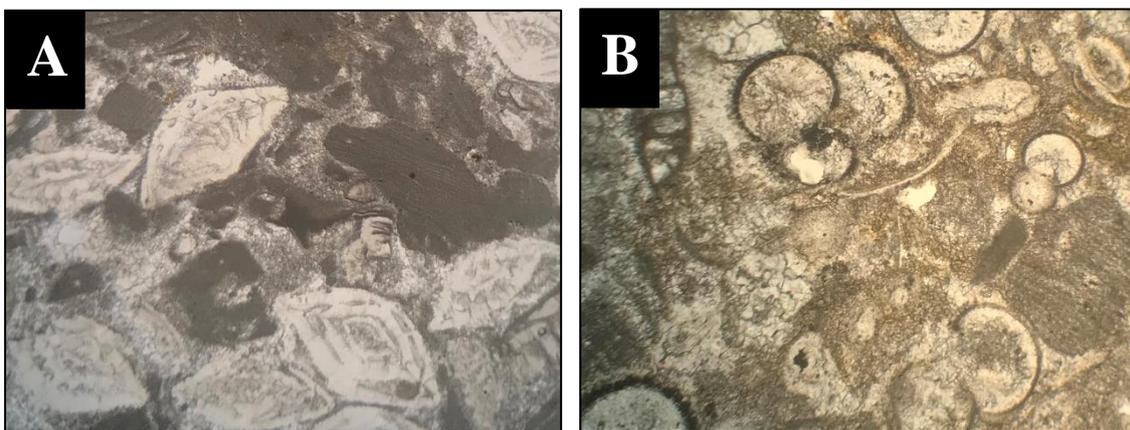
De acuerdo a las características morfológicas de las algas calcáreas identificadas, estas corresponden a rodófitas o también conocidas como algas rojas. Los factores ambientales que las controlan permiten su localización sobre fondos rocosos o arrecifales, generalmente en aguas poco profundas, cristalinas y agitadas Aranburu et al., (1992).

### **Foraminíferos**

Los foraminíferos son protozoos rizópodos unicelulares que tienen la capacidad de fosilizar fácilmente (Arenillas et al., 2000). Pueden dividirse en: bentónicos, que viven en el fondo marino y en planctónicos, que viven flotando por debajo de la superficie del agua, entre los 10 y 50 metros.

En comparación con los foraminíferos planctónicos, los foraminíferos de tipo bentónico sobresalen en esta investigación. Estos últimos se identificaron en todas las secciones delgadas, en calizas packstone, wackestone, mudstone y en calcretas. Este grupo de microorganismos se presentan completos y como bioclastos fragmentados; se reconocieron los géneros: *Operculinella nummullitiformis*, *Cibicides* sp., *Cibicides tuxpamensis*, Miliolidae, entre otros; siendo los dos primeros los más abundantes.

Los márgenes o bordes y las cámaras de muchos foraminíferos se hallan cubiertas por micrita y rellena parcial o totalmente por microesparita, respectivamente. Mientras que otros exhiben buena preservación de sus conchas (figura 47).



**Figura 47.** Foraminíferos. **A:** Foraminíferos bentónicos con recrystalización de microesparita dentro de las cámaras. **B:** Foraminíferos planctónicos con cubierta de micrita y relleno de microesparita.

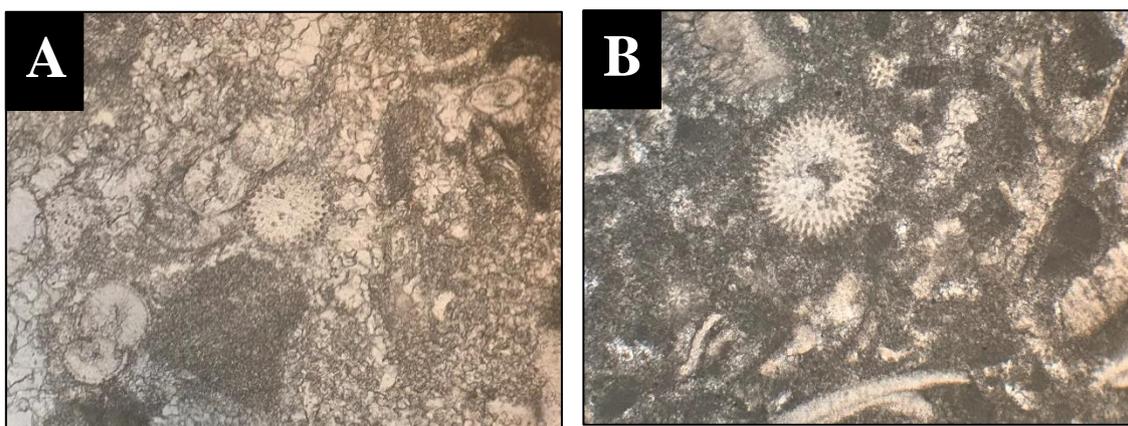
Dentro de las limitaciones ambientales que rigen a este grupo de fósiles, se indica que los foraminíferos bentónicos son más usuales en las plataformas carbonáticas de latitudes bajas; se encuentran en aguas con salinidad normal de 35%, limitándose a la zona fótica; la mayoría se encuentran en áreas con concentración normal de oxígeno Flügel (2004).

Los foraminíferos planctónicos son escasos en ambientes marinos poco profundos. Gran parte de estos organismos se restringen a salinidades marinas de 30% - 40%; al igual que los foraminíferos bentónicos, tienen lugar en la zona fótica.

### **Radiolarios**

Los radiolarios son reinos solitarios, protistas exclusivamente planctónicos y marinos que poseen un endoesqueleto de sílice, aunque también hay formas coloniales y sin esqueleto (Camacho, 2007).

En sección delgada, se presentan como formas esféricas y elipsoidales recristalizadas por microesparita, lo cual restringe la preservación de los detalles del caparazón. Estos microorganismos son poco abundantes; no obstante, se reconoció al siguiente grupo: radiolarios espumelaridos (figura 48).



**Figura 48.** Radiolarios. **A** y **B**: Espumelaridos con recristalización de microesparita.

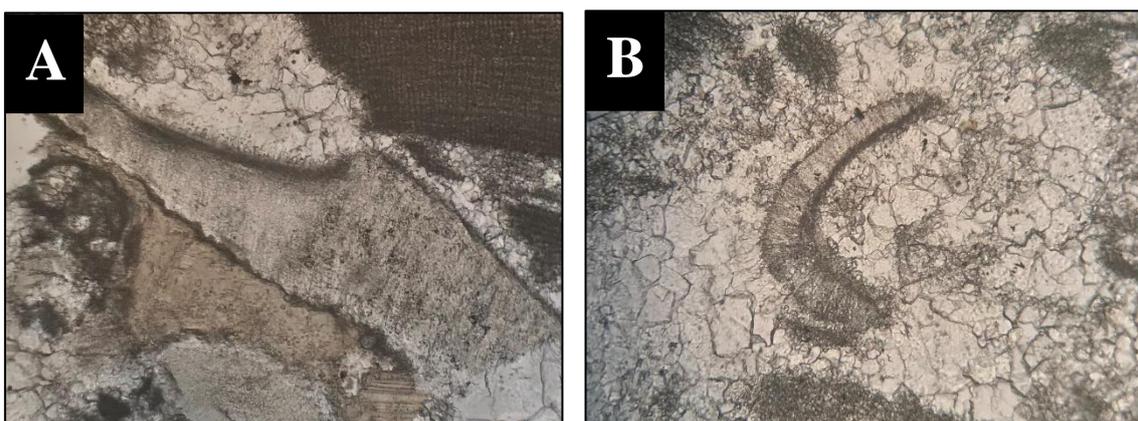
Uno de los principales factores que influye en los patrones de distribución de los radiolarios es la temperatura del agua, es así que la homogeneidad de estos grupos es paralela a las latitudes y heterogénea entre las latitudes. Algunos radiolarios modernos se establecen en la zona fótica, así como en profundidades de cientos de metros y más.

Cabe mencionar que cuando se encuentran en grandes cantidades indican un ambiente marino profundo (Santana, 2012). Cuando la cantidad de especies es menor, viven en latitudes más bajas.

### **Moluscos**

Los moluscos son componentes esqueléticos, estos constituyen un phylum numeroso y variado, los principales grupos son: bivalvos, gasterópodos y cefalópodos.

En comparación con los anteriores organismos descritos, los moluscos representan baja abundancia. Sin embargo, están presentes en la mayoría de las secciones delgadas como fragmentos de bioclastos rectangulares, alargados y curvos; además, se observa que contienen una cubierta de micrita alrededor de ellos (figura 49).



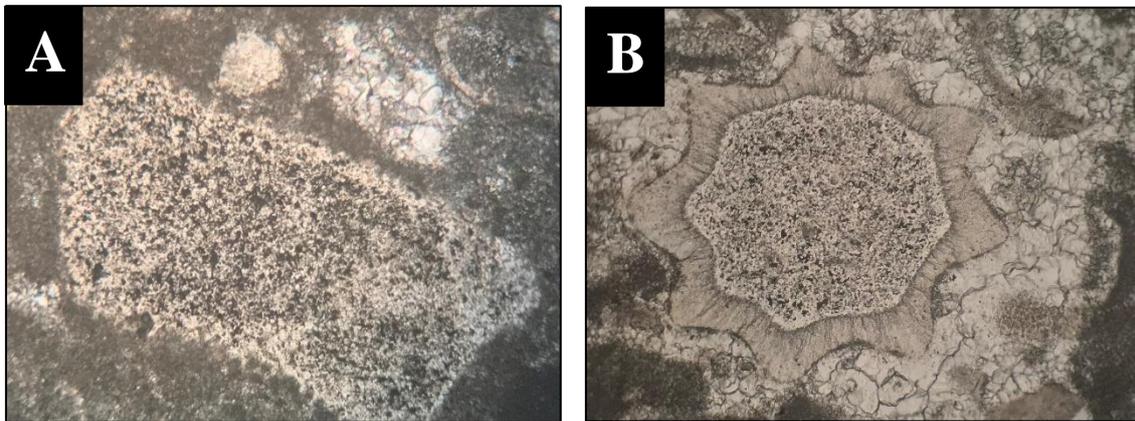
**Figura 49.** Fragmentos de moluscos. **A:** Cubierta de micrita alrededor de fragmento de molusco. **B:** Posible fragmento de bivalvo cubierto de micrita sobre cementación.

Los factores ambientales representativos, permiten establecer que la gran mayoría de moluscos viven en ambientes marinos poco profundos a profundos; tanto de agua dulce, salada e hipersalina Scholle (2003).

## Equinodermos

Son organismos exclusivos de medios marinos abiertos y un elemento común en la fauna bentónica de mares templados. Pueden ser equinoides, crinoides, blastoides, holoturianos, asteroides y ofiuroides.

En algunas secciones delgadas, los equinodermos se presentan como fragmentos. Se aprecian en diversas morfologías, desde estructuras redondas, rectangulares e incluso sin forma definida. La identificación resulta poco complicada, ya que poseen poros muy finos como textura principal (figura 50). Se dan en poca abundancia.



**Figura 50.** Equinodermos. **A:** Equinodermo con crecimiento de calcita sintaxial. **B:** Crinoides.

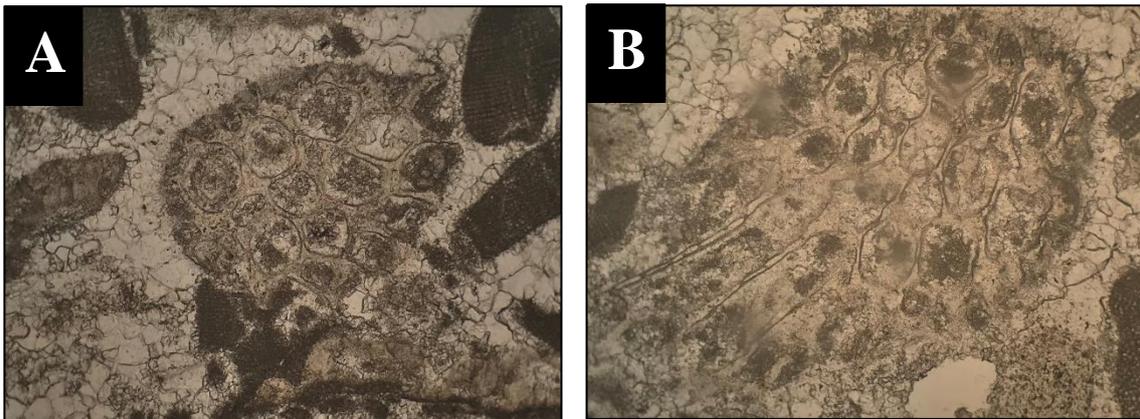
Los condicionantes de los factores ambientales que se presentan en los equinodermos indican que estos se manifiestan en calizas marinas; son comunes en ambientes tropicales y pueden existir en aguas someras o profundas con salinidad normal. El rango de adaptabilidad que presentan con respecto al tipo de sustrato y turbidez del agua varía según el tipo Flügel (2004).

Los crinoides son frecuentes en ambientes de aguas cálidas como frías, comúnmente prevalecen en zonas de sustrato duro; en aguas limpias y tranquilas.

## **Briozoos**

Los briozoos son organismos coloniales y sésiles (Aranburu et al., 1992). Son buenos indicadores paleoambientales y paleoclimáticos.

En sección delgada, estos microorganismos se observan como una estructura celular colonial de forma circular a poligonal con pequeñas cantidades de micrita y con relleno de cemento microesparita (figura 51). La distribución de estos es limitada.



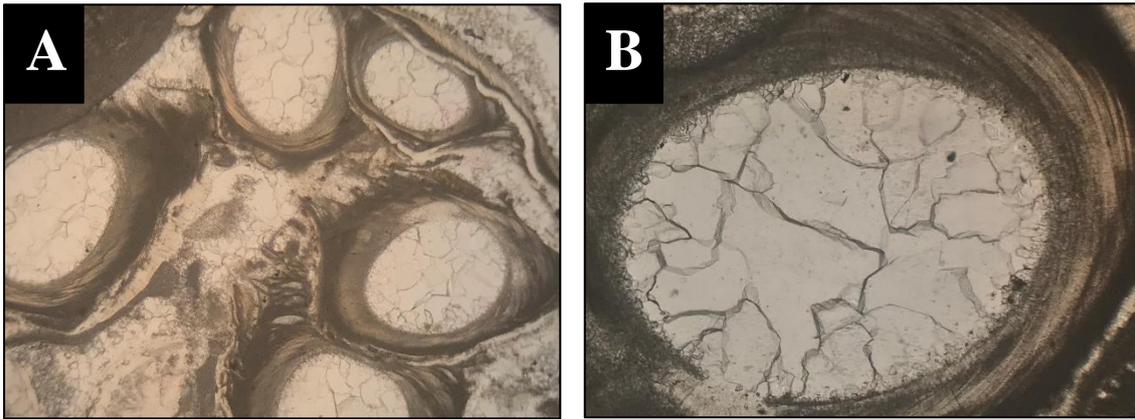
**Figura 51.** Briozoos. **A** y **B:** Briozoos con micrita y con recristalización de microesparita.

Respecto a la deposición de estos microorganismos, los factores ambientales indican que abundan en profundidades entre la zona intermareal y unos 80 m; viven en medios marinos someros abiertos, particularmente en depósitos sedimentarios de latitudes bajas y altas (Molina y Serna, 2013).

## **Serpúlidos**

Para Bastida y Salazar (2000), este grupo corresponde a los poliquetos, una de las familias más reconocibles, los serpulidos son los únicos que construyen tubos calcáreos.

En secciones delgadas se observan tubos anélidos con estructura de la pared laminada concéntrica, la presencia es poco abundante (figura 52), sin embargo, no dejan de ser buenos indicadores de paleoambiente.



