

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**BIOESTRATIGRAFÍA Y MICROFACIES DE LA FORMACIÓN CUESTA DEL  
CURA (CRETÁCICO INFERIOR) EN LA CAÑADA GUADALUPE DEL  
MUNICIPIO DE ITURBIDE, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**POR**  
**BIOL. MIROSLAVA CORONADO DÍAZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA  
CIENCIAS CON ACENTUACIÓN EN MANEJO DE VIDA SILVESTRE Y  
DESARROLLO SUSTENTABLE**

**JUNIO, 2018**

BIOESTRATIGRAFÍA Y MICROFACIES DE LA FORMACIÓN CUESTA DEL  
CURA (CRETÁCICO INFERIOR) EN LA CAÑADA GUADALUPE DEL  
MUNICIPIO DE ITURBIDE, NUEVO LEÓN, MÉXICO.

Comité de tesis



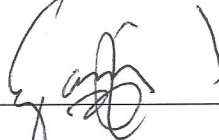
---

Dr. Luis Encarnación Silva Martínez  
Director de Tesis



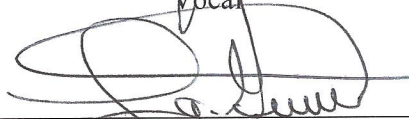
---

Dra. Susana Favela Lara  
Secretario



---

Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaraz  
Vocal



---

Dr. Juan Antonio García Salas  
Vocal

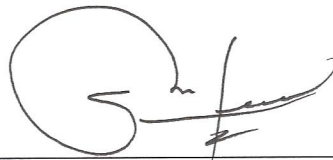


---

Dr. David Lazcano Villarreal  
Vocal

BIOESTRATIGRAFÍA Y MICROFACIES DE LA FORMACIÓN CUESTA DEL  
CURA (CRETÁCICO INFERIOR) EN LA CAÑADA GUADALUPE DEL  
MUNICIPIO DE ITURBIDE, NUEVO LEÓN, MÉXICO.


Dirección de Tesis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Encarnación Silva Martínez', written over a horizontal line.

---

Dr. Luis Encarnación Silva Martínez  
Director

En este documento declaro que este trabajo de investigación ha sido desarrollado de manera personal y con la guía y apoyo de mi comité de titulación y que toda la información utilizada para su realización ha sido citada debidamente.



---

Biól. Miroslava Coronado Díaz  
Junio del 2018, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

*“Como la Geología es esencialmente una ciencia histórica, el método de trabajo del geólogo se asemeja al del historiador. Esto hace que la personalidad del geólogo sea igual de importante que la forma en que analiza el pasado”*

Reinout Willem von Bemmelen

*“As Geology is essentially a historical science, the working method of the geologist resembles that of the historian. This makes the personality of the geologist of essential importance in the way he analyzes the past”*

Reinout Willem von Bemmelen

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Ciencias Biológicas por brindarme la oportunidad de seguir formándome como profesionista.

Asimismo agradezco a Subdirección de Posgrado de la FCB, UANL por brindarme las becas que hicieron posible la continuación de mis estudios al no contar con un respaldo económico por parte de CONACYT.

Agradezco de antemano a mis maestros y miembros de mi comité de tesis la Dra. Susana Favela Lara, al Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaraz, al Dr. Juan Antonio García Salas y al Dr. David Lazcano Villarreal, y especialmente a mi director, el Dr. Luis Encarnación Silva Martínez, muchas gracias por sus consejos, facilitación de material bibliográfico, apoyo y por el tiempo dedicado a las correcciones de este trabajo.

En especial gracias al Laboratorio de Paleobiología de la Facultad por permitirme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo de tesis y brindarme las herramientas necesarias para la realización del mismo, gracias a Roger y Lalo quienes me ayudaron desinteresadamente en el trabajo de campo y en el de laboratorio.

A mis compañeros Greta, Gaby, Alex, Vivien, Manuel, Faby, José, Diana, Marilyn, Leo, Julio y Franco, gracias por todos los momentos juntos, las risas en el momento más necesario y por las anécdotas que ahora guardo en mi memoria.

## DEDICATORIA

*A mis padres Ernesto Coronado y Elida Díaz*

Por apoyarme una vez más en el difícil camino de la ciencia, gracias por los sacrificios que hicieron para poder brindarme el apoyo económico a lo largo de estos dos años. Gracias por todo y espero sigan creyendo en mí para poder continuar con el siguiente paso de mi carrera académica.

*A mi hermano*

Que siempre acudió hasta el laboratorio a dejarme las cosas que olvidaba en la casa, sé que has tomado algunas decisiones que te han llevado a aplazar tus sueños, pero espero que sigas creyendo en ellos y no importa cuánto tiempo tardes en completarlos, el resultado será el mismo, trabajar en algo que amas.

*A mi familia*

Quienes siempre me alentaron a seguir adelante.

*A mi paleofamilia*

Elsa, Luis, Dani, Xanett, Roger, Candy, Nelly y el profe Chon quienes estuvieron ahí para hacerme reír y ayudarme cuando lo necesitaba, agradezco haberlos conocido cada día más, y gracias por permitirme entrar en sus vidas. En especial a Greta quién me ha aguantado como su amiga unos años más, gracias por tus regaños, los consejos que me dabas, por tu apoyo y por todos los momentos de diversión, sabes que siempre te querré como a una hermana mayor; y también a Gaby gracias por haberme permitido entrar en tu vida como

una amiga más, gracias por toda la ayuda que me diste, por los consejos, por tus anécdotas chistosas y agradezco haber conocido un lado diferente de la Gaby de la licenciatura.

*A mis hermanas por elección*

Adriana, Karla, Dayana, Lucero y Caro quienes siempre comprendieron que la tesis a veces estaba por encima de los momentos de diversión, gracias por su amistad sincera, por su apoyo incondicional, por levantarme el ánimo cuando más lo necesité y sé que siempre estarán ahí para mí y yo para ustedes.



# ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Geológicos	3
2.2. Paleontológico/Bioestratigráficos	4
2.3. Paleoecológicos	5
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. HIPÓTESIS	8
5. OBJETIVOS DEL TRABAJO	9
5.1. Objetivo general	9
5.2. Objetivos específicos	9
6. MATERIAL Y MÉTODOS	10
6.1. Material	10
6.2. Método	10
6.2.1. Etapa 1. Gabinete I: consulta de literatura	10
6.2.2. Etapa 2. Campo: observación y descripción	10
6.2.3. Etapa 3. Laboratorio	11
6.2.4. Etapa 4. Gabinete II: interpretación de resultados	11
6.3. Análisis estadístico	12
6.4. Localización del área de estudio	12
7. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO	14
7.1. Ubicación geográfica	14
7.2. Fisiografía	14
7.3. Relieve	14
7.4. Topografía	15
7.5. Geología	15
7.6. Estratigrafía	16
7.7. Edafología	16

7.8. Hidrología	16
7.9. Clima, condiciones meteorológicas y precipitación	17
7.10. Vegetación y flora	17
7.11. Fauna	19
8. GEOLOGÍA	20
8.1. Geología estructural	20
8.2. Paleogeografía	21
8.2.1. Jurásico	22
8.2.2. Cretácico	25
9. ESTRATIGRAFÍA	32
9.1 Formación La Peña (Aptiano)	32
9.2 Formación Tamaulipas Superior	33
9.3 Caliza Aurora (Albiano Inferior -Superior)	34
9.4. Formación Cuesta del Cura (Albiano)	34
9.5. Formación Indidura (Albiano medio–Coniaciano)	35
9.6. Formación Agua Nueva (Cenomaniano-Turoniano)	36
9.7. Formación Soyatal (Turoniano-Campaniano)	37
9.8. Estratigrafía del área de estudio	37
9.8.1. Correlación estratigráfica correspondiente al área de estudio	39
10. DEFINICIÓN DE LA FORMACIÓN CUESTA DEL CURA	40
10.1. Litología y distribución	40
10.2. Ambiente de depósito	41
10.3. Correlación	41
10.4. Importancia económica	42
11. PETROGRAFÍA Y MICROFACIES	43
11.1 Facies sedimentarias	44
12. BIOLOGÍA DEL GRUPO	48
12.1. Foraminíferos	48
12.2. Radiolarios	50
13. RESULTADOS	53

13.1 Descripción y petrografía de la Formación Cuesta del Cura	53
13.2. Bioestratigrafía de la Formación Cuesta del Cura	66
13.2.1. Determinación de las biozonas en base a foraminíferos	67
13.2.2. Inferencia de la edad de la Formación Cuesta del Cura	73
13.3. Análisis de microfacies de la Formación Cuesta del Cura	73
13.3.1. Interpretación paleoambiental	148
13.4. Índices ecológicos	149
13.4.1. Índice de riqueza de Margalef	149
13.4.2. Índice de Dominancia Simpson	151
13.4.3. Índice de Diversidad Shannon-Wiener	152
13.5. Paleontología sistemática	153
13.5.1. Foraminíferos	153
13.5.2. Algas carofíceas	176
14. DISCUSIÓN	178
15. CONCLUSIONES	181
16. PERSPECTIVAS	182
17. BIBLIOGRAFÍA	183
18. RESUMEN BIOGRÁFICO	190
ANEXO	191

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados generales de las características fisicoquímicas de las muestras por estación.	66
Tabla 2. Distribución estratigráfica de los foraminíferos de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, N.L.	71

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Cantidad de organismos por capa a lo largo de la Formación Cuesta del Cura, en la localidad de estudio.	67
Gráfica 2. Variación espacial del índice de riqueza (Margalef) para las capas de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, N.L.	150
Gráfica 3. Variación espacial del índice de dominancia (Simpson) para las capas de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, N.L.	151
Gráfica 4. Variación del índice de diversidad de Shannon-Wiener para las capas de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, N.L.	153

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio	13
Figura 2. Principales áreas continentales del Jurásico tardío del norte de México. (Tomado de Padilla y Sánchez, 1986).	21
Figura 3. Paleogeografía del noreste de México durante el periodo Triásico tardío-Jurásico medio. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).	22
Figura 4. Paleogeografía del noreste de México durante el Oxfordiano tardío-Kimmeridgiano temprano. (Tomado de Padilla y Sánchez, 1986).	24
Figura 5. Paleogeografía del noreste de México durante el Kimmeridgiano Tardío-Tithoniano. (Tomado de Padilla y Sánchez, 1986).	24
Figura 6. Paleogeografía del noreste de México durante el Berriasiano-Valanginiano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).	25
Figura 7. Paleogeografía del noreste de México durante el Hauteriviano-Aptiano temprano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).	27
Figura 8. Paleogeografía del noreste de México durante el Aptiano tardío. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).	27
Figura 9. Paleogeografía del noreste de México durante el Aptiano tardío. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).	28
Figura 10. Paleogeografía del noreste de México durante el Turoniano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).	29
Figura 11. Paleogeografía del noreste de México durante el Coniaciano-Santoniano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).	30
Figura 12. Paleogeografía del noreste de México durante el Campaniano-Maastrichtiano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).	31
Figura 13. Columna estratigráfica del área de estudio.	39
Figura 14. Contenido de una roca sedimentaria y su microestructura vistos a través del microscopio.	44
Figura 15. Fotografía panorámica de la estación 2 (inicio de la sección), en donde se observa la secuencia de calizas y calizas laminares de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León.	45
Figura 16. Clasificación de Folk para rocas carbonatadas.	46
Figura 17. Clasificación de Dunham para rocas carbonatadas (Modificado de Flügel, 2010).	46
Figura 18. Zonas de Facies y Microfacies estandarizadas.	47
Figura 19. Esquema general de un foraminífero vivo.	48
Figura 20. Conchas de foraminíferos en donde se observan las partes principales que la componen.	49
Figura 21. Esquema que muestra la alternancia de reproducción de los foraminíferos (Tomado de Calonge et. al., 2001).	50
Figura 22. Esquema de la estructura de un radiolario.	51
Figura 23. Esquema del ciclo reproductivo de los radiolarios.	52
Figura 24. Fotografía panorámica de la sección levantada en la localidad	

de la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León, México (Tomado de Google, Inc., 2008).	53
Figura 25. Calizas onduladas o chevrones, característicos de la Formación Cuesta del Cura.	54
Figura 26. Capa de caliza mostrando una banda de 5cm de pedernal.	55
Figuras 27-35. Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura.	56
Figura 36. Esquema de zonificación de la Formación Cuesta del Cura en el área de estudio.	69
Figuras 37-89. a) Fotomicrografía de la muestra; b) Fotografía de la lámina delgada; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.	75
Figura 90. SMF microfacies estándar de Flügel y ZF facies sedimentarias de Wilson (Tomado y modificado de Yavarmanesh et. al., 2017).	152

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Fm. Formación	RA. Radiola
MO. Materia orgánica	AC. Alga calcárea
TM. Tierra mojada	S. Estomiosfera
FB. Foraminífero bentónico	RB. Restos de bivalvos
FP. Foraminífero planctónico	GO. Granos de óxido
R. Radiolario	VC. Vetas de calcita
C. Calcisferas	VM. Vetas de mineral
EE. Espina de esponja	VMO. Vetillas de materia orgánica
EQ. Espina de equinodermo	VOX. Vetillas de óxido
RQ. Restos de equinodermo	RSI. Restos sin identificar

## RESUMEN

La falta de interés en los trabajos relacionados con las ciencias ligadas al estudio del pasado ha mermado la información a través de los años, sobre todo los relacionados con la bioestratigrafía y el paleoambiente en el Noreste de México. La escasa información que se tiene a la mano relacionada con los puntos focales de esta investigación está basada en organismos más complejos como lo son los ammonoideos y demás organismos macroscópicos, es por ello que la carencia de estudios basados en los foraminíferos no ha permitido que se establezcan secuencias bioestratigráficas más concretas. Los resultados de esta investigación proporcionaron un total de tres biozonas de intervalo en las que se estable un rango de edad que va del Albiano Superior hasta las primeras deposiciones del Turoniano, en un ambiente de cuenca profunda para la Formación Cuesta del Cura.

*Palabras clave: Formación Cuesta del Cura, bioestratigrafía, microfacies, Albiano, Cenomaniano.*

## ABSTRACT

The lack of interest in the work related to the sciences linked to the study of the past has reduced the information over the years, especially those related to biostratigraphy and paleoenvironment in Northeast Mexico. The scarcity of information available to the focal points of this research is based on more complex organisms such as ammonoids and other macroscopic organisms, which is why the lack of studies based on foraminifera has not allowed establish more concrete biostratigraphic sequences. The results of this investigation provided a total of three interval biozones in which an age range ranging from Upper Albian to the first Turonian depositions was established, in a deep basin environment in a deep basin environment for the Cuesta del Cura Formation.

*Keywords: Cuesta del Cura formation, biostratigraphy, microfacies, Albian, Cenomanian.*



# 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objeto de estudio a la Formación Cuesta del Cura, la cual se presenta en diversas localidades del Noreste de México, siendo su localidad tipo la Sierra de Parras en donde su litología fundamental es de rocas del tipo caliza con algunas intercalaciones de lutitas y bandas de pedernal.

El fundamento de esta investigación es la determinación de las biozonas, ambiente de depósito y el análisis paleoambiental de las rocas que afloran en la Fm. Cuesta del Cura dentro de la Cañada Guadalupe en Iturbide, Nuevo León.

Los foraminíferos son organismos unicelulares pertenecientes al reino Protista, aparecieron Cámbrico y abundan en la actualidad. Suelen habitar en un rango amplio de la columna de agua, pues se les encuentra desde las zonas litorales hasta el fondo marino. Su cuerpo está cubierto por una concha mineral que puede estar formada ya sea de una sola cámara o por varias, que se forman de manera sucesiva al paso de la vida del organismo.

Una biozona es un conjunto de rocas que se caracteriza por poseer fósiles de un determinado taxón, dicha biozona comienza con la primera aparición de un organismo y termina con la última aparición de éste. Los fósiles que integran a las biozonas pueden ir desde ammonites, foraminíferos o cualquier fósil de gran abundancia en las rocas; las biozonas pueden ser de diferente tipo, ya que su establecimiento depende del número de taxones por los que estén compuestas. Las biozonas son la principal herramienta con la que cuenta la bioestratigrafía para definir los alcances para cada especie. En cuanto al estudio y análisis de los paleoambientes se pueden utilizar diversas técnicas, pero, la más común es mediante el análisis de las microfacies. Éstas se definen como la descripción microscópica de una lámina delgada.

A pesar de la importancia que las instituciones y empresas dedicadas a la explotación de hidrocarburos y recursos minerales le dan a los estudios de bioestratigrafía y análisis de microfacies, éstos son aún muy escasos, sobre todo en

relación con la Fm. Cuesta del Cura, es por ello que el constante apoyo hacia esta área de la investigación ayudaría en las planeaciones e implementaciones de los futuros proyectos de extracción y explotación sustentable de los recursos mineros.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Geológicos

La Formación Cuesta del Cura fue propuesta por Imlay (1936) bajo el nombre Caliza Cuesta del Cura para una sucesión de roca caliza con intercalaciones de arcillas y bandas de pedernal. Su localidad tipo está en la Sierra de Parras, Coahuila. Describe la litología como capas delgadas de caliza ondulosa (llamada chevrón) de color gris oscuro a negro, incluye además lentes de pedernal y lutita gris. Por su parte López-Ramos (1980) describe a la Formación como una composición de capas mediana a delgadas de caliza ondulosa de color gris oscuro a negro, algo arcillosa y con nódulos de pedernal negro; es el único que reporta acerca de miembros dentro de la Formación, el inferior es una calcilita de color gris claro con nódulos de pedernal con intercalaciones de lutita, mientras que el superior es un wackestone gris-crema con bandas de pedernal oscuro. De acuerdo con lo reportado por Echanove-Echanove (1986) la litología corresponde a carbonatos finos y lodos calcáreos negros, de estratificación delgada a media, con bandas pseudoestratificadas de pedernal color gris a negro. Por su parte, Pérez-Cruz (1993) menciona que esta unidad está compuesta por lutita gris oscura con calizas laminadas y en menor porción bentonita y pirita.

En el Cañón Taraises Imlay (1936) registró un espesor de 64 metros aproximadamente, mientras que estudios posteriores ubican su espesor en un rango de 34 a 150 metros (Barboza-Gudiño *et al.*, 2004; Ángeles-Villeda *et al.*, 2005).

Esta unidad litológica aflora en la Sierra de Parras, en los anticlinales de Parras, Taraises, Prieta y Santiago al sureste de Torreón; en la Sierra de Catorce y a lo largo de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Imlay, 1936; López-Ramos, 1980; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004; López-Doncel, 2006). Suprayace de manera concordante con la Caliza Aurora, Formación La Peña y algunas veces con la Formación Tamaulipas Superior (Imlay, 1936; López-Ramos, 1980; PEMEX, 1988; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004); e infrayace de manera concordante y transicional con la Formación Indidura (Imlay, 1936; López-Ramos, 1980; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004).

Las correlaciones entre las unidades geológicas, son fundamentales para poder tener una visión más clara y completa de la historia geológica de una región o de varias regiones ya sea en el mismo continente o en otro. En el caso particular de la Formación Cuesta del Cura, López-Ramos (1980) la correlaciona con la Caliza Sierra Madre, con las Formaciones Tamaulipas Superior y Caliza El Abra y con la parte inferior de la Formación Kiamichi del Grupo Washita. Por su parte, Barboza-Gudiño *et al.*, (2004) menciona que la parte superior de la Formación Tamaulipas superior es su equivalente y que interdigita con las facies de talud de la Plataforma Valles-San Luis Potosí. En Estados Unidos posee su equivalente con las Formaciones Georgetown, Del Rio, Edwards y Buda del Grupo Washita (Arvizu-Gutiérrez, 2006).

## **2.2. Paleontológico/Bioestratigráficos**

Los foraminíferos son organismos unicelulares pertenecientes a la clase Rhizopoda, y constituyen el grupo de mayor abundancia en el registro fósil, de ahí su importancia en el campo de la Paleobiología, pues su registro a lo largo del tiempo geológico, así como su evolución, complejidad y tamaño los convierte en los organismos excepcionales para el estudio del pasado. Estos organismos están provistos de una concha calcárea la cual le ha permitido a este grupo preservar sus formas extintas hasta la actualidad (Calonge *et al.*, 2001).

Un fósil guía es aquel que es abundante, fácil de identificar, de amplia distribución en corto tiempo, que este perfectamente controlada su evolución y/o extinción y que se presente en diversos estratos de roca, pues son quienes ayudan a los investigadores comparar o relacionar rocas en distintos lugares. Los fósiles guía a su vez se ayudan de otros fósiles que solo se presentan en un periodo particular de su existencia y son quienes marcan la pauta para establecer las biozonas a lo largo de la columna geológica (Tarbuck *et al.*, 2005).

En su descripción original Imlay (1936) no reporta fósiles, pero investigadores posteriores reportan ammonites, impresiones de equinodermos y variada microfauna entre la cual destacan las especies *Calcisphaerula innominata*, *Pithonella ovalis*, *P.*

*trejoi* y *Hedbergella subcretacea*, así como restos de algas y equinodermos (Padilla y Sánchez, 1982; Stinnesbeck, 1991; Pérez-Cruz, 1993; Ángeles-Villeda *et al.*, 2005; Hernández-Canelo, 2013).

La Formación Cuesta del Cura fue propuesta para una edad de Albiano en un principio, pero trabajos posteriores han permitido una ampliación, incluyéndola en un rango de Albiano-Cenomaniano (Imlay, 1936, 1937; López-Ramos, 1980; PEMEX, 1988; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004; Ángeles-Villeda *et al.*, 2005; Arvizu-Gutiérrez, 2006; Villareal-Fuentes, 2007).

Arenillas (1995) considera a los foraminíferos planctónicos como los mejores indicadores paleoecológicos gracias a sus características biológicas, provocando que se restrinjan a determinados límites de temperatura, profundidad, nivel de oxígeno y salinidad en el agua.

Longoria (1977) presenta una zonificación de las calizas del Cretácico Superior mexicano basada en foraminíferos planctónicos en donde estable un total de 14 zonas, en donde su base establece el límite Albiano-Cenomaniano marcado por la primera aparición de *Thalmanienella evoluta*. Posteriormente y en colaboración con otra investigadora subdividió al Albiano en cuatro zonas principales, marcadas por *Ticinella bejaouaensis*, *T. prímula*, *T. breggiensis* y *Th. ticinensis* (Longoria & Gamper, 1977).

### **2.3. Paleoecológicos**

El concepto de facies se refiere al conjunto de criterios tanto paleontológicos como petrológicos que son determinados en cortes translucidos con el propósito de obtener una interpretación del depósito sedimentario. Dentro de las principales clasificaciones que se utilizan para establecer el tipo de textura deposicional que tiene una roca se encuentran las que se basan en los componentes autóctonos. Para Dunham (1962) lo importante son los porcentajes de granos y de barro, así como su disposición, mientras que para Folk (1962) lo importante es a cantidad de carbonatos presente en las rocas. Debido a la gran cantidad de depósitos que existen de manera simultánea, algunos

investigadores optaron por realizar modelos generalizados de las facies de rocas carbonatadas, para Wilson (1975) su modelo resulta de la combinación de efectos de la pendiente, edad, energía del agua y clima, en donde las características del depósito también son afectadas por el aporte de clásticos; aquí define nueve facies en un perfil de plataforma con margen y pendiente ligera. Por su parte Flügel (2010) se plantea un modelo de microfacies asociados a carbonatos depositados en rampas, basado en los criterios del tipo de grano, el tipo de matriz, las telas de disposición, fósiles y la textura deposicional.

En su descripción original, Imlay (1936), propone un ambiente de depósito de aguas profundas, pero con base a la litología y la asociación microfaunística el personal de PEMEX (1988) la ubica en ambientes profundos de baja circulación, mientras que Barboza-Gudiño *et al.* (2004) menciona que el ambiente de depósito se interpreta como nerítico profundo, de buena oxigenación y con un aporte constante de sedimentos. En los últimos estudios se considera que la Formación Cuesta del Cura es de facies profundas (Ángeles Villeda *et al.*, 2005; Arvizu-Gutiérrez, 2006; Villareal-Fuentes, 2007).

De manera general existen muy pocas investigaciones que traten sobre el análisis de los ambientes de depósito, si bien se han realizado para algunas edades correspondientes al Cretácico Inferior, no así para el rango de edad de Albiano-Cenomaniano (López-Zúñiga, 2013; Zapata-Martínez, 2015).

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La base fundamental de este trabajo de investigación es la generación de nuevo conocimiento científico, particularmente al conocimiento paleontológico, el cual sigue siendo muy escaso en nuestro país.

La base fundamental para la mayoría de los trabajos de biozonación es la macrofauna fósil, en particular, los ammonites. Dicha biozonación está marcada por la presencia y/o ausencia de este taxón en un determinado horizonte o capa, el problema es que diversos factores influyen en la ocurrencia de estos fósiles, ya sea por causas ecológicas o por el transporte del organismo a un lugar diferente de su sitio de muerte y merma la confiabilidad de este grupo para el establecimiento de las zonas de intervalo. Es por estas razones que se considera al grupo de los foraminíferos como el más adecuado para la realización de estudios bioestratigráficos.

Los escasos reportes de contenido fósil de la Formación Cuesta del Cura no han permitido establecer estudios integrales que brinden información esencial para entender la paleoecología de un lugar, es por esta razón que el apoyo para la realización de este tipo de estudios e investigaciones, permite que las diversas compañías e instituciones ligadas al campo de los recursos naturales e hidrocarburos, establezcan una o diversas técnicas que sean eficientes y permitan la explotación sustentable de dichos recursos.

#### **4. HIPÓTESIS**

Los sedimentos de la secuencia estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León, corresponden a rocas del Albiano-Cenomaniano y se depositaron en ambientes de Cuenca profunda.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Determinar las biozonas y el ambiente de depósito en la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe del municipio de Iturbide, Nuevo León.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las biozonas de la Formación Cuesta del Cura en base a foraminíferos planctónicos y bentónicos en la localidad de la Cañada Guadalupe del municipio de Iturbide, Nuevo León.
- Inferir la edad a la cual pertenece esta unidad litológica en la Cañada Guadalupe del municipio de Iturbide, Nuevo León.
- Determinar las microfacies que integran la Formación Cuesta del Cura en una sección expuesta sobre la Cañada Guadalupe del municipio de Iturbide, Nuevo León.
- Interpretar la paleoecología de las rocas de la secuencia estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura en la localidad ya mencionada.

## **6. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **6.1. Material**

El material utilizado consta de fragmentos de roca (muestras de mano), las cuales pertenecen a diversas capas de roca de la Formación Cuesta del Cura de la localidad Cañada Guadalupe en Iturbide. Las muestras de roca y las láminas obtenidas fueron depositadas en la colección del Laboratorio de Paleobiología, FCB, UANL.

### **6.2. Método**

La presente investigación fue realizada en cuatro etapas principales, las cuales son descritas a continuación:

#### **6.2.1. Etapa 1. Gabinete I: consulta de literatura**

Se realizó una revisión bibliográfica sobre todo lo referente a las características, trabajos previos y áreas de exposición de la Formación para así definir la logística de la investigación. Durante esta fase se realizó una salida a campo para tomar muestras preliminares de la localidad, las cuales fueron tomadas cada 20 metros y analizadas para establecer si realmente correspondía a esa unidad litológica.

#### **6.2.2. Etapa 2. Campo: observación y descripción**

Para la obtención del material de estudio, se realizó primeramente un levantamiento estratigráfico de la sección correspondiente a estudiar, mediante una medición con una cinta métrica y brújula Brunton y se establecieron estaciones para la obtención de una poligonal abierta. Cada estación fue registrada en una libreta de campo con un número comenzando desde el cero hasta el ocho, además de su visual, rumbo y

echado. Con la ayuda de la cinta métrica se estableció el espesor de cada capa dentro de cada estación a las cuales se les asignó una clave alfanumérica (ICM\_#estación\_#muestra + distancia en metros desde la estación) que fue establecida previamente. Cada una de las características diagnósticas de las capas como la clave, espesor en metros, color de la roca tanto en intemperizado como en fresco, la litología aparente, bioturbaciones, presencia/ausencia de pedernal y estructuras especiales y en algunas excepciones el rumbo y el echado de la capa fueron registradas en el apartado de la estación que le correspondía. La toma de muestras de roca se realizó utilizando un cincel y un martillo geológico marca Estwing. Se tomaron muestras de aproximadamente 400 gramos, las cuales fueron dispuestas en bolsas de polietileno transparentes previamente etiquetadas con la misma clave. Junto con el registro y toma de muestras en físico, se realizó un registro fotográfico de la sección en general, de cada una de las estaciones y capas y de las estructuras especiales.

Al registro de las características diagnósticas de cada una de las muestras de roca realizado en campo se le agregaron las siguientes: tamaño, forma y textura de grano, así como el tiempo de reacción al HCl al 30% y el olor que era despedido por la roca.

### **6.2.3. Etapa 3. Laboratorio**

Para el análisis de las biozonas y de las microfacies de las muestras se prosiguió a cortar la roca mediante una sierra diamantada de 8 pulgadas en una cortadora Contempo Lapidary para obtener un fragmento delgado, el cual fue desbastado con el uso de lijas de diferentes granos, hasta obtener una almohadilla, la cual se adhirió con pegamento epóxico a un portaobjetos petrográfico para su posterior desbaste y pulido hasta obtener una lámina delgada que permita el paso de luz.

### **6.2.4. Etapa 4. Gabinete II: interpretación de resultados**

Utilizando un microscopio binocular, marca Leica modelo CME 1349521X se revisó el contenido micropaleontológico de cada una de las laminillas, cada especie

identificada se registró en una tabla, posteriormente se le tomaba una fotografía para anexarla a dicho registro. Se identificaron las especies a nivel de género y de especie utilizando diversos criterios. Con los resultados anteriores, se establecieron las biozonas en las cuales se encuentra la microbiota encontrada en las laminillas, esto permitió el establecimiento de la edad a la que pertenecen los estratos de la Formación en la sección expuesta en la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León.

Para el análisis microfacial y la determinación del ambiente de depósito se llevó a cabo un análisis basado en los criterios de textura y en los criterios de determinación de las facies estándar a la cual pertenecen las microfacies, estableciendo así el ambiente de depósito de los sedimentos que conforman la Formación Cuesta del Cura en la localidad ya mencionada.

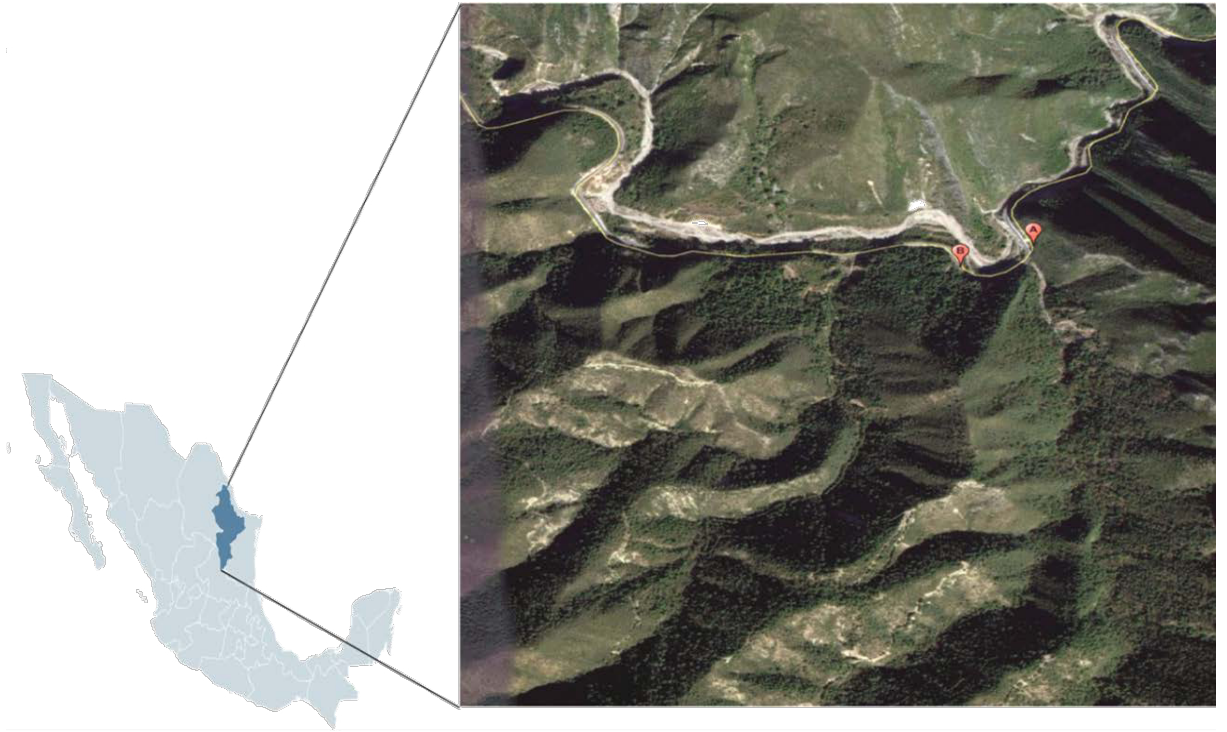
### **6.3. Análisis estadístico**

En esta parte de la metodología se llevaron a cabo análisis estadísticos de diversidad mediante el uso del programa estadístico PAST versión 3.20, en donde se vaciaron los datos obtenidos y se aplicaron los índices de riqueza de Margalef, el índice de dominancia de Simpson y el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

### **6.4. Localización del área de estudio**

El área de estudio (Figura 1) se ubicada en la Cañada Guadalupe en el municipio de Iturbide, N.L. sobre la Carretera Federal México 58 (Linares-Matehuala) a 4 km de la cabecera municipal de dicho municipio. La litología dominante en los alrededores del municipio son caliza y caliza-lutita (INEGI, 2009). Las coordenadas de la localidad marcadas con un punto de color rojo corresponden a las coordenadas:

- Estación (0) inicio (A): 24°43'53.88"N, 99°51'48.79''O
- Estación (8) final (B): 24°43'51.96'N, 99°51'54.42''O



**Figura 1.** Mapa de Nuevo León, en la cual sólo se representa el área de estudio, los puntos de inicio y fin del muestreo están marcados en rojo.

## **7. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

### **7.1. Ubicación geográfica**

La localidad de estudio se ubica sobre la Carretera Federal México 58 (Linares-Matehuala) a 4 km antes de llegar a la cabecera del municipio de Iturbide. Este municipio colinda al norte con los municipios de Rayones y Linares, al este con los municipios de Linares y Aramberri (Nuevo León) y el estado de Tamaulipas, al sur con el municipio de Aramberri y al oeste con los municipios de Aramberri y Galeana.

### **7.2. Fisiografía**

El municipio de Iturbide se ubica dentro la subprovincia de la Gran Sierra Plegada al noreste de México, quedando dentro de la Sierra Madre Oriental, la cual atraviesa en mayor parte a este municipio formando diversos valles, cañones, sierras y algunos lomeríos. Posee una extensión territorial de 719.2 km<sup>2</sup>, lo que vendría a ser el 0.9% de la superficie total del estado. Su altitud varía entre 700 a 3000 msnm (INAFED, 2009). La subprovincia de la Gran Sierra Plegada inicia al este de Saltillo, Coahuila y se flexiona debido a la integración de un gran arco al sur de Monterrey, Nuevo León, y continua prolongándose hacia el sur hasta llegar a Ciudad Valles, S.L.P. se caracteriza por poseer una gran cantidad de sierras con estratos plegados con ejes estructurales de anticlinales y sinclinales; predominado por rocas del tipo caliza, seguidas por areniscas y lutitas (Salinas, 2017).

### **7.3. Relieve**

La morfología dominante de estratos plegados de roca caliza presentes en la Gran Sierra Plegada le confieren una serie de fallas importantes que se extienden a lo largo de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, cuyas cumbres van desde los 1000 msnm como en la Sierra de Sabinas Hidalgo hasta los 4000 msnm presentes en la Sierra

Peña Nevada. Dentro del municipio las sierras de mayor importancia son El Picacho, La Bandera, Tapias y La Sierra Borrada, en esta última se localiza la altura máxima, que es de 1850 msnm (INEGI, 1985; Martínez-Salazar *et al.*, 1999).

#### **7.4. Topografía**

La Gran Sierra Plegada se conforma por un variado número de sierras y su plegamiento se manifiesta de diversas maneras, sin embargo la principal es, que produce una topografía de fuertes ondulados paralelos, a los cuales se les denomina como sinclinales y anticlinales. Estos flexionamientos en las rocas las vuelve susceptibles a los procesos erosivos (Salinas, 2017).

#### **7.5. Geología**

La Sierra Madre Oriental y sus zonas adyacentes se constituyen de rocas sedimentarias de la era mesozoica, las cuales se depositaron sobre un basamento paleozoicas. Es considerada como la faja montañosa más extensa de la república mexicana, está compuesta de estrechos pliegues y estructuras anticlinales laramídicas que van siguiendo la orientación de la misma sierra (norte-noroeste a sur-sureste); pertenece a la provincia geológica del Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental que abarca los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, Puebla, Veracruz y Oaxaca (Morán-Zenteno, 1990; PEMEX, 2010). Los periodos geológicos que se reportan en el municipio son en casi su totalidad del Cretácico, seguido del Jurásico y Cuaternario (INEGI, 2009).

La litología presente en el municipio de Iturbide corresponde en un 49% de roca caliza, seguida de caliza-lutita y en menor medida lutita, conglomerado, yeso y arenisca-conglomerado (INEGI, 2009).

## **7.6. Estratigrafía**

Se constituye de rocas sedimentarias que varían en edad del Jurásico superior al Cretácico superior. La litología presente es caliza y lutita principalmente y su estratificación es primordialmente vertical en la mayoría de las sierras (Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2010).

## **7.7. Edafología**

El suelo dominante en la localidad es de tipo Litosol de acuerdo con la clasificación de la FAO-UNESCO, el cual es somero y se limita en profundidad por una capa continua de roca dura cementada dentro de una profundidad de 10 cm a partir de la superficie. Estos suelos suelen asociarse a las fases líticas de otros suelos y son buenos para sustentar una variedad de tipos de vegetación, bajo el clima que tengan disponible, es por ello que en la SMO se pueden encontrar desde matorrales, en la zona de sotavento hasta bosques, en la cara barlovento. En menor medida se presentan los suelos Calcisol y Kastañozem formando algunas asociaciones convergentes con los litosoles (Arriaga *et al.*, 2000; FAO-UNESCO, 1976; Salinas-Rodríguez, 2012).