**Figura 52.** Serpúlidos. **A:** Grupo de serpúlidos incrustados sobre cemento. **B:** Serpúlidos con pared interna micritizada y con relleno de microesparita.

Los serpúlidos se hallan principalmente incrustando sustratos duros, son comunes en aguas poco profundas a costeras, pueden extenderse a aguas de plataforma más profundas. Especialmente usual en entornos ligeramente hipersalinos, donde pueden formar pequeñas masas parecidas a arrecifes o en superficies con cese de la deposición (de hiato).

Las acumulaciones dominadas por estos tubos asociados con algas rojas coralinas se conocen en los ambientes lagunares, pero también ocurren en ambientes de aguas frías (Flügel, 2010).

## Capítulo III

### Determinación de Carbono

El análisis elemental consiste en la determinación de la cantidad de carbono presente en un suelo o roca. El carbono se presenta como compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos y de forma elemental. En compuestos inorgánicos, como por ejemplo en muestras de carbonatos el porcentaje de carbono total se caracteriza por ser bajo (10%; (Eltra Elemental Analyzers, 2000)).

La determinación del porcentaje de carbono (C) que contiene la muestra de roca analizada, específicamente, tiene como objetivo la caracterización de la zona de estudio, considerando las áreas que acumulan granos carbonáticos. La aplicación de su diagnóstico puede representar valores tanto de interés académico, industrial y agroproductivo.

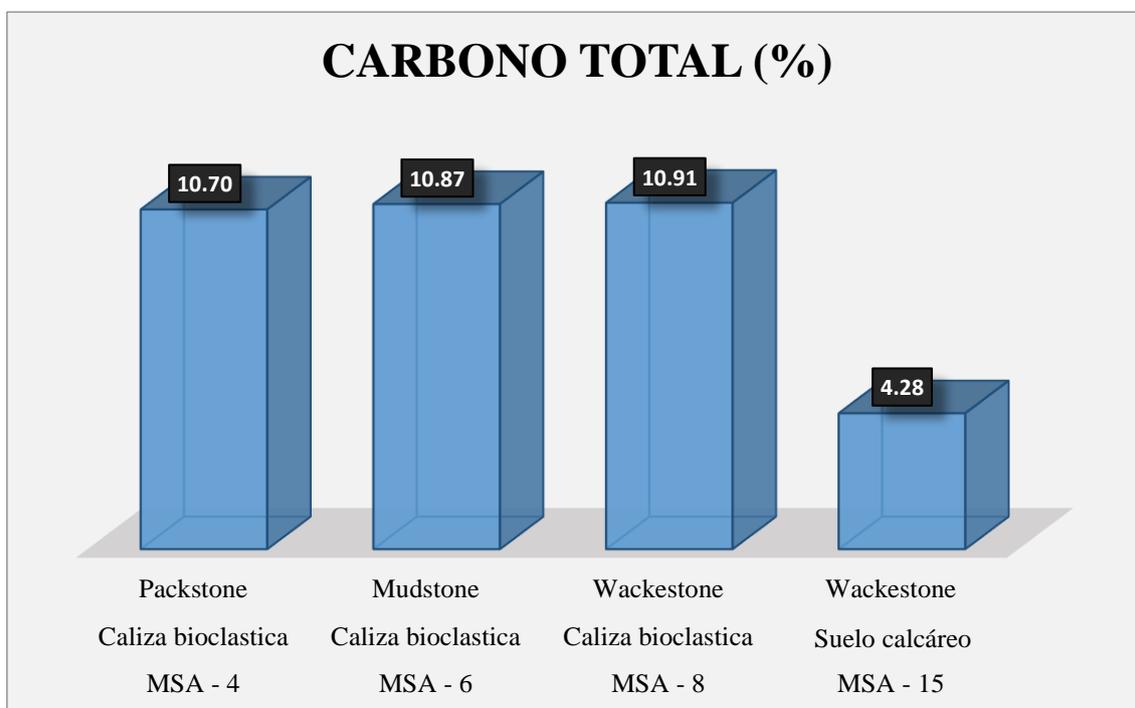
Para la interpretación de la información adquirida en este proceso se realizó el análisis elemental de carbono mediante el método con analizador LECO.

La concentración de carbono total tuvo un promedio de 9.19%, con un mínimo de 4.28% para la muestra MSA - 15 y máximo de 10.91% para la muestra MSA - 8. Las muestras MSA - 4 y MSA - 6 tuvieron una concentración de 10.70% y 10.87%, respectivamente (tabla 26; figura 53).

Los resultados obtenidos han permitido comprobar la presencia de carbonatos. En la muestra MSA - 15 el porcentaje de carbono disminuye en relación con las demás muestras, esto indica que el carbono total en los afloramientos de la caliza San Antonio disminuye o se presenta en menor proporción en la superficie de la plataforma.

**Tabla 26.** Resultados del contenido en carbono total de cuatro muestras de roca de los afloramientos de la caliza San Antonio, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.

Muestra	Tipo de roca	Textura	Carbono Total (C)
MSA - 4	Caliza bioclastica	Packstone	10.70 %
MSA - 6	Caliza bioclastica	Mudstone	10.87 %
MSA - 8	Caliza bioclastica	Wackestone	10.91 %
MSA - 15	Suelo calcáreo	Wackestone	4.28 %



**Figura 53.** Variación porcentual de carbono total mediante análisis elemental en cuatro muestras de rocas de los afloramientos de la caliza San Antonio (MSA - 4, MSA - 6, MSA - 8 y MSA - 15) de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil, provincia del Guayas.

## Capítulo IV

### Discusión de Resultados

#### 4.1 Características Sedimentarias de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo

La caliza San Antonio fue estudiada en cuatro afloramientos ubicados al suroeste de la comuna San Antonio de Playas. Las litologías o litofacies, tipos de secuencias dominantes y ciclos sedimentarios en estos afloramientos están relacionados, no obstante, las estructuras sedimentarias son ausentes o se presentan unitariamente.

Las litologías de los afloramientos San Antonio son **calizas packstone, wackestone, mudstone, arcillolitas y calcretas**; y pueden ser identificadas mediante facies (A - F):

***Packstone bioclástico (Facies A)*** masiva, de color gris amarillento y blanco; tamaño de grano grueso a fino, redondez subangular a subredondeado, bien seleccionada y consolidada; espesor métrico. Dominada por cemento, matriz, fragmentos bioclásticos diversos, principalmente algas y oncoides; presenta bioturbación, cavidades, cristales de carbonato y nódulos de cherts.

***Wackestone bioclástico (Facies B)*** de color gris amarillento y blanco; tamaño de grano medio a fino, la redondez de los granos es subangular a subredondeada, bien seleccionada y consolidada; espesor métrico. Constituida por cemento, matriz y fragmentos de bioclastos, entre ellos algas y oncoides; posee bioturbación y cristales de carbonato.

***Mudstone bioclástico con intercalaciones de arcillolita laminada (Facies C)*** de color naranja grisáceo y blanco; tamaño de grano fino, granos subredondeados, bien seleccionada y consolidada; espesor centimétrico. Dominada por cemento, matriz y

bioclastos. La arcillolita es de color naranja amarillento oscuro; con laminación, moderadamente consolidada y con espesor centimétrico.

**Mudstone bioclástico (Facies D)** de color naranja grisáceo; tamaño de grano fino, granos subredondeados, bien seleccionada y consolidada; con espesor métrico. Comprende principalmente cemento y bioclastos.

**Arcillolita laminada (Facies E)** de color marrón amarillento oscuro, laminación paralela dispuestas una sobre otras, moderadamente consolidada y con espesor centimétrico.

**Calcreta o caliche (Facies F)** es de color naranja amarillento oscuro; tamaño de grano fino, redondeado, bien seleccionada y consolidada; tiene espesor métrico. Compuesta por matriz y bioclastos. Muestra anillos concéntricos.

Los **tipos de secuencias de somerización identificados son:** secuencias de medio orden (~ 10 m a ~ 20 m) con dominio submareal, ya que no alcanzan los dominios intermareales y supramareales; el grosor de las facies que conforman estas secuencias está indicado en la tabla 27.

**Tabla 27.** Disposición del grosor de las facies de las secuencias de somerización en los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas. Algunas facies son principalmente dominantes (gruesas) y otras son ausentes (no identificadas).

Secuencias						
Somerizante	Facies A	Facies B	Facies C	Facies D	Facies E	Facies F
ASA - 1	Dominante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
ASA - 2	Creciente	Creciente	Creciente	Ausente	Ausente	Ausente
ASA - 3	Dominante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
ASA - 4	Dominante	Ausente	Ausente	Creciente	Creciente	Dominante

El límite entre las secuencias está determinado por el paso de facies de alta energía a facies de baja energía. En el afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4) tiene lugar una secuencia carbonática con presencia de terrígenos (figura 54).

Las **características principales de las facies identificadas** se resumen en la tabla 28.

**Tabla 28.** Resumen de las características sedimentarias de las facies de los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna de San Antonio de Playas.

Dominio	Ciclos	Color	Roca	Fósil/Estructura Sedimentaria	Facies	
Submareal	Alta energía	Gris amarillento, blanco.	Packstone	Bioclastos: algas, oncoides. Cavidades.	<b>A</b>	
		Gris amarillento, blanco.	Wackestone	Bioclastos: algas, oncoides. Cavidades.	<b>B</b>	
	Somerezante	Baja energía	Naranja grisáceo, blanco. Marrón amarillento oscuro.	Mudstone con arcillolita	Bioclastos.	<b>C</b>
			Naranja grisáceo.	Mudstone	Bioclastos.	<b>D</b>
		Marrón amarillento oscuro	Arcillolita	Laminación paralela.	<b>E</b>	
		Naranja amarillento oscuro.	Calcreta	Bioclastos. Anillos concéntricos.	<b>F</b>	

Los afloramientos de estas rocas carbonáticas están constituidos por sucesiones litológicas dominantes (ASA - 1 y 3, parte inferior de 2 y 4;) y de aumento hacia arriba (parte superior de ASA - 2 y parte media de 4) que conforman ciclos gruesos y de engrosamiento proporcional, respectivamente (figura 54).

Las estructuras sedimentarias identificadas en los afloramientos de la caliza San Antonio son:

### **Falla**

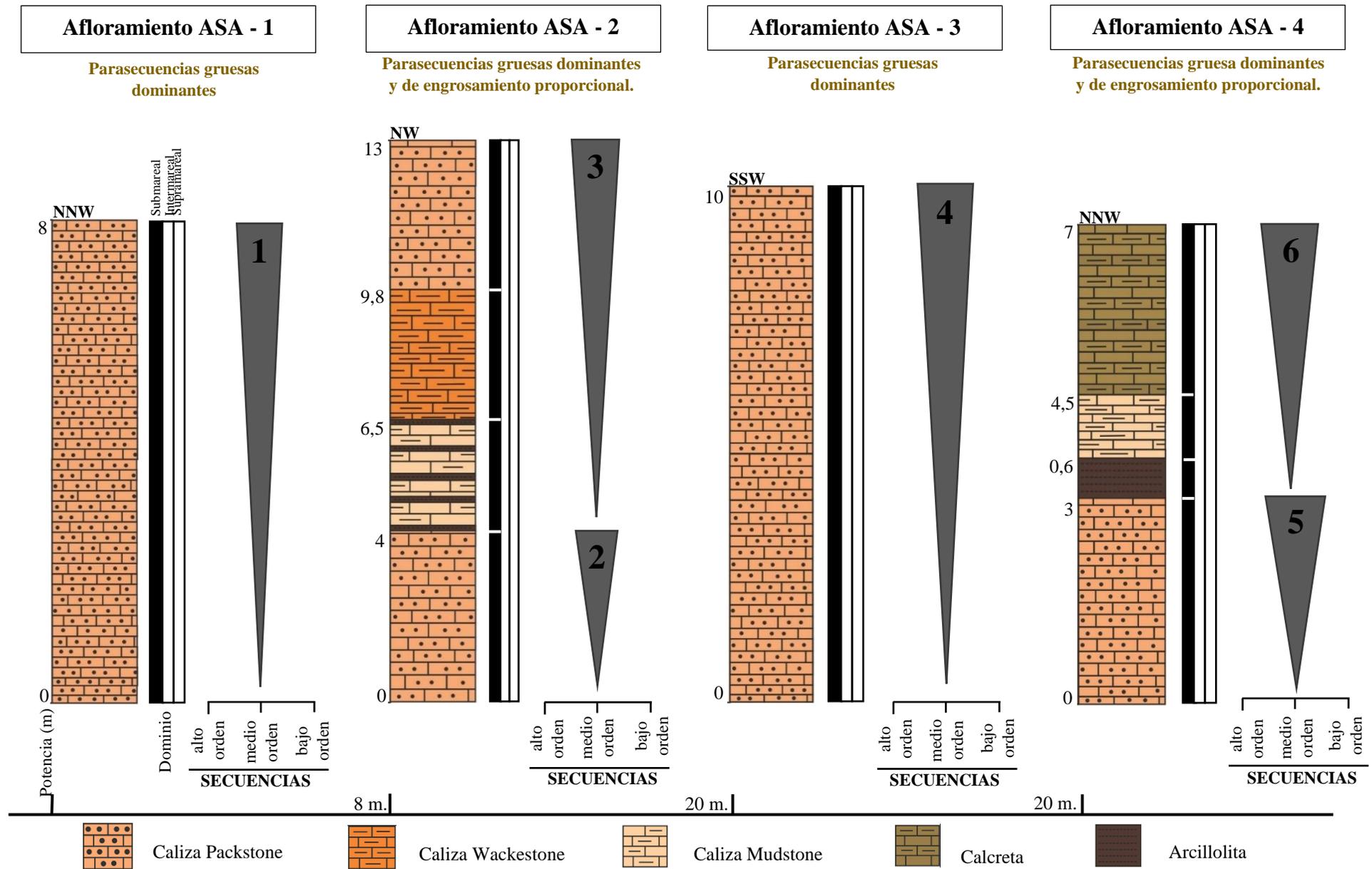
- Tipo: Falla normal, con buzamiento de  $42^\circ$  en dirección NE y rumbo de N15W ( $345^\circ$  de azimut). Presente en el ASA - 2.

### **Fracturas y Vetillas**

- Espesores comunes: 2 cm a 5 cm. Identificadas en el ASA - 2.
- Litología: fracturas y vetillas rellenas con mineralización de carbonatos y específicamente vetillas rellenas de arcilla.
- Proceso de origen: infiltración de agua debido a porosidad de la roca.

### **Cavernas**

- Dimensión: 25 cm a 50 cm. Presente en el ASA - 3.
- Litología: Presente en roca carbonatada.
- Proceso de origen: meteorización o descomposición química de los minerales que componen la roca.



**Figura 54.** Facies y secuencias de medio orden descritas en los afloramientos de la caliza San Antonio de la comuna San Antonio de Playas. Las parasecuencias son gruesas y de engrosamiento proporcional con facies submareales dominantes y aumentando hacia arriba.

## 4.2 Características Petrográficas de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo

La caliza San Antonio de los afloramientos de la comuna San Antonio de Playas presenta diferencias respecto a su composición y características texturales, lo cual ha permitido identificar los siguientes tipos de rocas calizas: **packstone**, **wackestone** y **mudstone**.

Las calizas packstone en los afloramientos de la caliza San Antonio contienen de 40% a 45% componentes ortoquímicos y 55% a 60% componentes aloquímicos. Por lo tanto, los promedios totales de los constituyentes son 40,5 % y 59,5%, respectivamente (figura 55); clasificadas como Packstone (Dunham, 1962) y Bioesparita (Folk 1959, 1962).