## **7.8. Hidrología**

La región hidrológica a la cual pertenece la localidad es la de San Fernando-Soto la Marina RH31, en específico a la cuenca del Río San Fernando que ocupa un 96% del territorio municipal, la cual drena sus aguas hacia los ríos San Fernando y Soto la Marina, los cuales terminan vertiendo su cauce hacia el Golfo de México. Las corrientes de agua que atraviesan el municipio se dividen en perennes con los ríos La Oveja, El Madroño, San Antonio, Hualahuises, Pablillo y Potosí; y en intermitentes con el río. La Nutria y Arroyo Seco; posee además la Laguna de Santa Rosa, la cual sólo presenta agua en épocas de lluvias (INEGI, 2009; INEGI-INE-CONAGUA, 2007; Martínez-Salazar *et al.*, 1999; Salinas-Rodríguez, 2012).



## 7.9. Clima, condiciones meteorológicas y precipitación

En la Sierra Madre Oriental el clima depende de diversos factores como su posición respecto al mar, posición geográfica y su accidentado relieve. Dentro de lo que le concierne al municipio de Iturbide los climas varían en función de su altitud, son más húmedos en la parte oriental y en la occidental son más secos, esto debido a que se produce un efecto de condensación, generando lluvias que se concentran en la vertiente oriental de la sierra y forma el fenómeno de la niebla, mientras que la vertiente occidental se produce la sombra orográfica. Se presentan tres tipos climas en la localidad (Arriaga *et al.*, 2000; Luna *et al.*, 2004):

- Semicálido, templado subhúmedo, con una temperatura media anual mayor a 18°C, con una precipitación anual entre 500 y 2,500 mm y lluvias en verano. Predomina en un 62% de la localidad.
- Templado, con una temperatura media anual entre 12 y 18°C, su precipitación media anual es de 200 a 1,800 mm y con lluvias de verano. Abarca un 36% de la localidad.
- Semiárido, templado, con una temperatura media anual mayor de 18°C y con lluvias en verano.

## 7.10. Vegetación y Flora

En el municipio de Iturbide destacan tres tipos de vegetación: los bosques que predominan con un 67%, le sigue el matorral con un 28% y el resto es ocupado por pastizales (Alanís-Flores *et al.*, 1996; INAFED, 2009; INEGI, 2009).

Los bosques se conforman de una comunidad árboles de hasta 22 metros de altura y en este municipio destacan dos tipos de bosque:

- Bosque de Pino: aquí se encuentran las especies de *Pinus teocote* (pino ocote), *Pinus pseudostrobus* (pino blanco), *Pinus arizonica* (pino real), *Pinus ayacahuite* (pino anacahuite) y *Pinus hartwegii* (pino negro) asociados con algunas especies

de *Quercus* spp. (encinos), *Ungnadia speciosa* (monilla), *Populus* spp. (álamos), *Ligustrum vulgare* (trueno), *Ulmus* spp. (olmos) *Fraxinus* spp. (fresnos) y de *Arbutus xalapensis* (madroño).

- Bosque de coníferas: en donde además de algunas especies de *Pinus greggii* (pino garabatlillo) y *Pinus hartwegii* (pino negro) se presentan asociaciones con *Cupressus arizonica* (cedro blanco).

Los matorrales representativos de este municipio son dos:

- Matorral submontano: aquí abundan la forma arbustiva y subarbórea en donde la altura de sus formas biológicas varía de cuatro a seis metros, poseen hojas pequeñas, caducifolias y subespinosas. Aquí encontramos solo *Acacia farnesiana* (huizache) y *Prosopis glandulosa* (mezquite).
- Matorral desértico rosetófilo: su distribución irregular obedece a la humedad que encuentre disponible en el suelo, es por ello que solo encontramos algunas especies de *Agave* spp. (magueyes), *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Dasyllirion berlandierii* (sotoles) *Echinocactus platyacanthus* (biznaga de dulce), *Ferrocactus pringlei* (biznaga colorada) y *Opuntia* spp. (nopal).

Los pastizales se distinguen por la presencia de herbáceas, en su mayoría gramíneas pero con algunas asociaciones y/o combinaciones de las familias Compositae, Leguminosae y Chenopodiaceae. En este municipio se puede encontrar algunas de las especies más comunes como *Bouteloua gracilis* (navajita azul), *B. curtipendula* (navajita banderilla), *B. hirsuta* (navajita velluda) y *Tridens muticus*.

Además de la vegetación propia del municipio, se tienen registros de algunos árboles frutales, entre los que destacan: *Juglans* spp. (nogal), *Malus domestica* (manzana), *Prunus persica* (durazano), *Prunus armenica* (chabacano), *Prunus domestica* (ciruelo), *Cydonia oblonga* (membrillo) y *Crataegus mexicana* (tejocote).

### 7.11. Fauna

La fauna presente en el municipio es variada pero con una cantidad mínima de registros, es por ello que se divide en solo dos grandes grupos (INAFED, 2009; Martínez-Salazar *et al*, 1999):

- De entre los principales mamíferos se encuentran *Ursus americanus eremicus* (oso negro), *Puma concolor stanleyana* (puma), *Odocoileus virginianus miquihuanensis* (venado cola blanca), *Sus scrofa* (jabalí), *Felis silvestris* (gato montés), *Canis latrans microdon* (coyote), *Urocyon cinereoagenteus scottii* (zorra), *Meles meles* (tejón), *Dasypus novemcinctus* (armadillo), *Didelphis virginiana* (tlacuache), *Sciurus vulgaris* (ardilla), *Lepus* spp. (liebre) y *Oryctolagus cuniculus* (conejo).
- En el caso de las aves se tienen registros de *Bubo virginianus* (tecolote), *Aquila chrysaetos* (águila), *Cathartes aura* (aura), *Accipiter nisus* (gavilán), *Meleagris gallopavo* (pavo silvestre), *Columba livia* (paloma), *Carduelis tristis* (jilguero), *Mimus polyglottos* (cenzontle), *Cardinalis cardinalis* (cardenal), *Mimus saturninus* (calandria), *Colaptes auratus* (carpintero) y *Toxostoma curvirostre* (huitlacoche pico curvo).
- En los reptiles y anfibios se encuentran: *Crotalus lepidus* (cascabel de las rocas), *C. pricei miquiahunus* (cascabel pigmea), *Sceloporus grammicus* (lagartija), *Rana berlandieri* (rana), *Bufo* spp. (sapo).
- Dentro de los insectos y arácnidos los más comunes son: *Apis mellifera* (abeja), *Melipona beecheii* (jicote), *Vespula vulgaris* (avispa), *Musca domestica* (mosca común), *Tabanus bovinus* (tábano), *Culex pipiens* (zancudo), *Phlebotomus papatasi* (jején), *Ixodes ricinus* (garrapata), *Mastigoproctus giganteus* (vinagrillo), *Centruroides vittatus* (alacrán) y diversas especies de arañas.

## **8. GEOLOGÍA**

La Sierra Madre Oriental debe su relieve accidentado a la deformación de rocas del mesozoico y a su complejo basal que fueron levantados, comprimidos y transportados hacia el noreste durante la Orogenia Laramide, se compone de capas de rocas calcáreas, principalmente areniscas y calizas, pertenecientes al Cretácico (Eguiluz de Antuñano *et al.*, 2000; Salinas-Rodríguez, 2012). Para la sección que abarca el sur de Nuevo León la era Mesozoica ha dejado una gran extensión de estratos, se pueden percibir incluso afloramientos del periodo Triásico, específicamente del Jurásico Superior con rocas de tipo caliza, margas claras y areniscas rojizas hasta capas pertenecientes al Cretácico Superior (Mülleried, 1944, 1946).

La gran mayoría de localidades de la Sierra Madre Oriental están formadas por cadenas montañosas con estructuras anticlinales, sinclinales y con zonas de alto basamento; a dichas estructuras se les integran las rocas carbonatadas y terrígenas que fueron evolucionando con los basamentos paleozoicos y precámbricos (Carrillo-Bravo, 1961).

### **8.1. Geología estructural**

El municipio de Iturbide pertenece a un área que abarca esencialmente el grueso de sedimentos mesozoicos de la Sierra Madre Oriental, en lo que se le conoce como Cadena Alta (Tardy *et. al.*, 1975), incluyendo también estructuras apretadas y recostadas, así como el frente oriental de la sierra llamada Cabalgadura Mayor, la cual es representada por un plano tectónico que tiende a la horizontal a profundidad y que pone en contacto al Cretácico Inferior con el Cretácico Superior (Padilla y Sánchez, 1978).

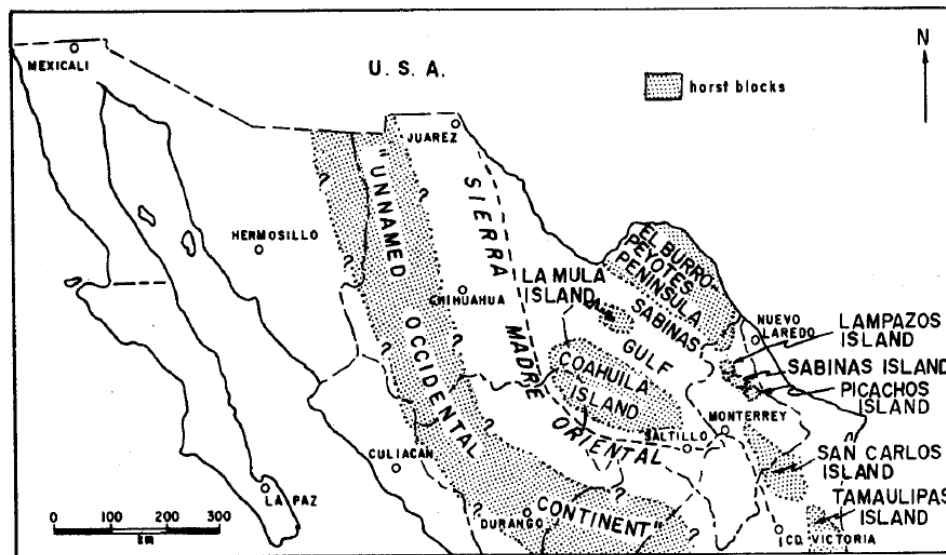
En el Cerro del Labrador al oriente del municipio de Galeana se encuentra una falla inversa que pudo ser determinada debido a que la Caliza Cupido descansa directamente sobre la Unidad Tamaulipas y Formación La Peña en la porción oriental de

dicho cerro, esta falla se asocia con una fase tectónica tardía que produce pliegues de fondo compresionales con dirección NNW-SSE (INEGI, 1986; Padilla y Sánchez, 1978)

## 8.2. Paleogeografía

La geomorfología de noreste de México presenta una distribución de diferentes patrones estructurales, los cuales están estrechamente relacionados con el relieve accidentado de la paleogeografía de inicios del Jurásico tardío.

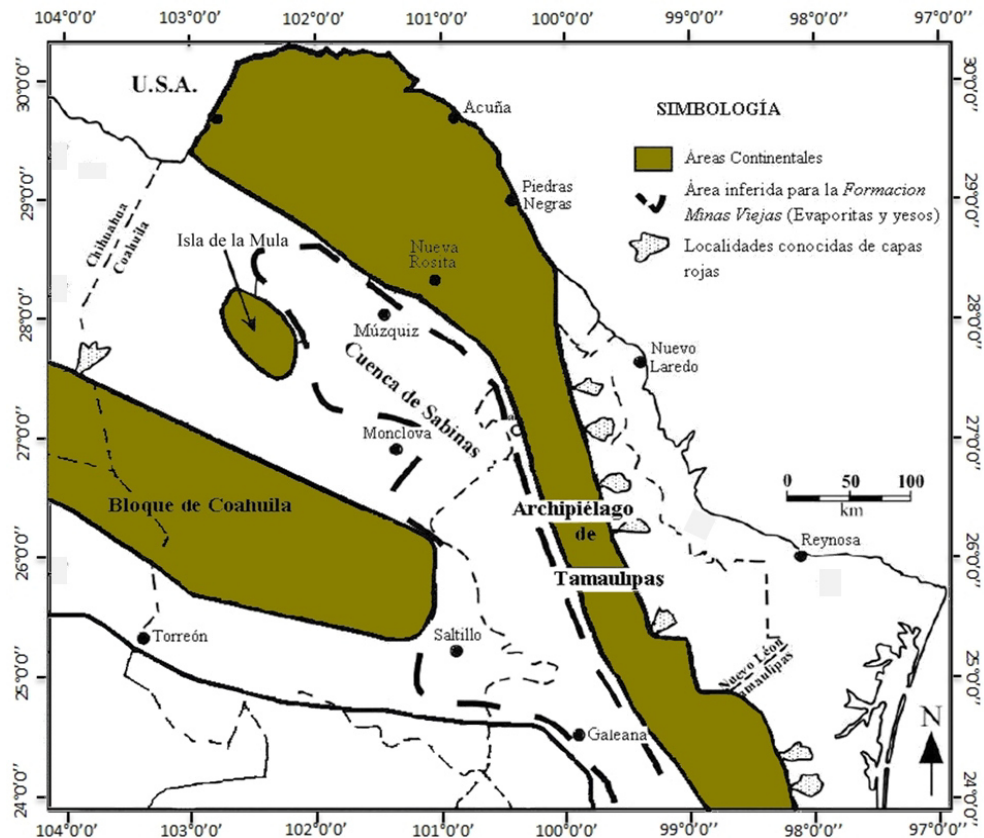
El rompimiento y posterior separación de las placas de los continentes permitió la formación de depresiones y elevaciones (*grabens* y *horsts*), los cuales determinaron la distribución de los mares y continentes, y con ello establecieron los patrones sedimentarios del noreste de México (Fig. 2). Las rocas pertenecientes al mesozoico temprano en el noreste de México yacen discordantemente sobre los sedimentos marinos más viejos, meta-sedimentos y complejos ígneos de edades inciertas (Padilla y Sánchez, 1982, 1986).



**Figura 2.** Principales áreas continentales del Jurásico tardío del norte de México. (Tomado de Padilla y Sánchez, 1986).

### 8.2.1. Jurásico

Las rocas más antiguas conocidas de este periodo poseen tan poca información que su edad sigue siendo incierta así como la pobreza de sus áreas de exposición (Fig. 3). El poco conocimiento de esta sección hace referencia a que las condiciones eran semiáridas, lo que podría explicar la ausencia de fósiles (Padilla y Sánchez, 1986).

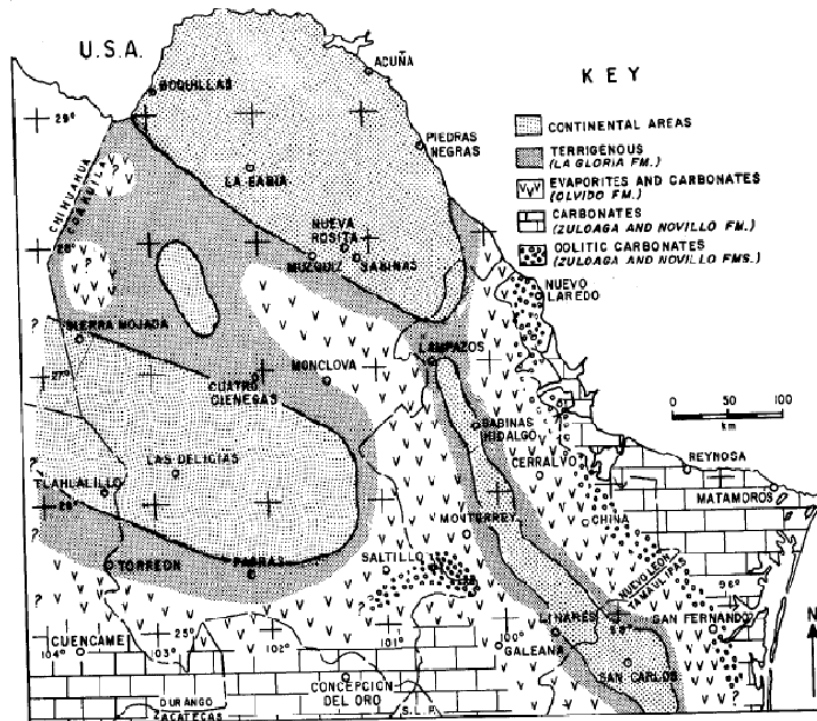


**Figura 3.** Paleogeografía del noreste de México durante el periodo Triásico tardío-Jurásico medio. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).

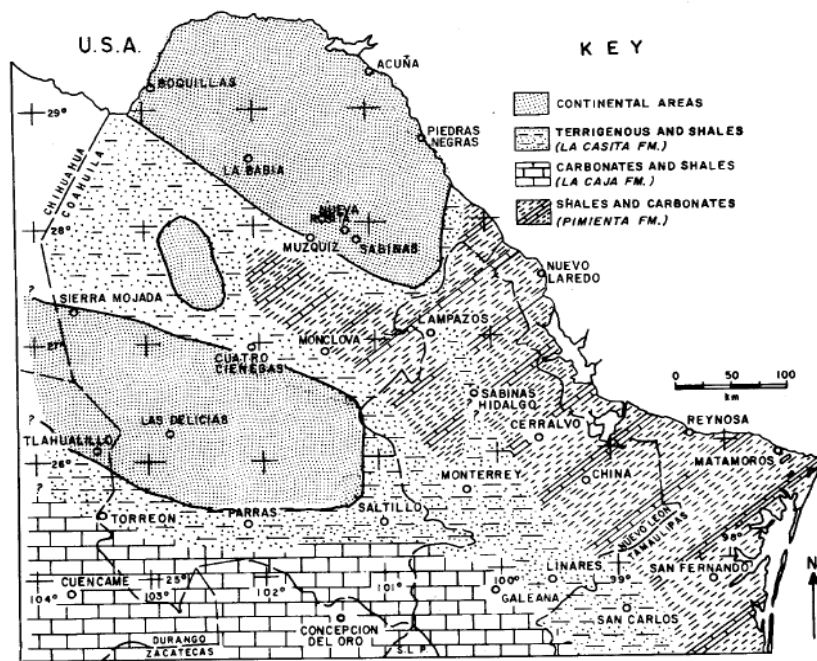
A comienzos del Jurásico Superior comenzó una transgresión marina que continuó hasta el Cretácico Superior, sin interrupción alguna. Durante este periodo, el mar avanzó de manera paulatina sobre los grabens, los cuales eran delimitados por los horsts, consiguiendo de esa manera influir en los patrones de sedimentación. Los sedimentos terrígenos pertenecientes a la Formación La Gloria fueron depositados en la parte oeste del Golfo de Sabinas y a lo largo de los bordes de la Península Burro-

Peyotes, las islas de La Mula y Coahuila y el Archipiélago Tamaulipas, durante el Oxfordiano Tardío–Kimmeridgiano Temprano (Fig. 4) (González-García, 1976). Una serie de evaporitas y aguas carbonatadas de baja profundidad fueron depositándose sobre extensas plataformas hacia el sur de la península El Burro-Peyotes y la Isla de Coahuila, y en la parte este del Archipiélago Tamaulipas. Además un cinturón de bancos oolíticos restringió la circulación del agua permitiendo la depositación de evaporitas a lo largo del este del Archipiélago Tamaulipas; probablemente dichos bancos entre Saltillo y Monterrey causaron la circulación restringida de las aguas hacia el Golfo de Sabinas, permitiendo así la deposición de las evaporitas (Padilla y Sánchez, 1986).

Hacia el Kimmeridgiano Tardío-Tithoniano solo la península El Burro-Peyotes y las Islas de Coahuila y La Mula estaban emergidas, mientras el Archipiélago Tamaulipas se encontraba completamente cubierto por los mares del Tithoniano Tardío (Fig. 5). Rocas del tipo conglomerado, arenisca conglomerítica y arenisca fueron rodeando las porciones de tierra que iban emergiendo, mientras que los sedimentos arcillosos se fueron depositando en la parte este del Golfo de Sabinas y encima del antiguo Archipiélago Tamaulipas. En cambio, los carbonatos de las aguas de baja profundidad y las lutitas, se depositaron sobre la parte este del Golfo de Sabinas y del Archipiélago de Tamaulipas. Es por ello que La Formación La Caja contiene lutitas fosfatadas y lutitas de un entorno marino (Padilla y Sánchez, 1986).



**Figura 4.** Paleogeografía del noreste de México durante el Oxfordiano tardío-Kimmeridgiano temprano. (Tomado de Padilla y Sánchez, 1986).

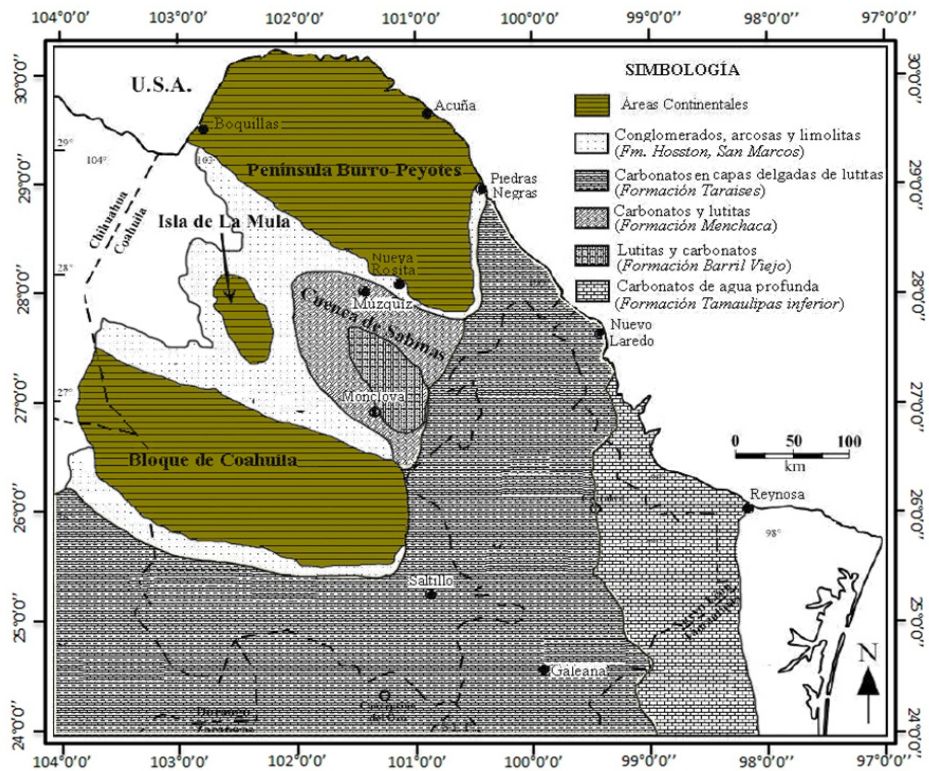


**Figura 5.** Paleogeografía del noreste de México durante el Kimmeridgiano Tardío-Tithoniano. (Tomado de Padilla y Sánchez, 1986).



## 8.2.2. Cretácico

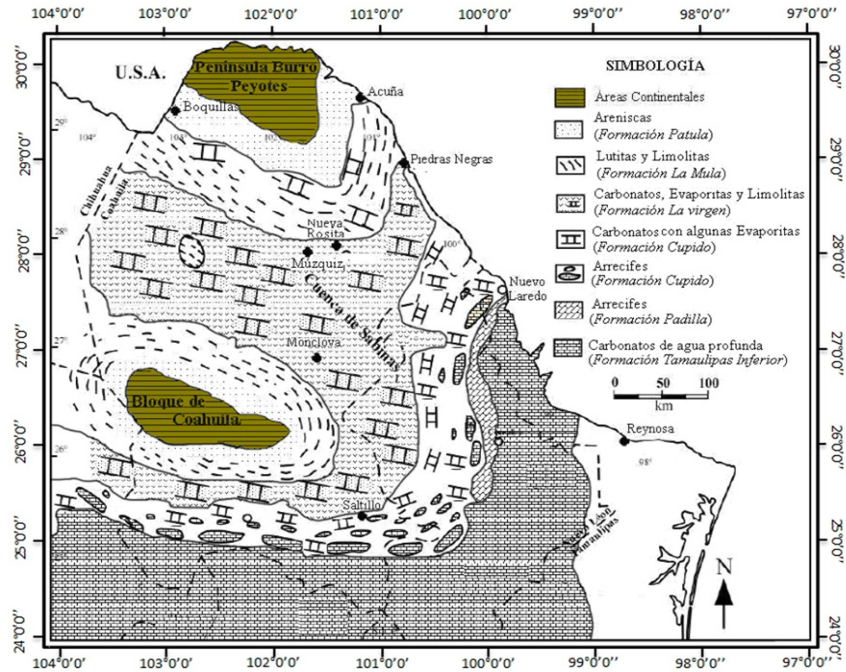
A inicios del Cretácico se formó una gruesa secuencia monótona de carbonatos que comenzaron a desarrollarse, mientras continuaba el hundimiento de dicha zona y el continuo avance de los mares hacia la tierra. En el caso de la península El Burro-Peyotes y las Islas de Coahuila y La Mula seguían emergentes, pero estaban limitados por sedimentación de terrígenos, mientras que en área del Golfo de Sabinas se depositaban lutitas y carbonatos (Formación Menchaca) y lutita calcárea (Formación Barril Viejo). A la par, una secuencia de carbonato con lutitas intercaladas (Formación Taraises) fue depositada hacia el Sur y el Este, en cambio más hacia el Sureste, se depositó una secuencia de carbonatos con nódulos de pedernal (Formación Tamaulipas Inferior) durante el Berriasiano-Valanginiano (Fig. 6) (Humphrey, 1956; Padilla y Sánchez, 1986).



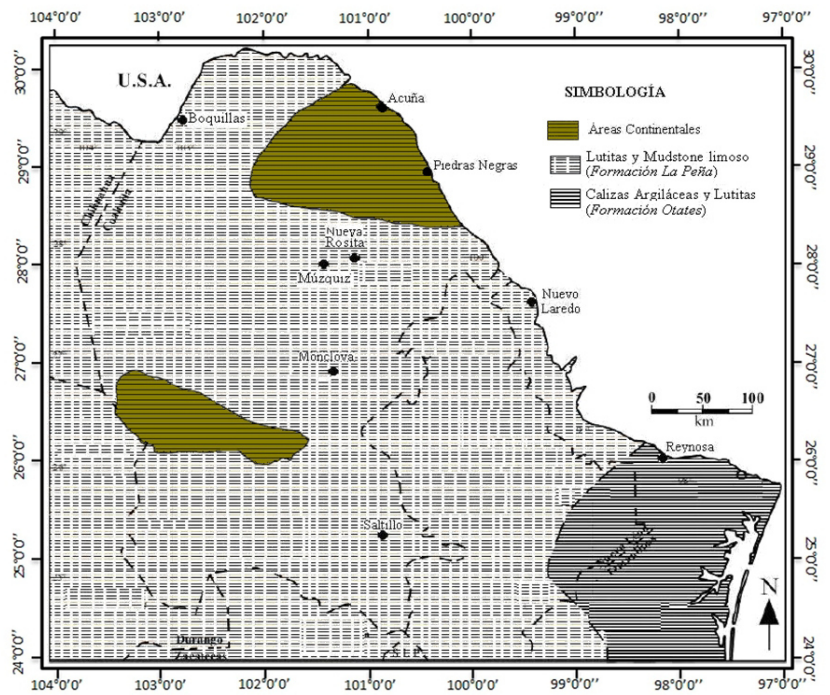
**Figura 6.** Paleogeografía del noreste de México durante el Berriasiano-Valanginiano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).

Durante el Hauteriviano–Aptiano temprano, la Península El Burro-Peyotes y la Isla Coahuila continuaban bajo la influencia de los sedimentos y debido a que seguían parcialmente emergidas, eran bordeadas por terrígenos y clastos, mientras que la Isla La Mula era cubierta por lutitas y posteriormente por carbonatos (Fig. 7). En muchas áreas del Golfo de Sabinas y al sureste de la Isla Coahuila se depositó una extensa cantidad de calizas, lutitas y evaporitas (Fm. La Virgen), dando pie a una tendencia casi continua de barrera y arrecifes (Fm. Cupido “Miembro Arrecifal”) el cual se extiende desde Nuevo Laredo, Tamps., siguiendo hacia el sur en Monterrey, Nuevo León y terminando hacia el oeste de Torreón. Coahuila (Padilla y Sánchez, 1986).

La mayoría de estas acumulaciones de carbonato se desarrollaron sobre las islas del Archipiélago Tamaulipas (Islas Lampazos, Sabinas y Picachos), aún y cuando estuvieron cubiertas desde el Tithoniano Tardío por depósitos marinos, generaron una influencia sobre los patrones sedimentarios del Aptiano Temprano. Se desarrolló también una secuencia de carbonatos de aguas profundas (Fm. Tamaulipas Inferior) la cual se depositó al Este con tendencia al sureste de dicho arrecife. Es probable que los anticlinales de sal y los diapiros en la parte oriental del Golfo de Sabinas permitieran el desarrollo de los arrecifes durante el Cretácico Temprano (Humphrey, 1956). Sin embargo Stabler & Marquez (1977) sugieren que la lutita ascendente de la gruesa secuencia de esquisto en el techo del Jurásico y en la base del Cretácico podría ser la causa de los levantamientos locales en donde los arrecifes podrían haberse desarrollado. Ya en el Aptiano Tardío (Fig. 8) el área se encontraba completamente cubierta por aguas más profundas y se depositó un delgado horizonte de calizas, lutitas y material volcanoclástico (Fm. La Peña y Fm. Otates) (Padilla y Sánchez, 1986).

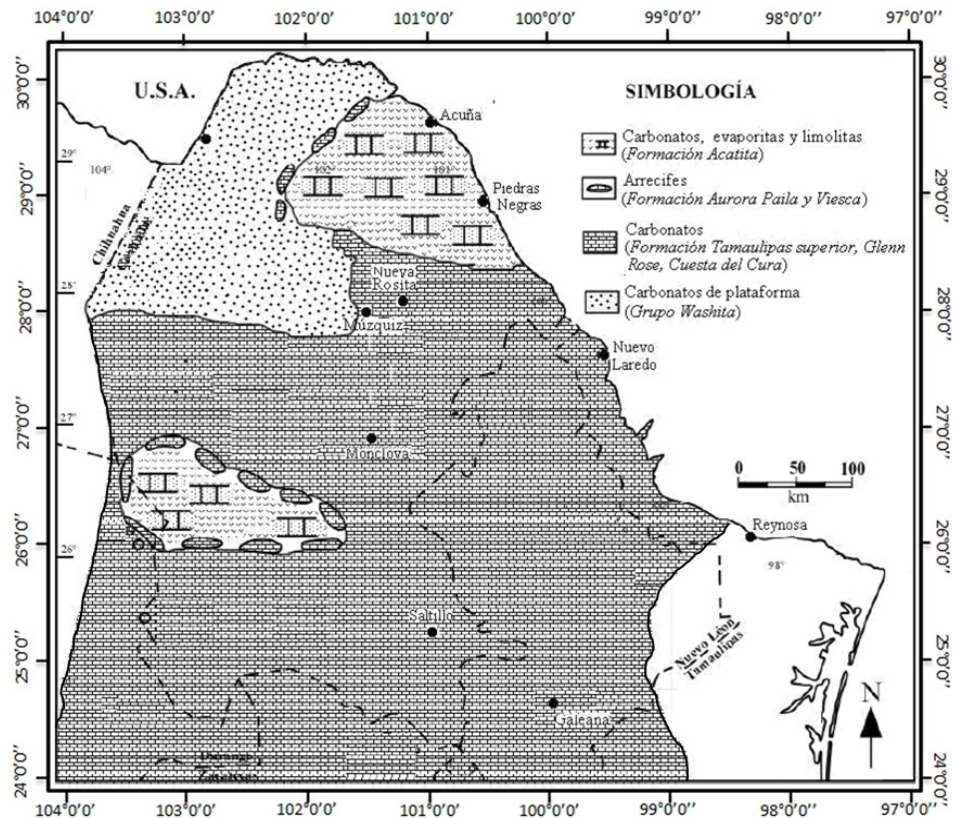


**Figura 7.** Paleogeografía del noreste de México durante el Hauteriviano-Aptiano temprano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).



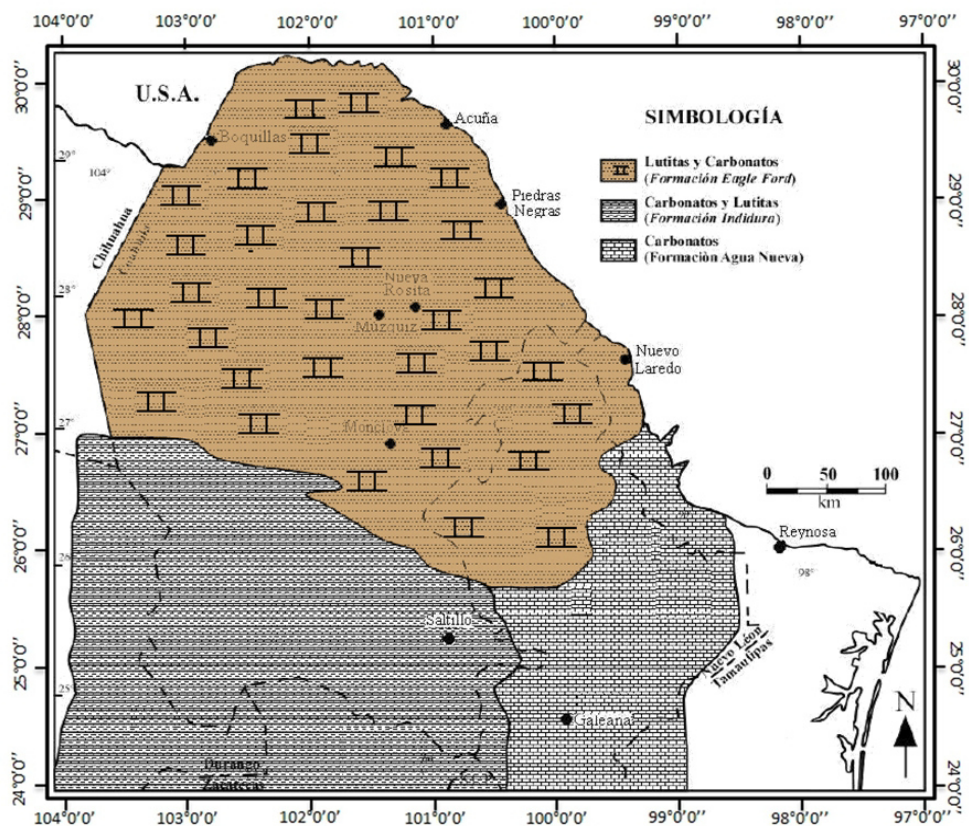
**Figura 8.** Paleogeografía del noreste de México durante el Aptiano tardío. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).

Durante el Albiano temprano-Cenomaniano tardío (Fig. 9) el desarrollo de los arrecifes se restringió a los bordes de la ya sumergido Isla Coahuila (Fm. Aurora y Fm. Paila) y se desarrolló también una tendencia arrecifal hacia el oeste de Ciudad Acuña y Nuevo Laredo en la ya consolidada Península El Burro-Peyotes. Posterior a la tendencia arrecifal, una circulación restringida de aguas permitieron la depositación de evaporitas (Fm. Acatita) en la Isla Coahuila (González-García, 1976), mientras tanto la Península El Burro-Peyotes probablemente se daban condiciones similares, sin embargo esto sigue sin ser demostrado. Por su parte el resto del noreste de México fue cubierto por carbonatos de aguas poco profundas (Golfo de Sabinas) y por carbonatos de aguas más profundas con nódulos de pedernal (Fm. Caliza Tamaulipas Superior) y por capas de pedernal (Fm. Caliza Cuesta del Cura) (Padilla y Sánchez, 1986).



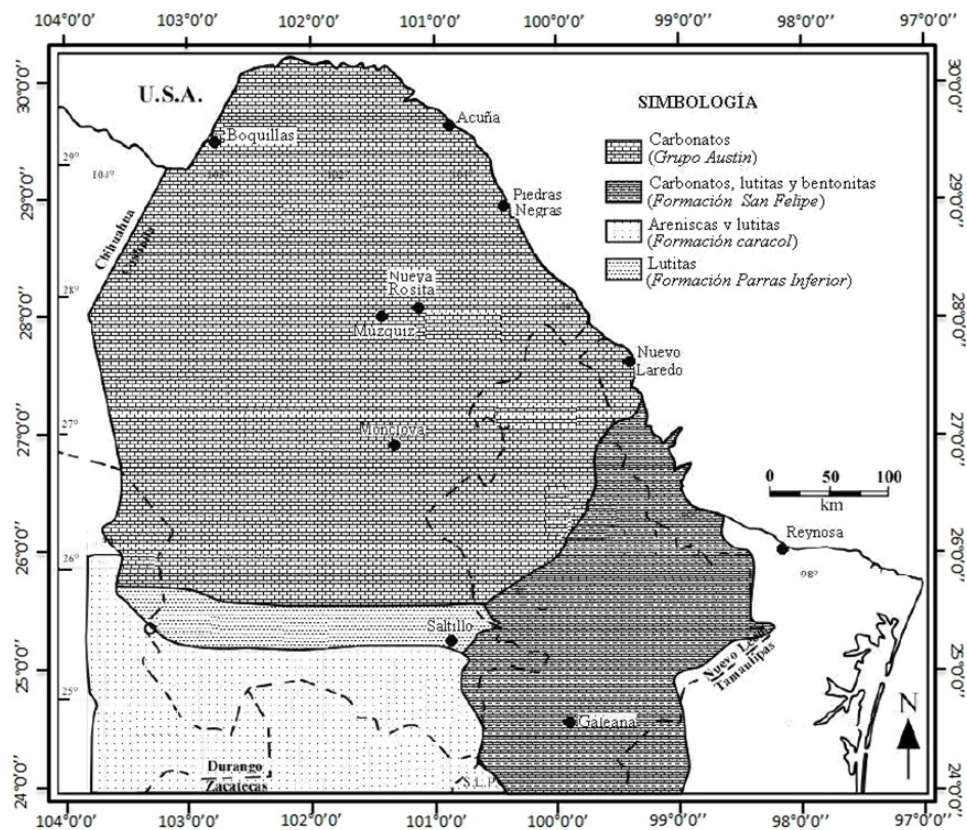
**Figura 9.** Paleogeografía del noreste de México durante el Aptiano tardío. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).

Para el Turoniano (Fig. 10) el área entera ya estaba completamente cubierta por aguas marinas, pero el desarrollo de la monótona secuencia de carbonatos comenzó a decrecer. De manera general, se depositó una secuencia con más lutitas que carbonatos en la parte noreste de esta área cubriendo casi por completo el estado de Coahuila. López-Ramos (1980) considera que estas rocas tienen su equivalente con la Fm. Eagle Ford en el estado de Texas, EEUU; menciona además, que se depositó una delgada secuencia de carbonatos y limo hacia el Sur (Fm. Indidura), mientras que al Este, una secuencia de carbonatos (Fm. Agua Nueva).



**Figura 10.** Paleogeografía del noreste de México durante el Turoniano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).

Los patrones de sedimentación durante el Coniaciano-Santoniano (Fig. 11) cambiaron ligeramente y la mayoría de las áreas norteñas se cubrieron de carbonatos y limos de aguas poco profundas, lo cual ha sido considerado como un equivalente al Grupo Austin (López-Ramos, 1980), mientras tanto en la parte Sur se cubrió de areniscas y limos (Fm. Caracol), y entre Torreón y Monterrey, se dio la deposición de sedimentos más limosos (Padilla y Sánchez, 1982). Hacia el Este se depositó una secuencia gruesa de estratos finos de carbonatos y limos con horizontes de bentonita (Fm. San Felipe) (Padilla y Sánchez, 1986).



**Figura 11.** Paleogeografía del noreste de México durante el Coniaciano-Santoniano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).



## 9. ESTRATIGRAFÍA

La secuencia estratigráfica dominante en la Sierra Madre Oriental en la sección de Linares-Galeana-San Roberto a la cual pertenece la localidad de estudio, es de edad mesozoica y se encuentra representada por 13 unidades que van desde el Triásico hasta el Cretácico Superior y parte del Cuaternario, ya que no se ha reportado la existencia de afloramientos de rocas Terciarias. Las rocas más antiguas que se presentan en la sección antes mencionada son del tipo continental con facies de tipo molasse, la cual es el resultado del evento orogénico Permo-Triásico, y subyacen a las rocas marinas que son de ambiente de cuenca y litoral (yesos y Fm. Olvido) (Padilla y Sánchez, 1978a).

De manera general, la secuencia estratigráfica de la sección de Linares-Galeana-San Roberto corresponde a la Serie Mesozoica Parrense y a la Serie Mesozoica Sabinense, esto debido a que cada una pertenece a un dominio tectónico distinto, o sea, que la primera serie se encuentra cabalgando, actualmente, a la segunda serie (Tardy, 1973; Tardy *et al.*, 1975).

### 9.1. Formación La Peña (Aptiano)

Definida originalmente por Imlay (1936) en el noreste de México, en la parte occidental de la sierra de Parras, Coahuila en donde se divide en dos miembros, uno calcáreo y otro calcáreo-arcilloso. Sin embargo el miembro superior fue redefinido en la Sierra de los Muertos como Formación La Peña (Humphrey, 1949).

Litológicamente se compone de margas de color gris que intemperizan en colores rosa y rojo, interestratificadas y con delgadas capas de calizas de color gris, con estratos delgados de lutitas fisiles que van del gris oscuro al negro y con vetillas y lentes de pedernal (Humphrey, 1949). Esta Formación contiene abundante fósiles, tanto macrofauna como microfauna, entre los que destacan ammonites del género *Dufrenoyia* sp. y una gran variedad de foraminíferos planctónicos, calcisferas, ostrácodos y fragmentos de equinodermos (Lehmann *et al.*, 1999).



Esta unidad litológica es considerada como un buen indicador estratigráfico, pues es de las más consistentes en distribución espacial; y dependiendo de la zona de exposición se le encuentra subyaciendo a las Formaciones Caliza Aurora, Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura. (Padilla y Sánchez, 1982; Carrillo-Bravo, 1982). Su litología y fósiles permiten sugerir un ambiente de depósito en áreas de cuenca (Padilla y Sánchez, 1982).

## **9.2. Formación Tamaulipas Superior**

Inicialmente se le denominó como caliza Tamaulipas en un informe realizado para la Mexican Gulf Oil Company (Stephenson, 1922), pero posteriormente se le dividió en tres unidades litológicas, la primera correspondía al Albiano-Cenomaniano, la segunda es perteneciente al Neocomiano inferior-Aptiano y la tercera corresponde a un horizonte que divide a las dos anteriores (Servicio Geológico Mexicano, 2013). Por su parte Carrillo-Bravo (1961) divide a la Formación en dos miembros, uno inferior y otro superior. Finalmente Longoria (1975) propone que se considere a una sola Formación Tamaulipas en donde se agrupen los miembros Caliza Nacimiento (Fm. Tamaulipas Superior), Otates (horizonte otates) y Caliza La Borrega (Fm. Tamaulipas Inferior).

Es descrita como calizas compactadas con granos finos y de estratificación bien marcada, su color es gris con numerosos lentes y nódulos de pedernal (Servicio Geológico Mexicano, 2013). Su contenido en microfósiles es alto y se caracteriza por foraminíferos y radiolarios del tipo espumeláridos y naseláridos; así como de microfósiles de gasterópodos, equinodermos y pelecípodos (Ángeles-Villeda *et al.*, 2005; Carrillo-Bravo, 1961; Servicio Geológico Mexicano, 2013).

Se le ha encontrado al oriente de la Cuenca de Mesa Central y en porciones sur de la Península Tamaulipas y de la Cuenca de Burgos haciendo un contacto concordante con la Fm. Cuesta del Cura, o sea que la subyace (Padilla y Sánchez, 1982; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004; Servicio Geológico Mexicano, 2013). Su ambiente de depósito es de origen marino de facies infra neríticas, con aguas de circulación libre y de mar abierto (López-Ramos, 1980); por su parte Barboza-Gudiño *et al.* (2004) interpretan un

ambiente nerítico profundo, con buena oxigenación y con un aporte cíclico pero constante de sedimentos terrígenos.

### **9.3. Caliza Aurora (Albiano Inferior -Superior)**

Descrita inicialmente por Burrows (1910) como una caliza de estratificación semipura en capas gruesas con numerosos nódulos de fierro y pedernal, con abundantes fósiles. Posteriormente el personal de PEMEX la considero como una caliza de tipo wackestone–packstone y grainstone en estratos masivos, con macrofauna de rudistas y microfauna de miliólidos, así como fragmentos de algas (Servicio Geológico Mexicano, 2004). La descripción de esta unidad litológica ha sido utilizada para designar estratos albianos con variaciones de edad, es por eso que resulta confuso e invalido para la correlación estratigráfica (Burrows, 1910).

Su contenido fósil es a base de foraminíferos y variada microfauna; la presencia de algunas especies como *Pithonella ovalis*, *Stomiosphera sphaerica*, *Calcispherula walnutensis* ubican a esta unidad en una edad de Albiano Tardío (Montañez *et al.*, 2000).

Esta unidad posee un contacto superior concordante y de cambio de facies con la Fm. Cuesta del Cura y en ocasiones discordante (Goldhamer & Johnson, 2001; Servicio Geológico Mexicano, 2004). Su ambiente de depósito es de facies de plataforma somera (Servicio Geológico Mexicano, 2004).

### **9.4. Formación Cuesta del Cura (Albiano)**

Fue propuesta por Imlay (1936) bajo el nombre de Caliza Cuesta de Cura en la parte oeste de la sierra de Parras, Coahuila. Por su parte, Padilla y Sánchez (1978) en su trabajo agrupa a la Caliza Aurora y Caliza Cuesta del Cura como parte de lo que él llama “Unidad Tamaulipas”.

En su descripción original Imlay (1936) menciona que está compuesta de capas delgadas de caliza ondulosa de color gris oscuro a negro, con lutita gris y numerosos

lentes de pedernal. Para Padilla y Sánchez (1978a) la “Unidad Tamaulipas” hacia su parte inferior se constituye de calizas color gris claro, con estratificación media y con algunas intercalaciones de arcillas calcáreas, con la presencia esporádica de nódulos de pedernal; mientras que para la parte superior se compone de calizas con estratificación mediana, de color gris, con ondulaciones del tipo budinaje y abundantes bandas de pedernal (lo que correspondería con la Fm. Cuesta del Cura).

Su contenido fósil es pobre, mientras para Imlay (1936) no hay presencia de fósiles para otros investigadores hay presencia de algunos foraminíferos planctónicos, restos de equinodermos y algas y la presencia de ammonites (Ángeles-Villeda *et al.*, 2005; Padilla y Sánchez, 1982).

De manera general sobreyace de manera concordante con la Caliza Aurora, Fm. La Peña y Tamaulipas Superior. En tanto el contacto superior es concordante y transicional con las Fm. Indidura, Fm. Soyatal y Fm. Agua Nueva (Imlay, 1936; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004; Servicio Geológico Mexicano, 2010). Sus características litológicas y paleontológicas sugieren que se depositó en un ambiente de cuenca y de aguas profundas (Imlay, 1936; Padilla y Sánchez, 1982).

#### **9.5. Formación Indidura (Albiano medio–Coniaciano)**

En la Sierra de Parras Imlay (1936) la describe como un conjunto de cinco miembros que son transicionales entre sí, el primero varía en espesor incrementándose hacia el sur y oeste y su litología varía considerablemente. De manera general su litología se compone de lutitas y caliza lutítica con estratificaciones de delgada a media. En la Sierra de Parras su base es de lutita en color púrpura y la cima es de caliza arenosa con arcas de oleaje y diastificación (Servicio Geológico Mexicano, 2006).

Su contenido paleontológico es amplio, pues se reporta la presencia de equinoideos, pelecípodos, cefalópodos y algunos foraminíferos (Kelly, 1936; Padilla y Sánchez, 1982).

Esta Formación subyace una gran variedad de unidades litológicas dependiendo de la zona en donde se encuentra expuesta, sin embargo forma un contacto inferior con la Fm. Cuesta del Cura, de manera abrupta y gradual en la Mina La Ojuela, discordante en las sierras de Alcábuz, de la Cal y de La Perrilla, de manera normal-transicional en la Sierra Madre Oriental y en la Cuenca de la Mesa Central y finalmente de forma concordante en la parte sur de la Plataforma de Coahuila (Servicio Geológico Mexicano, 2006). Se encuentra representada por depósitos de aguas someras y de un medio batial a sublitoral de cuenca (Imlay, 1936; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004).

#### **9.6. Formación Agua Nueva (Cenomaniano-Turoniano)**

Esta Formación fue introducida originalmente por Stephenson en un reporte inédito en 1921 separando la parte inferior de la Fm. San Felipe. De forma general su descripción litológica consta de caliza con delgados horizontes de pedernal con intercalaciones de lutita carbonosa negra (Servicio Geológico Mexicano, 2007a).

Su contenido paleontológico se compone de microfauna de diversos géneros de foraminíferos, así como calcisferas, radiolarios, fragmentos de moluscos, ostrácodos y cefalópodos, además de restos de peces y de macrofauna de cefalópodos, moluscos y peces (Carrillo-Bravo, 1971; Padilla y Sánchez, 1982; Blanco-Piñón *et al.*, 2005; Servicio Geológico Mexicano, 2007a).

Carrillo-Bravo (1971) reporta en la región de Dr. Arroyo, Nuevo León, descansa concordantemente sobre la Formación Cuesta del Cura suprayaciendo dicha Formación. Asimismo también indica que el depósito fue en condiciones inestables, en un ambiente nerítico, cerca de material terrígeno, por su parte Padilla y Sánchez (1978b) menciona que representa un ambiente de depósito marino normal intranerítico.

### **9.7. Formación Soyatal (Turoniano-Campaniano)**

Esta unidad litológica fue estudiada y descrita por White (1948) en el distrito minero Soyatal. Su litología consiste en alternancia de caliza y lutita calcárea delgada, con aumento de las lutitas laminares hacia arriba; una gruesa sucesión de capas superiores consiste predominantemente en lutita y capas intercaladas de arenisca (White, 1948)

Carrillo-Bravo (1971) ha reportado muy pocos fósiles dentro de esta Formación, de la cual destacan algunos géneros de foraminíferos.

Posee varias relaciones estratigráficas, sin embargo se le encuentra descansando de manera discordante con la Fm. Cuesta del Cura y Fm. El Abra en la Sierra de Álvarez y al oeste y suroeste de Zimapán, Hidalgo y en Xichú, Guanajuato. Su ambiente de depósito es de tipo transgresivo (Carrillo-Bravo, 1971).

### **9.8. Estratigrafía del área de estudio**

En el área de estudio se pueden identificar las siguientes unidades litológicas que con base a Padilla y Sánchez (1978b) y Loeza-García (2008) y en orden cronológico ascendente, se presentan:

#### Formación La Peña

Constituida en su parte inferior de calizas con estratificación delgada, similar a la Caliza Cupido, pero con la diferencia de la presencia de nódulos de pedernal y de ejemplares de *Inoceramus* sp. La parte superior está formada por calizas arcillosas y limolitas calcáreas de color café amarillento con la presencia de *Dufrenoyia* sp. La microfauna más reconocida se compone de ejemplares de *Hedbergella* spp. El espesor se considera de aproximadamente 55 metros.

### Formación Aurora

Compuesta de una secuencia de estratos de caliza de facies arrecifal y subarrecifal, constituida por calizas de estratificación media y con intercalaciones de arcillas calcáreas. Esporádicamente aparecen nódulos de pedernal de color gris oscuro, así como también escasas concentraciones de hematita.

### Formación Cuesta del Cura

Se compone de calcilitas de color gris con abundantes capas y nódulos de pedernal negro, en estratos ondulados del tipo boudinage (muy característicos de dicha Formación) que van de medianos a finos.

### Formación Agua Nueva

Está constituida por una secuencia de más de 100 metros de caliza arcillosa, margas y lutitas carbonosas, presenta una estratificación delgada a laminar y su coloración va de café grisáceo a gris rojizo. Contiene escasos y esporádicos nódulos de pedernal negro.

### 9.8.1. Correlación estratigráfica correspondiente al área de estudio

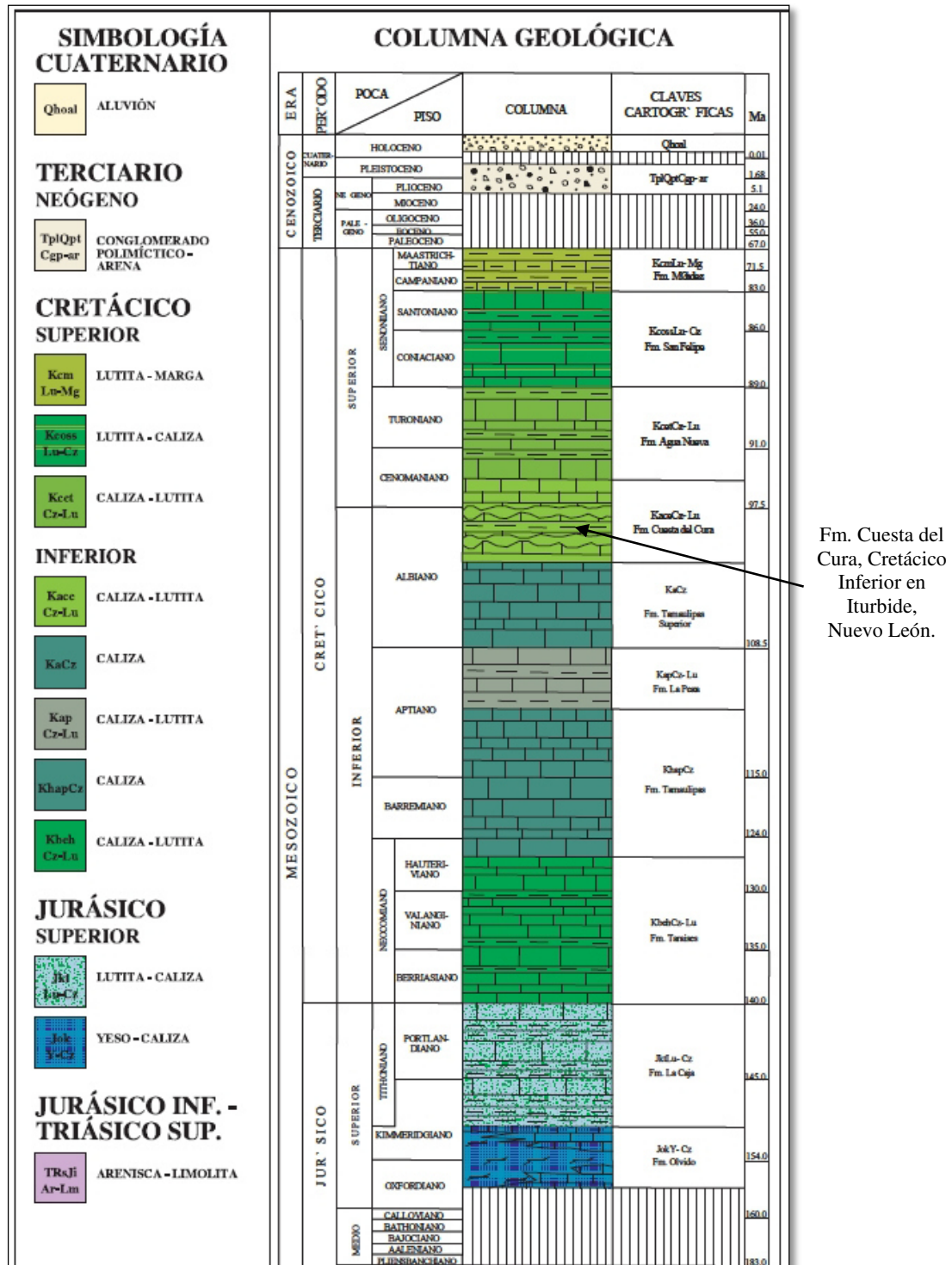


Figura 13. Columna estratigráfica del área de estudio (Tomado de Loeza-García, 2008).

## **10. DEFINICIÓN DE LA FORMACIÓN CUESTA DEL CURA**

El nombre de Cuesta del Cura fue asignado por Imlay (1936) para una sucesión de calizas con intercalaciones de arcillas y bandas de pedernal. Su sección tipo se ubica en la Cuesta del Cura a 6.4 km al oeste de la Sierra de Parras, Coahuila en donde se encuentra perfectamente expuesta. Ubicada estratigráficamente entre las Formaciones Caliza Aurora-Tamaulipas Superior e Indidura (Padilla y Sánchez, 1982).

Imlay (1936) midió un espesor aproximado en la sección tipo de 64 m, algo similar en medida a lo largo del Cañón Taraises, también registró un espesor de 70 m a lo largo del Cañón Platanos. Más tarde Ángeles-Villeda *et. al.* (2005) reporta tan solo 34 m, siendo este el mínimo reportado, y de los espesores máximos se encuentra el reportado por Barboza-Gudiño *et. al.* (2004) con 150 m.

### **10.1. Litología y distribución**

Imlay (1936) menciona que esta unidad se compone principalmente de capas delgadas de caliza ondulosa y compactas de color gris oscuro a negro; incluye lutita gris y numerosos lentes de pedernal, algunas capas de caliza son finamente laminadas con bandas grises y negras intercaladas. De manera general se constituye de caliza color negro o café grisáceo, laminada y ondulada con estratificaciones de delgada a mediana, con algo de lutita y margas con lentes y nódulos de pedernal en color negro (Echanove-Echanove, 1986; Stinnesbeck, 1991; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004).

Se distribuye en la Sierra de Parras y al suroeste de Parras, en donde aflora en bandas angostas en la base de las montañas extendiéndose a través de las partes bajas de las cuevas, también se tienen registros en la Sierra de Catorce en San Luis Potosí, en la Sierra Madre Oriental y en la Mesa Central (Imlay, 1936; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004).

El contacto inferior de esta unidad es concordante con la Caliza Aurora, Fm. La Peña y Tamaulipas Superior (Imlay, 1936; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004). El contacto



superior subyace concordantemente y de forma transicional a la Fm. Indidura y a la Fm. Agua Nueva (Imlay, 1936; Padilla y Sánchez, 1978b; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004).

Se registra un contenido paleontológico de ammonites *Turrilites camachoensis*, *Hamites* sp., *Ptychoceras* sp., *Ancyloceras* sp., *Diptychoceras* sp., *Phylloceras* sp., *Tetragonites* sp., *Zelandites* sp., *Worthoceras* sp., *Mariella carrancoi*, *M. camachoensis*, *Hypoturrilites* sp., *Scaphites hilli*, *S. subevolutus*, *Moremannoceras* sp., *Puzosia* sp., *Algericeras* sp., *Hysterocheras* sp., *Stolizckaia* sp., *Ficheuria* sp. Además de microfósiles de *Saccocoma* sp., *Microcalamoides* sp., *Colomiella mexicana*, *C. recta* y *Globochaete alpina* y restos de equinodermos y algas (Padilla y Sánchez, 1978a; Padilla y Sánchez, 1982; Stinnesbeck, 1991, Barboza-Gudiño *et al.*, 2004; Ángeles Villeda *et al.*, 2005).

## **10.2. Ambiente de depósito**

En la descripción original de Imlay (1936) se propone que las secuencias litológicas de esta Formación se originaron en un ambiente de depósito de aguas profundas. Por su parte otros investigadores sugieren que fue depositada en un ambiente basal fuera de la costa además de condiciones anóxicas constantes en la superficie sedimentaria dentro de la columna de agua (Padilla y Sánchez, 1982; Stinnesbeck, 1991); esto último difiere con lo mencionado por Barboza-Gudiño *et al.* (2004) en donde lo interpreta como nerítico profundo, con buena oxigenación y un aporte cíclico constante de sedimentos terrígenos y que por el contenido faunístico se depositó en un ambiente marino pelágico de cuenca. Más recientemente Ángeles Villeda *et al.* (2005) y Arvizu-Gutiérrez (2006) lo consideran como una unidad de facies profunda.

## **10.3. Correlación**

La parte superior de la Fm. Tamaulipas superior es equivalente a la Fm. Cuesta del Cura, además de que se interdigita con las facies de talud de la Fm. Limones. Arvizu-Gutiérrez (2006) menciona que la Fm. Cuesta del Cura tiene su equivalente en Texas con las Formaciones Georgetown, Del Río, Edwards y Buda del Grupo Washita.

Mientras que Villareal-Fuentes (2007) la correlaciona con la caliza Sierra Madre en Tabasco y el Istmo de Tehuantepec, Tamaulipas Superior y Caliza El Abra de la Cuenca Tampico-Misantla.

#### **10.4. Importancia económica**

Esta unidad litológica no ha sido documentada con alguna importancia minera o petroquímica.

Se considera como una unidad formal *sensu*, pues desde su definición hasta la actualidad se ha utilizado indistintamente los términos de Caliza o Formación para esta unidad.

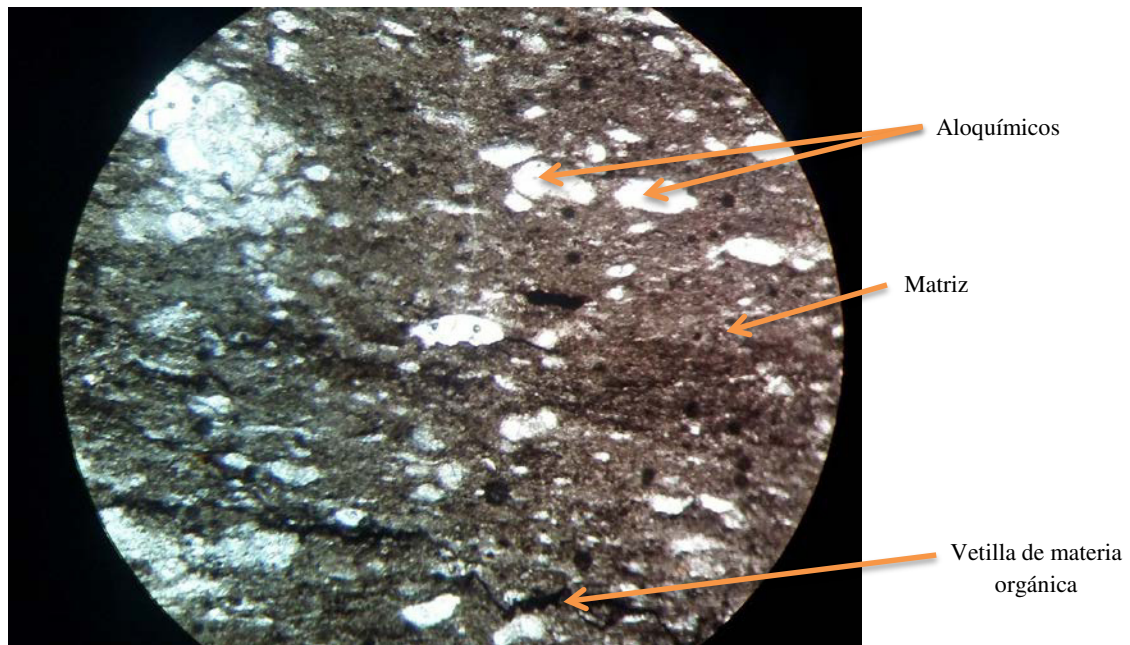
## 11. PETROGRAFÍA Y MICROFACIES

Al igual que en Geología no hablamos de piedras, sino, de rocas, las cuales son agregados de granos de uno o varios minerales y se forman por procesos naturales diferentes que les da su clasificación, dependiendo de ésta se clasifican en ígneas (formadas en la superficie de los volcanes y al interior de la Tierra), metamórficas (se forman en el interior del planeta a altas temperaturas y fuertes presiones) y sedimentarias (proceden de la diagénesis de los sedimentos), estas últimas son las encargadas de contener a los fósiles que son el material principal con el que trabajamos. Ya que todo nuestro planeta a excepción del núcleo metálico y de las capas fluidas, está formada por rocas, esto les confiere la importancia de su investigación, puesto que nos permite reconstruir la historia de nuestro planeta y porque son de utilidad como fuentes de energía, material de construcción, depósito de agua subterráneas y atractivos turísticos (Tarbuck *et al.*, 2005).

Una roca carbonatada es aquella que se compone por más del 50% de minerales carbonatados como el aragonito, la calcita, entre otros. y para estudiar dichas rocas es necesario hacer un registro de las características físicas de la misma como lo son color, dureza, aspecto, textura, etc., después se debe cortar con máquinas especiales y ser trabajadas para que puedan ser vistas a través de un microscopio. Todo el contenido de una roca y su microestructura es analizado y evaluado bajo los diferentes elementos que la conforman:

- **Matriz:** es un agregado de cristales que bajo al microscopio se ven como una masa homogénea que es la que sostiene todos los demás elementos.
- **Cemento:** es un componente intersticial, traslúcido y compuesto por granos de calcita mayores a 10  $\mu\text{m}$  que fue precipitada *in situ*.
- **Aloquímicos:** es cualquier partícula carbonatada de origen bioquímico o químico y que denota un alto grado de organización, y normalmente sufrió algún grado de transporte.

- **Granos agregados:** son granos complejos que consisten en varias partículas unidas entre sí por micrita o cemento esparítico.
- **Partículas terrígenas:** son todos los granos no carbonatados como fragmentos de roca, cuarzo, feldespatos o arcillas; y proceden de la erosión de rocas externas al ambiente de sedimentación.



**Figura 14.** Contenido de una roca sedimentaria y su microestructura vistos a través del microscopio.

### 11.1. Facies sedimentarias

El término facies se refiere al conjunto de caracteres litológicos y paleontológicos de un depósito sedimentario, es descriptivo y se clasifica dependiendo del carácter paleontológico litológico que la defina o del área geográfica de donde se encuentre el depósito (Reguant, 1971).

Debido a que muchos depósitos existen de manera simultánea, los sedimentos ahí muestran cambios de facies de diferentes lugares llegando muchas veces a interdigitarse una con la otra. Son los modelos de facies quienes mediante una combinación de efectos

de pendiente, edad, energía del agua, clima, etc. nos permiten ubicar el depósito dentro del perfil batimétrico (Wilson, 1975).



**Figura 15.** Fotografía panorámica de la estación 2 (inicio de la sección), en donde se observa la secuencia de calizas y calizas laminares de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León.

En la petrología moderna la clasificación de las rocas carbonatadas se hace en función de los elementos que le confieren una textura específica y la fabricación de los mismos. De entre las más reconocidas se encuentran las siguientes:

- **Clasificación de Folk (1962):** su criterio se basa en proporciones relativas de los componentes autóctonos de la roca (aloquímico, matriz y cemento). En esta clasificación diferencia rocas calcáreas aloquímicas de las rocas calcáreas ortoquímicas (con carbonatos pobres).
- **Clasificación de Dunham (1962):** se basa en porcentajes relativos de granos y de barro (presencia o ausencia de micrita) y su disposición textural, y se

relaciona con la energía del ambiente, confiriéndole una ventaja debido a su fácil utilización.

		Calizas y Dolomías con textura deposicional reconocible Calizas, calizas dolomitizadas y dolomías primarias				Sin textura deposicional reconocible. Dolomías de reemplazamiento y Calizas recristalizadas				
		I	II	III	IV	V				
Composición Volumétrica de aloquemos	<10% aloquemos		>10% aloquemos		Rocas bioconstruidas sin perturbación	Con fantasmas de aloquemos o aloquemos evidentes	Sin fantasmas			
	esparita > micrita	micrita > esparita	1-10% aloquemos	<1% aloquemos						
>25% Intraclastos	intraesparita	intramicrita	Aloquemos más abundantes	Intraclastos Micrita con intraclastos	Micrita, o si tiene parches de esparita Disimicrita	Biolilita	Intradolomita	Dolomía afanítica		
<25% Intraclastos	>25% Ooides	ooesparita		oomicrita			Ooides Micrita con ooides	Oodolomita	Dolomía grano muy fino	
	<25% Ooides Proporción volumétrica (bioclastos/peloides)	> 3/1		bioesparita			biomicrita	Bioclastos Micrita fosilífera	Biodolomita	Dolomía grano fino
		3/1 a 1/3		biopesparita			biopelmicrita	Peloides Micrita con peloides	Pelidolomía	Dolomía grano medio
		< 1/3		pesparita			pelmicrita	etc.	Dolomía grano grueso	

Figura 16. Clasificación de Folk para rocas carbonatadas (Tomada de Folk, 1962).





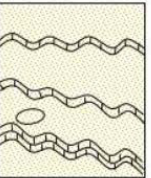
Textura original reconocible					Textura original no reconocible
Componentes originales no enlazados durante el depósito			Sin matriz y grano-sostenida	Componentes originales enlazados	
Con matriz (carbonato de tamaño arcilla o limo fino)		Grano-sostenida			
Sostenida por la matriz					
Menos del 10%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

Figura 17. Clasificación de Dunham para rocas carbonatadas (Modificado de Flügel, 2010).

Las rocas carbonatadas ofrecen información sobre el paleoambiente donde se formaron y para llegar a dicha interpretación se toman como referencia modelos actuales de ambientes deposicionales de carbonatos, tanto en medios continentales como marinos. Al igual que para la clasificación de su textura, existen criterios que proponen utilizar los datos obtenidos del análisis microfacial para establecer un número restringido de tipos de microfacies y que sirvan como modelos generales para todas las microfacies carbonatadas, independientemente de su edad. Estas microfacies están referidas como Standard Microfacies Types (SMF); y pueden ser agrupadas dentro de zonas de facies (FZ), las cuales son usadas para construir el modelo. Los modelos más utilizados son los siguientes:

- **Wilson (1975):** sugiere un modelo general para los depósitos de carbonatos que comprenden nueve cinturones de facies principales correspondientes a nueve ambientes carbonatados principales.
- **Flügel (2010):** su modelo sugiere una asociación de microfacies a carbonatos depositados en rampas, el cual comprende microfacies de rampa exterior, microfacies de rampa media y microfacies de rampa interior o somera.

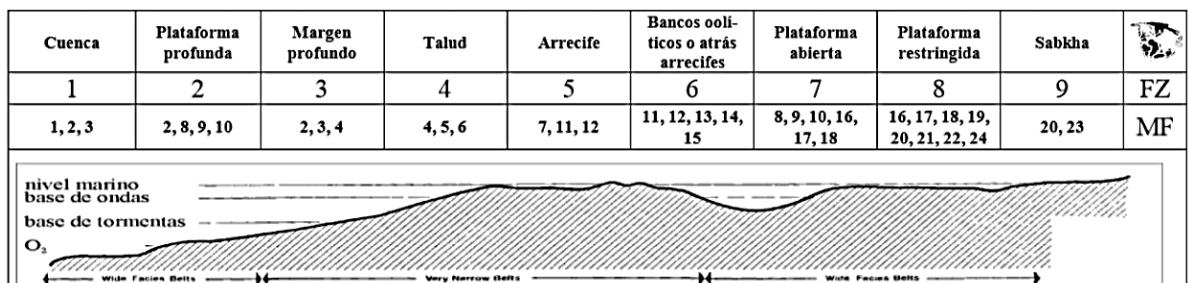


Figura 18. Zonas de Facies y Microfacies estandarizadas (Tomado de Jenchen, 2006).

## 12. BIOLOGÍA DEL GRUPO

### 12.1. Foraminíferos

El orden Foraminiferida pertenece a los Protozoos y son organismos en su mayoría marinos. Aparecieron por primera vez en el cámbrico y sus descendientes persisten hasta nuestros días. Son organismos unicelulares formados de una masa protoplasmática incolora (aunque algunas veces presenta color por poseer pequeñas cantidades de pigmentos orgánicos) y de un caparazón que puede estar formado por carbonato cálcico. Estos caparazones calcáreos son los más comunes y los mejores conservados en el registro fósil (Ruppert, 1996; Calonge *et. al.*, 2001).

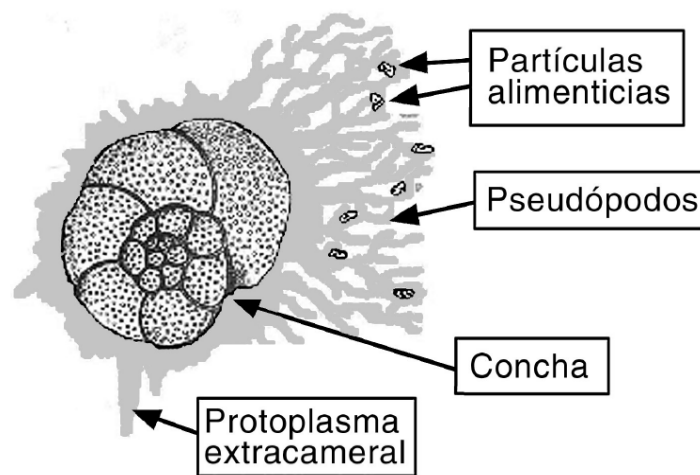
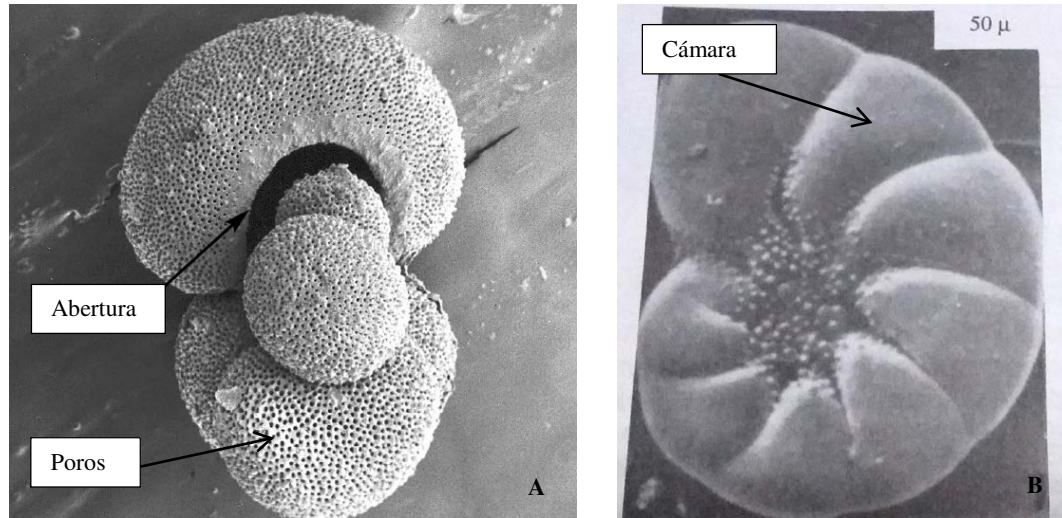


Figura 19. Esquema general de un foraminífero vivo (Tomado de Calonge *et. al.*, 2001).

Algunas especies de foraminíferos son unicamerales, pero la mayoría posee caparazones con muchas cámaras, al inicio de su vida habitan en una cámara pero conforme pasa el tiempo el citoplasma fluye a través de una gran abertura de la primera cámara y secreta otro compartimento, un proceso que continúa a lo largo de toda su vida (Calonge *et. al.*, 2001).