Los componentes ortoquímicos de las calizas packstone de los afloramientos de la caliza San Antonio constituyen: de 10% a 40% micrita y de 60% a 90% esparita.

Los componentes aloquímicos de las calizas packstone de los afloramientos de la caliza San Antonio constituyen 100% bioclastos, entre ellos: de 40% a 60% algas, 30% a 40% foraminíferos, 2% a 20% moluscos, 3% a 10% equinodermos, 3% a 10% briozoos y 2% a 5% serpulidos.

Las características texturales de las calizas packstone son: matriz micrítica escasa, cemento microesparita; tamaño de grano muy fino a grueso, forma subangular a subredondeada, moderadamente clasificadas y empaquetamiento puntual a tangencial.

Las calizas wackestone en los afloramientos de la caliza San Antonio constituyen de 30% a 80% componentes ortoquímicos y 20% a 70% componentes aloquímicos, representando un promedio total 55% componentes ortoquímicos y 45% componentes

aloquímicos (figura 56). Se clasifican como Wackestone (Dunham, 1962), Biomicrita y Bioesparita (Folk 1959, 1962).

Los componentes ortoquímicos de las calizas wackestone de los afloramientos de la caliza San Antonio constituyen: 30% a 80% micrita y 20% a 70% esparita.

Los componentes aloquímicos de las calizas wackestone de los afloramientos de la caliza San Antonio constituyen 100% bioclastos, entre ellos: de 40% algas, 35% a 100% foraminíferos, 10% moluscos, 10% equinodermos y 5% briozoos.

Las características texturales de las calizas wackestone son: matriz micrítica, cemento microesparita; tamaño de grano muy fino a grueso, forma subangular a subredondeada, moderadamente clasificadas y empaquetamiento flotante a tangencial.

Las calizas mudstone en los afloramientos de la caliza San Antonio representan en promedio total el 90% componentes ortoquímicos y 10% componentes aloquímicos (figura 57). Se clasifican como Mudstone (Dunham, 1962) y Esparita (Folk 1959, 1962).

Los componentes ortoquímicos de las calizas mudstone de los afloramientos de la caliza San Antonio constituyen o representan: 20% micrita y 80% esparita.

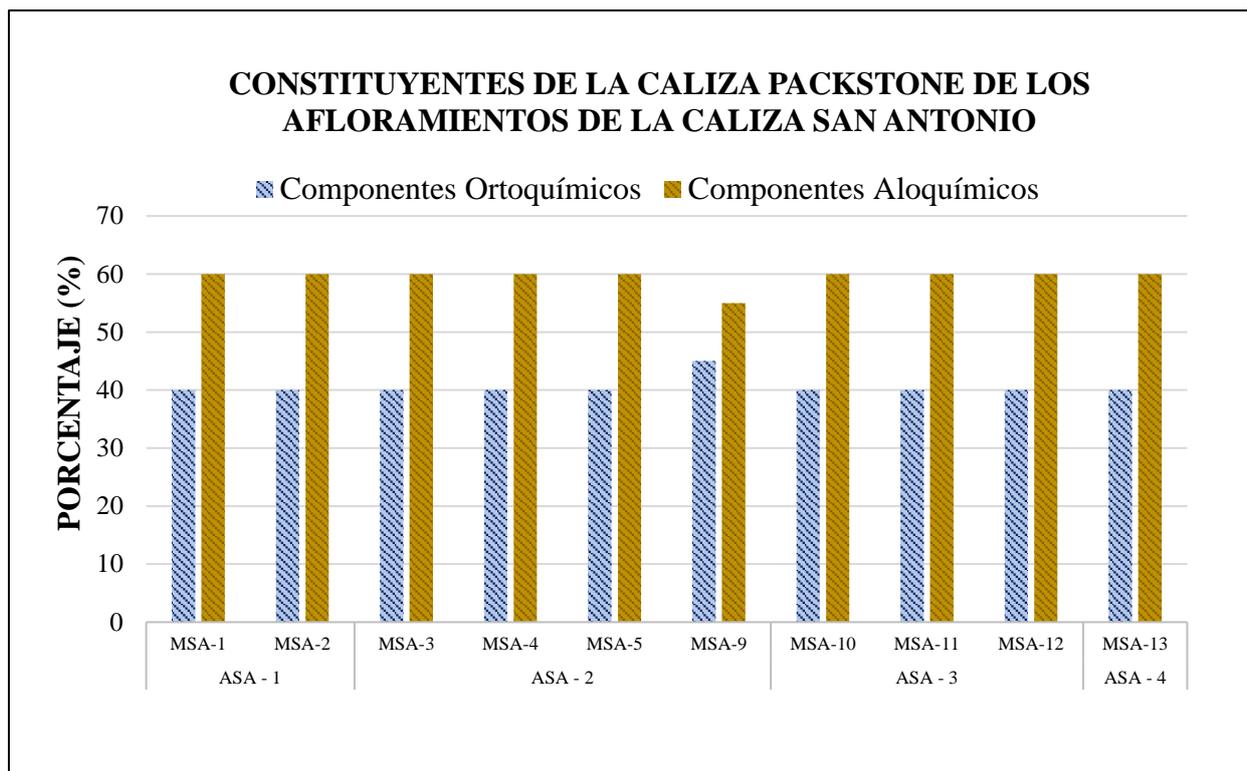
Los componentes aloquímicos de las calizas mudstone de los afloramientos de la caliza San Antonio constituyen 100% bioclastos, entre ellos: de 50% algas, 30% a 45% foraminíferos, 5% a 10% moluscos, 10% equinodermos y 2% briozoos.

Las características texturales de las calizas mudstone son: matriz micrítica escasa, cemento microesparita; tamaño de grano muy fino a fino, forma subangular a subredondeada, pobremente clasificadas y empaquetamiento puntual a tangencial.

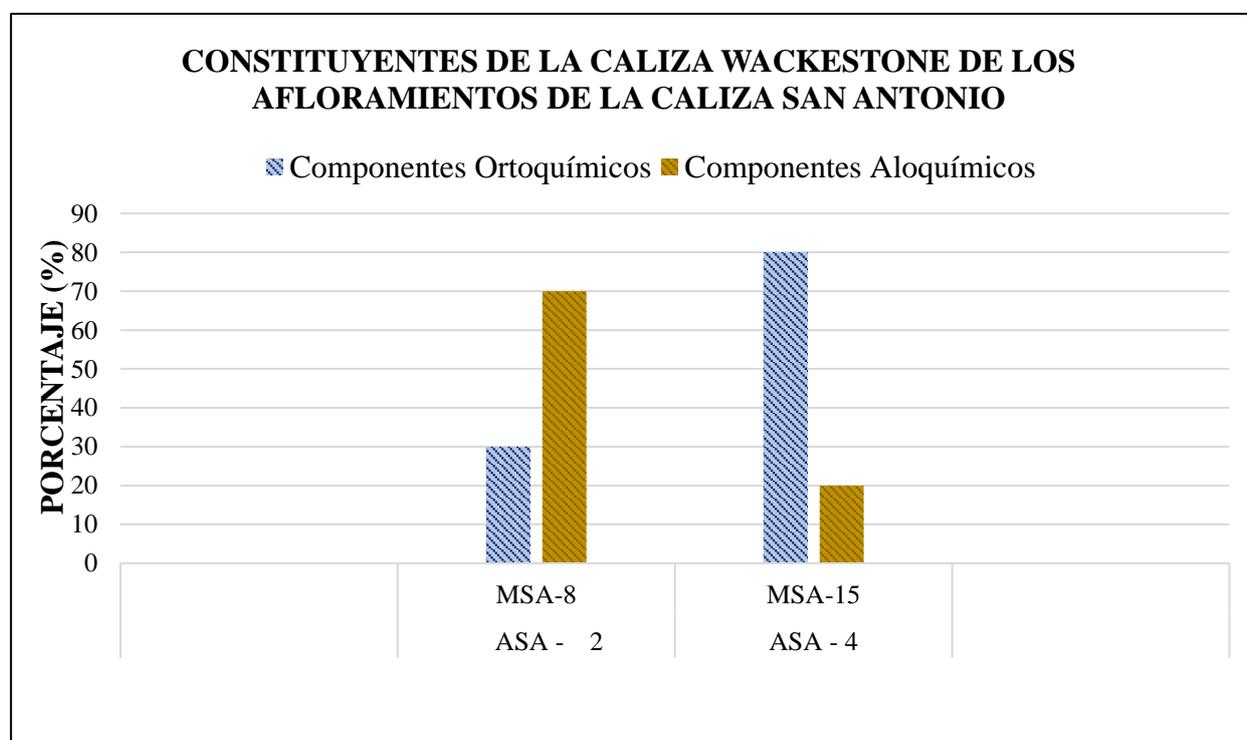
En consecuencia, los promedios de los componentes ortoquímicos de las calizas packstone en los afloramientos de la caliza San Antonio son: 24% micrita y 76% esparita; y los componentes aloquímicos son: 45,5% algas, 33% foraminíferos, 8,9% moluscos, 7,3% equinodermos, 4,6% briozoos y 0,7% serpulidos (figura 58 y 59).

Los promedios de los componentes ortoquímicos de las calizas wackestone en los afloramientos de la caliza San Antonio son: 55% micrita y 45% esparita; y los componentes aloquímicos corresponden a bioclastos, entre ellos: 20% algas, 67,5% foraminíferos, 5% moluscos, 5% equinodermos y 2,5% briozoos (figura 58 y 59).

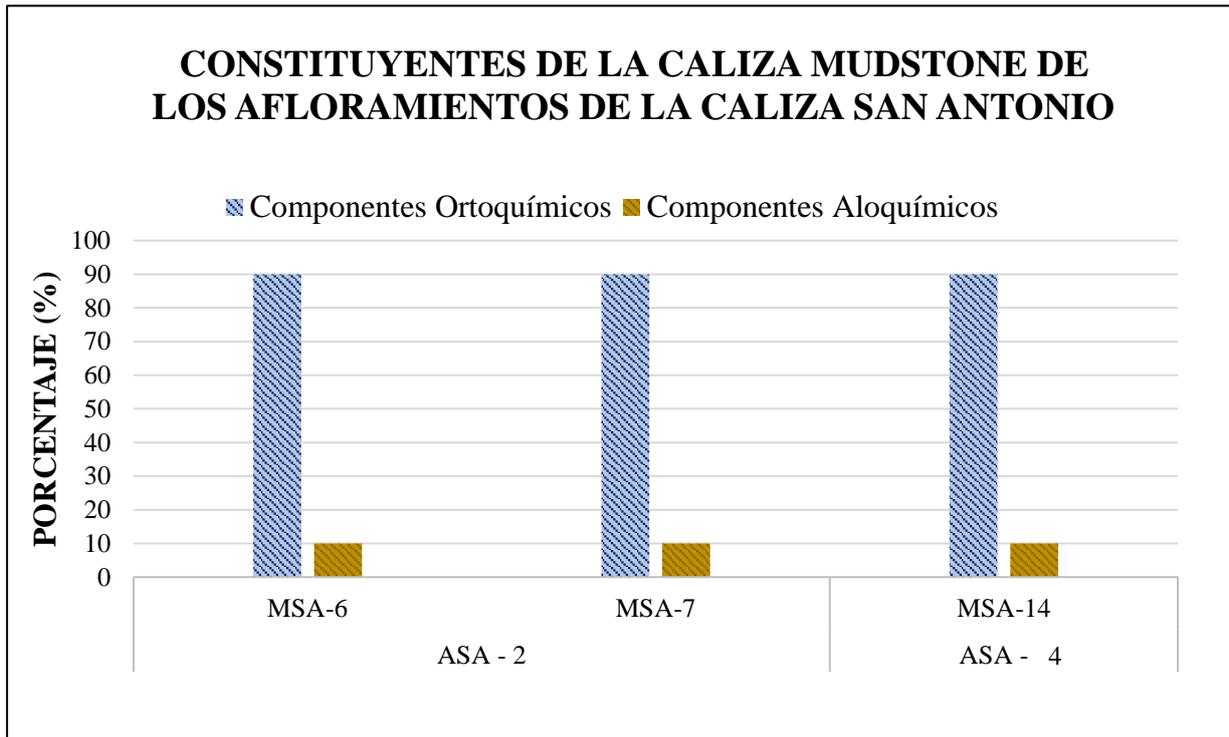
Los promedios de los componentes ortoquímicos de la caliza mudstone en los afloramientos de la caliza San Antonio son: 20% micrita y 80% esparita; y los componentes aloquímicos corresponden a bioclastos: 50% algas, 38,33% foraminíferos, 7,67% moluscos, 3,33% equinodermos y 0,67% briozoos (figura 58 y 59).



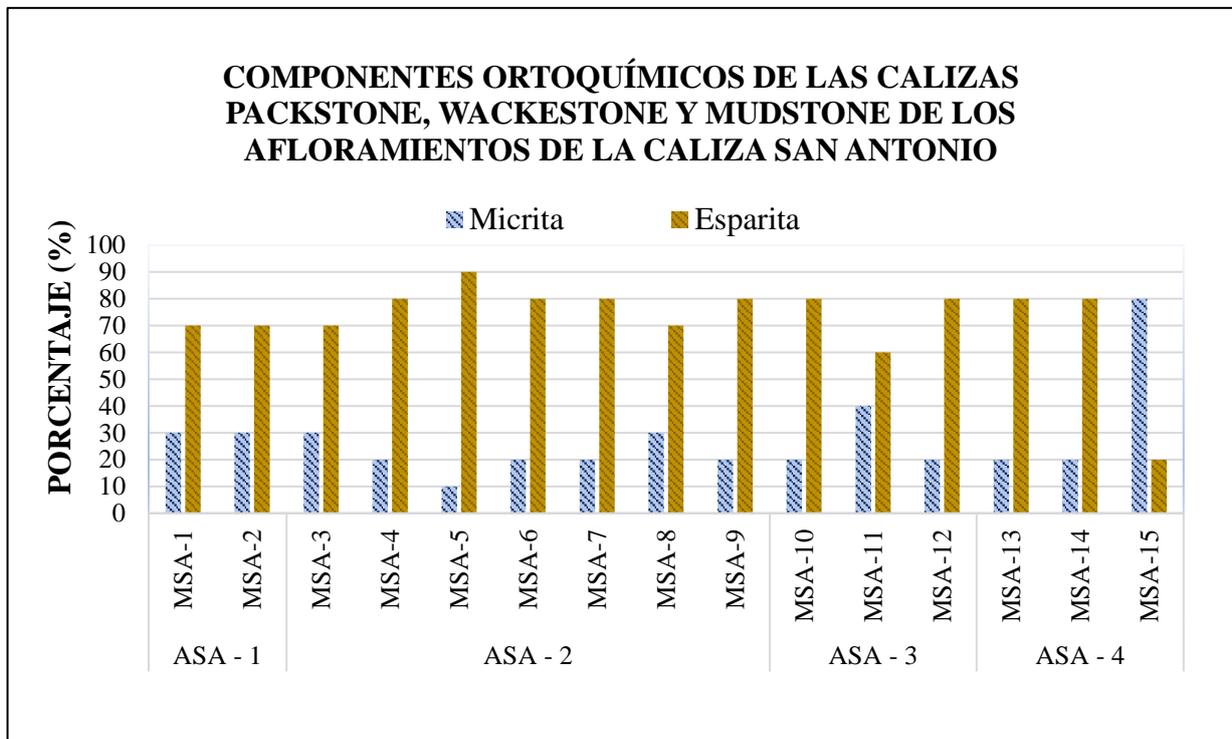
**Figura 55.** Porcentaje de los constituyentes obtenidos de secciones delgadas de la caliza packstone de los afloramientos de la caliza San Antonio. Los principales componentes son los aloquímicos (55% - 60%) seguido de los ortoquímicos (40% - 45%).



**Figura 56.** Porcentaje de los constituyentes obtenidos de secciones delgadas de la caliza wackestone de los afloramientos de la caliza San Antonio. Los principales componentes son los ortoquímicos (30% - 80%) seguido de los aloquímicos (20% - 70%).

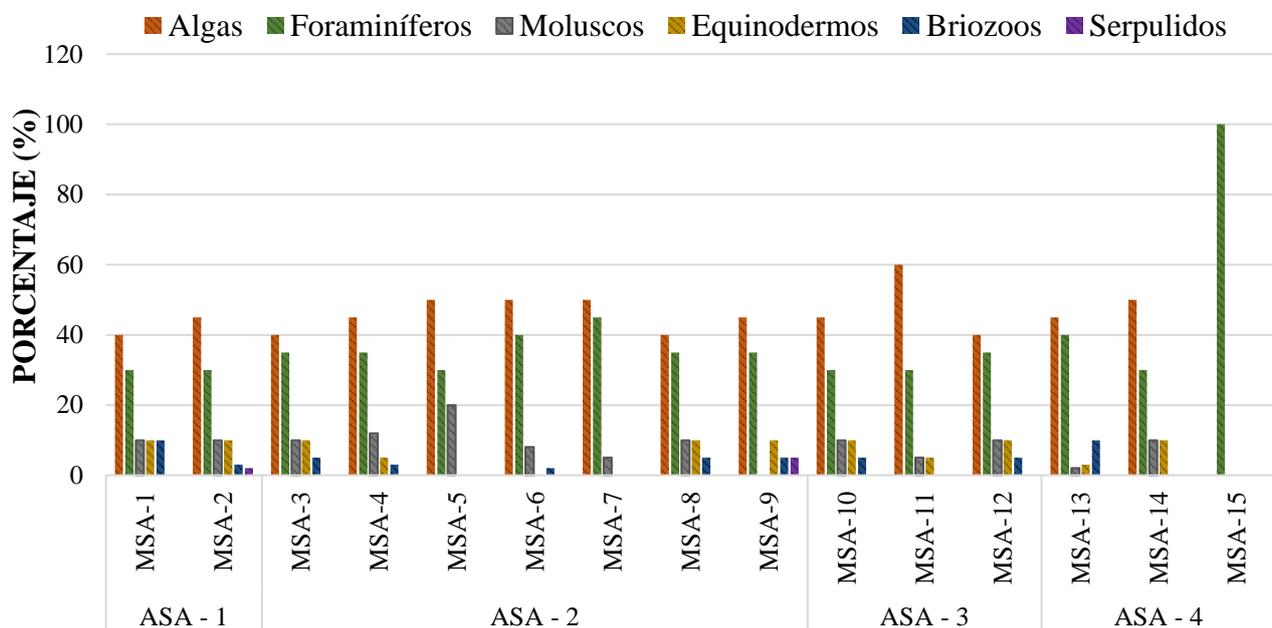


**Figura 57.** Porcentaje de los constituyentes obtenidos de secciones delgadas de la caliza mudstone de los afloramientos de la caliza San Antonio. Los principales componentes son los ortoquímicos (90%) seguido de los aloquímicos (10%).



**Figura 58.** Porcentaje de los componentes ortoquímicos obtenidos de secciones delgadas de las calizas packstone (MSA: 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12 y 13), calizas wackestone (MSA: 8 y 15) y de las calizas mudstone (MSA: 6, 7 y 14) de los afloramientos de la caliza San Antonio. Predomina la Esparita (20% - 90%) seguido de la micrita (10% - 80%).

**COMPONENTES ALOQUÍMICOS DE LAS CALIZAS PACKSTONE,  
WACKESTONE Y MUDSTONE DE LOS AFLORAMIENTOS DE LA  
CALIZA SAN ANTONIO**



**Figura 59.** Porcentaje de los componentes aloquímicos obtenidos de secciones delgadas de las calizas packstone (MSA: 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12 y 13), calizas wackestone (MSA: 8 y 15) y de las calizas mudstone (MSA: 6, 7 y 14) de los afloramientos de la caliza San Antonio. Predominan las algas (40% - 60%) seguido de los foraminíferos (30% - 100%), moluscos (2% - 20%), equinodermos (3% - 10%), briozoos (2% - 10%) y menores serpulidos (2% - 5%).

### 4.3 Características Diagenéticas de la caliza San Antonio de la Formación San

#### Eduardo

Las calizas (packstone, wackestone y mudstone) en los afloramientos de la caliza San Antonio al suroeste de la comuna San Antonio de Playas presentan características diagenéticas que se han establecido en una etapa diagenética temprana a tardía.

Los principales procesos diagenéticos en los afloramientos de la caliza San Antonio son: **micritización, cementación, recristalización, disolución y compactación.**

**Micritización:** La matriz de micrita es de color café oscuro; tamaño no mayor a 4 micras. Algunos granos esqueléticos y fragmentos de bioclastos (foraminíferos, restos de moluscos, equinodermos) han sido perforados y rellenos de micrita alrededor del margen de estos.

**Cementación:** La cementación, consiste en cristales de microesparita de color café claro y traslucido; tamaño entre 4 y 40 - 50 micras. Los tipos de cementos son: granular, fibroso y drusy, estos se distribuyen parcial o completamente entre y dentro de algunos granos y fragmentos de bioclastos. También se observó como relleno y recubriendo paredes internas de ciertas cavidades (vugs).

**Recristalización:** Desarrollada tanto en los bioclastos como en el fondo de la matriz, como resultado algunos fragmentos de bioclastos, han sido reemplazados por microesparita.

**Disolución:** Se observan espacios porosos entre y dentro de granos esqueléticos, cavidades y moldes; estos se encuentran rellenos con micrita y cementación de microesparita.

**Compactación:** Se identificaron granos esqueléticos alargados y unidos entre sí.

Los **tipos de porosidades** identificadas corresponden a intergranular, intragranular, vugs y moldica, el nivel de abundancia representativo en cada afloramiento se muestra en la tabla 29.

**Tabla 29.** Nivel de abundancia de los tipos de porosidades en las secciones delgadas de los afloramientos de la caliza San Antonio al suroeste de la comuna San Antonio de Playas. En algunas secciones no se identificaron (ausentes).

<b>Tipos de</b>				
<b>Porosidad</b>	<b>Intergranular</b>	<b>Intragranular</b>	<b>Vugs</b>	<b>Moldica</b>
<b>ASA - 1</b>	Alta	Alta	Alta	Ausente
<b>ASA - 2</b>	Medio - Alta	Medio - Alta	Medio - Alta	Pobre
<b>ASA - 3</b>	Alta	Alta	Alta	Ausente
<b>ASA - 4</b>	Medio - Alta	Medio - Alta	Medio - Alta	Ausente

**Porosidad intergranular:** La porosidad intergranular se encuentra rellena con micrita y abundante recristalización de microesparita.

**Porosidad intragranular:** La porosidad intragranular se observa en la mayoría de los granos esqueléticos y fragmentos de bioclastos, al igual que la porosidad intergranular se muestra rellena con poco contenido de micrita y con un relleno parcial a total de cementación de microesparita.

**Porosidad vugs:** Estas se presentan como pequeñas cavidades, rellenas de microesparita granular y recubiertas por la misma cementación, pero de tipo fibrosa. Las cavidades son micrométricas a milimétricas.

**Porosidad moldica:** Se encuentran granos esqueléticos y fragmentos que han sido disueltos, dando lugar a la reprecipitación de cemento.

Por consiguiente, la secuencia de los procesos o eventos diagenéticos de las rocas de la caliza San Antonio sugiere la ocurrencia de al menos tres ambientes diagenéticos diferentes: **marino**, **meteórico** y de **enterramiento** (tabla 30).

Los procesos diagenéticos que se involucran durante la *diagénesis marina* temprana en las rocas de la caliza San Antonio son la **micritización**, **disolución**, **cementación** y **recristalización**. En la micritización los granos bioclásticos han sido perforados alrededor del margen y contienen micrita en sus orificios, lo que contribuye en la generación de cubiertas micríticas. Estas perforaciones y la formación de cubiertas o envueltas micríticas fueron seguidas por la disolución de la micrita, precipitación y recristalización a un cemento de calcita granular y fibroso dentro de los espacios porosos de disolución.

Los procesos diagenéticos involucrados en la *diagénesis meteórica* de las rocas de la caliza San Antonio, corresponden a **disolución**, **cementación** y **recristalización**. En la disolución de los bioclastos, la cementación en mosaico granular y drúsico son muy importantes; la matriz micrítica, se somete a grados variables de recristalización a microesparita, que está más avanzada en las calizas de grano grueso, y puede deberse o relacionarse con la evidencia de disolución por efecto de la presión y de estructuras (fracturas y fallas) por donde tiene lugar la infiltración de aguas meteóricas. También, relacionado a este tipo de disolución se produce la formación de porosidad vugs, que se puede correlacionar con una posible disolución de material carbonático sobre la superficie de las rocas.

Los procesos diagenéticos que se involucran en la *diagénesis de enterramiento* de las rocas de la caliza San Antonio, fueron la **cementación** sintaxial en sobrecrecimiento de granos de equinodermos y la **compactación** mecánica de granos esqueléticos.

**Tabla 30.** Etapa diagenética de los afloramientos de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.

PROCESOS DIAGENÉTICOS	ETAPA DIAGENÉTICA		
	DIAGÉNESIS TEMPRANA (EODIAGÉNESIS)		DIAGÉNESIS TARDIA (MESODIAGÉNESIS)
	MARINO	METEÓRICA	ENTERRAMIENTO
Micritización	■ ■ ■ ■ ■ ■		
Cementación	—————		—————
Recristalización	—————		
Compactación			■ ■ ■ ■ ■ ■
Disolución	—————		
Dolomitización			



\*Se ha considerado nivel de importancia de acuerdo a la ausencia o abundancia de los procesos diagenéticos en el conjunto de secciones delgadas estudiadas.

#### 4.4 Características Bioestratigráficas de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo.

En los afloramientos de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo, al suroeste de la comuna San Antonio de Playas, se analizaron quince secciones delgadas de rocas calizas; el contenido micropaleontológico corresponde a una edad geológica de Eoceno Medio, mediante la identificación de macroforaminíferos: *Operculinella nummullitiformis*; foraminíferos bentónicos: *Cibicides sp.*, *Cibicides tuxpamensis*, *Miliolidae*, *Dentalina sp.*, *Quinqueloculina*, *Frondicularia sp.*, *Bolivina maculata*, *Bulimina sp.*, *Valvulineria stainforthi*, *Pleurostumella sp.*, *Planorbulina sp.*, *Uvigerina sp.*; foraminíferos planctónicos: *Globorotalia sp.*, *Globorotalia bolivariana*, *Turborotalia sp.*, *Chiloguembelina martini*; algas: *Algas calcáreas sp.*; y radiolarios: *Radiolarios espumelaridos*.

La edad establecida para la Formación San Eduardo a través de la identificación de los siguientes foraminíferos: *Alabamina sp.*, *Bulimina cf. ovata*, *Cibicidoides sp.* es **Eoceno Temprano - Eoceno Medio**, y en base a los foraminíferos: *Dentalina aff. basiplanata*, *Dentalina sp.*, *Lenticulina sp.* es **Eoceno Medio - Eoceno Tardío** (Ordoñez et al., 2006). Estos resultados son similares a los presentados por Sares (2020), en los afloramientos de San Eduardo estudiados al noreste del cantón Playas en la caliza San Antonio.

Por consiguiente, los afloramientos de la caliza San Antonio al suroeste de la comuna San Antonio de Playas, corresponden a una edad de **Eoceno Medio**, de acuerdo con los resultados de organismos fósiles identificados (figura 40 y 60); concordando de esta manera con los resultados establecidos para la Formación San Eduardo.

FANEROZOICO														Eón																	
MESOZOICO			CENOZOICO											Era																	
Cretácico			Paleógeno					Neógeno				Cuaternario				Sistema															
Superior			Paleoceno		Eoceno			Oligoceno		Mioceno			Plioceno		Pleistoceno		Holoceno		Serie Época												
Temporano	Medio	Tardío	Temporano	Tardío	Temporano	Medio	Tardío	Temporano	Medio	Tardío	Temporano	Medio	Tardío	Temporano	Medio	Tardío	Temporano	Medio		Tardío											
Cenomaniensis	Turonense	Coniacense	Santonense	Campaniense	Maastrichtiensis	Danense	Selandense	Thanetiense	Ypresiense	Luteciense	Bartoniense	Priaboniense	Rupeliense	Chatiense	Aquitanense	Burdigaliense	Langhiense	Serravallense	Tortonense	Messiniense	Zanclense	Piacenziense	Getaliense	Calabriense	Medio	Superior	Groenlandense	Norgripiense	Megalayense	Piso	
100.5	93.9	89.8+0.3	86.3+0.5	83.6+0.2	72.1+0.2	66.0	61.6	59.2	56.0	47.8	41.2	37.8	28.1		23.03	20.44	15.97	13.82	11.63	7.246	5.333	3.600	2.58	1.80	0.781	0.126	0.0117				Edad
																	Operculinella nummulitiformis	<b>MACROFORAMINÍFEROS</b>													
																	Cibicides sp.	<b>FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS</b>													
																	Cibicides tuxpamensis														
																	Miliolidae														
																	Dentalina sp.														
																	Quinqueloculina														
																	Frondicularia sp.														
																	Bolivina maculata														
																	Bulimina sp.														
																	Valvulineria stainforthi														
																	Pleurostumella sp.														
																	Planorbulina sp.														
																	Uvigerina sp.														
																	Globorotalia sp.	<b>FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS</b>													
																	Globorotalia bolivariana														
																	Turborotalia sp.														
																	Chiloguembelina martini														
																	Algas calcáreas sp.	<b>ALGAS</b>													
																	Espumelarios	<b>RADIOLARIOS</b>													

**Figura 60.** Distribución cronoestratigráfica de los fósiles de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo al suroeste de la comuna San Antonio de Playas, provincia del Guayas.

#### **4.5 Características Paleambientales de la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo.**

Las calizas (packstone, wackestone y mudstone) de los afloramientos de la caliza San Antonio indican según los Tipos de Microfacies Estándar propuesto por Wilson (1975) un ambiente de **Plataforma de Laguna Abierta y Plataforma Restringida**; y según los Tipos de Microfacies Rampa propuesto por Flügel (2004), un ambiente de **Rampa Interna** (figura 63).

Las calizas packstone en los afloramientos de la caliza San Antonio se componen principalmente de abundantes algas calcáreas, oncoides, foraminíferos bentónicos, restos de moluscos, placas de equinodermos y pocos briozoos en una matriz micrítica, cementación de microesparita; fábrica grano soportada con textura packstone.

El Tipo de Microfacies Estándar (SMF) que corresponde a las calizas packstone de los afloramientos de la caliza San Antonio es: caliza packstone - grainstone con bioclastos desgastados, cubiertos en micrita (**SMF 10**).

El Tipo de Microfacies Rampa (RMF) que corresponden a las calizas packstone de los afloramientos de la caliza San Antonio es: wackestone y packstone bioclástico con algas y foraminíferos bentónicos (**RMF 20**).

La caliza wackestone en los afloramientos de la caliza San Antonio se componen por abundantes algas, oncoides, restos de moluscos, placa de equinodermos y pocos briozoos en una matriz de micrita, cemento microesparita; fábrica grano soportada con textura wackestone.

El Tipo de Microfacies Estándar (SMF) que corresponde a la caliza wackestone de los afloramientos de la caliza San Antonio son: caliza wackestone con oncoides aglutinados atrapados y unidos entre sí por algas (**SMF 22**).