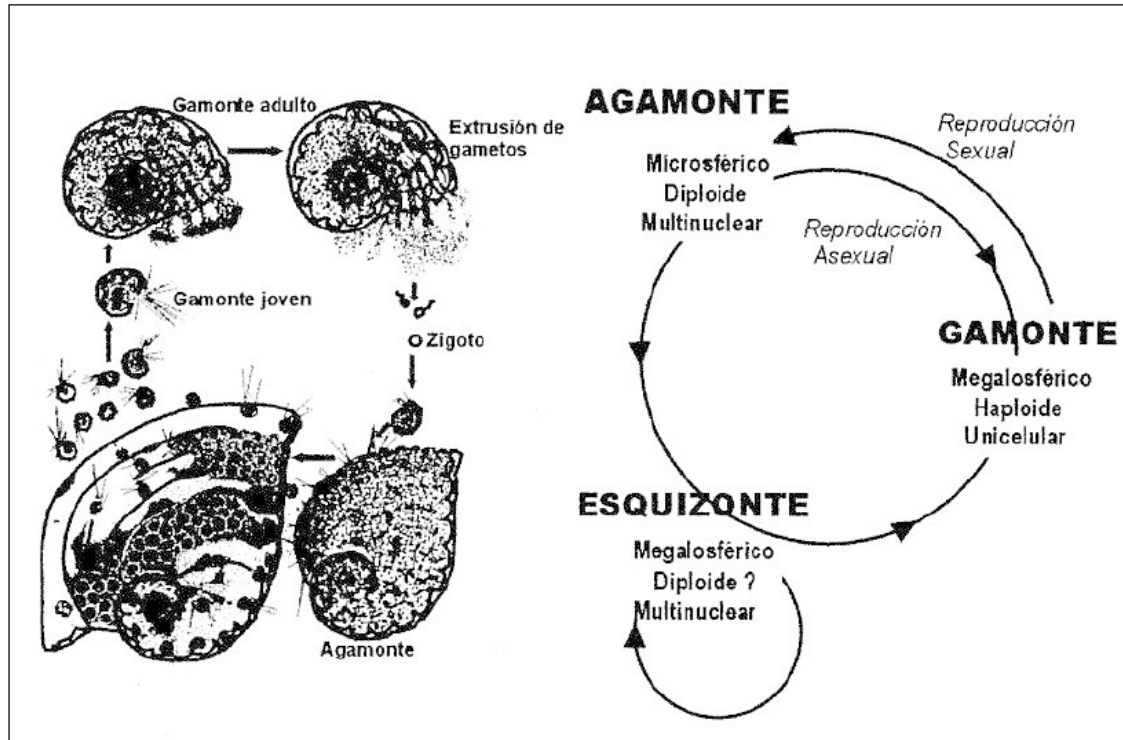




**Figura 20.** Conchas de foraminíferos en donde se observan las partes principales que la componen (A. Modificada de Calonge *et. al.*, 2001; B. Tomada de Ruppert, 1996).

Un gran número de foraminíferos son bentónicos, pero las especies de *Globigerina* sp. y otras relacionadas son, por lo general, planctónicas; estos poseen cámaras esféricas y dispuestas en espiral y algunas suelen llevar espinas. Entre los que son bentónicos algunas viven sobre el fondo marino en donde reposan sobre otros organismos, otros son incrustantes, pero un gran número se desplaza de manera libre utilizando sus pseudópodos. Los foraminíferos constituyen uno de los pocos grupos de organismos, tanto fósiles como vivientes, que pueden encontrarse en todos los medios marinos: litorales, neríticos y los ambientes pelágicos (Ruppert, 1996; Calonge *et. al.*, 2001).

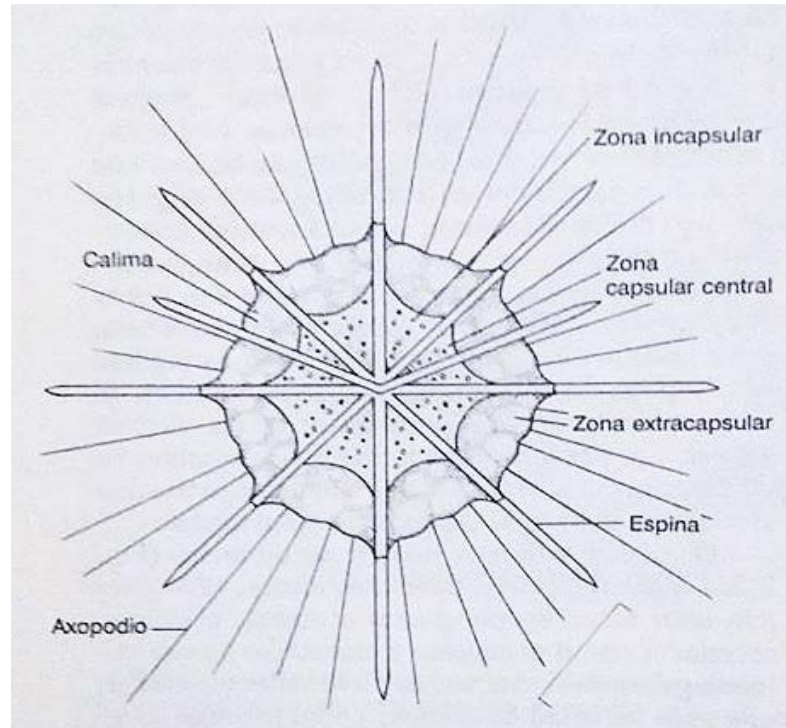
Los foraminíferos presentan un tipo de reproducción alternante, sexual y asexual, aunque hay grupos que se reproducen solamente de manera sexual. La presencia de dos fases de reproducción da lugar a dos individuos adultos (gamonte resultado de la reproducción asexual y esquizonte resultado de la reproducción sexual) morfológicamente distintos. La duración del ciclo de vida depende de la estrategia de vida que los foraminíferos adopten (Calonge *et. al.*, 2001).



**Figura 21.** Esquema que muestra la alternancia de reproducción de los foraminíferos (Tomado de Calonge *et. al.*, 2001).

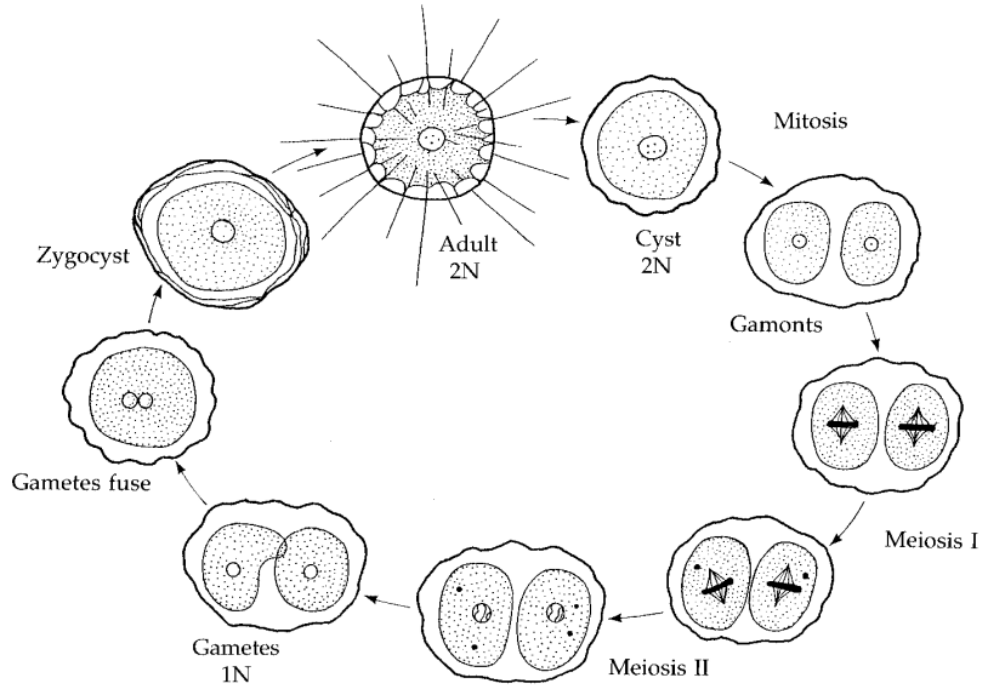
## 12.2. Radiolarios

Al igual que los foraminíferos, los radiolarios son protozoos, considerados como los más bonitos de este grupo. Son marinos y principalmente planctónicos. Son organismos relativamente grandes, pues algunas especies logran llegar a medir varios milímetros de diámetros y algunas especies que son coloniales alcanzan una longitud superior a los 20 centímetros, como en el caso de *Collozum* sp. Su cuerpo suele ser esférico y dividido en una parte interna y otra externa, la primera contiene uno o varios núcleos y está rodeada por una capsula central con una pared membranosa. La membrana capsular tiene perforaciones que le permiten al citoplasma de la capsula central unirse con el citoplasma de la parte externa, formando así la calima. Se caracterizan también por poseer pseudópodos del tipo axopodios y filopodios, también presentan un esqueleto silíceo de tipo radial (Ruppert, 1996; Zapata., 2005).



**Figura 22.** Esquema de la estructura de un radiolario (Tomado de Ruppert, 1996).

La gran abundancia de radiolarios planctónicos deja su huella gracias a su caparazón, los cuales se hunden cuando éste muere, formando así los principales constituyentes de los sedimentos del fondo. Su reproducción es mediante fisión binaria, en donde el esqueleto se divide y cada célula hija forma la mitad que le falta o puede recibir una la concha vieja y la otra secreta una concha nueva (Ruppert, 1996).



**Figura 23.** Esquema del ciclo reproductivo de los radiolarios (Tomado de Brusca, 2003).

## 13. RESULTADOS

### 13.1. Descripción y petrografía de la Formación Cuesta del Cura

La localidad de la cañada Guadalupe en el municipio de Iturbide, Nuevo León presentó capas de calizas y calizas laminares, sus espesores variaban de delgados a gruesos (20 cm a 20 m), presentaba además intercalaciones de bandas de pedernal de delgadas a medianas (1 cm a 15 cm), su coloración a la intemperie variaba de gris claro (N6), gris amarillento (NY8/1), café amarillento (10YR5/4) y blanco (N9); por su parte la coloración en fresco mantenía una coloración de gris oscuro (N3) a negro grisáceo (N2), de acuerdo a la tabla de colores de Munsell (2009); con presencia de vetas de delgadas a medianas (0.5 cm a 4 cm) de calcita, además de manchas de óxido color ocre, poseía además en algunas capas fracturas tipo diaclasa. Se observaron además los patrones de chevrón, típicos de esta unidad litológica.



**Figura 24.** Fotografía panorámica de la sección levantada en la localidad de la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León, México (Tomado de Google, Inc., 2008).

No se encontraron fósiles macroscópicos a lo largo de la sección trabajada. En la localidad el contacto con la unidad litológica superior estaba cubierta por suelo, por lo

que no se pudo establecer el contacto real y se muestreó hasta que dejaron de aparecer los estratos de roca.



**Figura 25.** Calizas onduladas o chevrones, característicos de la Formación Cuesta del Cura.



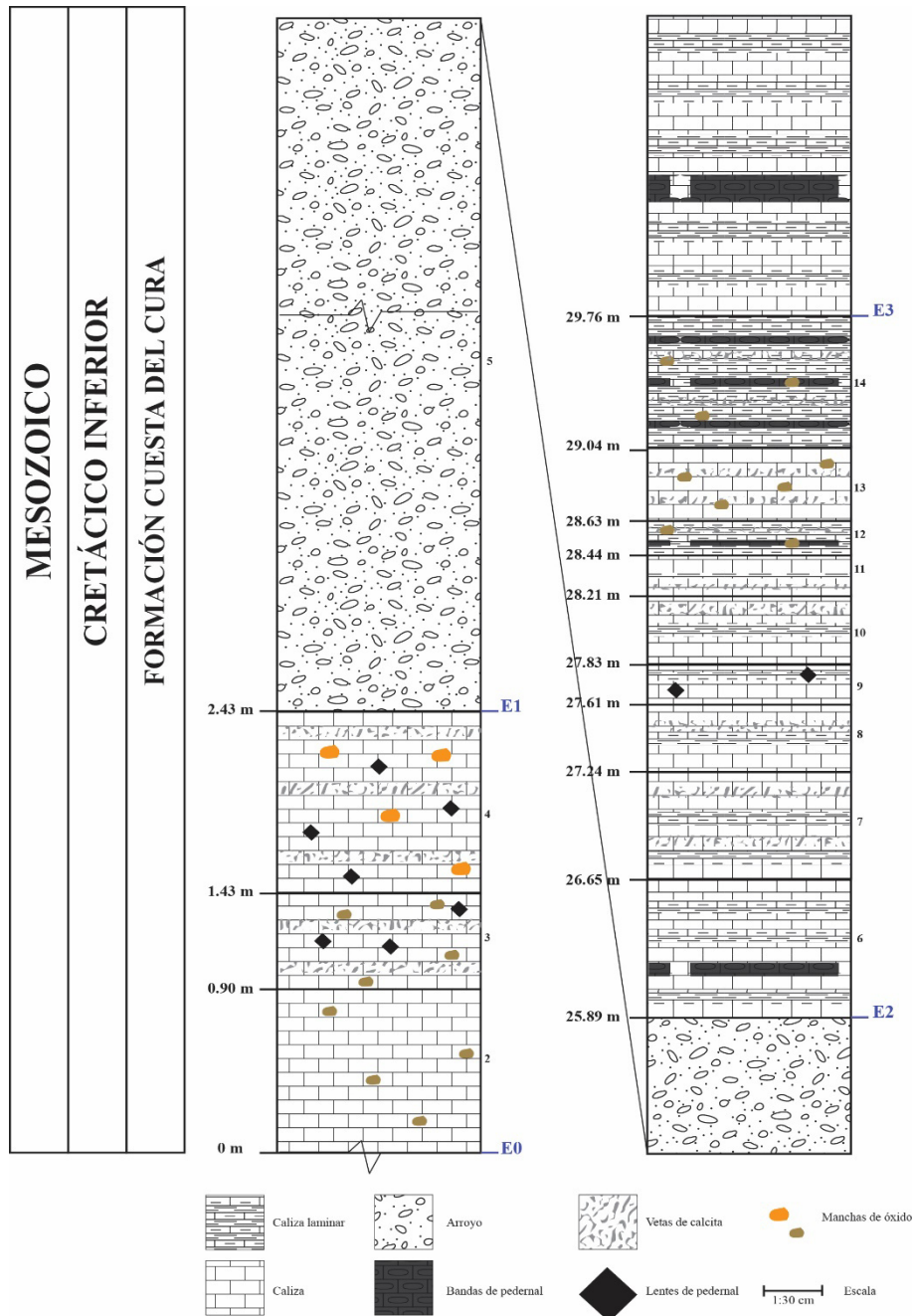
**Figura 26.** Capa de caliza mostrando una banda de 5cm de pedernal en color negro.

La sección expuesta de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe en el municipio de Iturbide tiene una extensión de 99.67 metros de las cuales se obtuvieron un total de 85 muestras. Cabe recalcar que se excluyeron las estaciones 0, 1 y 8, debido a que corresponden al contacto con la unidad litológica previa, a un arroyo y por estar cubierta de aluvión, respectivamente.

Solo tres de las muestra obtenidas correspondían a capas de pedernal, sin embargo, la mayoría presentaba vetas de calcita, aunque unas más gruesas que otras. Las calizas laminares tenían una textura más áspera, algo terrosa y menos dura que las calizas.

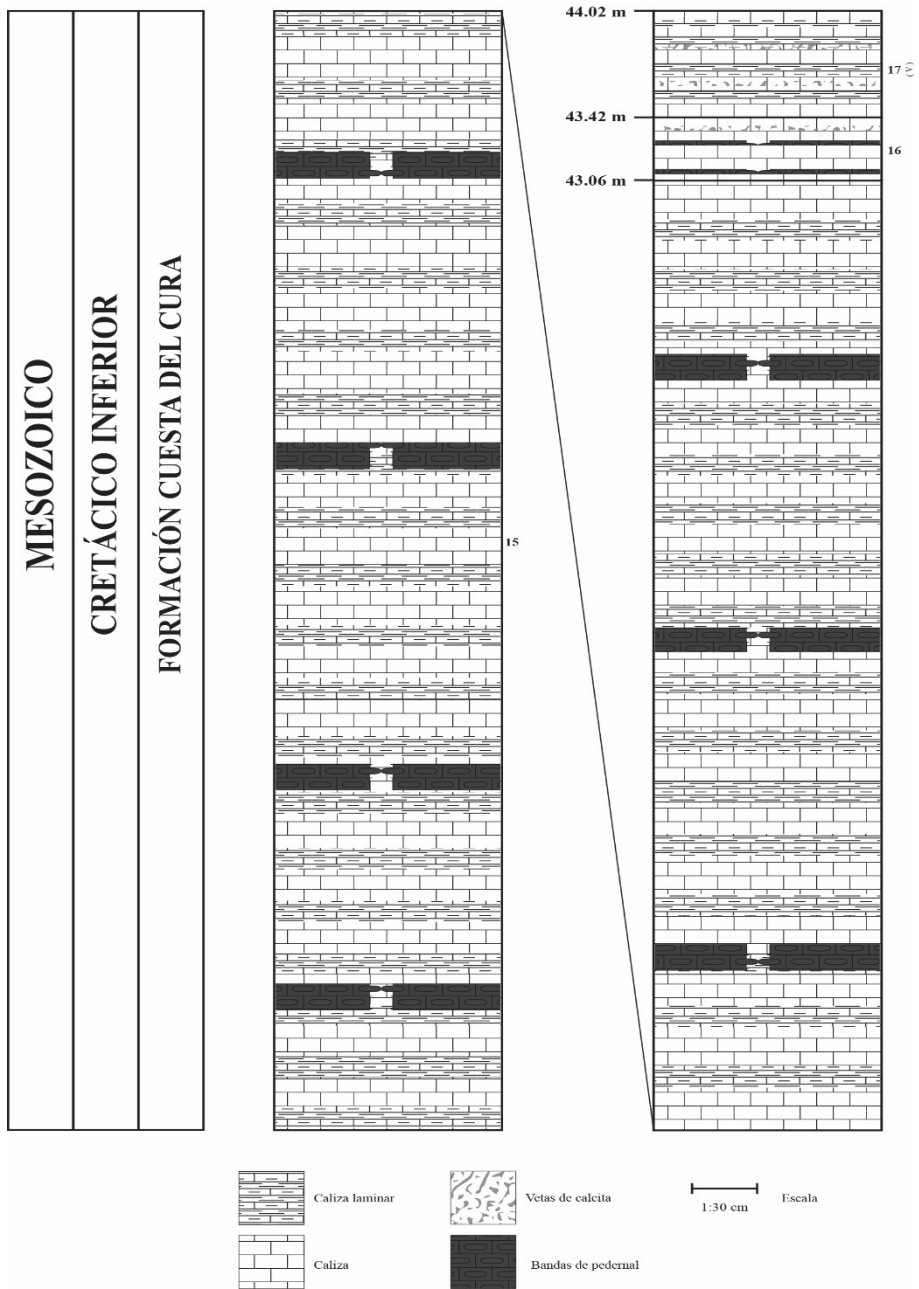
De lo observado en el levantamiento del perfil se obtuvo una columna estratigráfica (Fig. 27-35) en donde se observan las alternancias de caliza/caliza laminar, secuencias de calizas laminares y secuencias de caliza. En algunas de ellas con la presencia de vetas de calcita, bandas de óxido y bandas de pedernal negro. Se representa

además las capas que forman parte de los chevrones y pliegues que caracterizan a esta unidad.

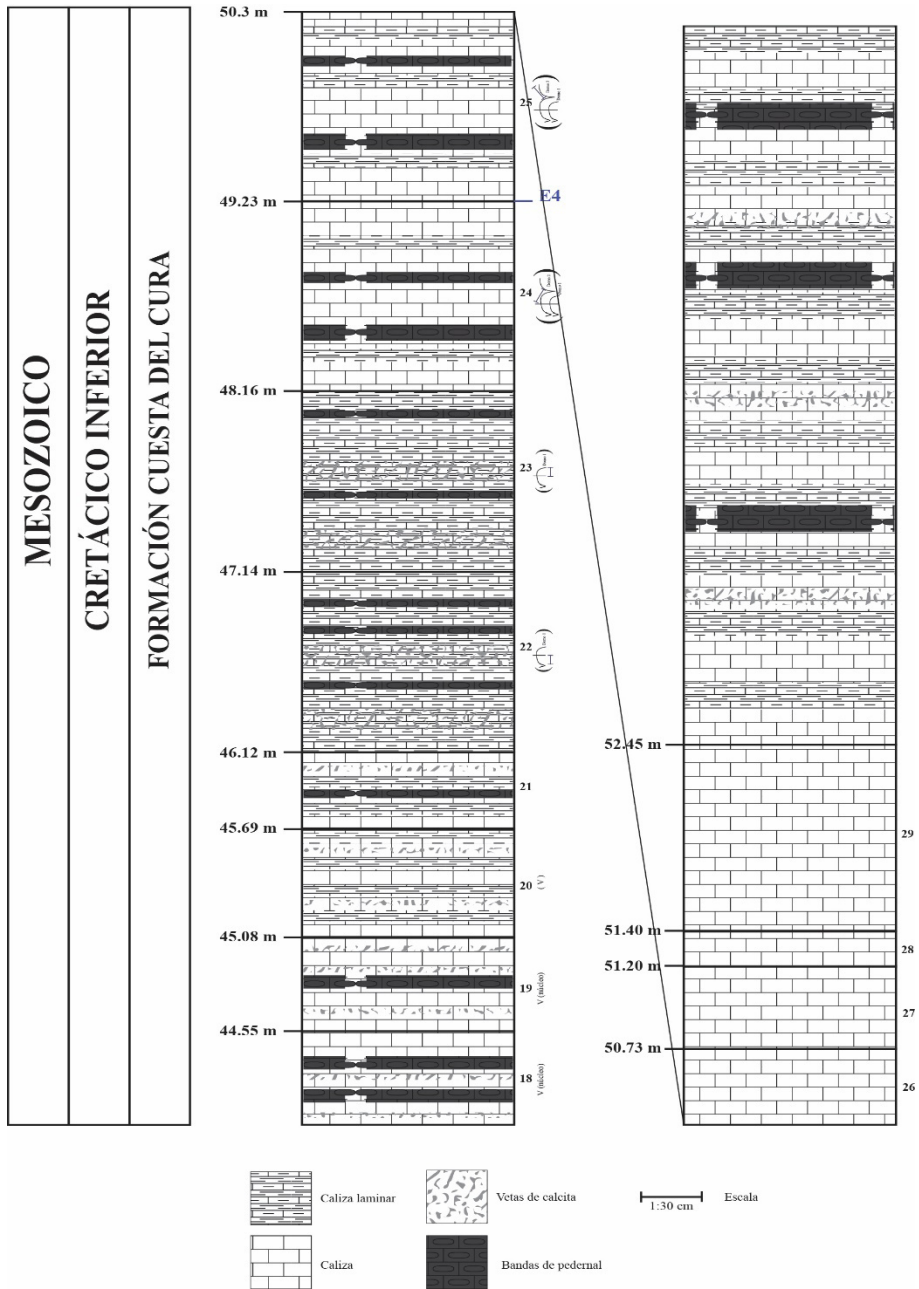


**Figura 27.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura (Estaciones 0, 1, 2 y 3)

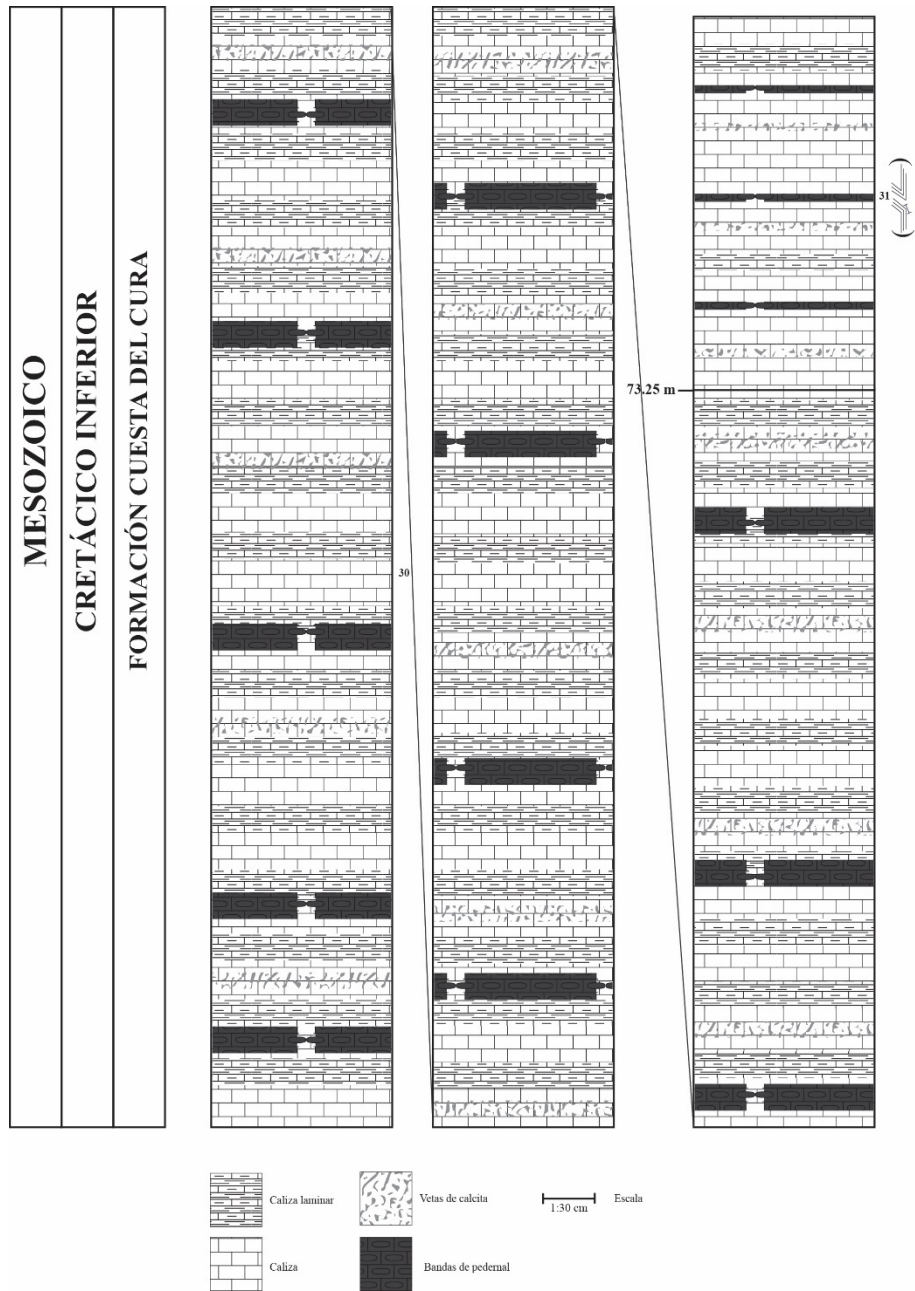




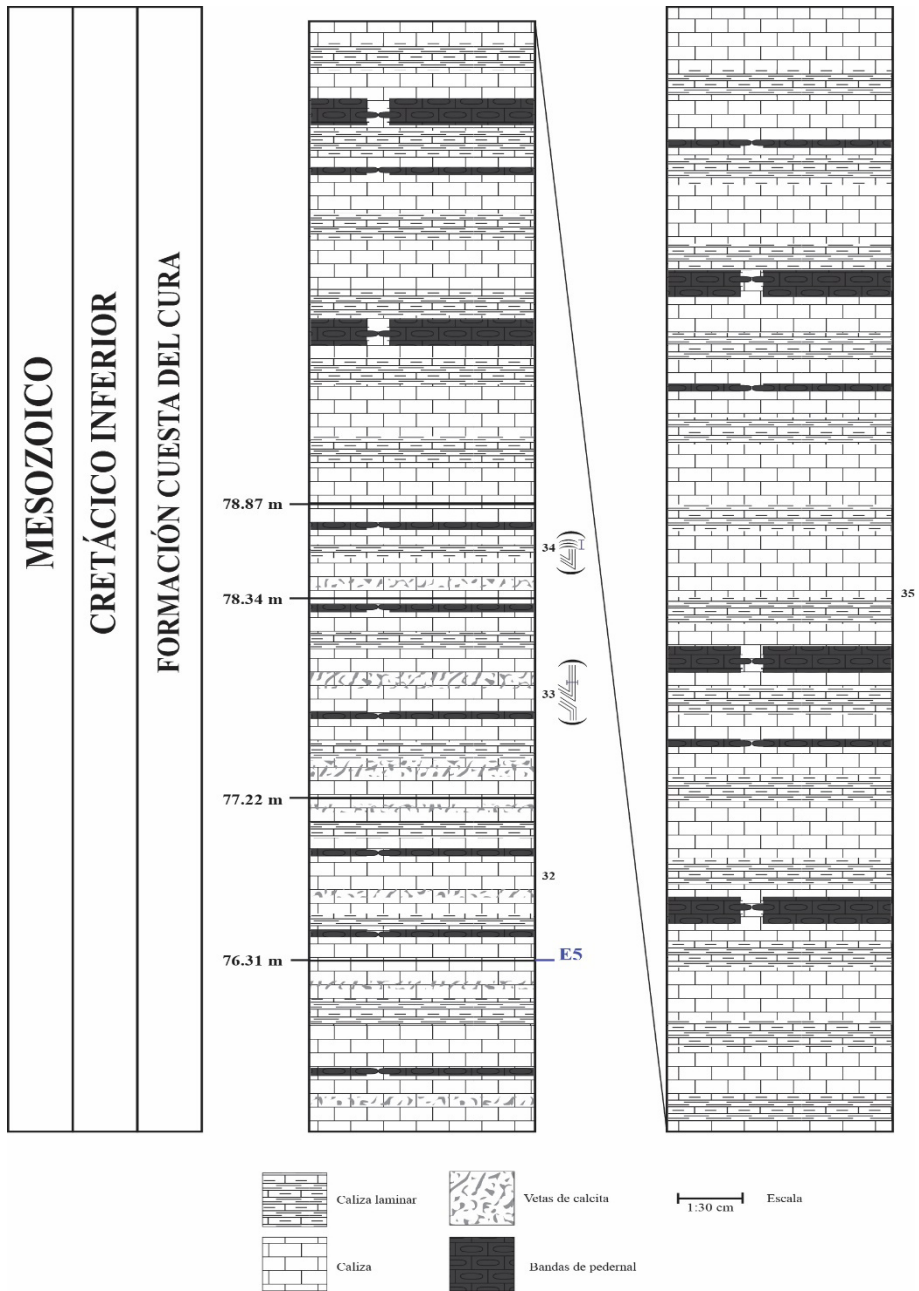
**Figura 28.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura (Estación 3)



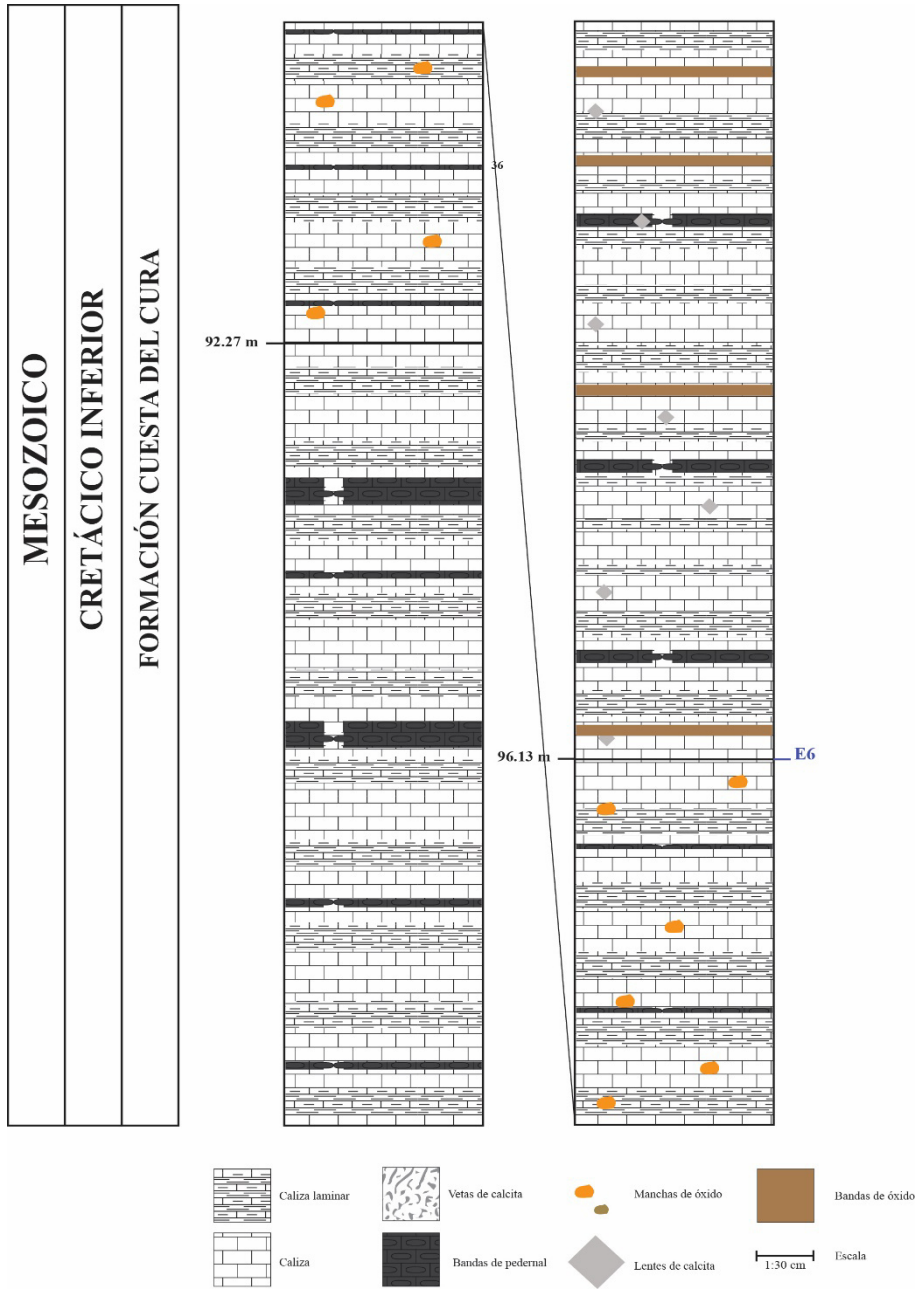
**Figura 29.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura (Estaciones 3 y 4)



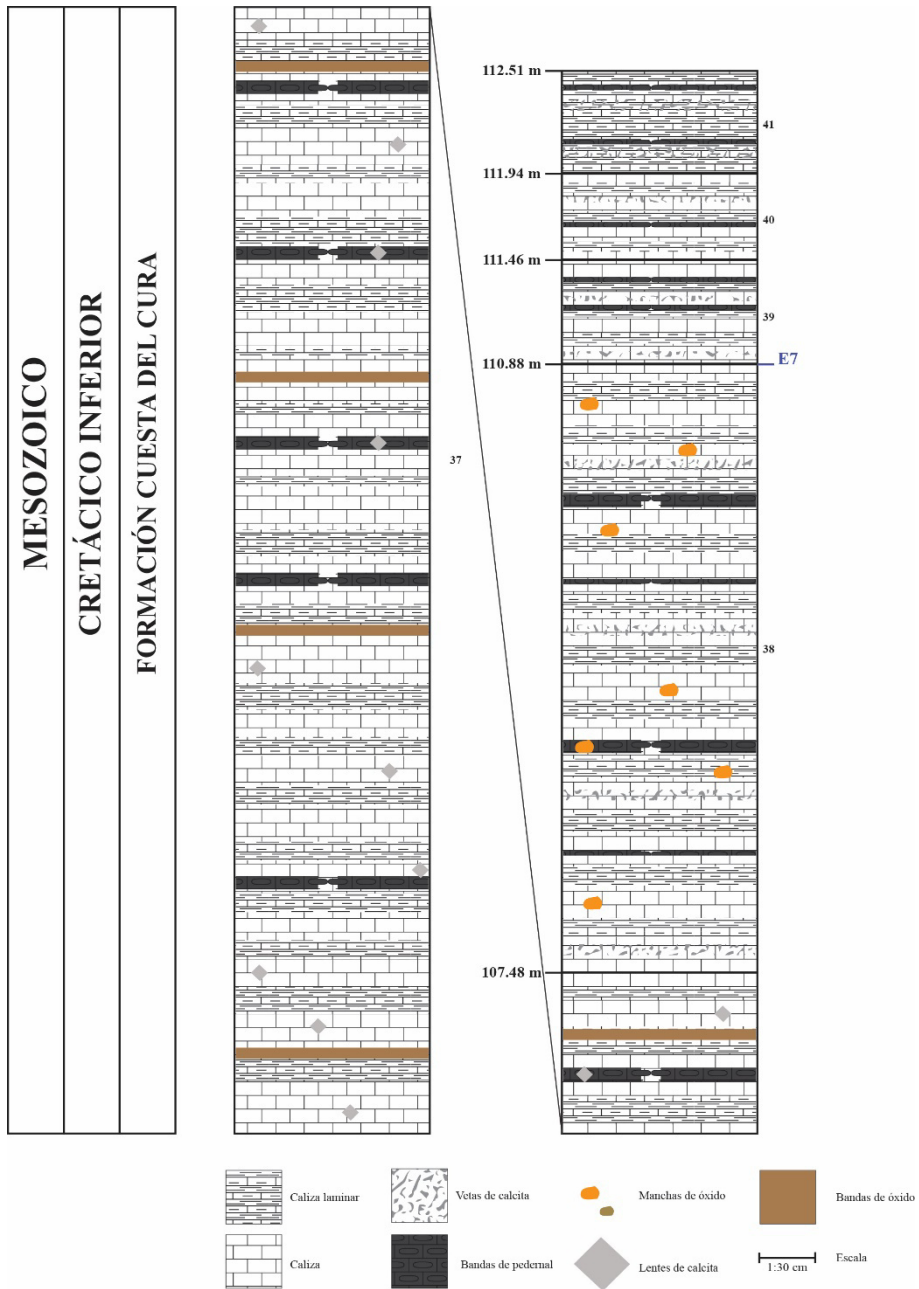
**Figura 30.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura (Estación 4)