El Tipo de Microfacies Rampa (RMF) que corresponde a la caliza wackestone de los afloramientos de la caliza San Antonio son: caliza wackestone y packstone bioclástica con algas y foraminíferos bentónicos (**RMF 20**).

Las calizas mudstone en los afloramientos de la caliza San Antonio se componen por poco contenido fosilífero, algas, foraminíferos y moluscos en una matriz de micrita y cemento microesparita; fábrica lodo soportada, con textura mudstone.

El Tipo de Microfacies Estándar (SMF) que corresponde a las calizas mudstone de los afloramientos de la caliza San Antonio es: caliza packstone - grainstone con bioclastos desgastados, cubiertos en micrita (**SMF 10**).

El Tipo de Microfacies Rampa (RMF) que corresponde a las calizas mudstone de los afloramientos de la caliza San Antonio es: caliza mudstone no bioturbada (**RMF 19**).

La calcreta en el afloramiento de la caliza San Antonio se compone por foraminíferos en una matriz micrítica, presenta poco cemento microesparita; fábrica lodo soportada, con textura wackestone.

El Tipo de Microfacies Estándar (SMF) para la calcreta del afloramiento de la caliza San Antonio no se identificó, al igual que el Tipo de Microfacies Rampa (RMF). Sin embargo, se la ubica en una Zona de Facies de Afectación Meteorica (**ZF 10**).

En consecuencia, los Tipos de Microfacies Estándar de Wilson (1975) de los afloramientos de la caliza San Antonio ubican a las calizas packstone en el cinturón facial: **Plataforma de Laguna Abierta** (ZF 7); a la caliza wackestone en el cinturón facial:

**Plataforma Restringida** (ZF 8); y a las calizas mudstone en el cinturón facial:  
**Plataforma Abierta de Laguna** (ZF 7; figura 61).

Los Tipos de Microfacies Rampa de Flügel (2004) de los afloramientos de la caliza San Antonio ubican a las calizas packstone, wackestone y mudstone en el desarrollo de una **Rampa Interna** (RMF 19 y 20; figura 62).

Estos resultados revelan que los tipos de microfacies de las rocas (packstone, wackestone y mudstone) de la caliza San Antonio representan sistemas sedimentarios dentro de una plataforma carbonatada interna somera cuyas profundidades no excedían los 100 metros (figura 63); mientras que la **calcreta** representa una exposición subaérea con afectación meteórica.

Los microorganismos identificados en secciones delgadas correspondientes a los afloramientos de la caliza San Antonio son: **algas, foraminíferos, radiolarios, moluscos, equinodermos, briozoos y serpulidos.**

*Las algas calcáreas* presentan estructura alargada y regular.

*Los foraminíferos* se muestran completos y como fragmentos.

*Los radiolarios* tienen forma esférica y elipsoidal.

*Los moluscos* aparecen como fragmentos rectangulares, alargados y curvos.

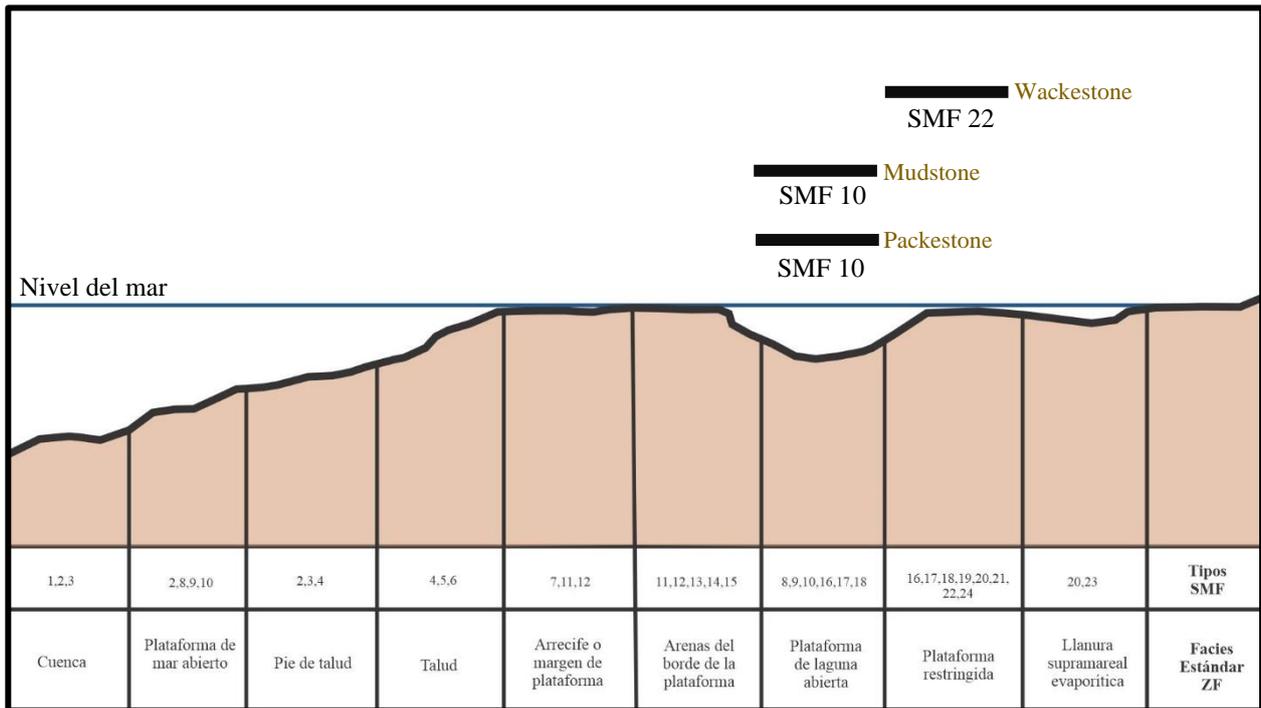
*Los equinodermos* exhiben estructuras redondas, rectangulares y sin forma definida.

*Los briozoos* tienen estructura celular colonial de forma circular a poligonal.

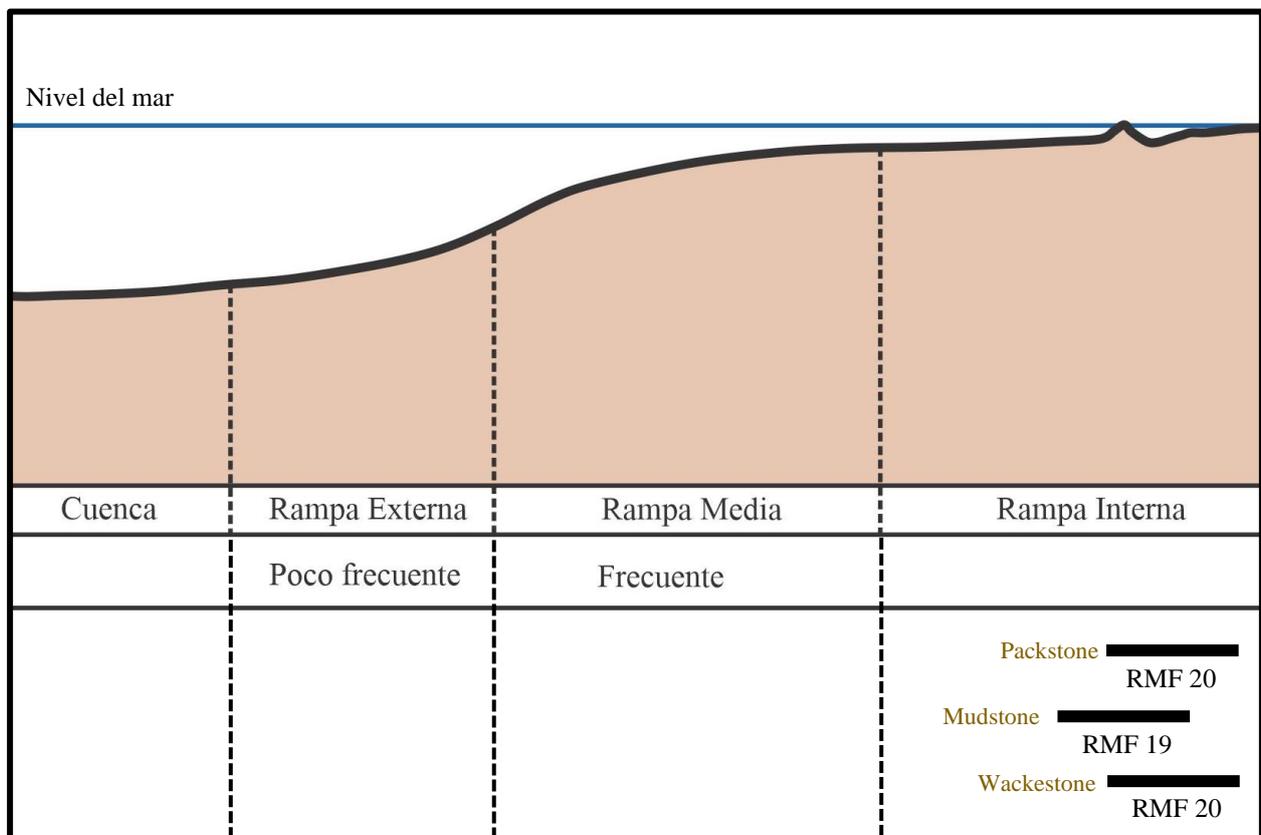
*Los serpulidos* se presentan como tubos con paredes laminadas y concéntricas.

La mayoría de los fósiles y fragmentos de fósiles se encuentran alterados por procesos diagenéticos, principalmente por la transformación de micrita a microesparita, por lo que se preservan de manera diversa. Las algas, foraminíferos y briozoos son: micritizados y recrystalizados; los radiolarios: recrystalizados; los moluscos: micritizados y muy pocas veces se encuentran fragmentos con recrystalización. Los equinodermos y serpulidos suelen conservarse.

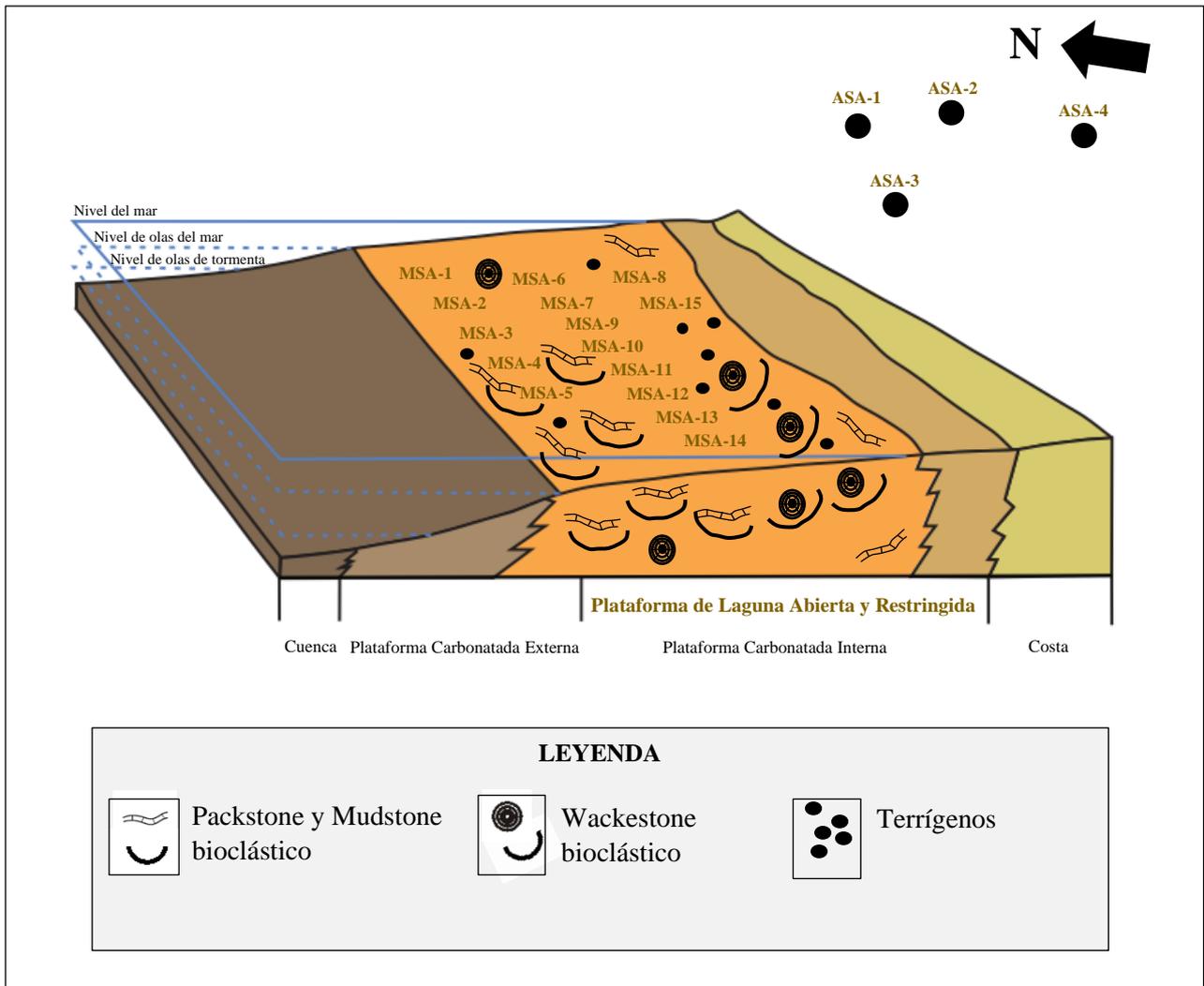
Por consiguiente, el contenido y la asociación de organismos fósiles son indicativos de un ambiente de **poca profundidad** o **submareal somero**, relativamente **calmo** y **abierto hacia el océano**, con **oxigenación, penetración de luz, salinidad oceánica normal**, correspondientes a episodios de **baja energía** y donde se registran **tormentas**.



**Figura 61.** Diagrama con Zonas de Facies Estándar (ZF) para una plataforma carbonatada, en asociación con los Tipos de Microfacies identificados en los afloramientos de la caliza San Antonio. Las líneas negras indican el sitio de depósito de las microfacies para las calizas packstone, wackestone y mudstone.



**Figura 62.** Diagrama con los Tipos de Microfacies Rampa para una plataforma carbonatada identificados en los afloramientos de la caliza San Antonio. Las líneas negras indican el sitio de depósito de las microfacies para las calizas packstone, wackestone y mudstone.



**Figura 63.** Diagrama interpretativo de los paleoambientes de la caliza San Antonio al suroeste de la comuna San Antonio de Playas, cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas.

## Capítulo V

### Conclusiones

1. La Formación San Eduardo de San Antonio está constituida principalmente por calizas, arcillolitas y calcretas. Estas rocas son el resultado de secuencias somerizantes depositadas en plataformas carbonáticas.
2. Las calizas son de tamaño de grano grueso a fino, medio a fino y fino. Las calizas con tamaño de grano grueso a fino son masivas, de color gris amarillento y blanco, redondez subangulosa a subredondeada, bien seleccionadas y consolidadas con espesores métricos, poseen algas, oncoides, bioturbación, cavidades, cristales de carbonato, dendritas de manganeso y nódulos de cherts. La caliza con tamaño de grano medio a fino, es de color gris amarillento y blanco, la redondez es subangulosa a subredondeada, bien seleccionada y consolidada, con espesor métrico, posee algas, oncoides, bioturbación y cristales de carbonato. Las calizas de grano fino son de color naranja grisáceo, subredondeadas, bien seleccionadas y consolidadas, con espesores centimétricos.
3. Las arcillolitas son laminadas, de color marrón amarillento oscuro, moderadamente consolidadas y el espesor es centimétrico.
4. La calcreta se encuentra únicamente en el afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4), es de color naranja amarillento oscuro, el tamaño de grano es fino y redondeado, bien seleccionada y consolidada, con espesor métrico, posee anillos o bandas concéntricas de diámetro entre un centímetro y diez centímetros.
5. Las litofacies corresponden a: Facies A: Packstone bioclástico; Facies B: Wackestone bioclástico; Facies C: Mudstone bioclástico con intercalaciones de arcillolita laminada; Facies D: Mudstone bioclástico; Facies E: Arcillolita laminada; y Facies F: Calcretas.

6. El análisis sedimentológico y secuencial de la caliza San Antonio ha permitido caracterizar las facies en un dominio submareal somero abierto de alta energía y baja energía, así como su organización en secuencias de medio orden.
7. Las sucesiones litológicas conforman diferentes ciclos o parasecuencias sedimentarias, estas parasecuencias comienzan con la deposición de calizas bioclásticas con arcillolitas de grano fino como resultado de un aporte de baja energía que hacía techo pasan a calizas bioclásticas de grano medio y grueso de alta energía. Las parasecuencias son gruesas dominantes y de engrosamiento proporcional.
8. La estratificación tiene dirección entre N15W a N50W y buzamiento de 35°NE a 50°NE; y el dominio estructural es de una falla normal de azimut 345° y buzamiento de 42° en dirección NE.
9. Las fracturas y vetillas poseen espesores entre 2 a 5 cm; y sus características sedimentarias son: fracturas y vetillas con mineralización de carbonatos y vetillas rellenas con arcilla, corresponden al afloramiento San Antonio 2 (ASA - 2).
10. Las cavernas tienen dimensión entre 25 a 50 cm, correspondientes al afloramiento San Antonio 3 (ASA - 3).
11. Las calizas de San Antonio son petrográficamente calizas packstone, calizas wackestone y calizas mudstone. También pueden ser bioesparita, biomicrita y esparita. Los constituyentes en las calizas packstone son: 40,5% componentes ortoquímicos y 59,5% componentes aloquímicos; en las calizas wackestone 55% componentes ortoquímicos y 45% componentes aloquímicos; y en las calizas mudstone 90% componentes ortoquímicos y 10% componentes aloquímicos.

12. Los componentes ortoquímicos en las calizas packstone son: 24% micrita y 76% esparita; en calizas wackestone 55% micrita y 45% esparita; y en calizas mudstone 20% micrita y 80% esparita.
13. Los componentes aloquímicos en las calizas packstone corresponden a 45,5% algas, 33% foraminíferos, 8,9% moluscos, 7,3% equinodermos, 4,6% briozoos y 0,7% serpulidos; en las calizas wackestone 20% algas, 67,5% foraminíferos, 5% moluscos, 5% equinodermos y 2,5% briozoos; y en las calizas mudstone 50% algas, 38,33% foraminíferos, 7,67% moluscos, 3,33% equinodermos y 0,67% briozoos.
14. Los procesos diagenéticos condicionantes de la caliza San Antonio corresponden a micritización, cementación, recristalización, disolución y compactación, asociados con una secuencia de eventos desarrollada desde una etapa temprana a tardía dentro de un ambiente marino, meteórico y de enterramiento.
15. Los tipos de porosidades de la caliza San Antonio son: porosidad intergranular, porosidad intragranular, porosidad vugs y porosidad moldica.
16. Se identificó una edad relativa Luteciense al Bartonense correspondiente al Eoceno para la caliza San Antonio de la Formación San Eduardo, mediante la identificación de macroforaminíferos, algas calcáreas, radiolarios, foraminíferos planctónicos y bentónicos.
17. Con base en el estudio petrográfico de la caliza packstone, wackestone y mudstone de los afloramientos de la caliza San Antonio, se han identificado tres tipos de microfacies estándar, estas se han depositado en dos ambientes o cinturones de facies relacionados con la Plataforma de Laguna Abierta y con Plataforma Restringida (SMF 10 y SMF 22), por sus características: packstone - grainstone con bioclastos desgastados cubiertos en micrita; y wackestone con oncoides

aglutinados atrapados y unidos entre sí por algas. De igual manera se determina una acumulación en Rampa Interna (RMF 19 y RMF 20), por las siguientes características: caliza mudstone no bioturbada; y wackestone y packstone bioclástico con algas y foraminíferos bentónicos.

18. La calcreta del afloramiento San Antonio 4 (ASA - 4) de la caliza San Antonio, se depositó en un ambiente de exposición subaérea con afectación meteórica, por sus características físicas.
19. El contenido y la asociación de microfósiles indican un ambiente de plataforma submareal somero de baja y alta energía.
20. Las muestras MSA - 4, MSA - 6, y MSA - 8 contienen un porcentaje de carbono total entre 10,70% y 10,91%; mientras que la MSA - 15 presenta un contenido de 4,28%.

## Capítulo VI

### Bibliografía

- Allison, P., 1990**, Decay Processes, en: Briggs, D.E.G. & Crowther, P.R., *Paleobiology (A synthesis)*: Blackwell Scientific Publications, p. 213–216.
- Eltra Elemental Analyzers., 2000**, Analizadores de carbono / azufre: Verder scientific, [www.eltra.org](http://www.eltra.org).
- Aranburu, A., Garcia, J., y Fernandez, P., 1992**, Constituyentes Aloquimicos de Diferentes Ambientes Carbonatados en el Albiense de Trucios (oeste de Bizkaia): *Kobie - Serie Ciencias Naturales*, v. 21, p. 77 - 98.
- Arche, A., 2010**, *Sedimentología: Del Proceso Físico a la Cuenca Sedimentaria*: Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1287 p.
- Arenillas Sierra, I., Molina Martínez, E., y Alegret Badiola, L., 2000**, El Uso Didáctico de los Foraminíferos en la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Su Distribución Paleooceanográfica en el Tránsito Cretácico-Terciario: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Universidad de Zaragoza, España, v. 8, p. 108 - 118.
- 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.
- Bastida, J.R., y Salazar, S.I., 2000**, Serpúlidos (Polychaeta: Serpulidae) del Caribe Noroccidental con Claves para la Región del Gran Caribe: *Salmacina, Ficopomatus, Pomatoceros, Pomatostegus, Protula, Pseudovermilia, Spirobranchus y Vermiliopsis*: *Revista de Biología Tropical*, v. 48, p. 807 - 840.
- Benitez, S., 1995**, Évolution Géodynamique de la Province Côtière Sud-Équatorienne au Crétacé supérieur - Tertiaire. Francia, Institut Dolomieu: v. 71, p. 3 - 163, doi:1995\95 gre1 0071.

- Benítez, S., Montenegro, G., Ronquillo, M. y Toala, G., 1986**, Síntesis Geológica de la Cuenca Progreso - Ecuador. Congreso Colombiano de Petróleo. Congreso Andino de de Petróleo. Memorias Tomo 2, p. 1 - 47.
- Benítez, S., 1988**, Corte Geológico en el Río Bachillero de la Cordillera Chongón Colonche: CEPE. Inédito., doi:10.5281/zenodo.1477753.
- Blandón, A., 2002**, Principios de Estratigrafía: 223 p., <http://bdigital.unal.edu.co/12331/1/42968477.2002.Parte1.2.pdf>.
- Boggs, J., 2009**, Petrology of Sedimentary Rocks: University of Oregon, Estados Unidos, 600 p.
- Bolli, H., 1957**, Planktonic foraminifera from the Oligocene - Miocene Cipero and Lengua formations of Trinidad, B.W.I. Bull. U.S. natl. Mus., 215, p. 97 - 123.
- Bolli, H., Loeblich, A., y Tappan, H., 1957**, Planktonic foraminiferal families Hantkeninidae, Orbulinidae, Globorotaliidae and Globotruncanidae, No. 215, p. 3 - 50.
- Bolli, H., Beckmann, J., y Saunders, J., 1994**, Benthic foraminiferal biostratigraphy of the south Caribbean region: Cambridge, University Press, 393 p.
- Bristow, C., y Hoffstetter, R., 1977**, Lexique Stratigraphique International.: Amérique Latine, fasc. 5 a 2, Ecuador (Second Edition). Centre National de la Recherche Scientifique, Paris., Francia v. 5, 410 p.
- 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.
- Camacho, H., 2007**, Los Invertebrados Fósiles: v. 4, 56 - 59 p.
- Chafetz, H., 1986**, Marine Peloids: A Product of Bacterially Induced Precipitation of Calcite.: Journal of Sedimentary Petrology, v. 56, p. 812-817, doi:10.1306/212F8A58-2B24-11D7-8648000102C1865D.
- Compton, R., 1962**, Geología de Campo: Boletín Geológico, New York, 378 p. [http://choconta.files.wordpress.com/2007/12/informe\\_geologia\\_sabana\\_bta.pdf%5](http://choconta.files.wordpress.com/2007/12/informe_geologia_sabana_bta.pdf%5)

[Cnhttp://choconta.files.wordpress.com/2007/12/informe\\_geologia\\_sabana\\_bta.pdf](http://choconta.files.wordpress.com/2007/12/informe_geologia_sabana_bta.pdf).

**Deniaud, Y., 1998**, Evolución Tectono-Sedimentaria de las Cuencas Costeras Neogenas del Ecuador: Orstom-Petroproducción, 73 p.

**Desjardins, P., Buatois, L., y Mángano, G., 2012**, Tidal Flats and Subtidal Sand Bodies, *Developments in Sedimentology*, v. 64, p. 529 - 561.

**Dirección General de Geología y Minas., 1968**, Base Topográfica: Hoja Geológica Estero Salado., CT-MV-D, 3586 del Instituto Geográfico Militar: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Asistencia Técnica de los Gobiernos de Francia y Gran Bretaña.

**Dunham, R., 1962**, Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Textures: In Ham, W.E., (ed.), *Classification of Carbonate Rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir 1*, p. 108 - 121.

**Embry, A., y Klován, E., 1971**, A late devonian reef tract on Northeastern Banks Island, N.W.T.: *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 19, p. 730 - 781.

**Espinell, V., y Hurtado, J., 2010**, Petrografía y análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja - Villa de Leyva (Boyacá): *Universidad de Caldas*, 117 p., doi:10.1159/000485106.

**Feininger, T., y Bristow, C.R., 1980**, Cretaceous and Paleogene Geologic History of Coastal Ecuador: *Geologische Rundschau*, v. 69, p. 849 - 874, doi:10.1007/BF02104650.

**Flügel, E., 2010**, *Microfacies of Carbonate Rocks*, Springer, Second Edition: Institute of Paleontology Loewenichstrasse, Germany, 984 p.

**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.*

Mem. I, p. 62 - 82.

**Folk, R., 1974**, Petrology of Sedimentary Rocks: Hemphill Publishing Company Austin, Texas 78703, p. 1 - 190.

**Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Playas., 2014**, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Guayas (2014 - 2020): Gad General Villamil Playas, Ecuador.

**Goossens, P., y Rose, W., 1973**, Chemical Composition and Age Determination of Tholeiitic Rocks in the Basic Igneous Complex, Ecuador: Bulletin of the Geological Society of America, v. 84, p. 1043–1052, doi:10.1130/0016-7606(1973)84<1043:CCAADO>2.0.CO;2.

**Heckel, P., 1986**, Sea-level Curve for Pennsylvanian Eustatic Marine Transgressive-Regressive Depositional Cycles Along Midcontinent Outcrop Belt, North America: Department of Geology, University of Iowa, Iowa City, Iowa 52242, v. 14, p. 330 - 334.

**Hernández, U., 2017**, Manual de Prácticas de Laboratorio de Petrología Sedimentaria: Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México, 106 p.

**Insalaco, E., Skelton, P., y Palmer, T., 2000**, Carbonate Platform Systems: Components and Interactions - An Introduction: Geological Society Special Publication, v. 178, p. 1 - 8, doi:10.1144/GSL.SP.2000.178.01.01.

**Jaillard, E. y Mascle, G., 1994**, Evolución Geodinámica de la Costa Ecuatoriana: Orstom-Petroproducción. Guayaquil, 159 p.

**Jaillard, E., 1994**, La Sedimentación Carbonatada. Elementos y Procesos en Plataformas, Cuencas y Lagos.: ORSTOM - Petroproducción. Guayaquil.

**Jaillard, É., Ordoñez, M., Benitez, S., Berrones, G., Jiménez, N., Montenegro, G., y Zambrano, I., 1995**, Basin Development in an Accretionary, Oceanic-Floored Fore-Arc 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.

- James, N., 1979**, Shallowing-Upward Sequences in Carbonates: Geoscience Canada, v. 4, <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/3025/3542>.
- Landes, R., 1944**, Geología de la Región Sur-Occidental del Ecuador.: Bol Inst. Sudam. Petr. Montevideo., v. 1, p. 191–200.
- Lebrat, M., 1985**, Caractérisation Géochimique du Volcanisme Anté-orogénique de l' Occident Équatorien : Implications Géodynamiques, 120 p.
- Leeder, M., 1999**, Sedimentology and Sedimentary Basins: from turbulence to Tectonics.: Blackwell, Oxford.
- 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.
- Luzieux, L., 2007**, Origin and Late Cretaceous-Tertiary Evolution of the Ecuadorian forearc. Ph.D thesis: Switzerland, Universite Zurich, 196 p.
- Machel, H., 2005**, Investigations of Burial Diagenesis in Carbonate Hydrocarbon Reservoir Rocks: Geoscience Canada, v. 32, p. 103–128, <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/2707/3145>.
- Macías, K., 2018**, Geoquímica de los Plutones de Pascuales y de Bajo Grande (Cantón Jipijapa): dataciones U-Pb en zircones e implicaciones geodinámicas, Trabajo de Titulación: Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 104 p.
- Molina, J., Serna, A., 2013**, Calizas de briozoos del Oligoceno superior-Mioceno inferior : Implicaciones paleoambientales ( Subbético Externo , Sierra de Cabra , provincia de Córdoba ) : Sociedad Geológica de España, p. 31 - 34.
- Molina, E., 2004**, Micropaleontología: España, Universidad de Zaragoza, 704 p.
- Moreira, R., 2019**, Bioestratigrafía y Ambiente Sedimentario de Depositación de las Calizas de la Formación San Eduardo (Eoceno) al Sur del Bosque Protector Cerro Blanco, Provincia del Guayas (Tesis de grado): Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 97 p.