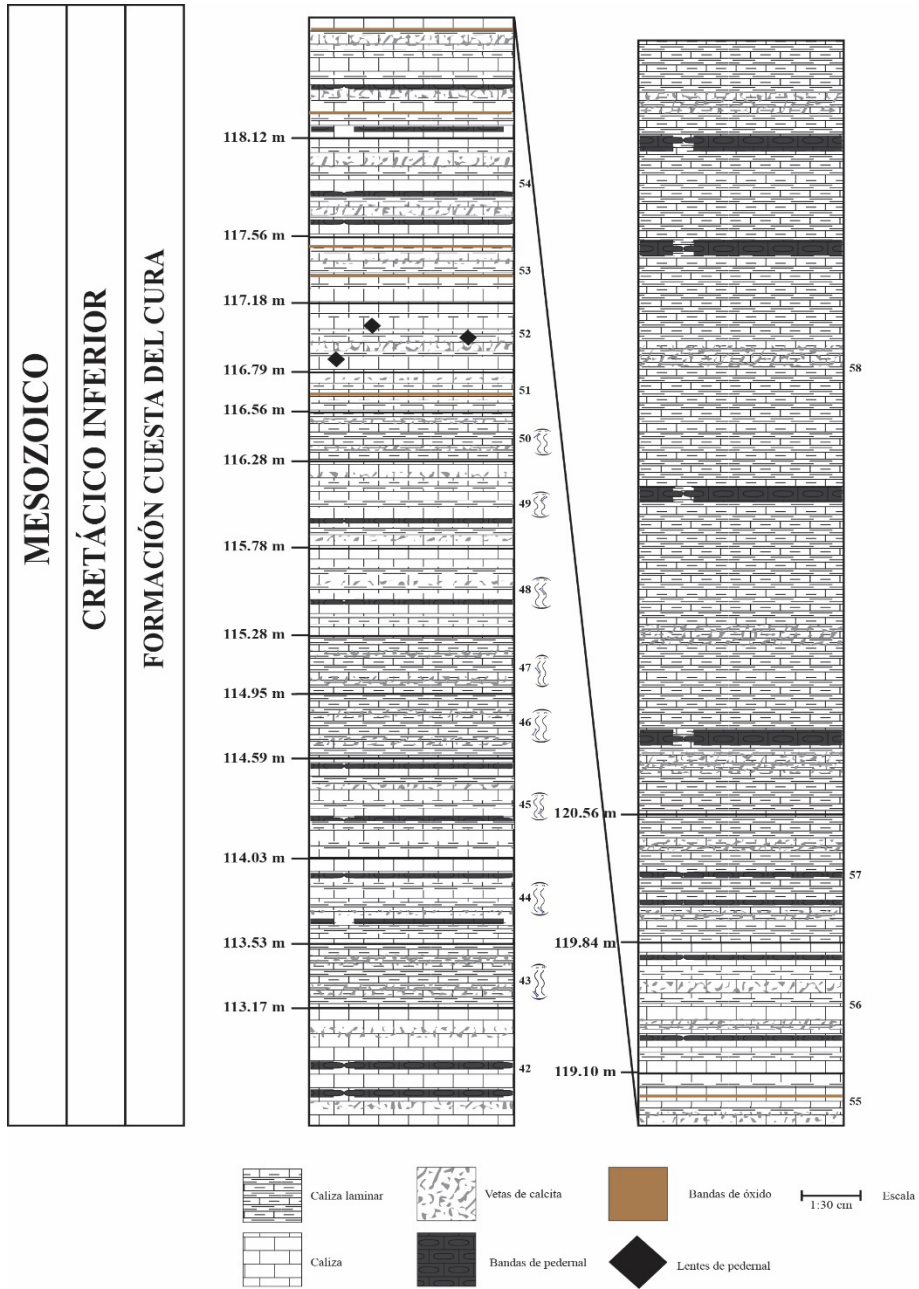
**Figura 31.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura (Estaciones 4 y 5)



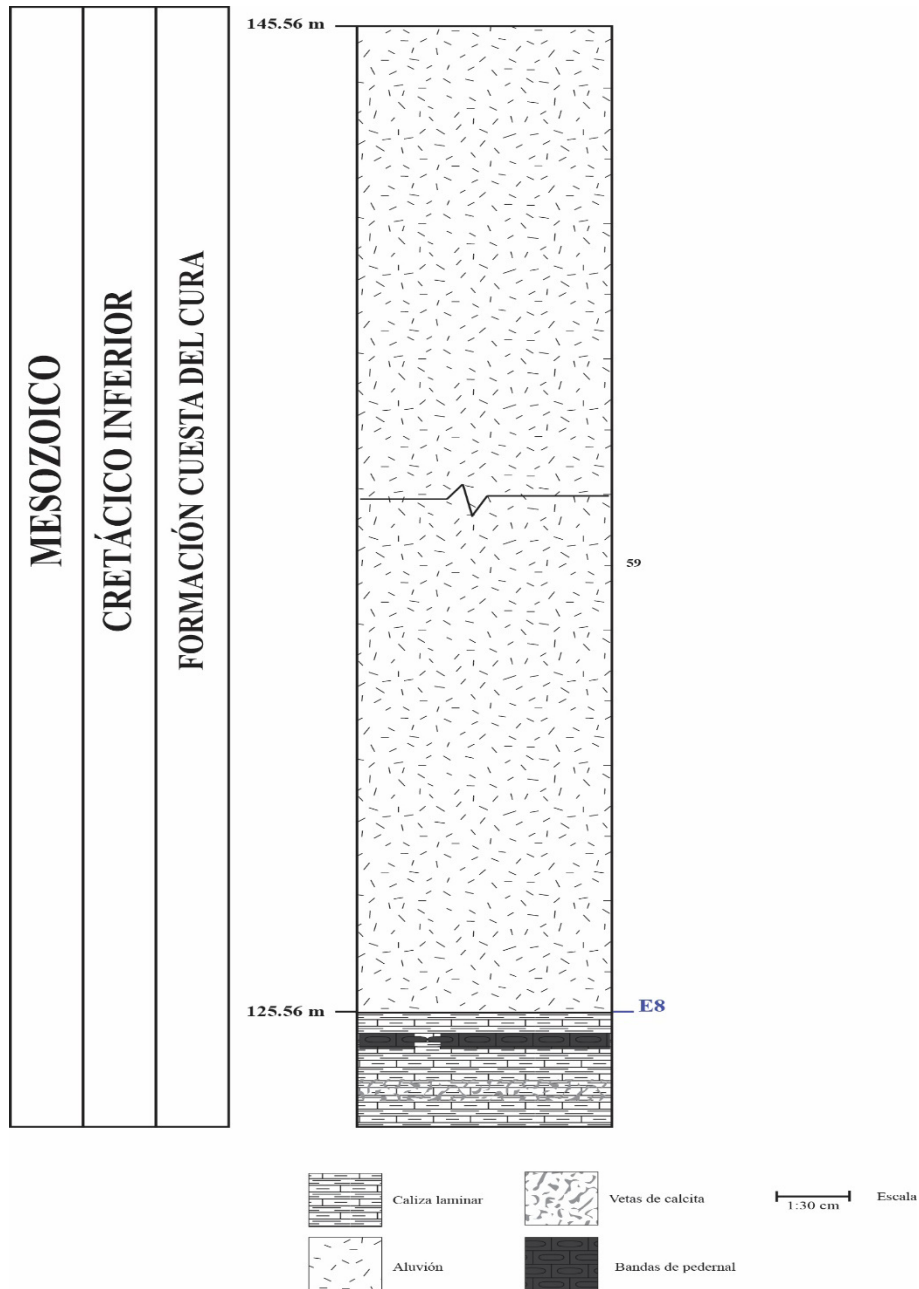
**Figura 32.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura (Estaciones 5 y 6)



**Figura 33.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura (Estaciones 6 y 7)



**Figura 34.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura (Estación 7)



**Figura 35.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta del Cura (Estaciones 7 y 8)

Las características fisicoquímicas (color intemperizado, color en fresco, reacción al HCl, tamaño y forma de los granos y textura) que se registraron de cada roca, se agruparon en una tabla de resultados generales por estación.



Estación	Color en intemperizado	Color en fresco	Tamaño y forma de los granos	Reacción con HCl/Agua
0	Varía del blanco a tonos grises y colores amarillentos.	Gris claro a gris oscuro.	Granos subangulares de color negro con un tamaño de ~1mm y granos angulosos, rectangulares de color blanco y café grisáceo con un tamaño <1mm.	Reacciones agresivas y desprendieron un fuerte olor a MO. Algunas con olor a TM.
1	<b>Cubierto por arroyo, no se tomaron muestras</b>			
2	Varía del blanco a tonos grises y colores amarillentos oscuros y café claro.	Gris claro a gris oscuro.	Granos muy angulosos sin forma definida y de color blanco con un tamaño de ~1mm, granos subredondeados de color blanco y un tamaño < 1mm, granos subangulares de color negro con un tamaño <1mm. Algunos de los granos presentaban manchas de óxido.	Reacciones agresivas y desprendieron un fuerte olor a MO. Algunas con olor a TM.
3	Varía del blanco a tonos grises y colores amarillentos oscuros y café claro.	Gris claro a gris oscuro, con algunas coloraciones de café amarillento.	Granos con forma que va de subredondeados a redondeados, con un tamaño ente 1-2mm. Granos angulosos y rectangulares de color blanco con un tamaño de ~2mm.	Reacciones entre moderadas y agresivas, con desprendimiento de olor a MO. Con leve olor a TM.
4	Varia del gris amarillento, café amarillento y gris.	Gris oscuro a negro grisáceo.	Granos subangulares de color negro con un tamaño de ~1mm y granos angulosos, rectangulares de color blanco y café grisáceo con un tamaño <1mm.	Reacciones entre moderadas y agresivas, con desprendimiento de olor a MO. Con leve olor a TM.
5	Varía del blanco a tonos grises y colores amarillentos.	Gris oscuro a negro grisáceo.	Granos subangulares de color negro con un tamaño de ~1mm y granos angulosos, rectangulares de color blanco y café grisáceo con un tamaño <1mm.	Reacciones agresivas y desprendieron un fuerte olor a MO. Algunas con olor a TM.
6	Varia del gris	Gris oscuro a	Granos con forma que va de	Reacciones agresivas y

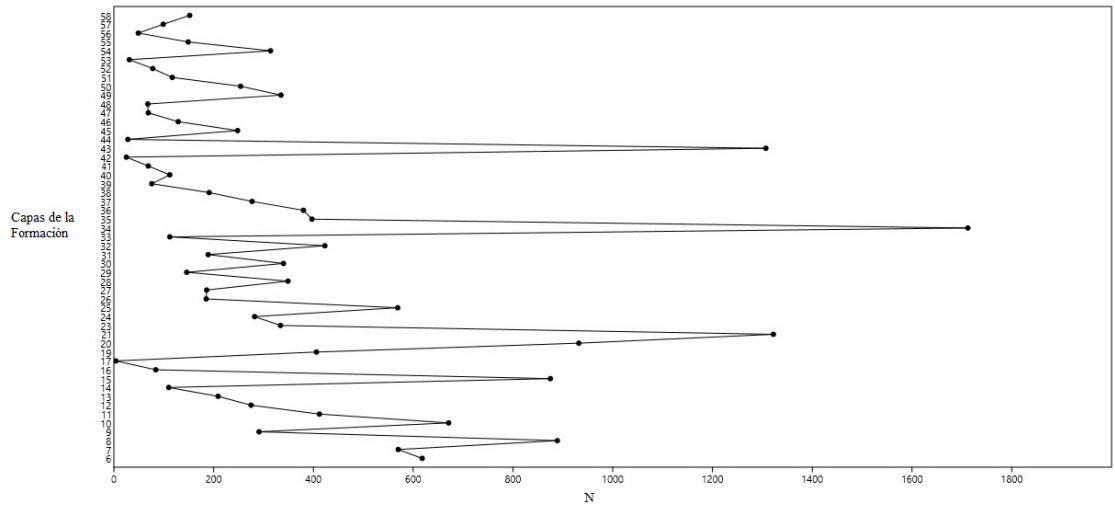
	amarillento, café amarillento y gris.	negro grisáceo, con algunos tonos café amarillento.	subredondeados a redondeados, con un tamaño ente 1-2mm. Granos angulosos y rectangulares de color blanco con un tamaño de ~2mm.	desprendieron un fuerte olor a MO. Algunas con olor a TM.
7	Varía del blanco a tonos grises y colores amarillentos oscuros y café claro.	Gris oscuro a negro grisáceo.	Granos subangulares de color negro con un tamaño de ~1mm y granos angulosos, rectangulares de color blanco y café grisáceo con un tamaño <1mm.	Reacciones entre moderadas y agresivas, con desprendimiento de olor a MO. Con leve olor a TM.
8	<b>Cubierto por aluvión, no se tomaron muestras</b>			

**Tabla 1.** Resultados generales de las características fisicoquímicas de las muestras por estación.

### 13.2. Bioestratigrafía de la Formación Cuesta del Cura en la localidad de estudio

La definición de la bioestratigrafía de la mencionada unidad litológica en la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León se logró mediante la revisión de microfósiles, particularmente foraminíferos, los cuales son considerados como los mejores indicadores estratigráficos.

Dentro de la Formación estudiada y a pesar de las condiciones de la roca, este grupo se encuentra bien representado, encontrándose un total de 55 especies de foraminíferos (tanto planctónicos como bentónicos) dentro de 27 géneros y 13 familias, además de radiolarios, dos géneros de algas calcáreas, así como restos de invertebrados y materia orgánica.



**Gráfica 1.** Cantidad de organismos por capa a lo largo de la Formación Cuesta del Cura, en la localidad de estudio.

### 13.2.1. Determinación de las biozonas de la Formación Cuesta del Cura en base a foraminíferos

Se definieron una serie de biozonas para la Formación Cuesta del Cura para la sección expuesta en la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León, las cuales fueron denominadas como zonas ICC en referencia a la localidad y el nombre de la unidad litológica, las biozonas corresponden a las siguientes:

#### 1. Zona ICC-1

Zona de intervalo *Thalmaninella appenninica/Rotalipora cushmani*; intervalo de tiempo definido por la primera aparición estratigráfica de *Thalmaninella appenninica* y la primera ocurrencia estratigráfica de *Rotalipora cushmani*.

Observaciones: la zona ICC-1 corresponde a la parte final del Albiano. Se caracteriza por la concurrencia de *Biticinella breggiensis* (Gandolfi, 1942), *Clavihedbergella simplex* (Morrow, 1934), *Favusella washitensis* (Carsey, 1926), *Microhedbergella rischi* (Moullade 1974), *M. pseudotrocoidea* (Huber and Leckie,

2011), *Muricohedbergella angolae* (Caron, 1978), *Protoheterohelix washitensis* (Tappan 1940), *Planomalina buxtorfi* (Morrow, 1934), *Thalmaninella appenninica* (Renz, 1936), *T. gandolfi* (Luterbacher and Premoli Silva, 1962), *T. balernaensis* (Gandolfi, 1957), *T. praebalernaensis* (Sigal, 1969), *Ticinella raynaudi* (Sigal, 1966), *T. primula* (Luterbacher, in Renz et al., 1963), *T. roberti* (Gandolfi, 1942), *T. moulladei* (Premoli Silva et al., 2009).

## 2. Zona ICC-2

Zona de intervalo *Rotalipora cushmani*/*Helvetoglobotruncana helvetica*; intervalo de tiempo definido por la primera ocurrencia estratigráfica de *Rotalipora cushmani* y la primera ocurrencia estratigráfica de *Helvetoglobotruncana helvetica*.

Observaciones: la zona ICC-2 corresponde al Cenomaniano. Se caracteriza por la concurrencia de *Praeglobotruncana compressa* (Hasegawa 1999), *Asterohedbergella asterospinosa* (Hamaoui, 1965), *Clavihedbergella amabilis* (Loeblich & Tappan, 1961), *C. simplicissima* (Magne and Sigal, 1954), *Dicarinella imbricata* (Mornod, 1950), *Globigerinelloides bentonensis* (Morrow, 1934), *G. pulchellus* (Todd & Low, 1964), *G. ultramicrus* (Subbotina, 1949), *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey, 1926), *Heterohelix striata* (Ansary and Tewfik, 1968), *Planoheterohelix olssoni* (Ehrenberg 1840), *P. postmoremani* (Georgescu & Huber 2009), *Rotalipora cushmani* (Morrow, 1934), *R. montsalvensis* (Ion, 1976), *Schackoina cenomana* (Morrow, 1934), *S. bicornis* (Reichel, 1948), *Thalmaninella reicheli* (Mornod, 1950), *Whiteinella archeocretacea* (Pessagno, 1967), *W. baltica* (Douglas and Rankin 1969).

## 3. Zona ICC-3

Zona de intervalo *Helvetoglobotruncana helvetica*/*Marginotruncana* sp.; intervalo de tiempo definido por la primera aparición estratigráfica de

*Helvetoglobotruncana helvetica* y la primera aparición estratigráfica del género *Marginotruncana*.

Observaciones: la zona ICC-3 corresponde al Cenomaniano superior y base del Turoniano. Se caracteriza por la concurrencia de *Archaeoglobigerina cretacea* (d'Orbigny, 1840), *Helvetoglobotruncana helvetica* (Loeblich & Tappan, 1980), *Dicarinella marianosi* (Douglas, 1969), *D. concavata* (Brotzen, 1934), *Marginotruncana renzi* (Gandolfi, 1942), *M. schneegansi* (Sigal, 1952), *M. marginata* (Reuss, 1845).

			Biozonas de foraminíferos	
FORMACIÓN CUESTA DEL CURA	CRETÁCICO INFERIOR	Cenomaniano	ICC-3	─┬─ <i>Marginotruncana</i> sp. ─┬─ <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i>
		Albiano Superior	ICC-2	─┬─ <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> ─┬─ <i>Rotalipora cushmani</i>
			ICC-1	─┬─ <i>Rotalipora cushmani</i> ─┬─ <i>Thalmaninella appenninica</i> ─┬─ <i>Thalmaninella appenninica</i>

**Figura 36.** Esquema de zonificación de la Formación Cuesta del Cura en el área de estudio. Nivel de referencia en base a la primera aparición/ocurrencia estratigráfica (┬) de los taxa nominales.

La distribución detallada de las especies encontradas en esta Formación se muestra en la siguiente tabla.

ICM C6-10	ICM C11-15	ICM C16-20	ICM C21-25	ICM C26-30	ICM C31-35	Muestra
						Especie
1						1. <i>A. cretacea</i>
	2					2. <i>As. asterospinosa</i>
3						3. <i>B. breggiensis</i>
4						4. <i>C. amabilis</i>
5						5. <i>C. simplex</i>
6						6. <i>C. simplicissima</i>
						7. <i>D. concavata</i>
8						8. <i>D. imbricata</i>
						9. <i>D. marianosi</i>
10						10. <i>F. washitensis</i>
					11	11. <i>G. aptiensis</i>
12						12. <i>G. bentonensis</i>
					13	13. <i>G. pulchellus</i>
						14. <i>G. ultramicrus</i>
						15. <i>H. amabilis</i>
16						16. <i>H. aptiana</i>
						17. <i>H. modesta</i>
18						18. <i>H. tunisiensis</i>
				19		19. <i>H. similis</i>
						20. <i>Hg. helvetica</i>
21						21. <i>Ht. striata</i>
						22. <i>Lenticulina</i>
22						23. <i>Mg. marginata</i>
						24. <i>Mg. renzi</i>
						25. <i>Mg. schneegansi</i>
					26	26. <i>M. pseudotrocoidea</i>
27						27. <i>M. rischi</i>
						28. <i>Mu. angolae</i>
29						29. <i>Mu. delrioensis</i>
30						30. <i>Nodosaria</i>
31						31. <i>P. ovalis</i>
					32	32. <i>Ph. olssoni</i>
						33. <i>Ph. postmoremani</i>
				34		34. <i>Pl. buxtorfi</i>
	35					35. <i>Planulina</i>
						36. <i>Pg. compresa</i>
						37. <i>Pr. washitensis</i>
					38	38. <i>Ps. klausii</i>
39						39. <i>R. cushmani</i>

					40	40. <i>R. praemontsalvensis</i>
					41	41. <i>S. bicornis</i>
42						42. <i>S. cenomana</i>
	43					43. <i>Spiroplectammina</i>
			44			44. <i>Textularia</i>
45						45. <i>Th. appenninica</i>
					46	46. <i>Th. balernaensis</i>
47						47. <i>Th. gandolfi</i>
						48. <i>Th. praebalernaensis</i>
						49. <i>Th. reicheli</i>
		50				50. <i>T. moulladei</i>
51						51. <i>T. primula</i>
52						52. <i>T. raynaudi</i>
53						53. <i>T. roberti</i>
54						54. <i>W. archeocretacea</i>
					55	55. <i>W. baltica</i>

**Tabla 2.** Distribución estratigráfica de los foraminíferos de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, N.L. **A:** *Archaeoglobigerina*; **As:** *Asterohedbergella*; **B:** *Biticinella*; **C:** *Clavihedbergella*; **D:** *Dicarinella*; **F:** *Favusella*; **G:** *Globigerinelloides*; **H:** *Hedbergella*; **Hg:** *Helvetoglobotruncana*; **Ht:** *Heterohelix*; **Mg:** *Marginotruncana*; **M:** *Microhedbergella*; **Mu:** *Muricohedbergella*; **P:** *Pithonella*; **Ph:** *Planoheterohelix*; **Pl:** *Planomalina*; **Pg:** *Praeglobotruncana*; **Pr:** *Protoheterohelix*; **Ps:** *Pseudothalmaninella*; **R:** *Rotalipora*; **S:** *Schackoina*; **Th:** *Thalmaninella*; **T:** *Ticinella*; **W:** *Whiteinella*.

ICM C36-40	ICM C41-45	ICM C46-50	ICM C51-55	ICM C56-58	Muestra / Especie
					1. <i>A. cretacea</i>
					2. <i>As. asterospinosa</i>
					3. <i>B. breggiensis</i>
					4. <i>C. amabilis</i>
5					5. <i>C. simplex</i>
6					6. <i>C. simplicissima</i>
				7	7. <i>D. concavata</i>
					8. <i>D. imbricata</i>
	9				9. <i>D. marianosi</i>
	10				10. <i>F. washitensis</i>
	11				11. <i>G. aptiensis</i>
				12	12. <i>G. bentonensis</i>
13					13. <i>G. pulchellus</i>
				14	14. <i>G. ultramicrus</i>
				15	15. <i>H. amabilis</i>
					16. <i>H. aptiana</i>

				17	17. <i>H. modesta</i>
				18	18. <i>H. tunisiensis</i>
					19. <i>H. similis</i>
		20			20. <i>Hg. helvetica</i>
	21				21. <i>Ht. striata</i>
	22				22. <i>Lenticulina</i>
		23			23. <i>Mg. marginata</i>
		24			24. <i>Mg. renzi</i>
		25			25. <i>Mg. schneegansi</i>
					26. <i>M. pseudotrocoidea</i>
					27. <i>M. rischi</i>
	28				28. <i>Mu. angolae</i>
	29				29. <i>Mu. delrioensis</i>
	30				30. <i>Nodosaria</i>
					31. <i>P. ovalis</i>
					32. <i>Ph. olssoni</i>
	33				33. <i>Ph. postmoremani</i>
				34	34. <i>Pl. buxtorfi</i>
					35. <i>Planulina</i>
				36	36. <i>Pg. compressa</i>
				37	37. <i>Pr. washitensis</i>
					38. <i>Ps. klausi</i>
39					39. <i>R. cushmani</i>
	40				40. <i>R. praemontsalvensis</i>
	41				41. <i>S. bicornis</i>
		42			42. <i>S. cenomana</i>
	43				43. <i>Spiroplectammina</i>
44					44. <i>Textularia</i>
				45	45. <i>Th. appenninica</i>
				46	46. <i>Th. balernaensis</i>
					47. <i>Th. gandolfi</i>
	48				48. <i>Th. praebalernaensis</i>
				49	49. <i>Th. reicheli</i>
					50. <i>T. moulladei</i>
				51	51. <i>T. primula</i>
				52	52. <i>T. raynaudi</i>
				53	53. <i>T. roberti</i>
	54				54. <i>W. archeocretacea</i>
	55				55. <i>W. baltica</i>

Tabla 2. Continuación



### **13.2.2. Inferencia de la edad de la Formación Cuesta del Cura en la localidad de estudio**

Basados en la determinación de las biozonas de foraminíferos, se puede observar que éstas nos ubican a la Formación Cuesta del Cura de la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León en una edad del Albiano Superior-Cenomaniano Superior, en la cual el techo de la sección corresponde a los primeros basamentos del Turoniano Inferior, siendo este el contacto con la siguiente unidad litológica.

### **13.3. Análisis de microfacies de la Formación Cuesta del Cura**

La unidad litológica estudiada arrojó un total de 82 laminillas, las cuales fueron analizadas bajo el microscopio óptico y se describieron sus principales componentes, cabe recalcar que se agruparon las laminillas que pertenecían a la misma capa. Los resultados de manera general para la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León, el desglose de cada una de las capas se muestra a continuación.

La clave asignada para cada muestra corresponde al siguiente orden: ICM\_#estación\_#capa\_#muestra + distancia en metros desde la estación (la distancia solo aplicaba a las capas que se agruparon en paquetes).

#### **Estación 2**

**Muestra:** ICM\_2\_6\_6

**Descripción:** Capa con un espesor de 76 cm. Compuesta por una secuencia de calizas gruesas con calizas laminares, presentan diaclasas, con intercalaciones de bandas delgadas de pedernal negro y sin vetas de calcita visibles. Sus colores en intemperizado son gris amarillento (5Y 8/1) y blanco (N9), en fresco es de color gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma muy

angulosa, sin forma precisa y de color blanco, recristalizados y con un tamaño de ~1mm, también había granos <1mm subredondeados y de color blanco.

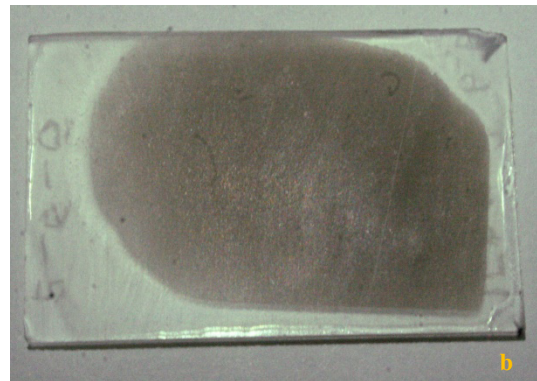
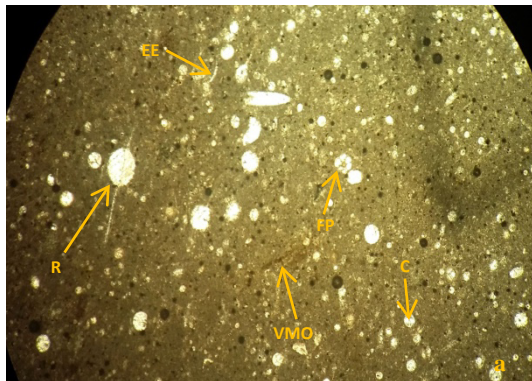
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de un color pardo y con vetas de calcita, presenta puntos de óxido de hierro.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de espículas de esponja, radiolas (placas de equinodermos), vetillas de MO, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Pithonella* sp., *P. ovalis*, *Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp., *Stomiosphaera* sp., *Saccocoma* sp., *Lenticulina* sp., *Thalmaninella appenninica*, *Ticinella roberti*, *Heterohelix striata*, *Dicarinella imbricata*, *Clavihedbergella simplicissima*, *Favusella washitensis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 37.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_2\_6\_6, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetillas de MO; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 6; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_2\_7\_7

**Descripción:** Capa con un espesor de 59 cm. Compuesta por una secuencia de calizas gruesas con calizas laminares, presentan diaclasas, con vetas de calcita visibles. Sus colores en intemperizado son naranja muy pálido (10YR 8/2), naranja amarillento oscuro (10YR 6/6), café amarillento moderado (10YR 5/4) y gris claro medio (N6), en fresco es de color gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma muy angulosa de colores pardo y blanco, recristalizados y algunos con manchas de óxido, con un tamaño de  $\geq 1\text{mm}$ ; granos subangulares de color blanco de tamaño  $< 1\text{mm}$ ; granos subangulares de color negro y de tamaño  $< 1\text{mm}$ .

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $< 4\mu$ , de un color pardo y con vetas de calcita, presenta puntos de óxido de hierro.

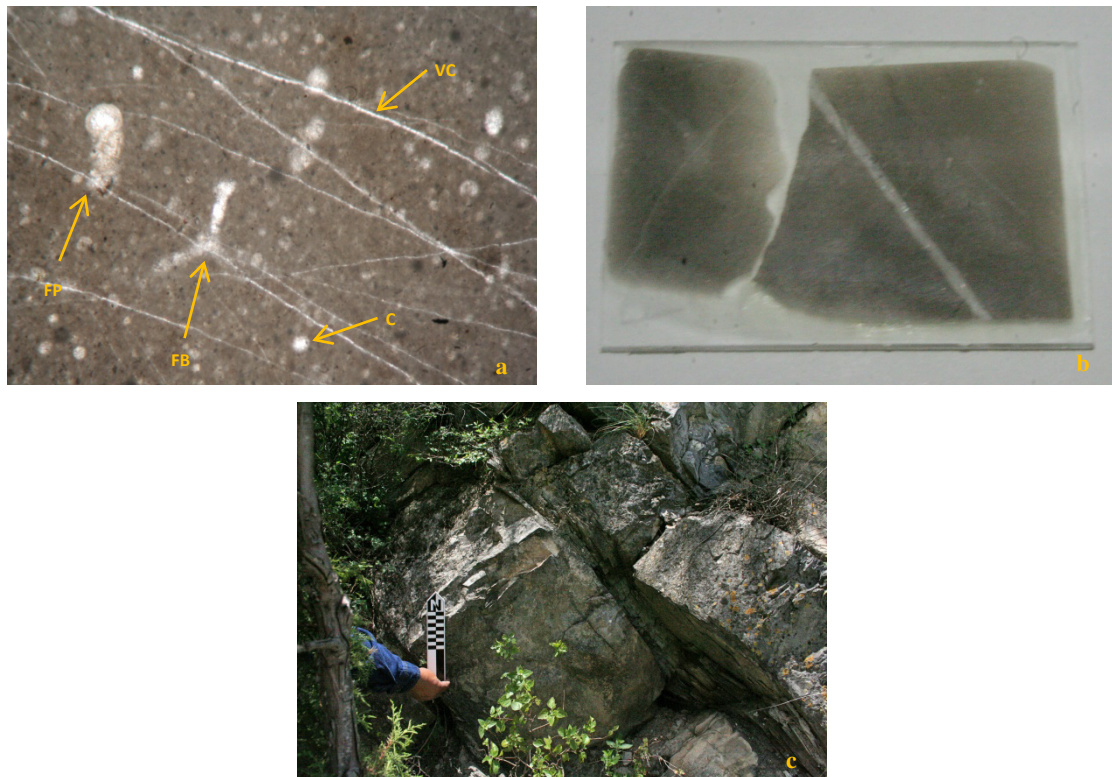
**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolas (placas de equinodermos), radiolarios, manchas de MO, granos de óxido, vetillas de MO y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La

microfauna está representada por *Dicarinella* sp., *Lenticulina* sp., *Saccocoma* sp., *Globigerinelloides* sp., *Calcisphaerula* sp., *Thalmanninella appenninica*, *T. gandolfi*, *Pithonella ovalis*, *Whiteinella archeocretacea*, *Ticinella roberti*, *Schackoina cenomana*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 38.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_2\_7\_7, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 7; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

### **Muestra:** ICM\_2\_8\_8

**Descripción:** Capa con un espesor de 37 cm. Compuesta por una secuencia de calizas gruesas con calizas laminares, presentan diaclasas, con vetas de calcita visibles. Sus colores en intemperizado son blanco (N9), gris amarillento (5Y 8/1) y café claro (5Y 5/6), en fresco es de color gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al

estereoscopio presentaron una forma muy angulosa de colores pardo y blanco, recristalizados y algunos con manchas de óxido.

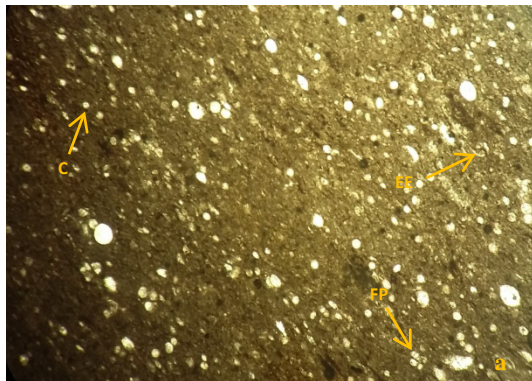
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <math><4\mu</math>, de un color pardo y con vetas de calcita, presenta puntos de óxido de hierro.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de espículas de esponja, restos de equinodermos, granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Lenticulina* sp., *Calcisphaerula* sp., *Stomiosphaera* sp., *Spiroplectammina* sp., *Clavihedbergella* sp., *Dicarinella* sp., *Pithonella ovalis*, *Heterohelix striata*, *Ticinella prímula*, *T. raynaudi*, *T. roberti*, *Globigerinelloides bentonensis*, *Hedbergella aptiana*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 39.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_2\_8\_8, mostrando mostrando algunos de los aloquímicos encontrados; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 8; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_2\_9\_9

**Descripción:** Capa con un espesor de 22 cm. Compuesta por una secuencia de calizas gruesas con calizas laminares, presentan lentes de pedernal y vetillas de mineral negro. Sus colores en intemperizado son gris medio (N5), café amarillento oscuro (10YR 4/2) y naranja amarillento (10YR 7/4), en fresco es de color gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular y de color blanco, recristalizados y de tamaño <1mm; granos angulosos de color negro brillante con un tamaño >1mm.

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de un color pardo y con vetas de calcita, presenta líneas de óxido de hierro.

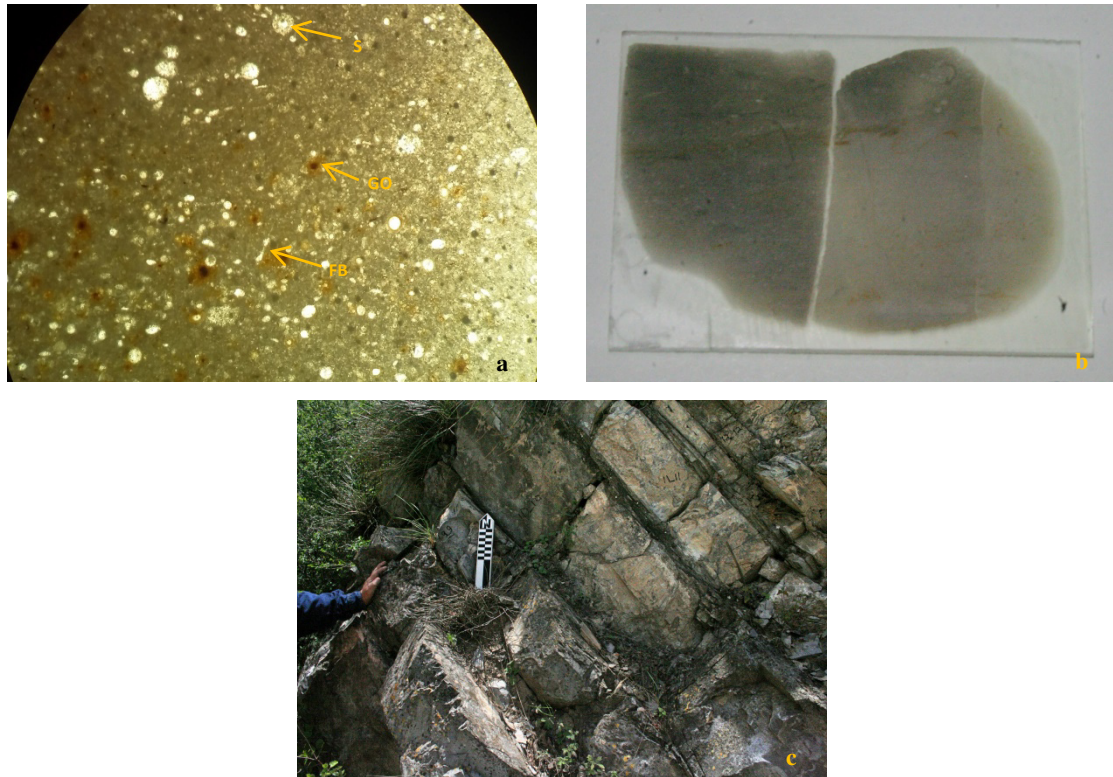
**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de restos de equinodermos, granos de óxido de hierro, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada

por *Calcisphaerula* sp., *Lenticulina* sp., *Heterohelix striata*, *Ticinella roberti* *Favusella washitensis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 40.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_2\_9\_9, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 9; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_2\_10\_10

**Descripción:** Capa con un espesor de 38 cm. Compuesta por una secuencia de calizas gruesas con calizas laminares, presentan diaclasas y vetas de calcita visibles. Sus colores en intemperizado son gris claro medio (N6), naranja muy pálido (10YR 8/2) y café amarillento moderado (10YR 5/4), en fresco es de color negro oscuro (N2). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subredondeados,

con forma ovalada y de color negro con un tamaño  $\leq 1\text{mm}$ ; con líneas de mineral negro; granos subangulares y recristalizados de tamaño  $< 1\text{mm}$ .

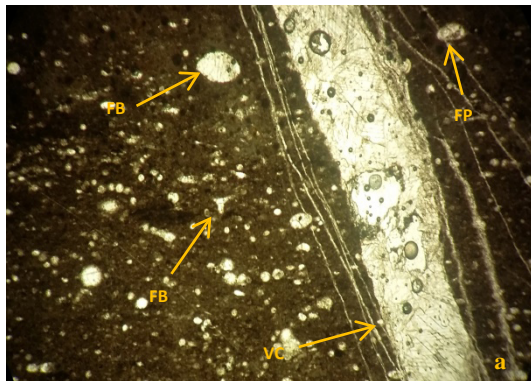
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $< 4\mu$ , de un color pardo y con vetas de calcita, presenta líneas de óxido de hierro. Con laminación bien marcada.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de restos de espículas de esponja, granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Lenticulina* sp., *Globigerinelloides* sp., *G. bentonensis*, *Dicarinella* sp., *Saccocoma* sp., *Heterohelix striata*, *Ticinella roberti*, *Clavhedbergella simplicissima*, *Pithonella ovalis*, *Rotalipora cushmani*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.







**Figura 41.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_2\_10\_10, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 10; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

#### **Muestra:** ICM\_2\_11\_11

**Descripción:** Capa con un espesor de 23 cm. Compuesta por una secuencia de calizas gruesas con calizas laminares, presentan diaclasas y vetas de calcita visibles. Sus colores en intemperizado son gris claro medio (N6), blanco (N9) y naranja grisáceo (10YR 7/4), en fresco es de color gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subredondeados, de color blanco con un tamaño <1mm; granos redondeados y de color negro y de ~1mm, granos recristalizados de color blanco y >1mm.

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de un color pardo y con vetas de calcita, presenta líneas de óxido de hierro. Con laminación bien marcada.

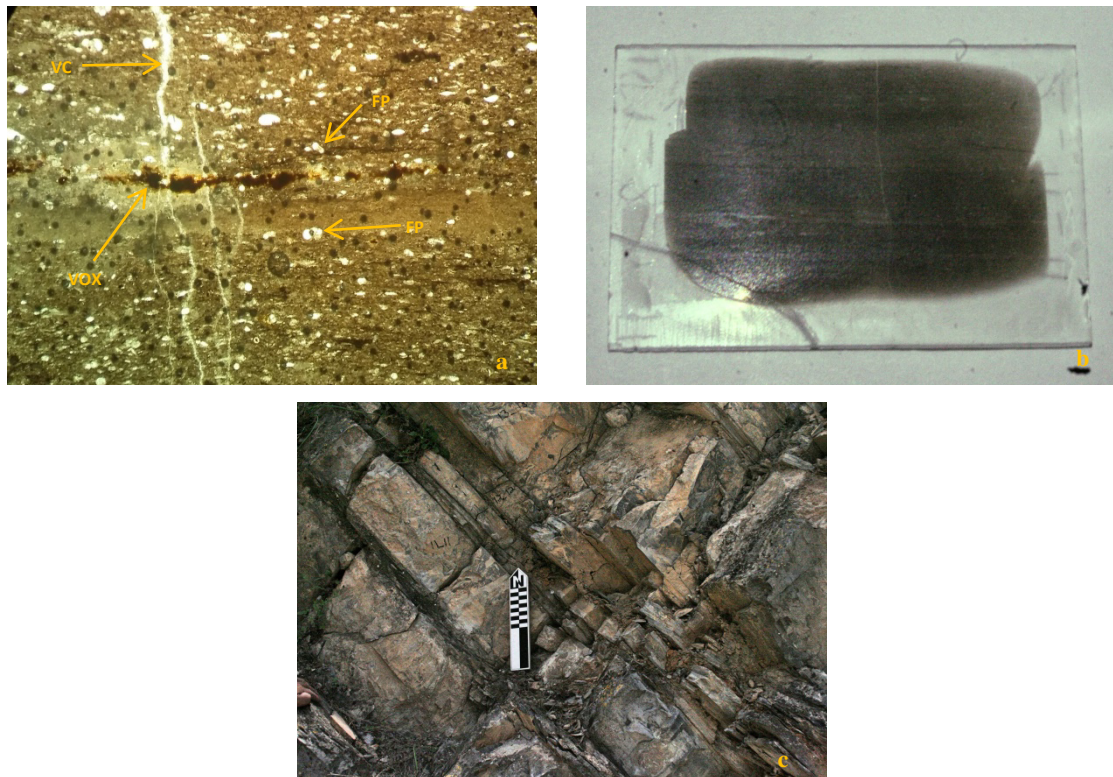
**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas y granos de óxido y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Lenticulina* sp.,

*Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp., *Dicarinella* sp., *Heterohelix striata*, *Ticinella roberti*, *T. raynaudi*, *Favusella washitensis*, *Clavihedbergella simplex*, *Thalmaninella appenninica*, *Pithonella ovalis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 42.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_2\_11\_11, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y veta de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 11; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

#### **Muestra:** ICM\_2\_12\_12

**Descripción:** Capa con un espesor de 19 cm. Compuesta por calizas laminares, presentan bandas de pedernal, vetas de calcita visibles y manchas de óxido en color ocre. Sus colores en intemperizado son gris cafecito (5YR 4/1) y café amarillento moderado (10YR 5/4), en fresco es de color gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los

granos al estereoscopio presentaron una forma subangulares, de color negro y de ~1mm; granos redondeados de color blanco y  $\geq 1$ mm.

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $< 4\mu$ , de un color pardo y con vetas de calcita, presenta líneas de óxido de hierro. Con laminación bien marcada.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de restos de espículas de esponja, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Globigerinelloides* sp., *Calcisphaerula* sp., *Ticinella roberti*, *Heterohelix striata*, *Rotalipora cushmani*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.

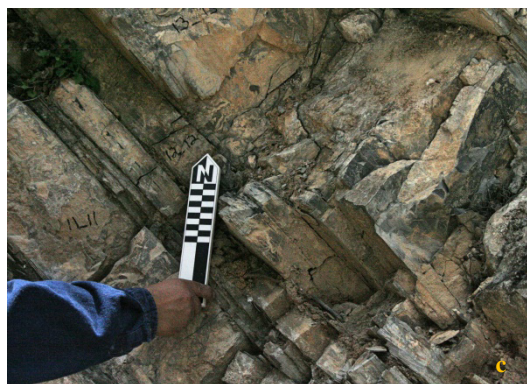
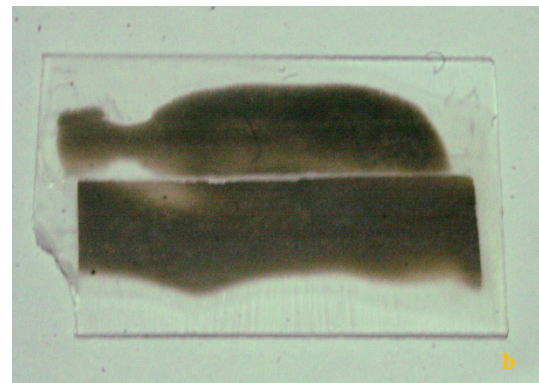
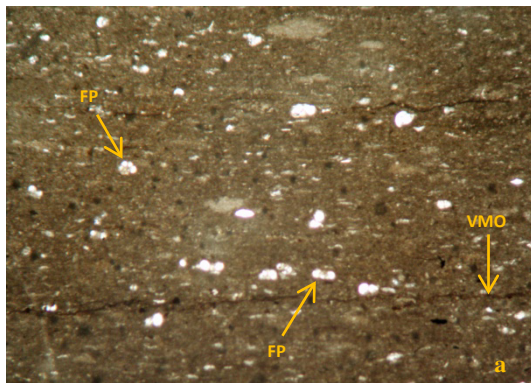


Figura 43. a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_2\_12\_12, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetillas de MO; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 12; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_2\_13\_13

**Descripción:** Capa con un espesor de 41 cm. Compuesta por calizas gruesas, presentan vetas de calcita visibles y manchas de óxido en color ocre. Sus colores en intemperizado son naranja grisáceo (10YR 7/4) y café amarillento moderado (10YR 5/4), en fresco es de color gris oscuro medio (N4). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma redondeada, de color blanco y de <1mm; granos recristalizados de color pardo con un tamaño >1mm.

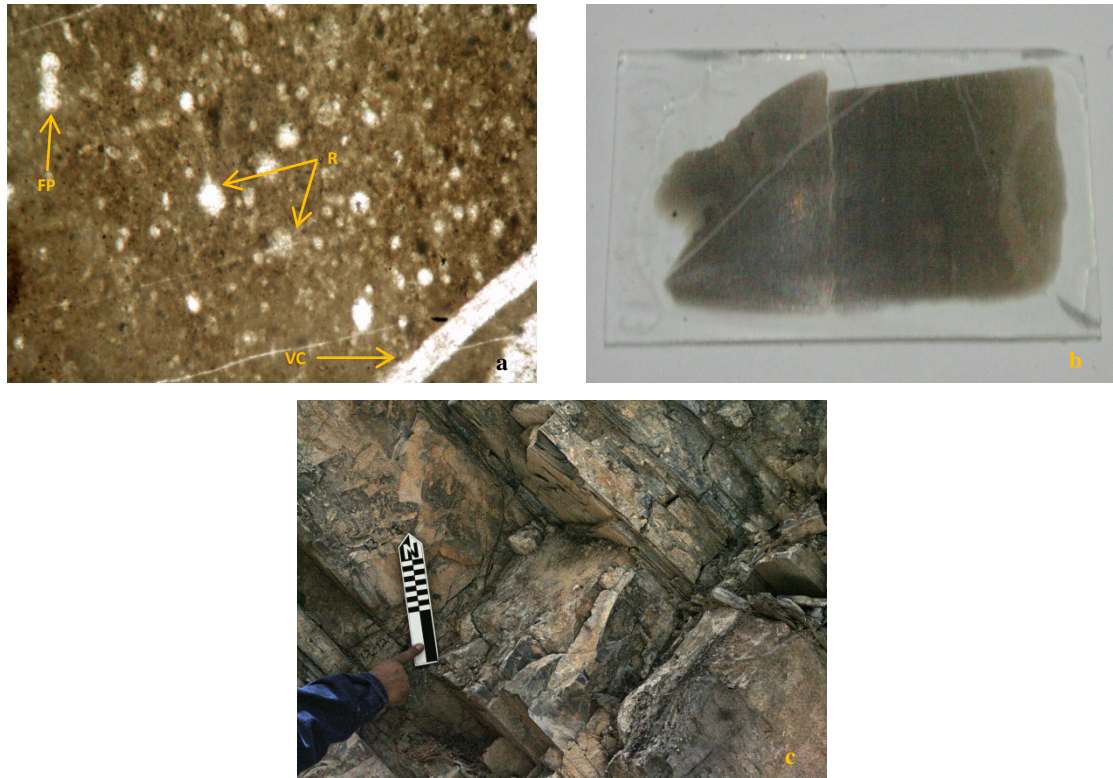
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de un color pardo y con vetas de calcita. Con laminación.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de restos de espículas de esponja, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Pithonella ovalis*, *Ticinella roberti*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 44.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_2\_13\_13, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 13; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_2\_14\_14

**Descripción:** Capa con un espesor de 72 cm. Compuesta por calizas laminares, presentan vetas de calcita visibles y manchas de óxido en color ocre. Sus colores en intemperizado son blanco (N9), naranja muy pálido (10YR 8/2) y café amarillento oscuro (10YR 4/2), en fresco es de color negro grisáceo (N2). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular-acorazonada y circular, de color blanco y un tamaño  $\geq 1\text{mm}$ ; granos recristalizados de color blanco con forma subangular y un tamaño  $\geq 1\text{mm}$ .

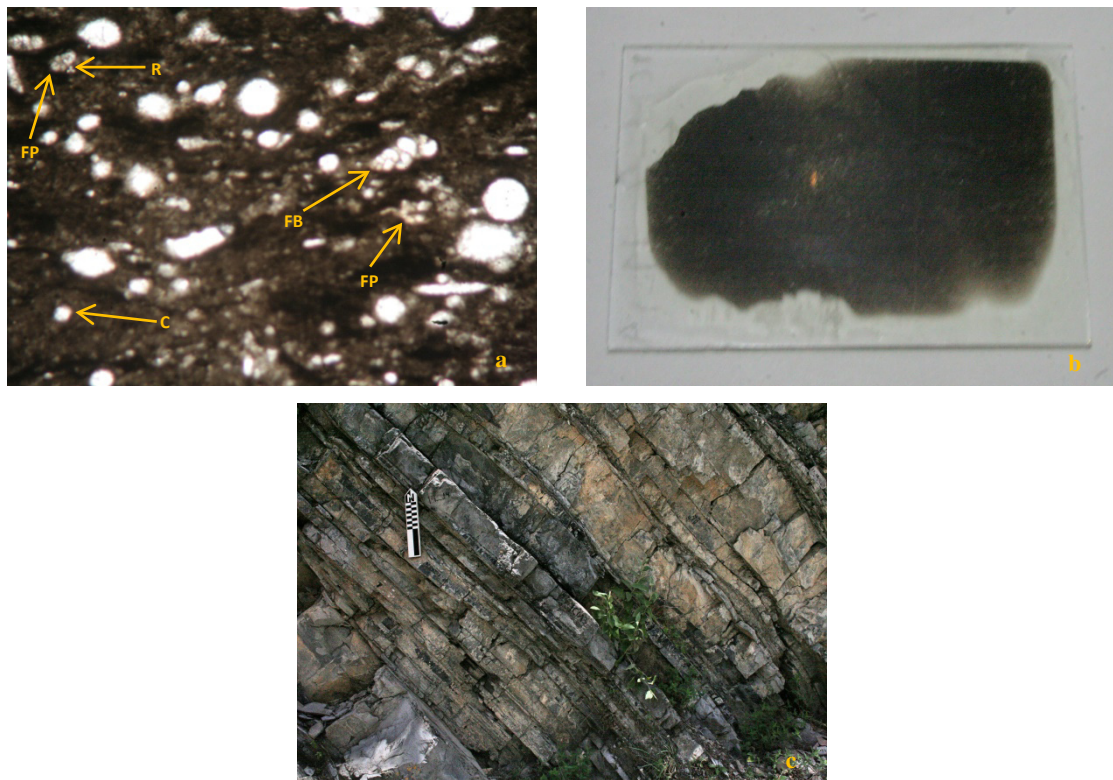
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $< 4\mu$ , de un color negro y con líneas de óxido de hierro. Presenta laminación.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de restos de espículas de esponja, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Spiroplectamina* sp., *Globigerinelloides* sp., *Pithonella* sp., *Schackoina* sp., *Archaeoglobigerina cretacea*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 45.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_2\_14\_14, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 14; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

### Estación 3

**Muestra:** ICM\_3\_15\_15

**Descripción:** Debido a la similitud de características físicas se decidió empaquetar un total de 5 capas en una sola. Capa con un espesor de 13.30 m. Compuesta por una sucesión de calizas gruesas y calizas laminares, con intercalaciones de bandas gruesas de pedernal negro. Sus colores en intemperizado son gris claro (N7), café amarillento oscuro (10YR 4/2), naranja amarillento oscuro (10YR 6/6), naranja muy pálido (10YR 8/2), naranja grisáceo (10YR 7/4), gris amarillento (5Y 8/1) y café amarillento moderado (10YR 5/4), en fresco los colores son negro grisáceo (N2), gris medio (N5), gris oscuro (N3), café amarillento oscuro (10YR 4/2), gris claro medio (N6) y gris muy claro (N8). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular de forma redondeada, de color blanco y recristalizados con un tamaño <1mm; granos angulosos y rectangulares, recristalizadas y de color blanco  $\leq 1$ mm; granos subredondeados a redondeados, recristalizados y con un tamaño 1-2 mm; granos muy angulosos y de forma irregular, recristalizados y < 1mm.

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , algunas de un color pardo y otras en color negro, Presenta vetas de calcita y algunas manchas de óxido color ocre. Algunas con laminación ligera.

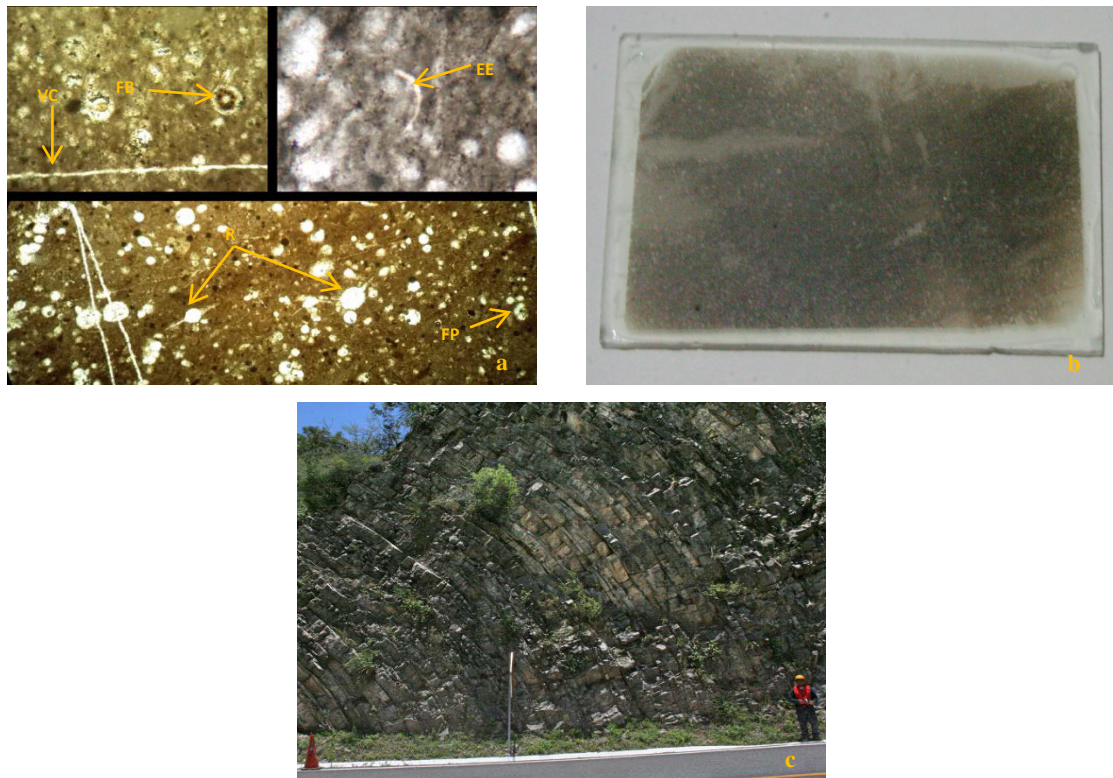
**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de restos de espículas de esponja, radiolas (placas de equinodermos), granos de óxido, vetas de calcita, vetillas de mineral amarillo, granos de color fucsia y lila, restos de algas calcáreas (*Chara* sp.), radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Globigerinelloides* sp., *Stomiosphaera* sp., *Rotalipora* sp., *R. cushmani*, *Hedbergella tunisiensis*., *Spiroplectammina* sp., *Dicarinella* sp., *Pithonella* sp., *Saccocoma* sp., *Planulina* sp.,

*Nodosaria* sp., *Schackoia* sp., *Ticinella* sp., *T. roberti*, *T. prímula*, *Calcisphaerula* sp., *Lenticulina* sp., *Heterohelix striata*, *Whiteinella archeocretacea*, *Clavihedbergella simplex*, *C. amabilis*, *Biticinella breggiensis*, *Muricohedbergella delrioensis*, *Microhedbergella rischi*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 46.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_3\_15\_15, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 15; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

#### **Muestra:** ICM\_3\_16\_20

**Descripción:** Capa con un espesor de 36 cm. Compuesta calizas medianas con intercalaciones de bandas delgadas de pedernal negro y vetas de calcita visibles. Su color en intemperizado es naranja muy pálido (10YR 8/2), en fresco es de color blanco (N9) y gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al



contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma granos recristalizados de color negro con forma subangular y un tamaño  $\geq 1\text{mm}$ .

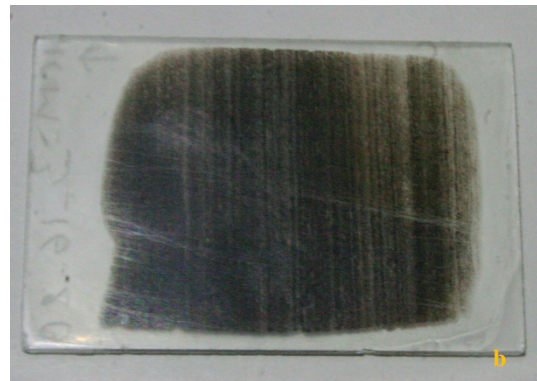
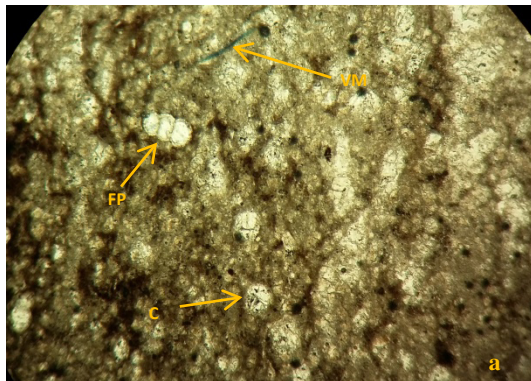
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de un color negro, presenta vetas de calcita. Con laminación bien marcada.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios, restos de algas calcáreas (*Chara* sp.), vetillas de mineral azul y amarillo y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Heterohelix striata*, *Ticinella roberti*, *T. moulladei*, *Globigerinelloides* sp., *Lenticulina* sp., *Dicarinella* sp., *Rotalipora* sp., *Spiroplectammina* sp., *Hedbergella* sp. *Asterohedbergella asterospinosa*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 47.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_3\_16\_20, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 16; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_3\_17\_21

**Descripción:** Capa con un espesor de 60 cm. Compuesta una sucesión de calizas y calizas laminares, con vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris claro (N7), gris amarillento (5YR 8/1) y naranja amarillento oscuro (10YR 6/6), en fresco es de gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular de color blanco, recrystalizados y de color blanco con tamaño  $\geq 2\text{mm}$ .

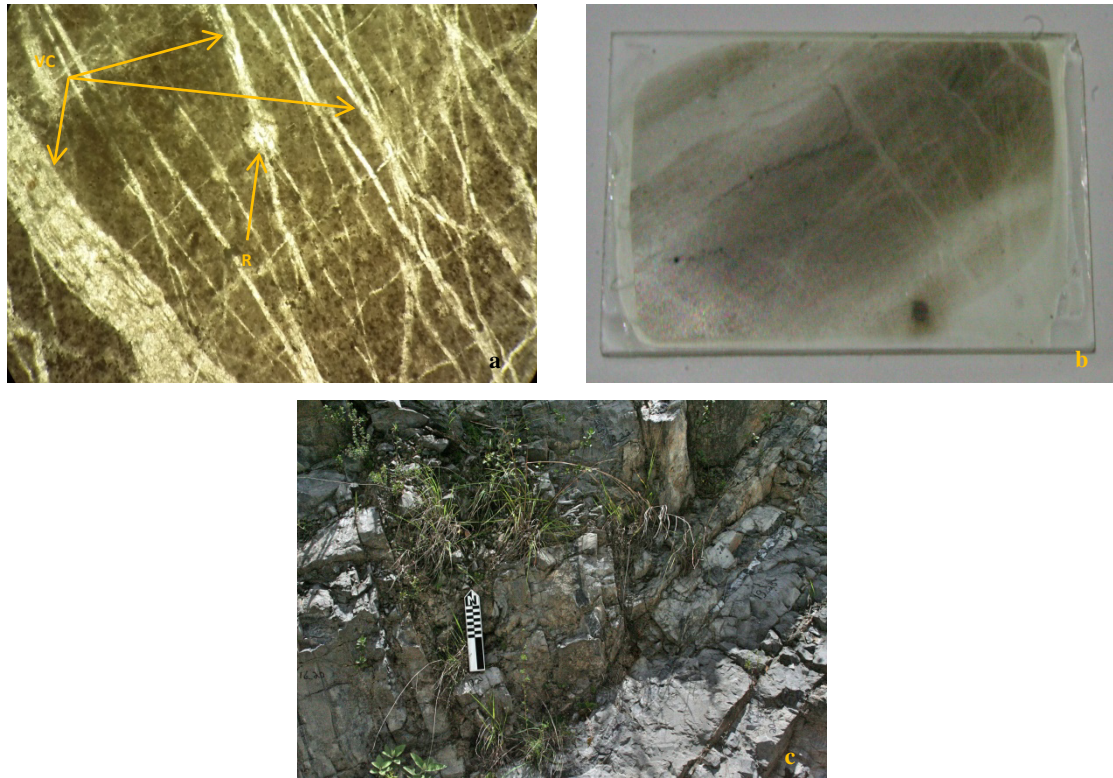
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $< 4\mu$ , de color pardo, presenta una fuerte recrystalización.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo mudstone (Dunham, 1962), presenta menos del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

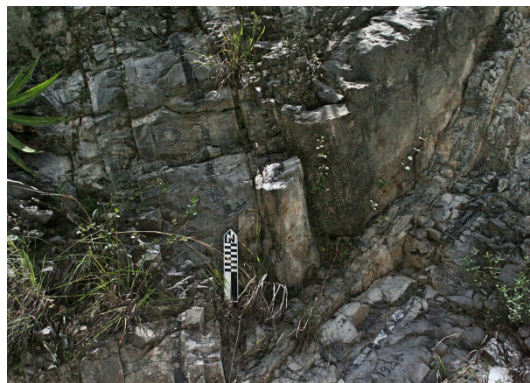
**Aloquímicos:** Debido a la recrystalización de la muestra, los aloquímicos están fuertemente tectonizados. Se pudo distinguir la presencia de radiolarios y *Calcisphaerula* sp.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 48.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_3\_17\_21, mostrando las vetas de calcita y su recristalización; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 17; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_3\_18\_22. Esta muestra correspondía a pedernal por lo cual no se le realizó una laminilla.



**Figura 49.** Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_3\_19\_23

**Descripción:** Capa con un espesor de 53 cm. Compuesta una sucesión de calizas y calizas laminares, con vetas de calcita e intercalaciones de bandas medianas de pedernal negro. Su color en intemperizado es café amarillento moderado (10YR 5/4), en fresco es de gris medio (N5). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma redondeada de color negro y con un tamaño <1mm; granos angulosos e irregulares de color blanco, recristalizados y con un tamaño >1mm.

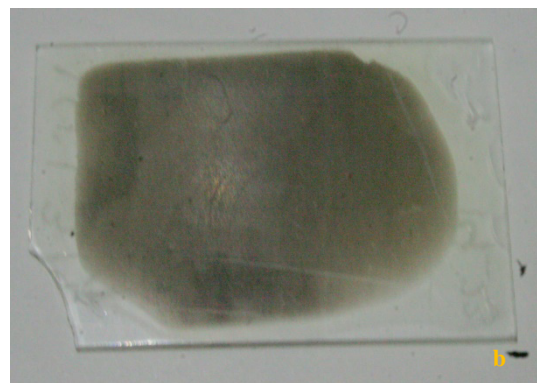
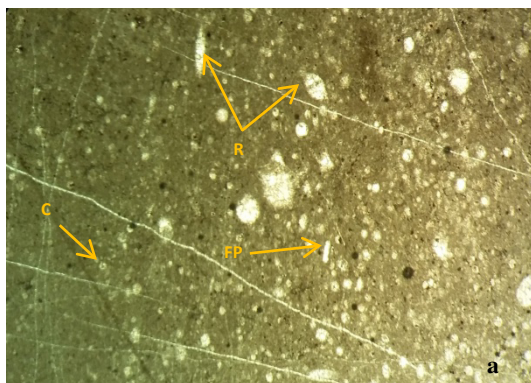
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de un color pardo y con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios, granos de óxido y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Ticinella* sp., *Schackoia* sp., *Globigerinelloides* sp., *Pithonella* sp., *Hedbergella* sp., *Nodosaria* sp.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 50.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_3\_19\_23, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 19; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_3\_20\_24

**Descripción:** Misma descripción que la muestra ICM\_3\_17\_21 porque pertenecen a un chevrón.

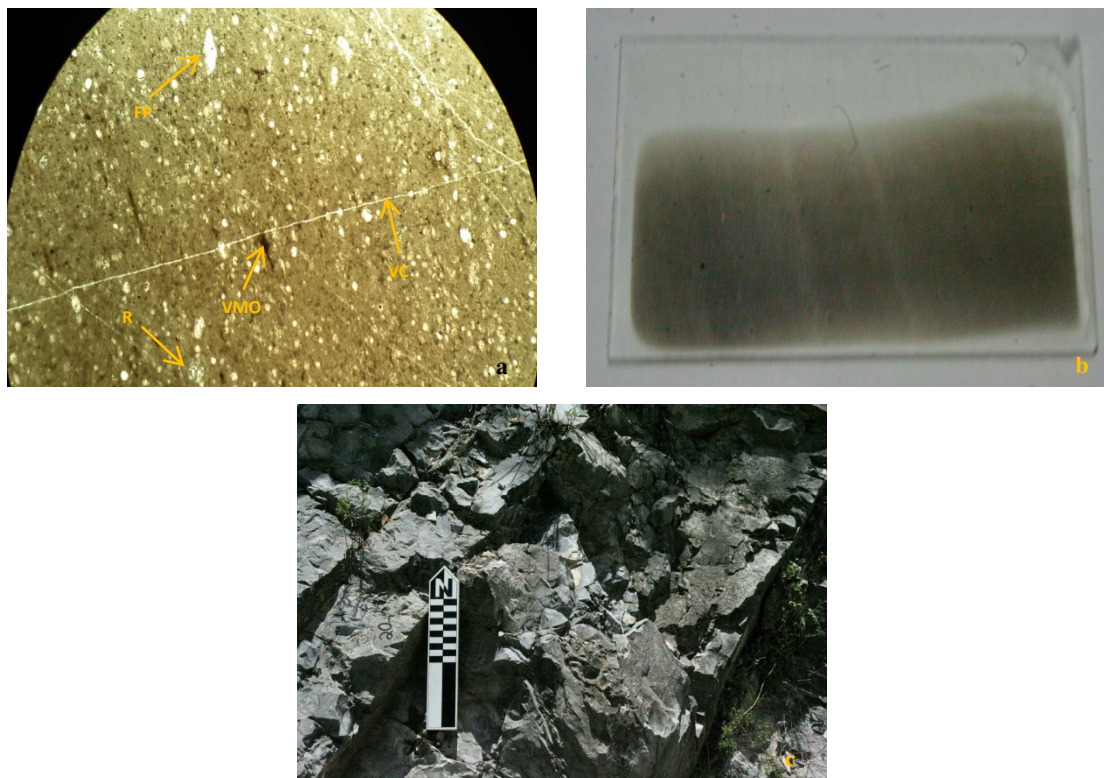
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color pardo y vetas de calcita. Presenta laminación ligera.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios, granos de óxido y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Ticinella* sp., *Schackoia* sp., *Globigerinelloides* sp., *Pithonella* sp., *Hedbergella* sp., *Nodosaria* sp., *Heterohelix striata*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 51.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_3\_20\_24, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetillas de MO; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 20; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_3\_21\_25

**Descripción:** Capa con un espesor de 43 cm. Compuesta una sucesión de calizas y calizas laminares, con vetas de calcita e intercalaciones de bandas delgadas de pedernal negro. Su color en intemperizado es gris amarillento (5YR 8/1) y gris claro medio (N6), en fresco es de gris oscuro medio (N4). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma angulosa, irregular y recristalizada de color blanco y  $\geq 2\text{mm}$ ; granos redondeados de color blanco y con un tamaño  $< 1\text{mm}$ ; granos angulosos y semiredondeados de color ocre con un tamaño  $< 1\text{mm}$ .

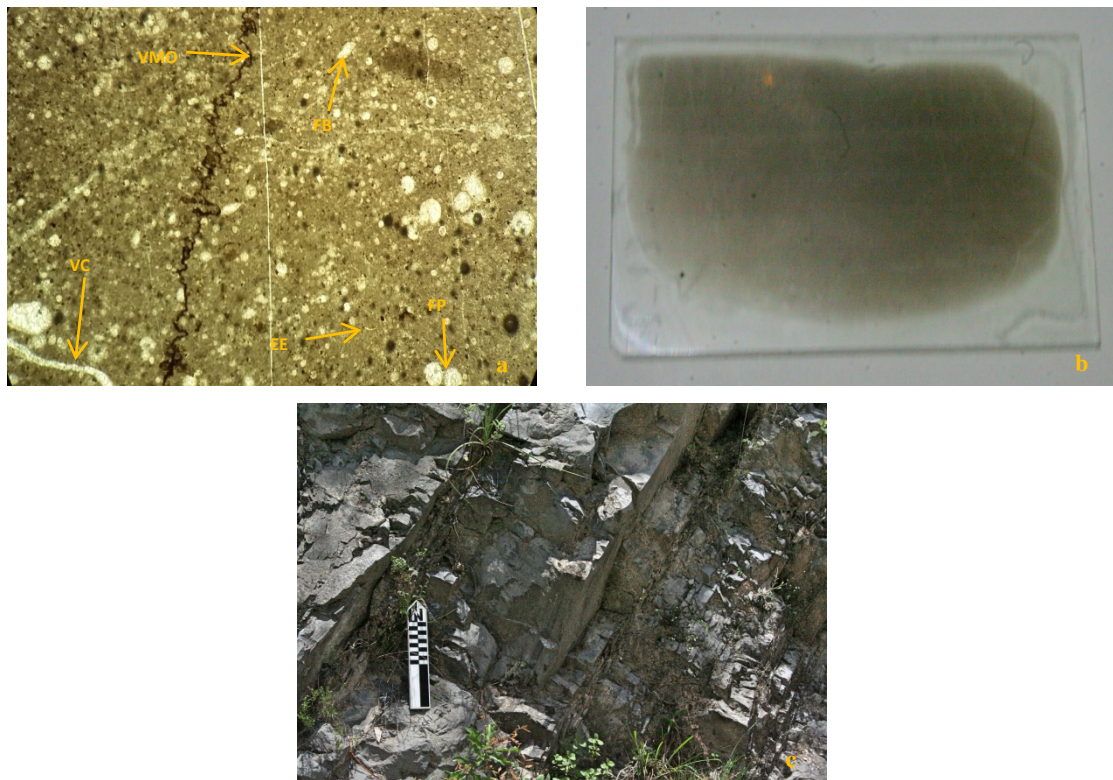
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $< 4\mu$ , de color pardo y vetas de calcita. Presenta laminación ligera.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios, granos de óxido, vetillas de MO y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Ticinella* sp., *Hedbergella* sp., *Lenticulina* sp., *Pithonella ovalis*, *Heterohelix striata*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 52.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_3\_21\_25, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados, veta de mineral y vetillas de MO; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 21; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_3\_22\_26. Esta muestra correspondía a pedernal por lo cual no se le realizó una laminilla.



**Figura 53.** Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_3\_23\_27

**Descripción:** Capa con un espesor de 1.02 m. Compuesta de calizas laminares, con vetas gruesas de calcita e intercalaciones de bandas delgadas de pedernal negro. Su color en intemperizado es café claro (5YR 5/6) y gris amarillento (5YR 8/1), en fresco es de gris medio (N5). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma angulosa, irregular y recristalizada de color blanco y  $\geq 2\text{mm}$ .

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $< 4\mu$ , de color café oscuro con manchas de color pardo.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Nodosaria* sp., *Dicarinella* sp. *Ticinella roberti*, *Heterohelix striata*, *Muricohedbergella delrioensis*, *Pithonella ovalis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 54.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_3\_23\_27, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 23; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_3\_24\_28

**Descripción:** Capa con un espesor de 1.07 m. Compuesta de una secuencia de calizas laminares y calizas gruesas, con intercalaciones de bandas que van de delgas a gruesas de pedernal negro. Su color en intemperizado es gris medio (N5) y café claro (5YR 5/6), en fresco es de gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma angulosa, irregular y recristalizada de color blanco y  $\geq 2\text{mm}$ ; granos angulosos y subredondeados de color blanco de tamaño  $< 1\text{mm}$ .

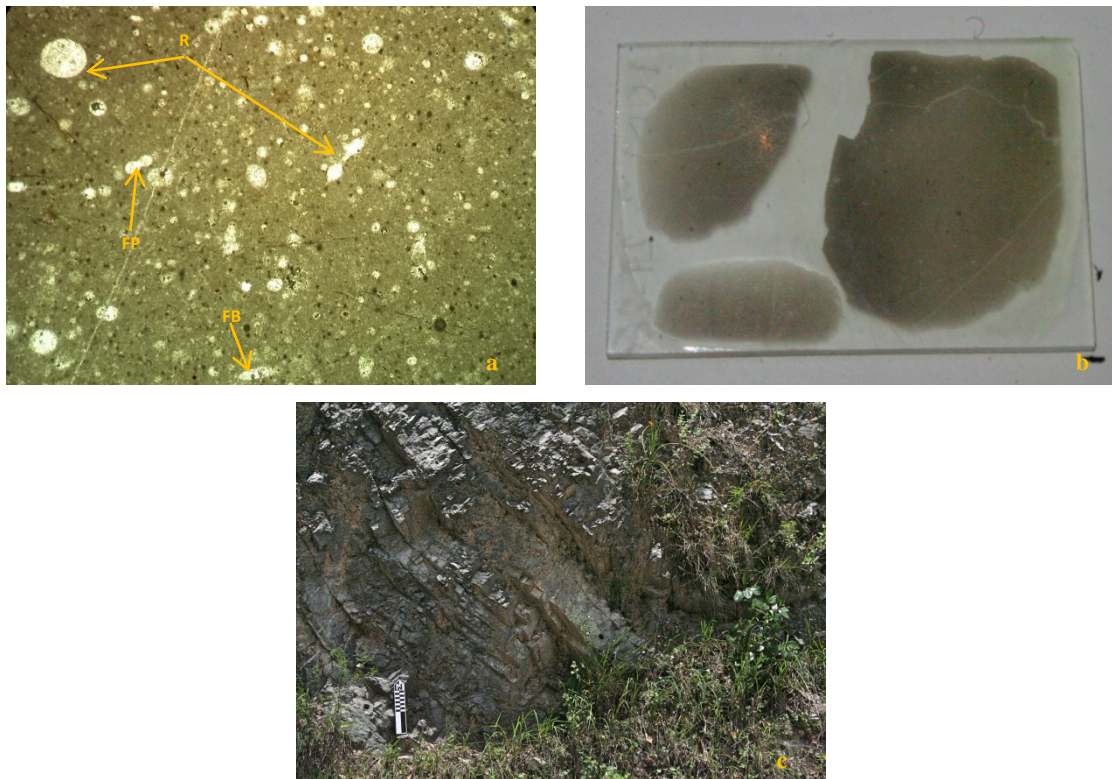
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $< 4\mu$ , de color pardo y con delgadas vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios, granos de óxido y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Schackoina* sp., *Calcisphaerula* sp., *Lenticulina* sp., *Globigerinelloides* sp.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 55.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_3\_24\_28, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 24; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

## Estación 4

**Muestra:** ICM\_4\_25\_29

**Descripción:** Mismas características que la anterior debido a que pertenecen a un chevrón.

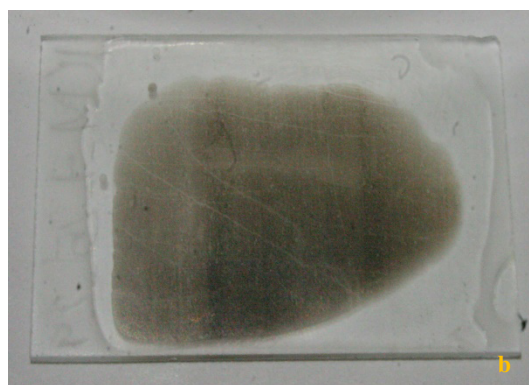
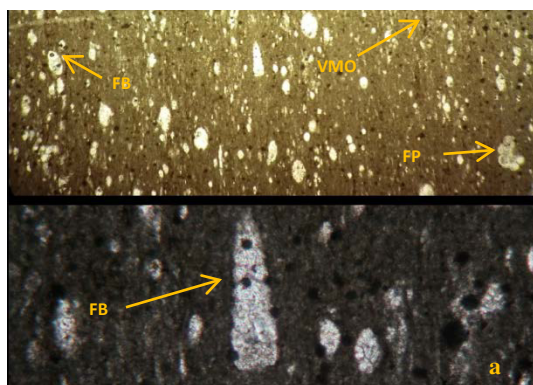
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color pardo y con delgadas vetas de calcita. Con laminación ligera.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios, restos de espigas de esponjas, granos de mineral color fucsia, vetillas de mineral color azul y fucsia, y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Textularia* sp., *Rotalipora* sp., *Lenticulina* sp., *Dicarinella* sp., *Globigerinelloides* sp., *Schackoina* sp., *Heterohelix striata*, *Thalmaninella appenninica*, *Ticinella roberti*, *Favusella washitensis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 56.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_4\_25\_29, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 25; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_4\_26\_30

**Descripción:** Capa con un espesor de 43 cm. Compuesta de calizas gruesas, con fragmentación tipo diaclasa. Su color en intemperizado es naranja grisáceo (10YR 7/4) y café claro (5YR 5/6), en fresco es gris claro (N6), naranja grisáceo (10YR 7/4) y naranja amarillento oscuro (10YR 6/6). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma angulosa, irregular y recrystalizada de color blanco y  $\geq 2\text{mm}$ ; granos redondeados de color negro y  $< 1\text{mm}$ .