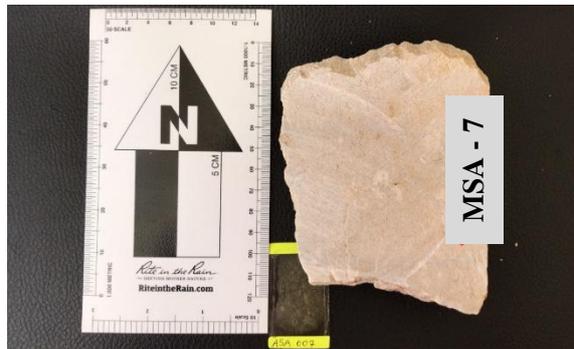
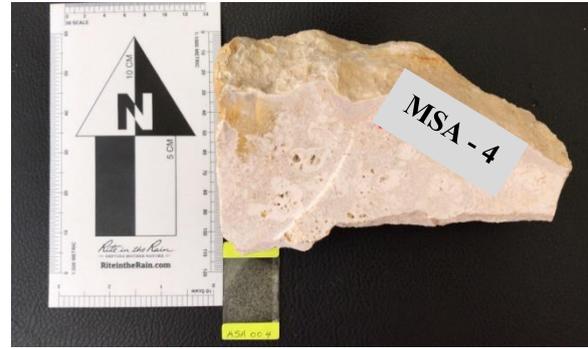
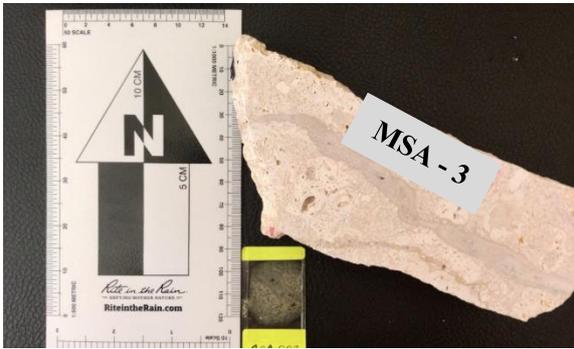
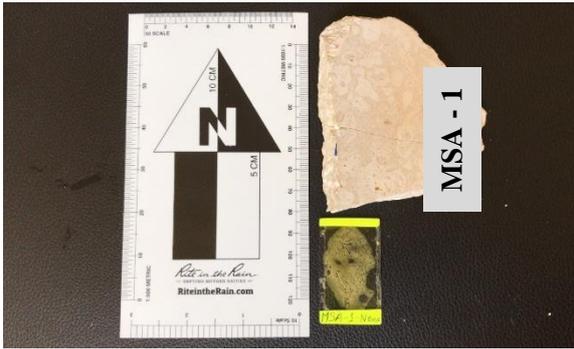
- Morse, J., 2003**, Formation and Diagenesis of Carbonate Sediments BT - Marine Geochemistry: Marine Geochemistry, p. 1 - 19, papers3://publication/uuid/82EC2CC8-2489-4B41-9AE6-4D3A4135BC48.
- Mujica, R., 2014**, Estudio de Pre factibilidad para la Implementación de una Hostería Ecológica temática sobre el Surf en el Cantón General Villamil Playas, Tesis de Grado., Guayaquil - Ecuador, 131p.
- Munsell, D., 2009**, Rock-Color Chart: Geological Society of America, 1 - 10 p.
- Navarrete, E., 2018**, Itinerarios Geológicos de la Costa del Ecuador - 2. Vía a la costa 1: Guayaquil - Ecuador, 40 p.
- Olsson, A.A., 1942**, Tertiary deposits of north - western South America and Panama: Proc. 8th Am. Sci. Congr. Washington, p. 87 - 231.
- Ordóñez, M., Jiménez, N., y Suárez, J., 2006**, Micropaleontología Ecuatoriana: Datos Bioestratigráficos y Paleoecológicos de las cuencas: Graben de Jambelí, Progreso, Manabí, Esmeraldas y Oriente; del Levantamiento de la Península de Santa Elena, y de las Cordilleras Chongón Colonche, Costera y Occidental: Petroproducción (filial de Petroecuador), Centro de Investigaciones Geológicas de Guayaquil, Guayaquil, 634 p.
- Pettijohn, F., Potter, P., y Siever, R., 1987**, Sand and Sandstone, Springer - Verlag.
- Powers, M., 1953**, A New Roundness Scale for Sedimentary Particles: v. 23, p. 117 - 119.
- Read, J., 1985**, Carbonate Platform Facies Models.: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 69, p. 1 - 21, doi:10.1306/AD461B79-16F7-11D7-8645000102C1865D.
- Read, J., 1982**, Carbonate platforms of passive (extensional) continental margins: Types, characteristics and evolution: Tectonophysics, v. 81, p. 195 - 212, doi:10.1016/0040-1951(82)90129-9.
- Reading, H., y Collinson, J., 1996**, Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy: UK, Oxford, University Press, 704 p.

- Reyes, P., y Michaud, F., 2012,** Mapa Geológico de la Margen Costera Ecuatoriana (1:5'000.000), EP PetroEcuador - IRD (Eds.), Quito.
- Sánchez, C., Rivadeneira, J., y Lucas, N., 2017,** Levantamiento Geológico en el Campus Gustavo Galindo - Espol, Guayaquil - Ecuador: Espol, doi:10.13140/RG.2.2.12806.27208.
- Santana, L., 2012,** Análisis de Microfacies y Paleoictiología de la Formación Agua Nueva (Cretácico Superior) en la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México, 109 p.
- Sares, E., 2020,** Ambiente Sedimentario de Depositación de las Calizas de la Formación San Eduardo (Eoceno Medio), Recinto San Antonio, Cantón Playas, Provincia del Guayas: Universidad de Guayaquil, Guayaquil - Ecuador, 118 p.
- Scholle, P., y Ulmer-Scholle, D., 2003,** A color guide to the petrography of carbonate rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis: AAPG, p. 1 - 486.
- Senplades, 2014,** Plan Estratégico Senplades 2014 - 2017: , 66 p., <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/Plan-Estrategico-Senplades-2014-2017.pdf>.
- Sevillano, A., Bádenas, B., Rosales, I., y Barnolas, A., 2013,** Facies y Secuencias de la Plataforma Carbonatada Somera Sinemuriense en la Isla de Mallorca ( sección Es Barraca ), España: Geogaceta, v. 54, p. 15 - 18.
- Shakeri, A., 2012,** Microfacies, Depositional Environment and Diagenetic Processes of the Mauddud Member, in a Field in the Persian Gulf: Journal of Geology & Geosciences, v. 02, 10 p. doi:10.4172/2329-6755.1000122.
- Sheppard, G., 1946,** The Geology of the Guayaquil Estuary, Ecuador: Journal of the Institute of Petroleum, v. 32, p. 492 - 514, doi:10.1093/benz/9780199773787.article.b00168622.
- Shinn, E., y Robbin, D., 1983,** Mechanical and Chemical Compaction in fine-grained Shallow-water Limestones.: Journal of Sedimentary Petrology, U.S. Geological Survey, Miami Beach, Florida, v. 53, p. 595 - 618, doi:10.1016/0148-9062(84)91199-9.

- Thalmann, H., 1946**, Micropaleontology of Upper Cretaceous and Paleocene in Western Ecuador: Colorado, Amer Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 30, p. 337–347.
- Toumarkine, M.; y Luterbacher, H., 1985**, Paleocene and Eocene planktic foraminifera.
- Tucker, M., 1981**, Sedimentary Petrology. An Introduction.: Geoscience Texts, Blackwell Scientific Publications. Oxford., v. 3.
- Tucker, M., y Wright, V., 1990**, Sedimentología de Carbonatos (Carbonate Sedimentology): Oxford, Publicaciones Blackwell Scientific., Londres Edinburgo Boston, 467 p.
- Ministerio de Turismo., 2015**, Proyecto Ecuador Potencia Turística, Ecuador.
- Vélez, J., Godoy, M., Vélez, C., 2017**, El Turismo Local en el Cantón General Villamil Playas : Una Reflexión desde la normativa gubernamental.: , p. 29.
- Wentworth, C., 1922**, A scale of grade and class terms for clastic sediments: Source: The Journal of Geology, v. 30, p. 377 – 392, doi:10.1086/622910.
- 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.
- Williams, M., 1947**, Informes geológicos y geofísicos de la Internacional Ecuadorian Petroleum: Co. Dir. Min. Petrol., Minist. Econ., Quito, Inédito.
- Wilson, J., 1975**, Carbonate Facies in Geologic History: Springer - Verlag, Heidelberg, Alemania, p. 471, doi:10.1007/978-1-4612-6383-8.
- Wright, P., 1992**, A revised classification of limestones: Sedimentary Geology, v. 84, 243 p., doi:10.1016/0037-0738(93)90059-E.

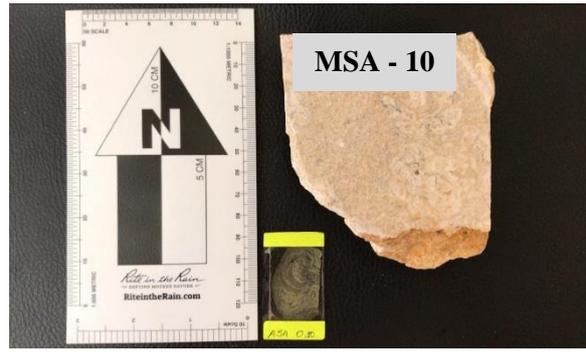
## **Anexos**

**Anexo 1.** Fotografías de muestras de rocas obtenidas en afloramientos de la caliza San Antonio.

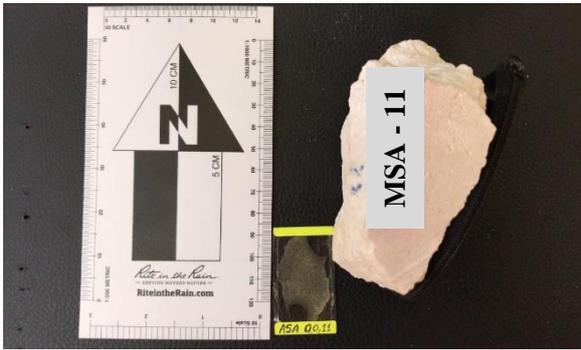




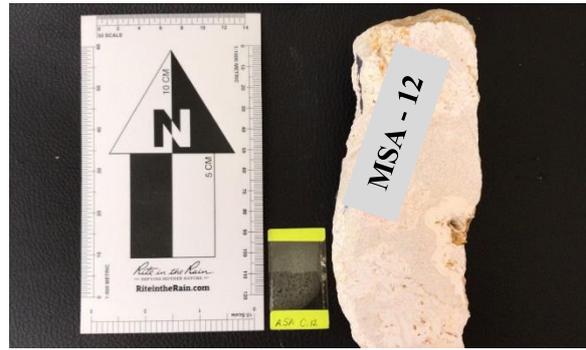
MSA - 9



MSA - 10



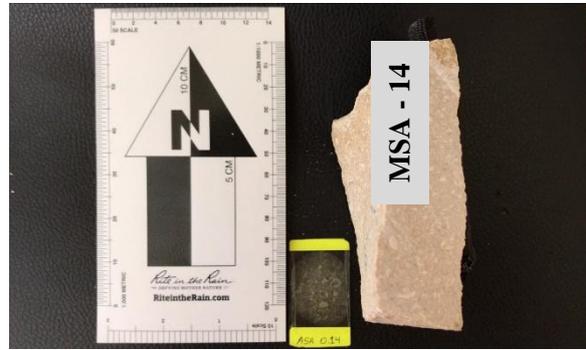
MSA - 11



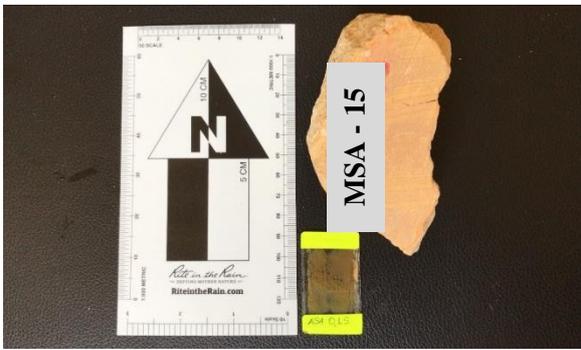
MSA - 12



MSA - 13



MSA - 14

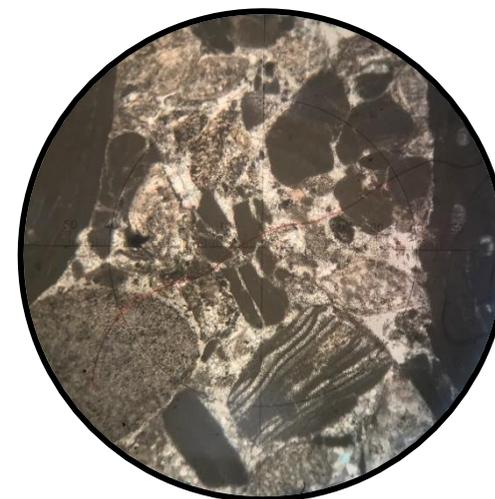
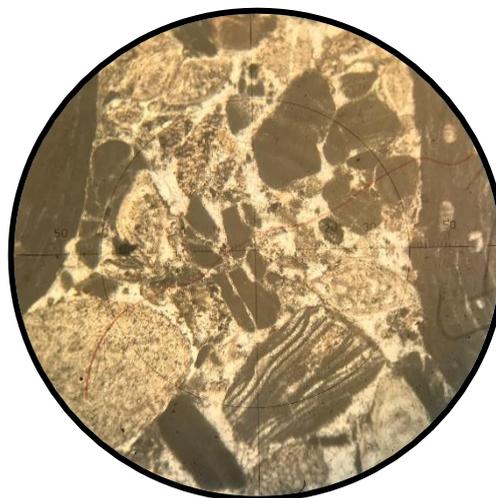


MSA - 15

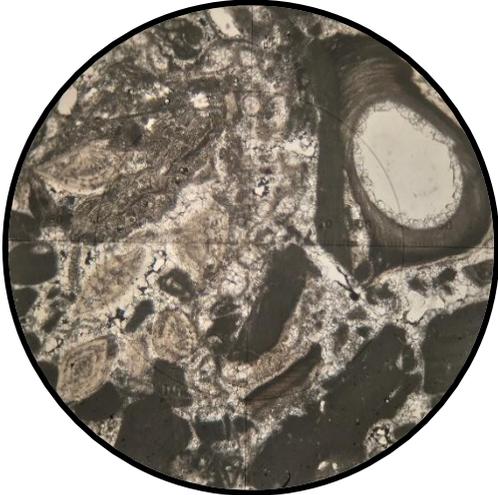
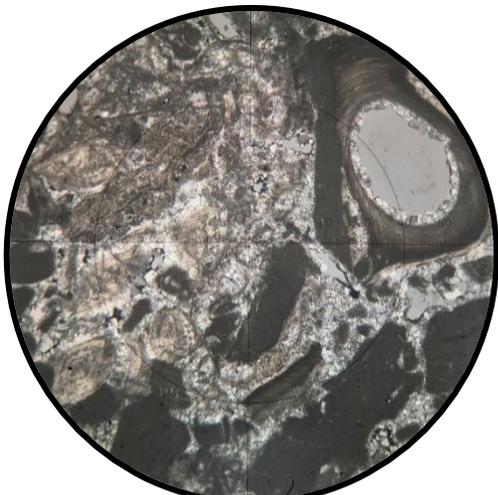
**Anexo 2.** Descripción petrográfica de la caliza San Antonio.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

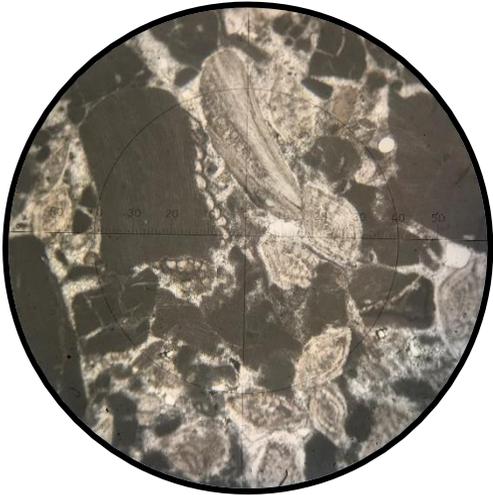
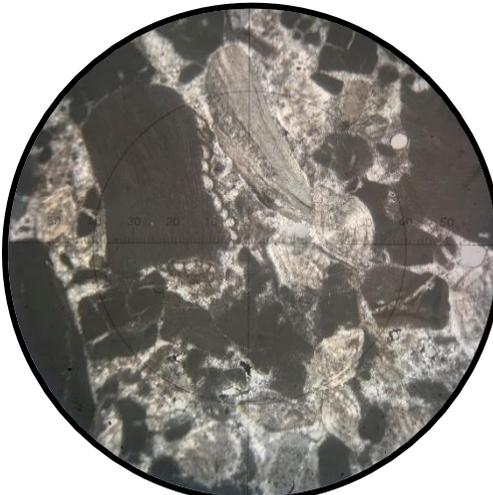
<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.		<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.		566545 E		MSA - 1	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.		9719603 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.					
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>					
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>			
30%		70%			
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>					
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>		
100%	NI	NI	NI		
<b>Clasificación de la roca</b>					
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>			
Bioesparita		Packstone			
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES					
<b>Textura:</b> Clástica.					
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.					
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.					
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.					
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a tangencial.					
CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS					
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.					
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica y fibrosa.					
<b>Recristalización:</b> Microesparita.					
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.					
<b>Compactación:</b>					
<b>Dolomitización:</b>					
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos, equinodermos y briozoos en matriz de micrita y cemento de microesparita.					
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).					