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $< 4\mu$ , de color pardo con machas en marmoleado de color café oscuro, con vetas de calcita.

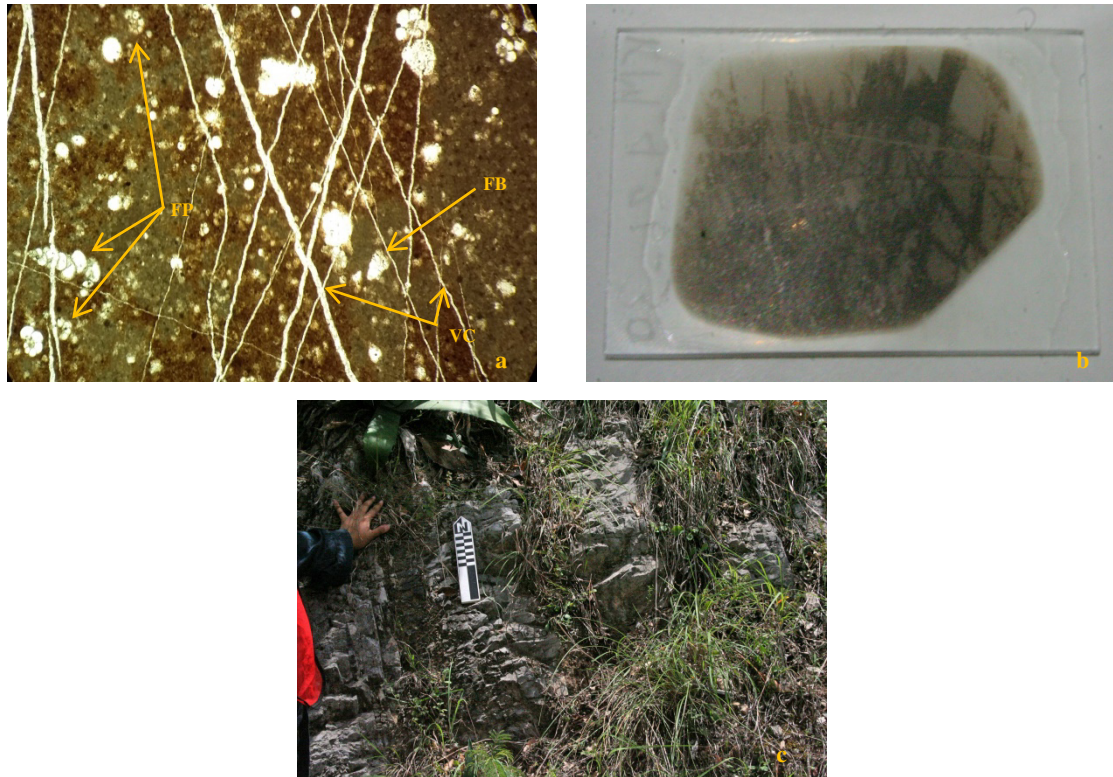
**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Rotalipora* sp., *R. cushmani*, *Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp., *Calcisphaerula* sp., *Ticinella* sp., *T. primula*, *T. roberti*, *Schackoia*

sp., *Spiroplectamina* sp., *Lenticulina* sp., *Thalmaninella appenninica*, *Biticinella breggiensis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 57.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_4\_26\_30, mostrando algunos de los aloquímicos encontrado y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 26; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_4\_27\_31

**Descripción:** Capa con un espesor de 47 cm. Compuesta de calizas medianas a gruesas con fragmentación de tipo diaclasa. Su color en intemperizado es gris amarillento (5Y 8/1) y naranja grisáceo (10YR 7/4), en fresco es gris oscuro medio (N4). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma angulosa y rectangular, recristalizados y de color blanco y <1mm.

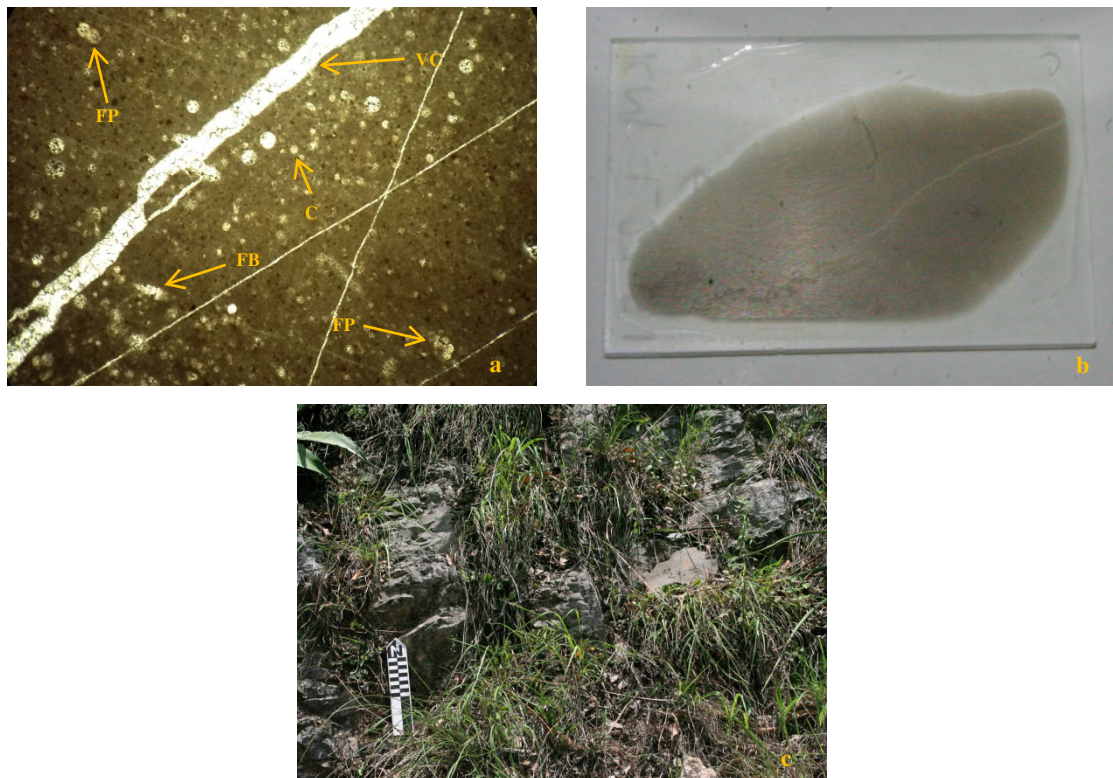
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color pardo con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios, granos de óxido, radiolas (placas de equinodermos), restos de bivalvos y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Dicarinella* sp., *Hedbergella* sp., *Schackoina* sp., *Globigerinelloides* sp., *Ticinella* sp., *T. roberti*, *Favusella washitensis*, *Pithonella ovalis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 58.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_4\_27\_31, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 27; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_4\_28\_32

**Descripción:** Capa con un espesor de 20 cm. Compuesta de calizas medianas con fragmentación de tipo diaclasa. Su color en intemperizado es naranja grisáceo (10YR 7/4), café moderado (5YR 4/4) y gris claro medio (N6), en fresco es negro grisáceo (N2) y gris medio (N5). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma redondeada y de color blanco con un tamaño de ~1mm; granos redondeados de color negro, recristalizados y <1mm; granos angulosos y semirectangulares de color blanco y >1mm.

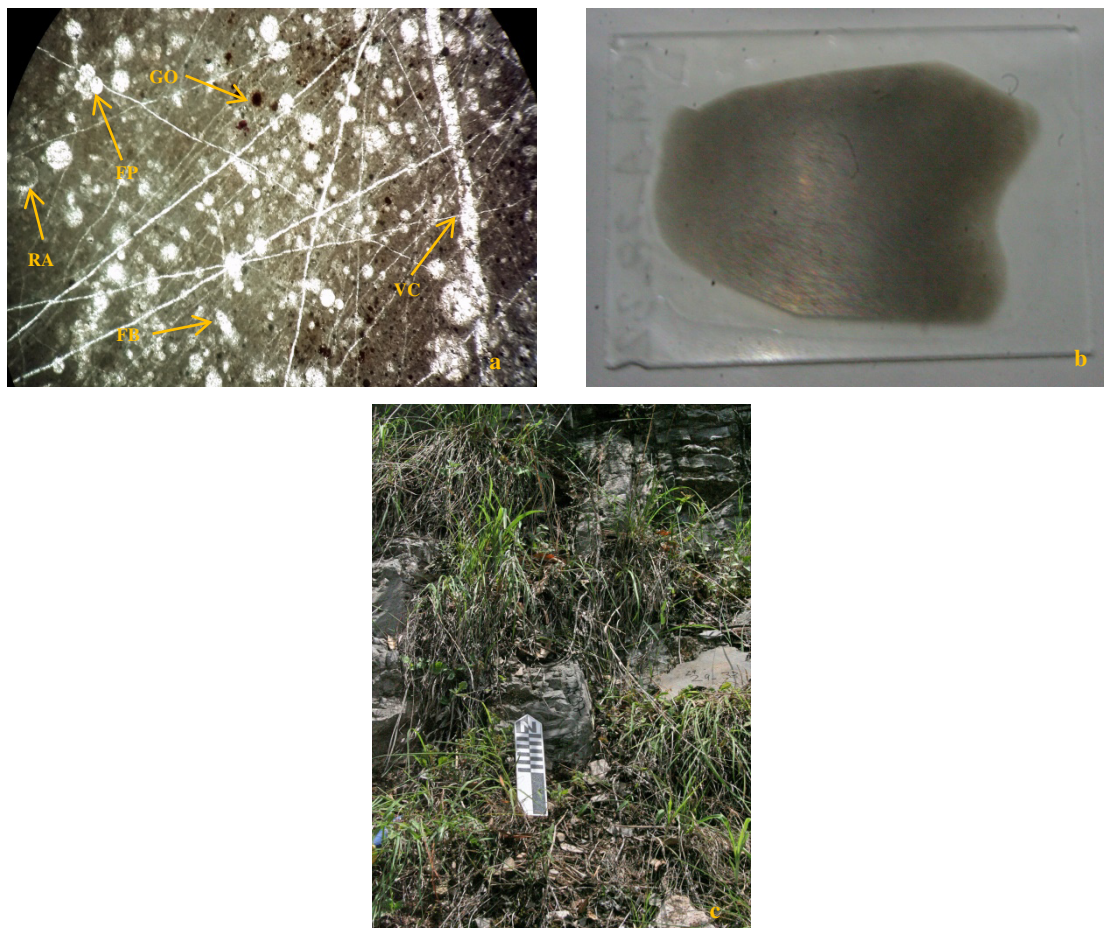
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios, radiolas (placas de equinodermos), y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Nodosaria* sp., *Globigerinelloides* sp., *Schackoina* sp., *Saccocoma* sp., *Ticinella roberti*, *Pithonella ovalis*, *Favusella washitensis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 59.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_4\_28\_32, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 28; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_4\_29\_33

**Descripción:** Capa con un espesor de 1.05 m. Compuesta de calizas gruesas con fragmentación de tipo diaclasa. Su color en intemperizado es gris amarillento (5Y 8/1), naranja grisáceo (10YR 7/4) y café amarillento moderado (10YR 5/4), en fresco es gris oscuro (N3) y gris medio (N5). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma redondeada y de color negro con un tamaño de  $\leq 1\text{mm}$ ; granos redondeados de color blanco, recristalizados y  $< 1\text{mm}$ .



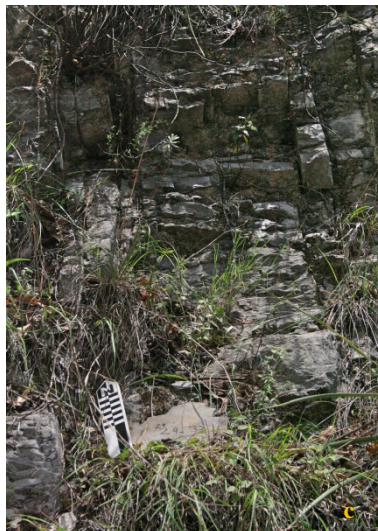
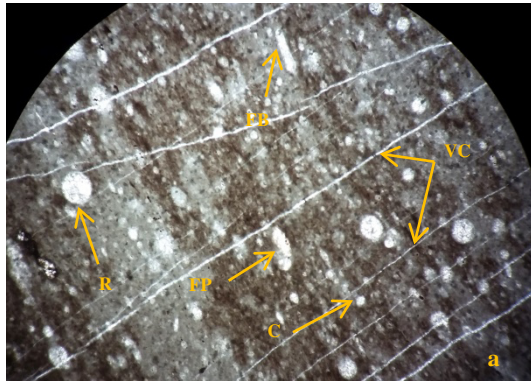
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color pardo con líneas de color café oscuro y vetas gruesas de calcita. Presenta laminación ligera.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada. Con tendencia a la recristalización.

**Aloquímicos:** Debido al proceso de recristalización que comenzó en la roca se observó una pobre cantidad de aloquímicos. Los más representativos son: *Ticinella* sp., *Hedbergella* sp., *Calcisphaerula* sp., *Pithonella* sp., *Globigerinelloides* sp., *Heterohelix striata*, algunos radiolarios y granos de óxido.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 60.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_4\_29\_33, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 29; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_4\_30\_34

**Descripción:** Debido a la similitud de características físicas se decidió empaquetar un total de 6 capas en una sola. Capa con un espesor de 20.8 m. Compuesta por una sucesión de calizas gruesas y calizas laminares, con fragmentación de tipo diaclasa e intercalaciones de bandas gruesas de pedernal negro y vetas medianas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris claro medio (N6), café amarillento moderado (10YR 5/4), gris amarillento (5Y 8/1) y café moderado (5YR 4/4), en fresco los colores son negro grisáceo (N2) y gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular de forma redondeada, de color blanco y recrystalizados con un tamaño <1mm; granos angulosos y rectangulares, recrystalizadas y de color blanco  $\leq$ 1mm; granos subredondeados a redondeados, recrystalizados y con un tamaño 1-2mm.

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo, algunas con manchones de café oscuro.

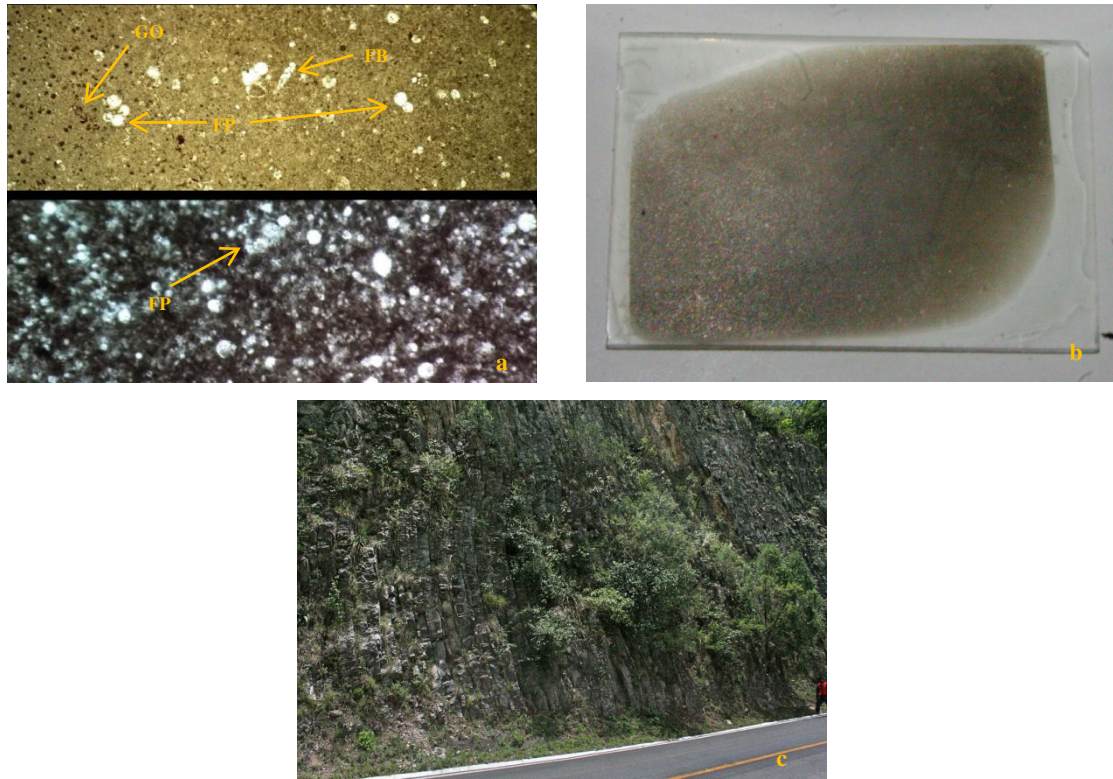
**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada. Con tendencia a la recrystalización.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios, espinas de esponja, bioturbación, vetillas de mineral azul, granos de óxido, vetillas de MO, grano de mineral rojo, radiolas (placas de equinodermos), y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Globigerinelloides* sp., *G. bentonensis*, *Schackoina* sp., *Archaeoglobigerina* sp., *Spiroplectamina* sp., *Hedbergella* sp., *H. similis*, *Planomalina* sp., *P. buxtorfi*, *Lenticulina* sp., *Textularia* sp., *Stomiosphaera* sp.,

*Heterohelix striata*, *Ticinella roberti*, *T. prímula*, *Rotalipora cushmani*, *Thalmaninella appenninica*, *Favusella washitensis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 61.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_4\_30\_34, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 30; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_4\_31\_40

**Descripción:** Debido a la similitud de características físicas se decidió empaquetar un total de 2 capas en una sola. Capa con un espesor de 3.6 m. Compuesta por una sucesión de calizas gruesas y calizas laminares, con fragmentación de tipo diaclasa e intercalaciones de bandas gruesas de pedernal negro y vetas medianas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris claro medio (N6), café amarillento moderado (10YR 5/4), café amarillento oscuro (10YR 2/2), gris medio (N5), en fresco los colores son

negro grisáceo (N2), gris oscuro medio (N4) y gris medio (N5). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular de forma redondeada, de color blanco y recristalizados con un tamaño <1mm; granos subredondeados a redondeados, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

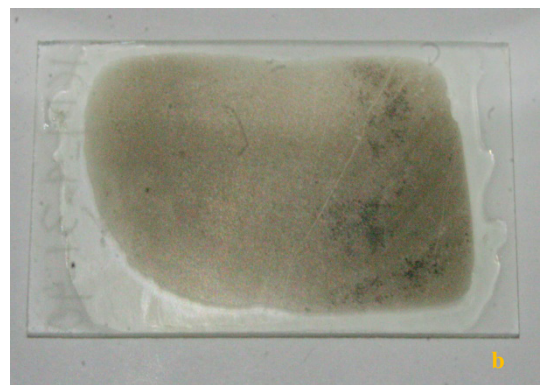
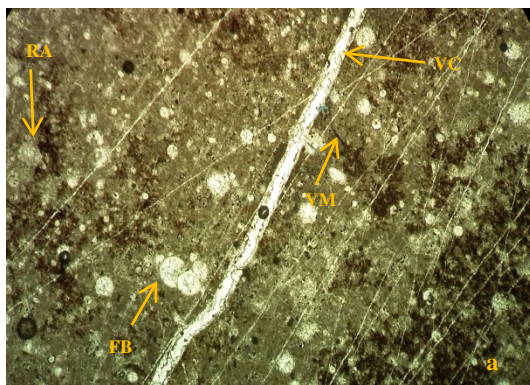
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo, algunas con manchones de café oscuro.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada. Con tendencia a la recristalización.

**Aloquímicos:** La laminilla presentó tendencias de recristalización por la gran cantidad de vetas de calcita. Presencia de radiolarios, espigas de esponja, vetillas de mineral azul y amarillo, granos de óxido y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Globigerinelloides* sp., *Lenticulina* sp., *Stomiosphaera* sp., *Schackoina* sp., *Heterohelix striata*, *Ticinella roberti*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 62.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_4\_31\_40, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 31; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

## Estación 5

**Muestra:** ICM\_5\_32\_42

**Descripción:** Capa con un espesor de 91 c m. Compuesta por una sucesión de calizas gruesas y calizas laminares, con intercalaciones de bandas delgadas de pedernal negro y vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris muy claro (N8), gris claro medio (N6), café grisáceo (5YR 3/2) y café claro (5YR 5/6) , en fresco el color es gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular de forma angulosa, de color blanco y recrystalizados con un tamaño <1mm; granos subredondeados a redondeados, recrystalizados y con un tamaño 1-2mm.

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color café oscuro, con vetas de calcita y presencia de laminación.

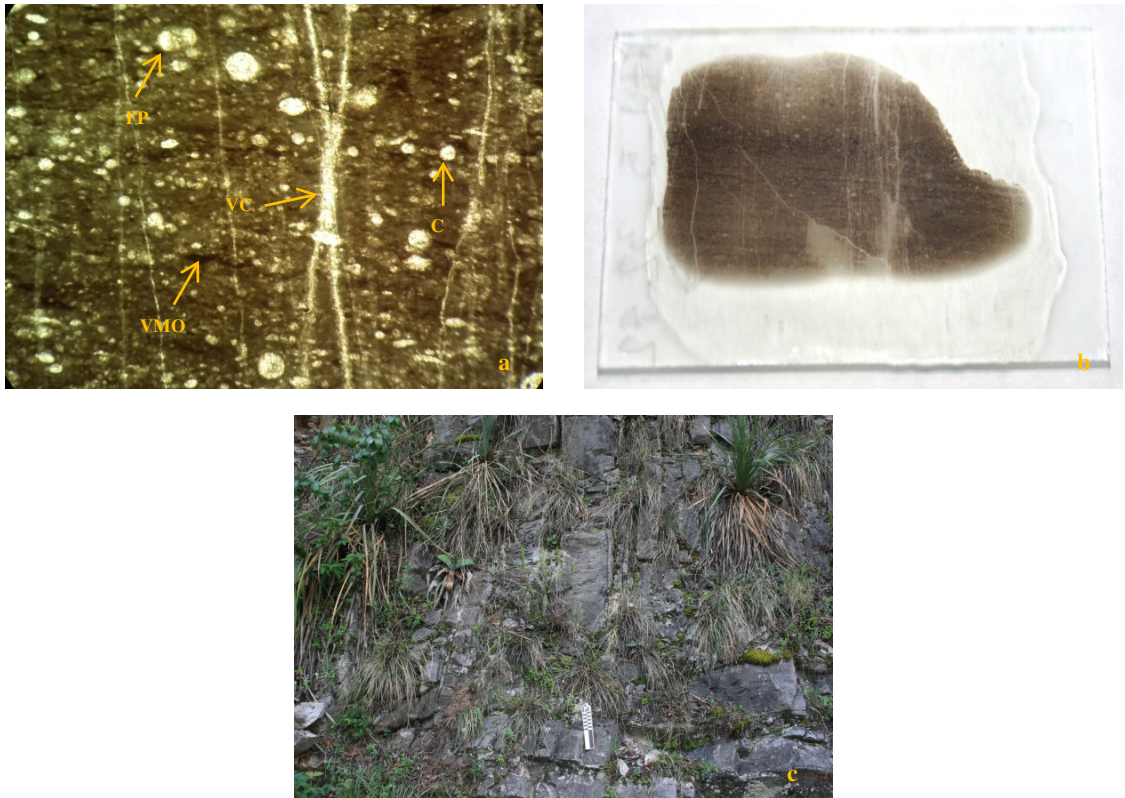
**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada. Con tendencia a la recrystalización.

**Aloquímicos:** La laminilla presentó tendencias de recrystalización por la gran cantidad de vetas de calcita. Presencia de radiolarios, granos de óxido, vetillas de MO y

foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Hedbergella* sp., *Heterohelix striata*, *Favusella washitensis*, *Ticinella* sp., *T. roberti*, *Globigerinelloides* sp., *G. bentonensis*, *Dicarinella* sp., *Planomalina buxtorfi*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 63.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_5\_32\_42, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 32; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

#### **Muestra:** ICM\_5\_33\_43

**Descripción:** Capa con un espesor de 1.12 m. Compuesta por una sucesión de calizas gruesas y calizas laminares, con intercalaciones de bandas delgadas de pedernal negro y vetas gruesas de calcita. Sus colores en intemperizado son blanco (N9), negro grisáceo (N2), Naranja muy pálido (10YR 8/2) y naranja grisáceo (10YR7/4), en fresco el color

es gris claro medio (N6). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular de forma angulosa, de color blanco y recristalizados con un tamaño <1mm; granos redondeados, recristalizados de color negro y con un tamaño <1mm.

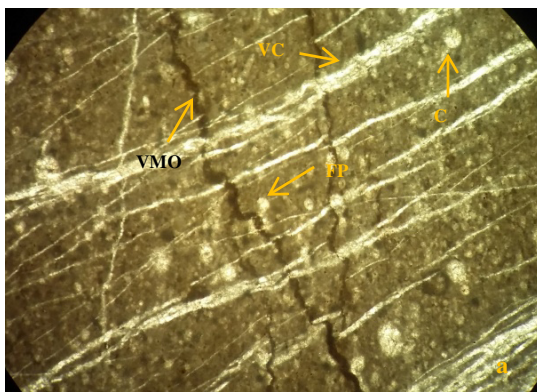
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo y con numerosas vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada. Con tendencia a la recristalización.

**Aloquímicos:** La laminilla presentó tendencias de recristalización por la gran cantidad de vetas de calcita de ahí la poca presencia de aloquímicos. Presencia de vetillas de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Hedbergella* sp., *Ticinella* sp., *Calcisphaerula* sp.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 64.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_5\_33\_43, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 33; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_5\_34\_44

**Descripción:** Capa con un espesor de 53 cm. Compuesta por una sucesión de calizas gruesas y calizas laminares, con intercalaciones de bandas delgadas de pedernal negro, vetas de calcita y manchones de color ocre. Su color en intemperizado es café moderado (5YR 4/4), en fresco los colores en fresco son gris oscuro (N3), gris amarillento (5Y 8/1), negro grisáceo (N2). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma rectangular y angulosa, de color blanco y recrystalizados con un tamaño <1mm; granos redondeados, recrystalizados de color negro y con un tamaño <1mm.

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color café oscuro, con vetas de calcita y presencia de laminación.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

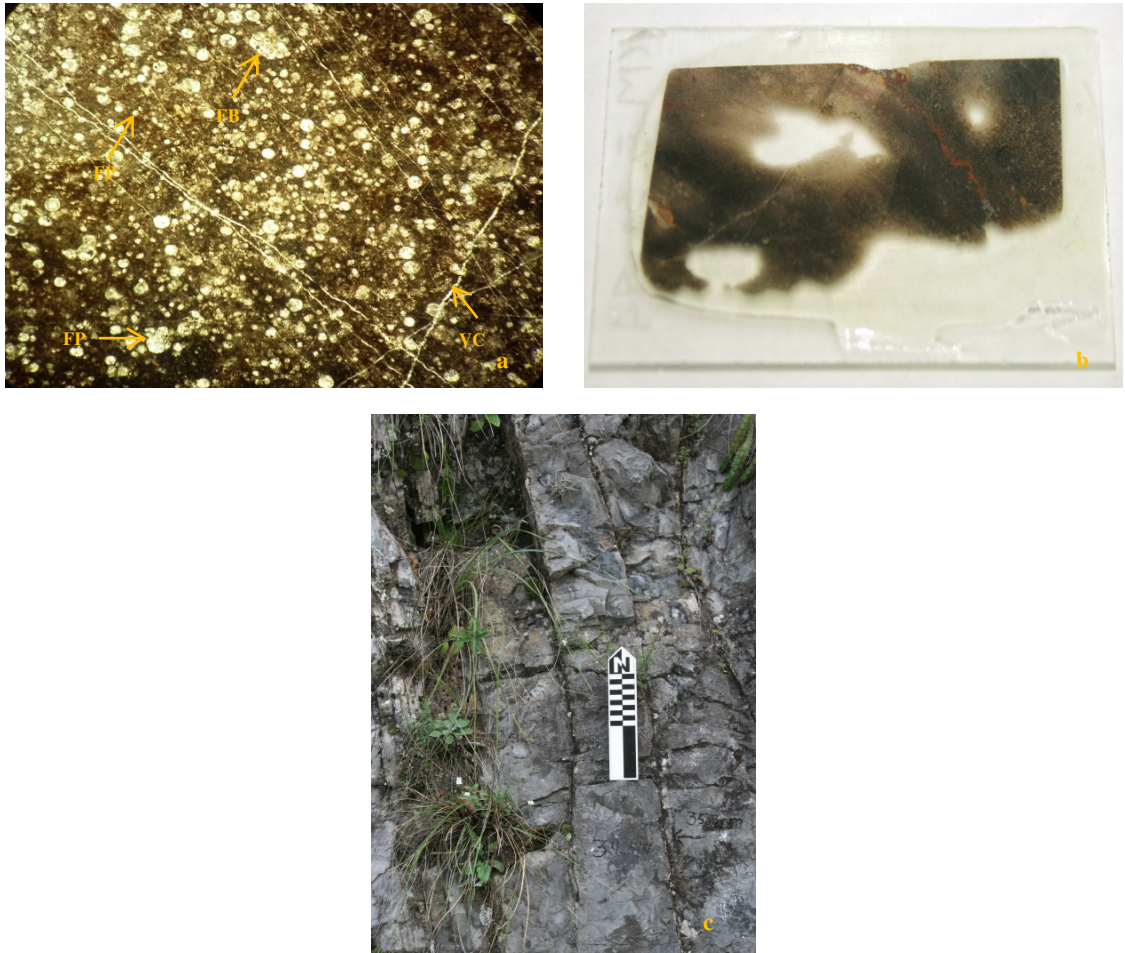
**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada. Con tendencia a la recrystalización.

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas y granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Ticinella* sp., *T. roberti*,



*T. primula*, *Hedbergella* sp., *Calcisphaerula* sp., *Heterohelix striata*, *Clavihedbergella amabilis*, *Favusella washitensis*, *Globigerinelloides* sp., *G. aptiensis*, *Thalmanninella* sp., *T. appenninica*, *T. balernaensis*, *Rotalipora cushmani*, *Bonetocardiella* sp., *Planomalina buxtorfi*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 65.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_5\_34\_44, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 34; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_5\_35\_45

**Descripción:** Debido a la similitud de características físicas se decidió empaquetar un total de 7 capas en una sola. Capa con un espesor de 13.4 m. Compuesta por una sucesión de calizas gruesas y calizas laminares, con bandas de delgadas a gruesas de pedernal negro y fragmentación de tipo diaclasa. Sus colores en intemperizado son gris medio (N5), naranja grisáceo (10YR 7/4), café amarillento pálido (10YR 6/2), café amarillento oscuro (10YR 4/2), naranja grisáceo (10YR 6/6), blanco (N9), café rojizo moderado (10R 4/6), en fresco el color es gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular de forma redondeada, de color blanco y recristalizados con un tamaño <1mm; granos subredondeados a redondeados, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

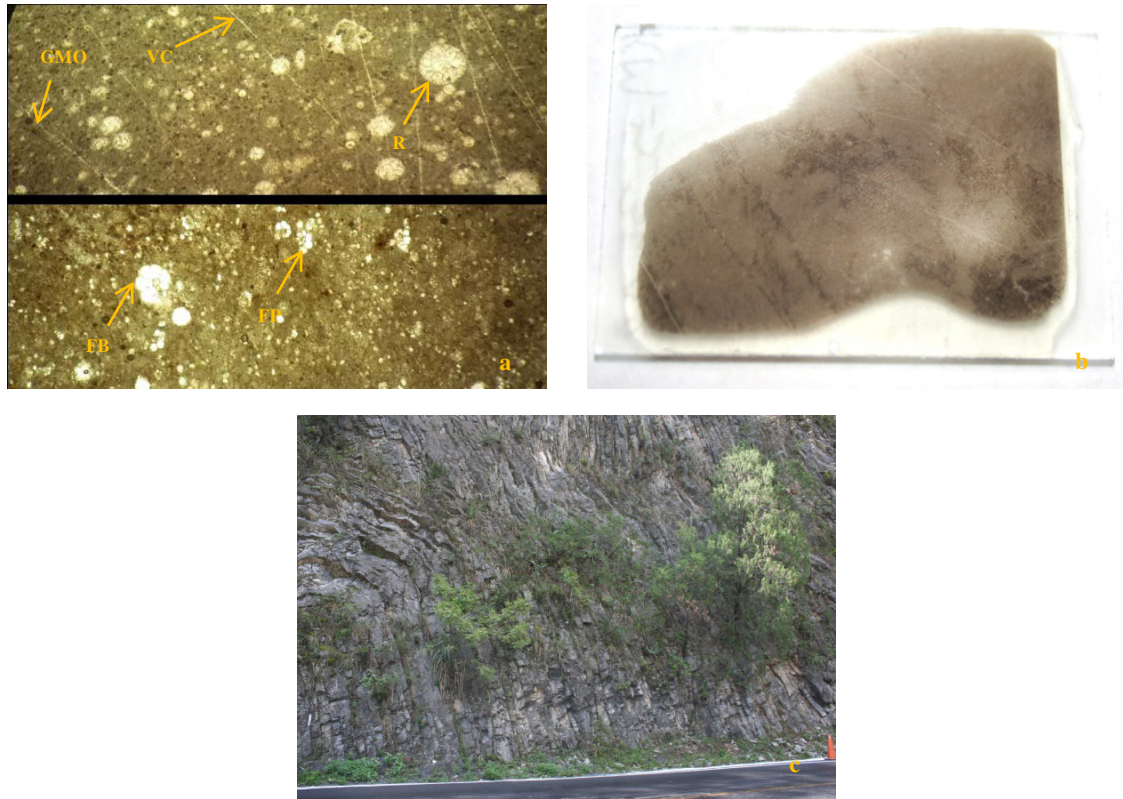
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color café oscuro, con vetas de calcita y presencia de laminación.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada. Algunas muestras presentaron tendencia de recristalización.