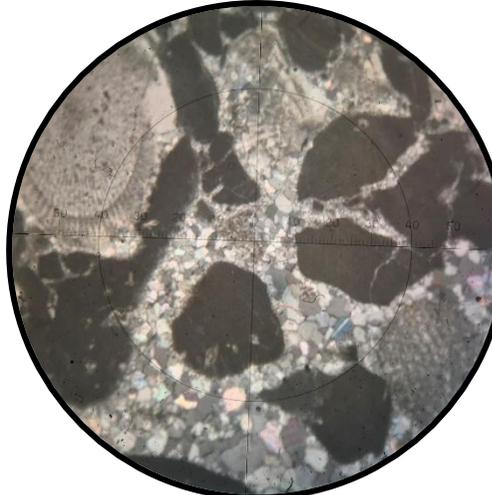
## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566556 E		MSA - 2	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719610 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>							
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
30%		70%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Bioesparita		Packstone					
<b>CARACTERÍSTICAS TEXTURALES</b>							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a tangencial.							
<b>CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS</b>							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos, equinodermos, briozoos y serpulidos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

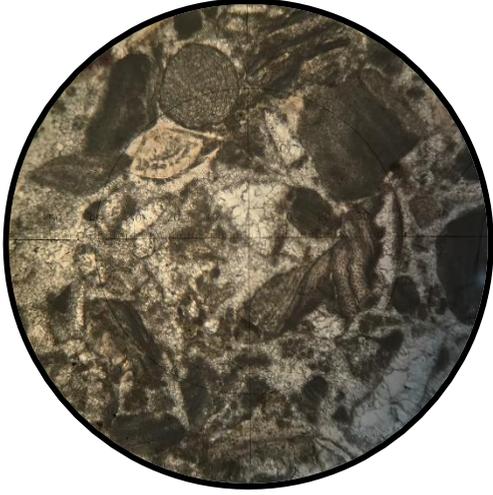
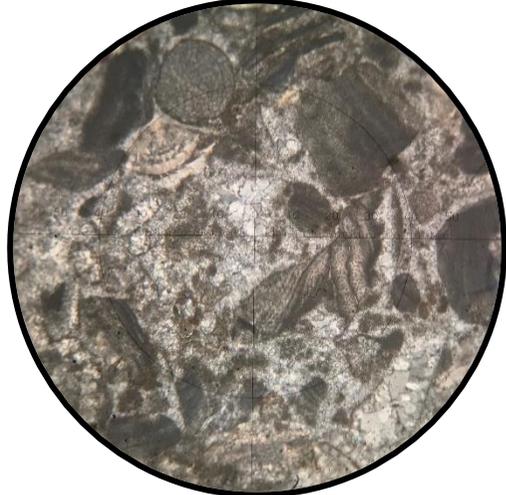
## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566562 E		MSA - 3	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719601 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>				 			
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
30%		70%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Bioesparita		Packstone					
<b>CARACTERÍSTICAS TEXTURALES</b>							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a tangencial.							
<b>CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS</b>							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos, equinodermos y briozoos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

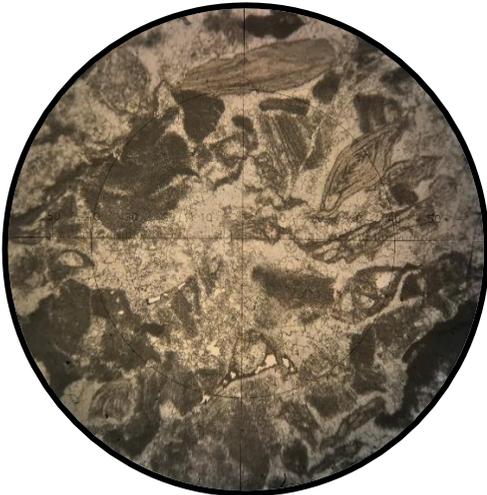
## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566675 E		MSA - 4	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719591 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>				 			
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
20%		80%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Bioesparita		Packstone					
<b>CARACTERÍSTICAS TEXTURALES</b>							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a tangencial.							
<b>CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS</b>							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos, equinodermos y briozoos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566574 E		MSA - 5	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719593 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>				 			
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
10%		90%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Biosparita		Packstone					
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Flotante a tangencial.							
CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular, vugs y moldica.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos y moluscos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566575 E		MSA - 6	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719593 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>							
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
20%		80%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Esparita		Mudstone					
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Fino a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Pobremente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular.							
<b>Empaquetamiento:</b> Flotante a tangencial.							
CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos y briozoos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

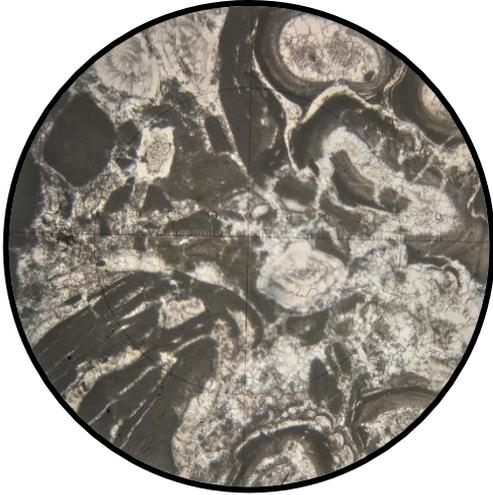
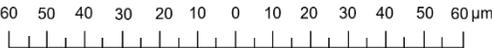
## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566576 E		MSA - 7	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719592 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>							
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
20%		80%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Esparita		Mudstone					
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Fino a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Pobremente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular.							
<b>Empaquetamiento:</b> Flotante a tangencial.							
CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granula, drúscica y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b> Mecánica							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos y moluscos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566576 E		MSA - 8	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719591 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>							
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
30%		70%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Bioesparita		Wackestone					
<b>CARACTERÍSTICAS TEXTURALES</b>							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Medio a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Flotante a tangencial.							
<b>CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS</b>							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos, equinodermos y briozoos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

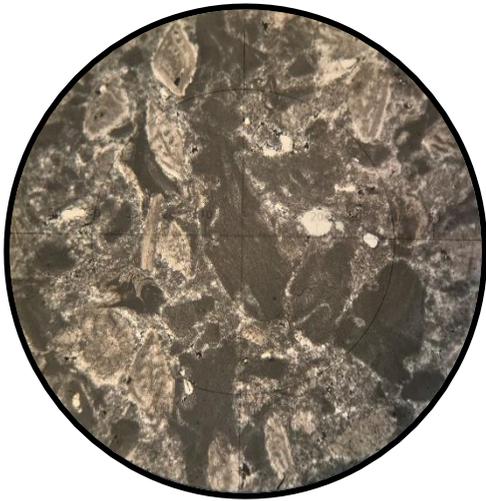
## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566583 E		MSA - 9	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719577 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>							
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
20%		80%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Bioesparita		Packstone					
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a flotante.							
CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica, fibrosa y sintaxial.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, equinodermos, briozoos y serpulidos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

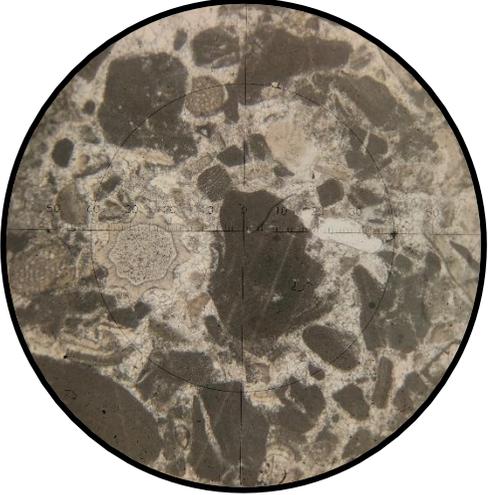
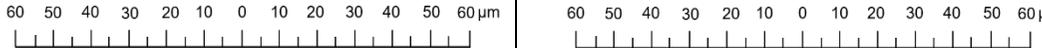
## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566492 E		MSA - 10	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719565 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>				 			
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
20%		80%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Bioesparita		Packstone					
<b>CARACTERÍSTICAS TEXTURALES</b>							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a tangencial.							
<b>CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS</b>							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos, equinodermos y briozoos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

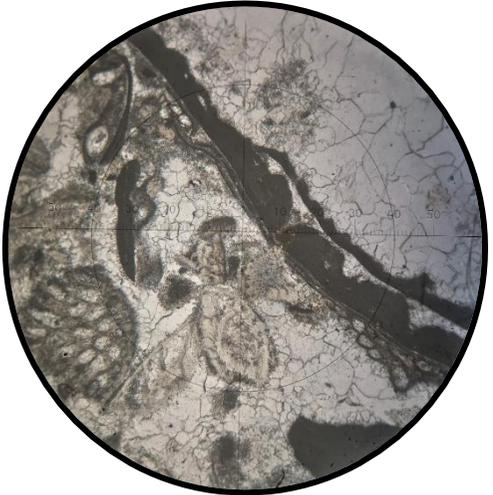
## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566491 E		MSA - 11	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719569 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>							
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
30%		70%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Bioesparita		Packstone					
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a tangencial.							
CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos y equinodermos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

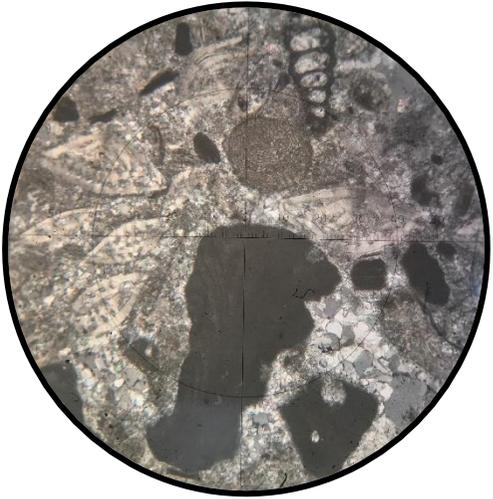
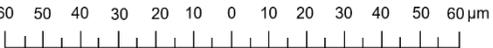
## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566501 E		MSA - 12	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719579 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>							
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
20%		80%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Bioesparita		Packstone					
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a tangencial.							
CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos, equinodermos y briozoos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

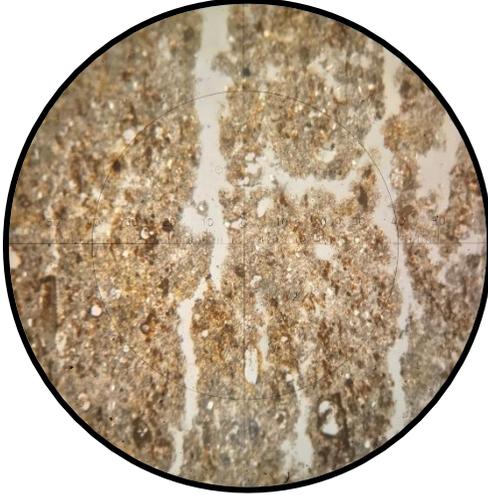
## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566592 E		MSA - 13	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719459 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>				 			
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
20%		80%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Bioesparita		Packstone					
<b>CARACTERÍSTICAS TEXTURALES</b>							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Grueso a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular.							
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a tangencial.							
<b>CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS</b>							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita sobre bioclastos.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica, fibrosa y sintaxial.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos, equinodermos y briozoos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.				<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Código de muestra:</b>	
<b>Formación:</b> San Eduardo.				566592 E		MSA - 14	
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.				9719459 N			
<b>Tipo de roca:</b> Caliza bioclástica.							
CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS				FOTOGRAFÍA EN NICOLES PARALELOS		FOTOGRAFÍA EN NICOLES CRUZADOS	
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>							
<b>Micrita</b>		<b>Esparita</b>					
20%		80%					
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>							
<b>Bioclastos</b>	<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>				
100%	NI	NI	NI				
<b>Clasificación de la roca</b>							
<b>Folk (1959 - 1962)</b>		<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>					
Esparita		Mudstone					
<b>CARACTERÍSTICAS TEXTURALES</b>							
<b>Textura:</b> Clástica.							
<b>Tamaño de grano:</b> Fino a muy fino.							
<b>Clasificación:</b> Pobremente clasificada.							
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.							
<b>Empaquetamiento:</b> Puntual a flotante.							
<b>CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS</b>							
<b>Micritización:</b> Cubiertas micríticas y micrita.							
<b>Cementación:</b> Granular, drúsica y fibrosa.							
<b>Recristalización:</b> Microesparita.							
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y vugs.							
<b>Compactación:</b>							
<b>Dolomitización:</b>							
<b>COMPOSICIÓN:</b> Algas, foraminíferos, moluscos y equinodermos en matriz de micrita y cemento de microesparita.							
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).							

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LA CALIZA SAN ANTONIO

<b>Localidad:</b> Comuna San Antonio de Playas - Concesión Ruano Cañas.	<b>Coordenadas UTM:</b>	<b>Código de muestra:</b>			
<b>Formación:</b> San Eduardo.	566605 E	MSA - 15			
<b>Tesista:</b> Jessenia Annabel Cedeño Basurto.	9719492 N				
<b>Tipo de roca:</b> Calcreta.					
<b>CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS</b>	<b>FOTOGRAFÍA EN NICOLÉS PARALELOS</b>	<b>FOTOGRAFÍA EN NICOLÉS CRUZADOS</b>			
<b>Componentes Ortoquímicos (%)</b>					
<b>Micrita</b>			<b>Esparita</b>		
80%			20%		
<b>Componentes Aloquímicos (%)</b>					
<b>Bioclastos</b>			<b>Intraclastos</b>	<b>Peloides</b>	<b>Ooides</b>
100%			NI	NI	NI
<b>Clasificación de la roca</b>					
<b>Folk (1959 - 1962)</b>			<b>Dunham (1962), Embry y Klovan (1971)</b>		
Biomicrita			Wackestone		
<b>CARACTERÍSTICAS TEXTURALES</b>			60 50 40 30 20 10 0 10 20 30 40 50 60 μm	60 50 40 30 20 10 0 10 20 30 40 50 60 μm	
<b>Textura:</b> Clástica.					
<b>Tamaño de grano:</b> Fino a muy fino.					
<b>Clasificación:</b> Moderadamente clasificada.					
<b>Redondez:</b> Subangular a subredondeada.					
<b>Empaquetamiento:</b> Flotante.					
<b>CARACTERÍSTICAS DIAGÉNETICAS</b>					
<b>Micritización:</b> Micrita					
<b>Cementación:</b> Granular.					
<b>Recristalización:</b> Microesparita.					
<b>Disolución:</b> Intergranular, intragranular y fracturas.					
<b>Compactación:</b>					
<b>Dolomitización:</b>					
<b>COMPOSICIÓN:</b> Foraminíferos, en matriz de micrita y cemento de microesparita.					
<b>OBSERVACIONES:</b> Fotografías en Microscopio Carl Zeiss Jena (Objetivo 3,2/0,10 160/- y ocular WF 16X12.5).					