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de mineral, manchas de MO, radiolas, espinas de equinodermos, restos de bivalvos, granos de mineral, granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Lenticulina* sp., *Calcisphaerula* sp., *Ticinella* sp., *T. roberti*, *Hedbergella* sp., *H. tunisiensis*, *Planomalina buxtorfi*, *Dicarinella* sp., *D. imbricata*, *Heterohelix striata*, *P. olssoni*, *Microhedbergella pseudotrocoidea*, *Clavihedbergella simplex*, *C. amabilis*, *Bonetocardiella* sp., *Schackoina* sp., *S. cenomana*, *S. bicornis*, *Globigerinelloides* sp., *G. pulchellus*, *G. bentonensis*, *G. aptiensis*, *Thalmaninella* sp., *T. appenninica*, *Rotalipora* sp., *R. cushmani*, *R. praemontsalvensis*, *Spiroplectammina* sp., *Chara* sp., *Favusella washitensis*, *Saccocoma* sp., *Pseudothalmanninella klausii*, *Whiteinella baltica*, *Muricohedbergella delrioensis*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 66.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_5\_35\_45, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 35; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

### **Muestra:** ICM\_5\_36\_52

**Descripción:** Debido a la similitud de características físicas se decidió empaquetar un total de 2 capas en una sola. Capa con un espesor de 3.86 m. Compuesta por una sucesión de calizas gruesas y calizas laminares, con bandas delgadas de pedernal negro y manchones de color ocre. Sus colores en intemperizado son café amarillento oscuro (10YR 4/2), café claro (5YR 5/6), blanco (N9), en fresco los colores son gris cafésáceo (5YR 4/1), café amarillento pálido (10YR 6/2), gris amarillento (5Y 8/1). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular de forma redondeada, de color blanco y recristalizados con un tamaño <1mm; granos subredondeados a redondeados, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

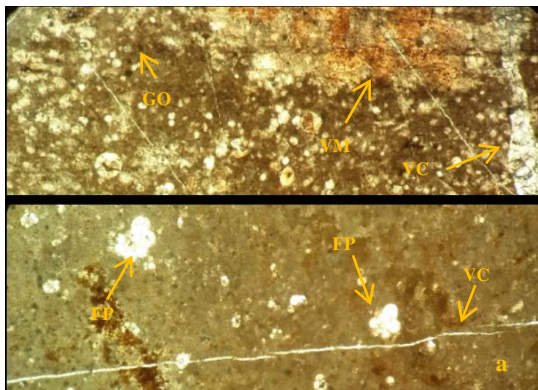
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color pardo y alguno con manchones de color café oscuro, con vetas de calcita y manchones de óxido.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Lenticulina* sp., *Hedbergella* sp., *H. tunisiensis*, *Saccocoma* sp., *Globigerinelloides* sp., *G. pulchellus*, *Spiroplectamina* sp., *Heterohelix striata*, *Clavihedbergella* sp., *C. simplex*, *C. simplicissima*, *Ticinella* sp., *T. roberti*, *Whiteinella archeocretacea*, *Muricohedbergella angolae*, *Favusella washitensis*, *Nodosaria* sp., *Planomalina buxtorfi*.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 67.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_5\_36\_52, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 36; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

## Estación 6

**Muestra:** ICM\_6\_37\_55

**Descripción:** Debido a la similitud de características físicas se decidió empaquetar un total de 7 capas en una sola. Capa con un espesor de 11.35 m. Compuesta por una sucesión de calizas gruesas y calizas laminares, presentan una laminación tipo lajosa, con bandas de pedernal, lentes de calcita y vetas de óxido. Sus colores en intemperizado son gris medio (N5), gris medio oscuro (N4), café amarillento oscuro (10YR 6/6), naranja grisáceo (10YR 7/4), blanco (N9), negro grisáceo (N2), café claro (5YR 5/6), gris cafésáceo (5YR 4/1), gris amarillento (5Y 8/1), café amarillento pálido (10YR 6/2), naranja muy pálido (10YR 8/2), en fresco los colores son gris cafésáceo (5YR 4/1), gris claro medio (N6), naranja grisáceo (10YR 7/4), gris medio (N5), gris oscuro medio (N4), negro grisáceo (N2), gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular de forma rectangular, de colores blancos y recristalizados con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

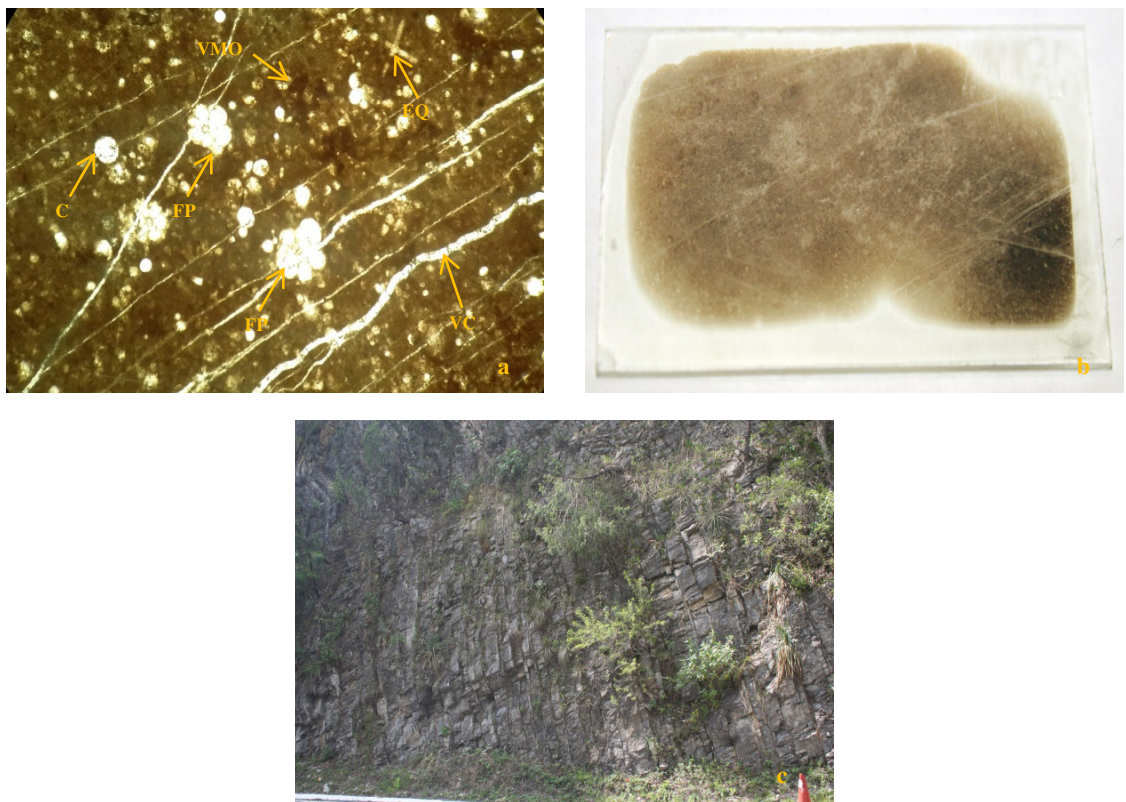
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con machones de color café claro, algunas de ellas de color negro y vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada, solo una de las muestras presentó una textura del tipo packstone.

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de mineral, granos de óxido, restos de equinodermos, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Bonetocardiella* sp., *Saccocoma* sp., *Textularia* sp., *Nodosaria* sp., *Planulina* sp., *Spiroplectammina* sp., *Globigerinelloides bentonensis*, *G. aptiensis*, *G. pulchellus*, *Heterohelix striata*, *P. postmoremani*, *Hedbergella* sp., *H. tunisiensis*, *H. amabilis*, *Whiteinella baltica*, *Clavihedbergella amabilis*, *C. simplex*, *Ticinella* sp., *T. roberti*, *Rotalipora praemontsalvensis*, *R. cushmani*, *Muricohedbergella delrioensis*, *M. angolae*, *Thalmaninella praebalernaensis*, *P. buxtorfi*, *Schackoina bicornis*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 68.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_6\_37\_55, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 37; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_6\_38\_62

**Descripción:** Debido a la similitud de características físicas se decidió empaquetar un total de 3 capas en una sola. Capa con un espesor de 3.4 m. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con bandas de pedernal de delgadas a gruesas, vetas de calcita y manchones de óxido color ocre. Sus colores en intemperizado son café amarillento pálido (10YR 6/2), gris amarillento (5Y 8/1), naranja grisáceo (10YR 7/4), gris medio (N5), rosa-naranja grisáceo (5YR 7/2), en fresco los colores son gris oscuro (N3), gris oscuro medio (N4), negro grisáceo (N2), gris cafésáceo (5YR 4/1), gris amarillento (5Y 8/1), gris muy claro (N8). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

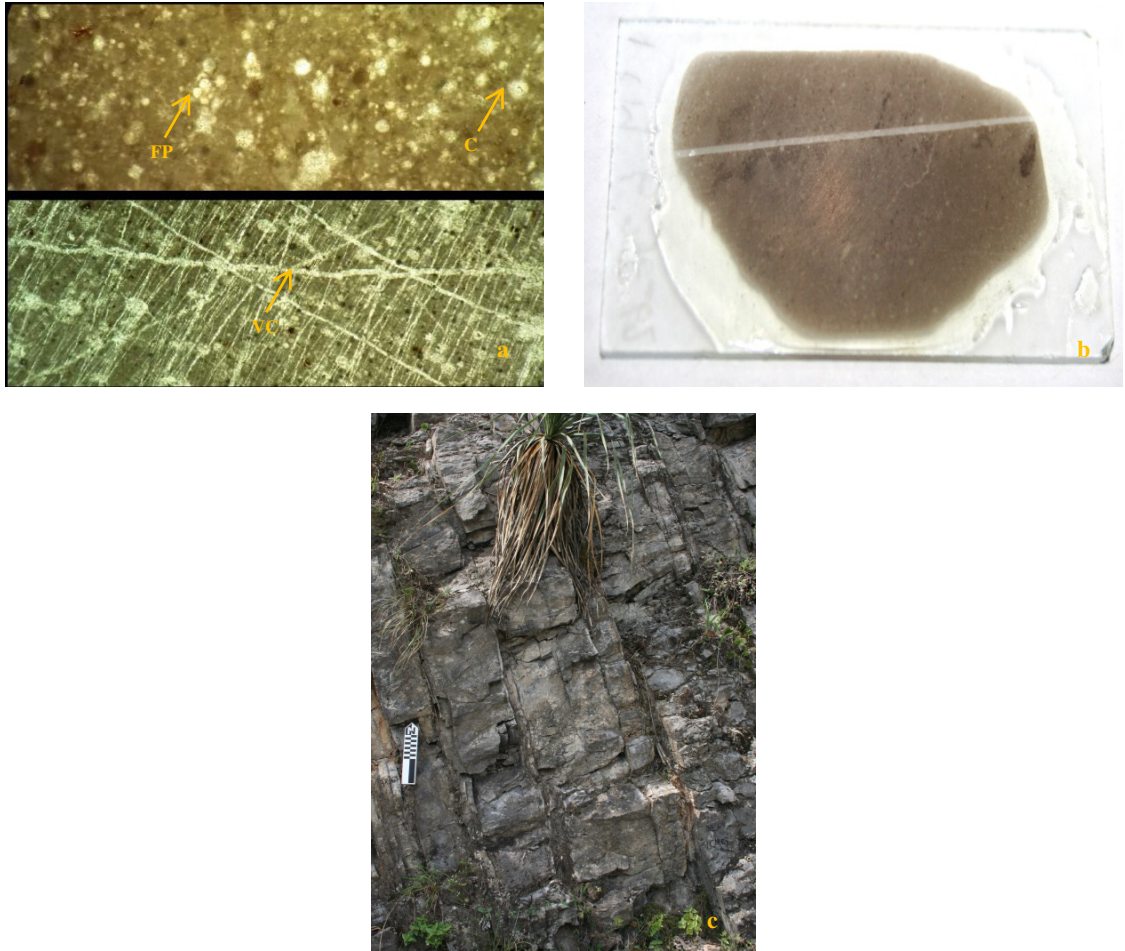
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color negro con machas de color café y vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de mineral, granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Bonetocardiella* sp., *Dicarinella* sp., *Ticinella* sp., *Textularia* sp., *Schackoina* sp., *Lenticulina* sp., *Saccocoma* sp., *Heterohelix striata*, *Clavhedbergella simplex*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 69.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_6\_38\_62, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 38; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

## Estación 7

### Muestra: ICM\_7\_39\_65

**Descripción:** Capa con un espesor de 58 cm. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con bandas de pedernal muy delgadas y vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris amarillento (5Y 8/1), gris oscuro (N3), café moderado (5YR4/4), en fresco los colores son café grisáceo (5YR 3/2), gris oscuro medio (N4). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma



angular, de color negro con un tamaño >1mm; granos subredondeados, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

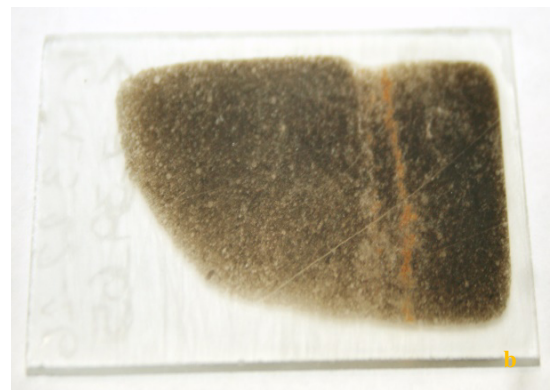
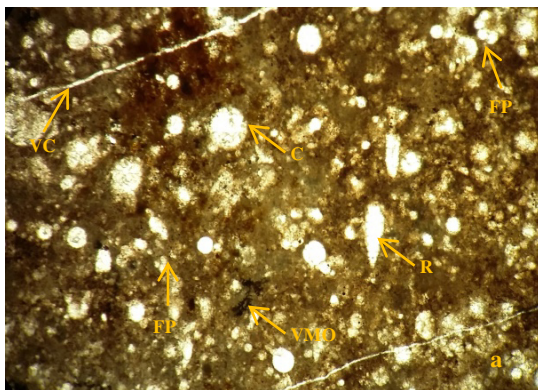
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color negro con vetas de calcita y vetas de óxido.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Hedbergella* sp., *Dicarinella* sp., *Ticinella roberti*, *Planoheterohelix* sp., *Globigerinelloides* sp., *Thalmaninella* sp., *Textularia* sp., *Saccocoma* sp., *Rotalipora* sp., *R. cushmani*, *Planomalina buxtorfi*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 70.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_39\_65, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 39; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_40\_66

**Descripción:** Capa con un espesor de 48 cm. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con bandas delgadas de pedernal y delgadas vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son café amarillento pálido (10YR 6/2), café claro (5YR 5/6), café moderado (5YR 4/4), café amarillento moderado (10YR 5/4), en fresco los colores son gris oscuro medio (N4). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

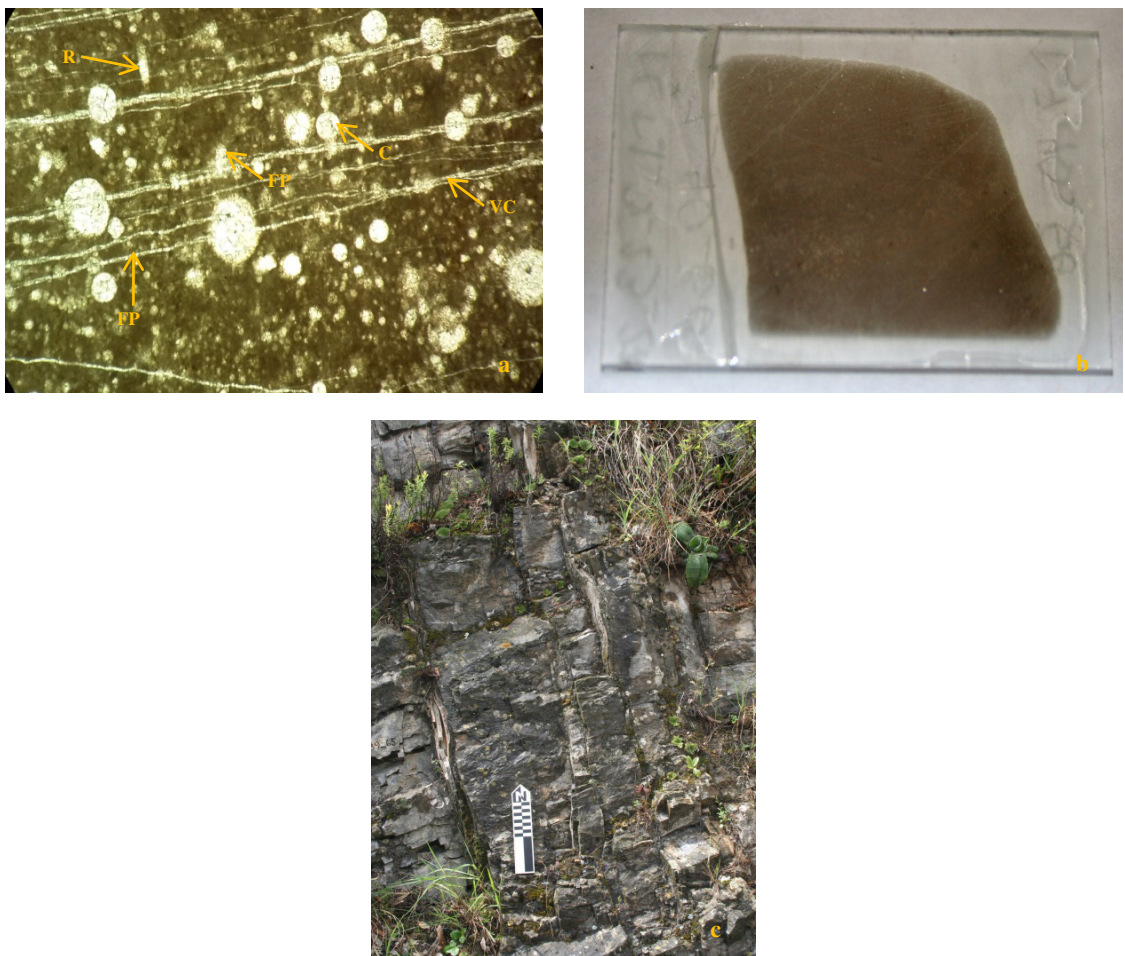
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Dicarinella* sp., *Saccocoma* sp., *Ticinella* sp., *Calcisphaerula* sp., *Bonetocardiella* sp., *Clavihedbergella* sp., *Lenticulina* sp., *Nodosaria* sp., *Hedbergella modesta*, *Globigerinelloides bentonensis*, *G. pulchellus*, *Muricohedbergella angolae*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 71.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_40\_66, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 40; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_41\_67

**Descripción:** Capa con un espesor de 57 cm. Compuesta por calizas laminares, con bandas de pedernal delgadas y vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son naranja grisáceo (10YR 7/4), naranja amarillento oscuro (10YR 6/6), café claro (5YR 5/6), en fresco los colores son café amarillento (10 YR 5/4), gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados, recristalizados, de color negro y con un tamaño <2mm.

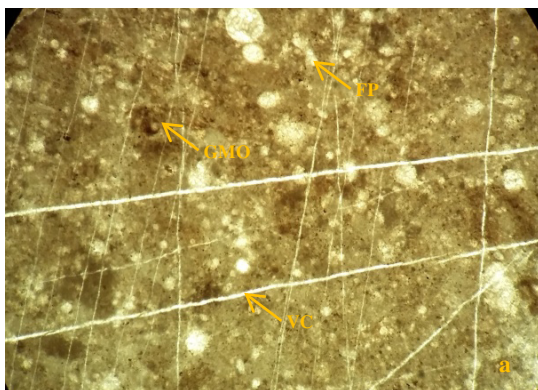
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Globigerinelloides* sp., *Planoheterohelix* sp., *Ticinella* sp., *Schackoina* sp., *Saccocoma* sp. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 72.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_41\_67, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 41; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_42\_68

**Descripción:** Capa con un espesor de 66 cm. Compuesta por calizas, con bandas de pedernal y vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris medio (N5), naranja grisáceo (10YR 7/4), naranja muy pálido (10YR 8/2), en fresco el color es negro grisáceo (N2). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados, recristalizados, de color negro y con un tamaño <2mm.

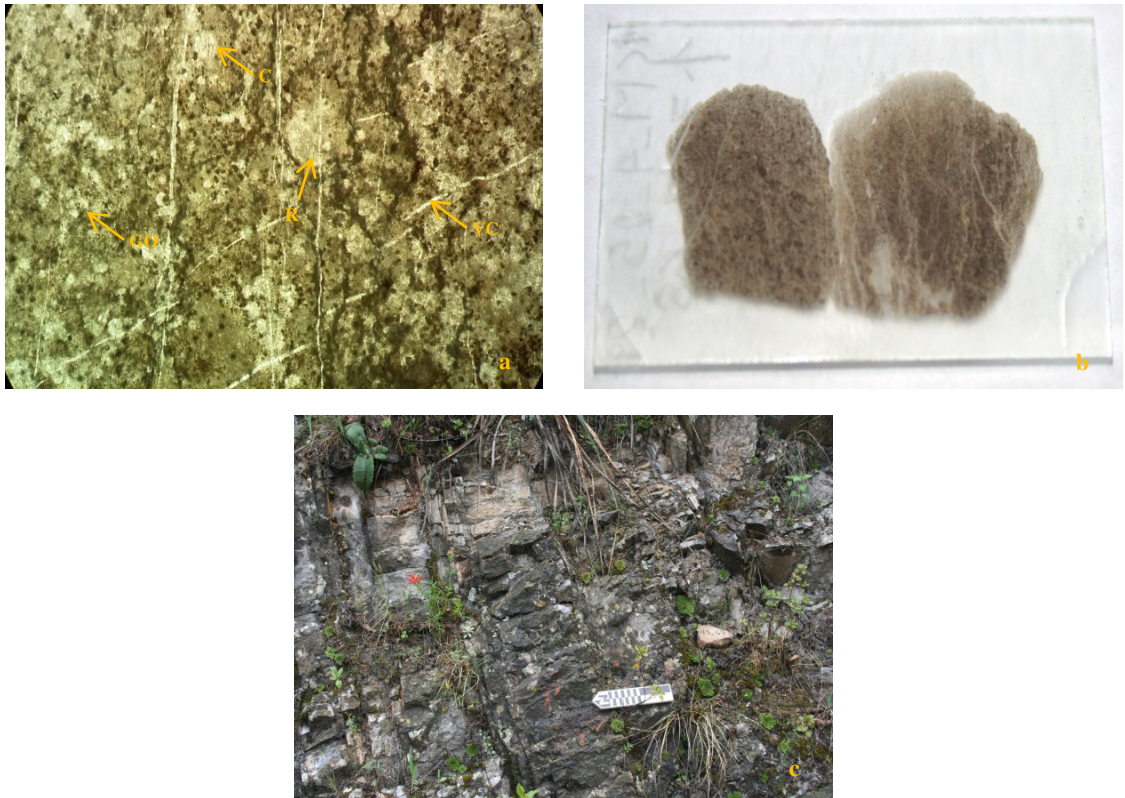
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con numerosas vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios y foraminíferos planctónicos. La microfauna está representada por *Hedbergella* sp. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 73.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_42\_68, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 42; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_43\_69

**Descripción:** Debido a la similitud de características físicas se decidió empaquetar un total de 2 capas en una sola. Capa con un espesor de 36 cm. Compuesta por calizas laminares y vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son naranja grisáceo (10YR 7/4), naranja muy pálido (10YR 8/2), café amarillento pálido (10YR 6/2), café

amarillento (10 YR 5/4), café amarillento oscuro (10YR 4/2), en fresco los colores son gris oscuro (N3), café amarillento pálido (10YR 6/2). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

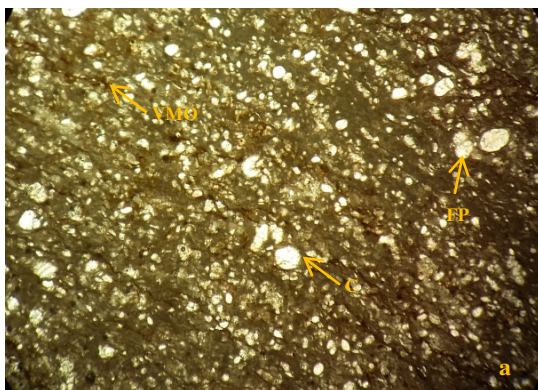
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Planoheterohelix* sp., *Lenticulina* sp., *Ticinella* sp., *Dicarinella marianosi*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 74.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_43\_69, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 43; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_44\_71

**Descripción:** Capa con un espesor de 50 cm. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con bandas de pedernal y vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris claro medio (N6), naranja amarillento oscuro (10YR 6/6), en fresco los colores son gris oscuro (N3), gris medio (N5). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma angular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

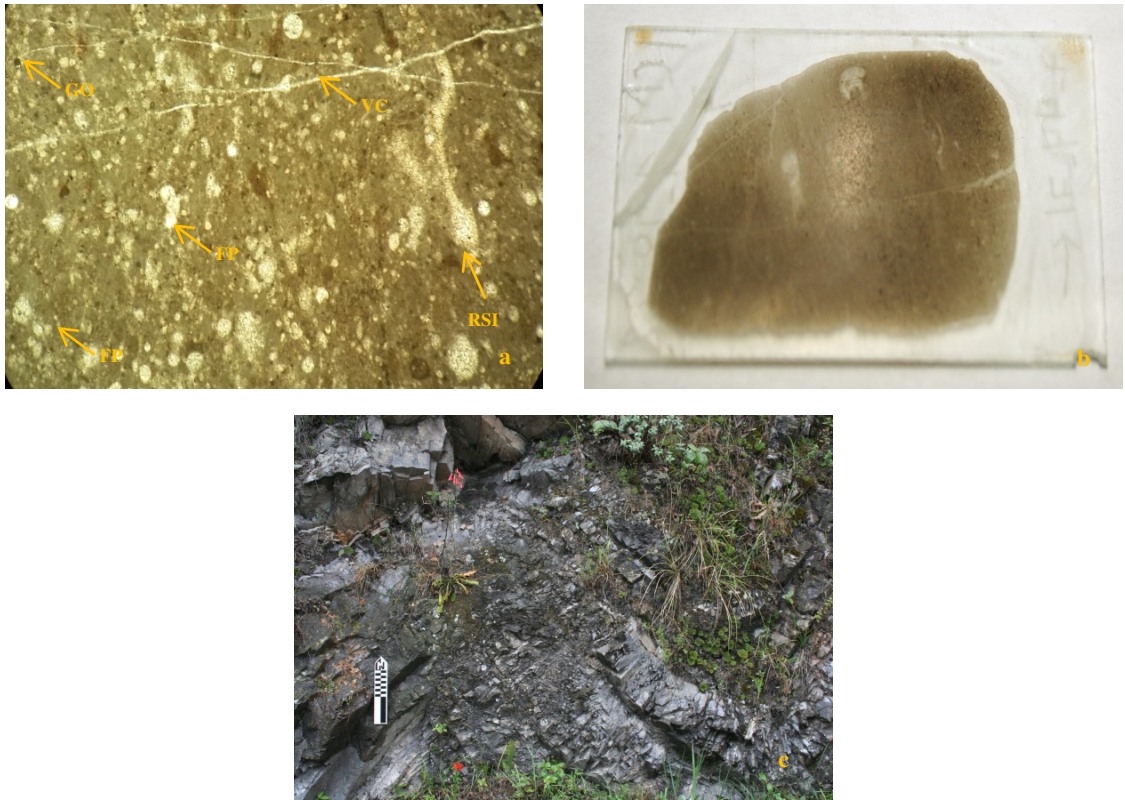
**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de fragmentos de ammonoideos, vetillas de mineral, vetillas de materia orgánica, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Ticinella* sp., *Calcisphaerula* sp. *Globigerinelloides* sp.,



*Dicarinella* sp., *Rotalipora* sp., *Thalmaninella balernaensis*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 75.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_44\_71, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 44; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_45\_72

**Descripción:** Misma descripción que la muestra ICM\_7\_44\_71 porque pertenecen a un chevrón.

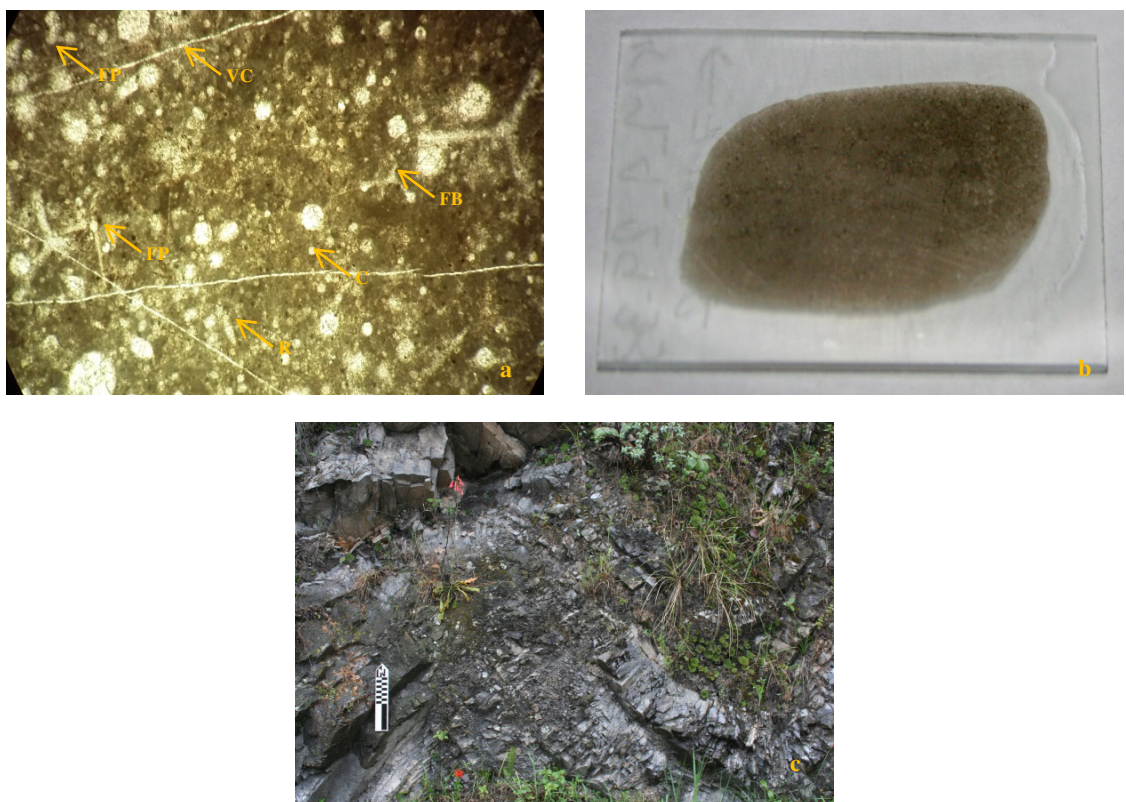
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color pardo con machas de color café y vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de mineral, granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Saccocoma* sp., *Ticinella* sp., *Globigerinelloides pulchellus*, *Schackoia cenomana*, *Rotalipora cushmani*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 76.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_45\_72, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 45; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_46\_73

**Descripción:** Misma descripción que la muestra ICM\_7\_43\_70 porque pertenecen a un chevrón.

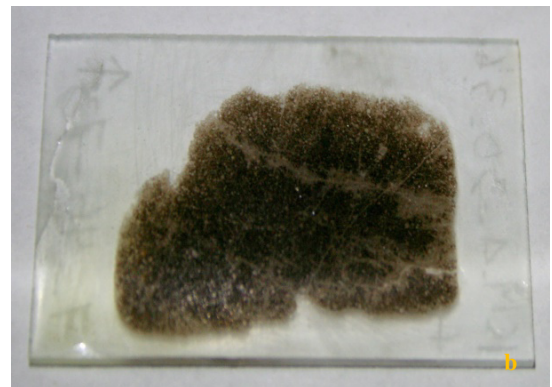
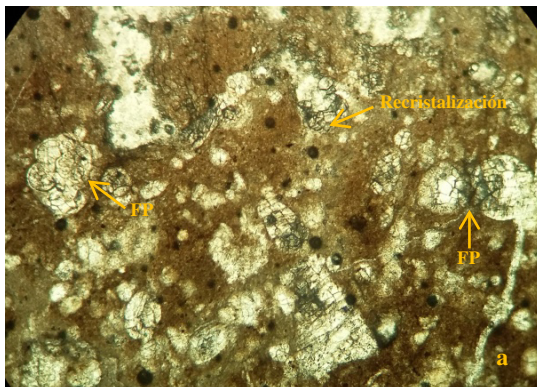
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color negro con manchas de color café claro.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de mineral, granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Ticinella* sp., *T. raynaudi*, *T. primula*, *Saccocoma* sp., *Dicarinella* sp., *Globigerinelloides* sp., *G. pulchellus*, *Planoheterohelix* sp., *Hedbergella* sp., *Thalmaninella* sp., *Clavihedbergella amabilis*, *Rotalipora cushmani*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 77.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_46\_73, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 46; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_47\_74

**Descripción:** Misma descripción que la muestra ICM\_7\_43\_70 porque pertenecen a un chevrón.

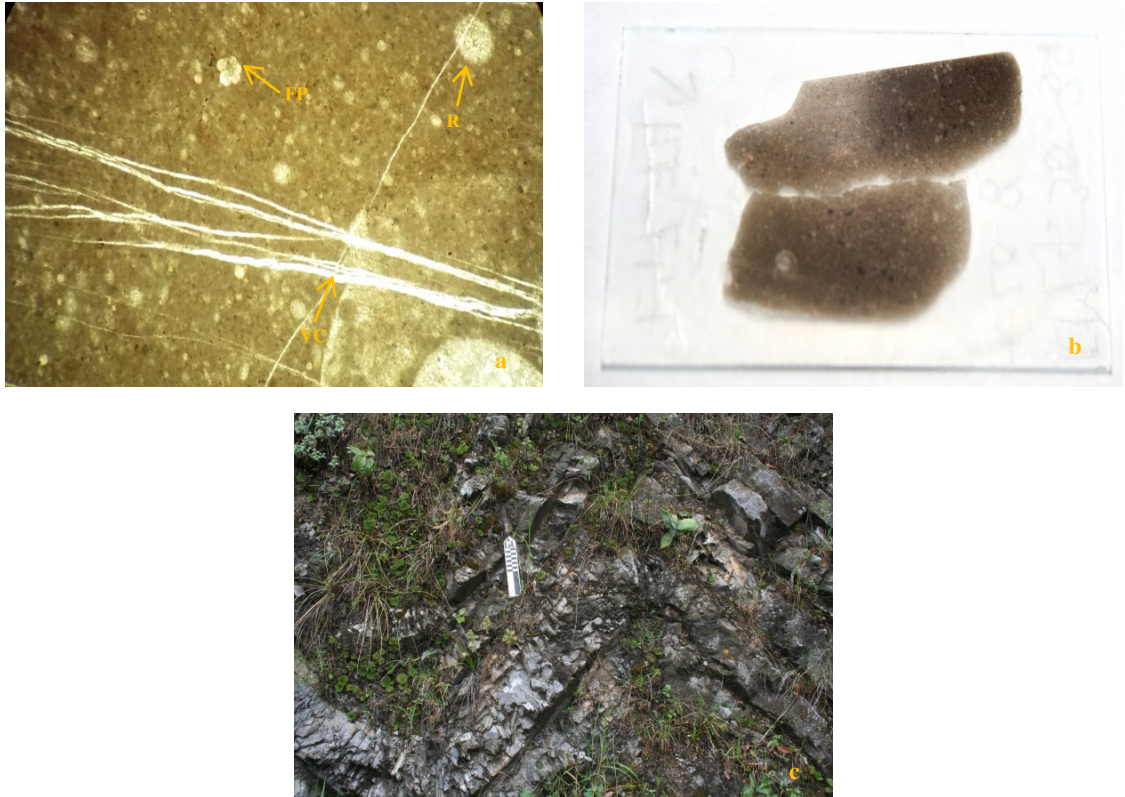
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color café y con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo mudstone (Dunham, 1962), presenta menos del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de fragmentos de ammonoideos, granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Hedbergella* sp., *Calcisphaerula* sp. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 78.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_47\_74, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 47; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_48\_75

**Descripción:** Misma descripción que la muestra ICM\_7\_44\_71 porque pertenecen a un chevrón.

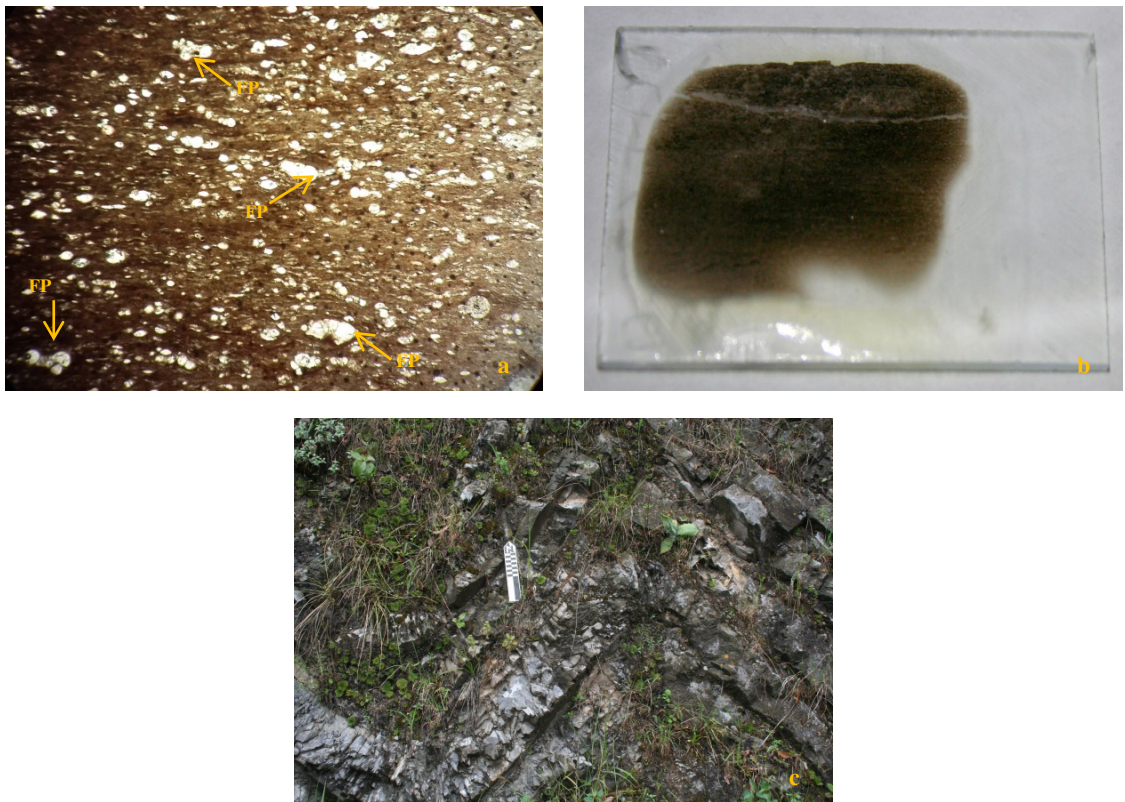
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color café oscuro con manchas de color negro.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Ticinella roberti*, *Helvetoglobotruncana helvetica*, *Marginotruncana renzi*, *M. marginata*, *M. schneegansi*, *Dicarinella concavata*, *Globigerinelloides ultramicrus*, *Rotalipora* sp. Se observó además que los aloquímicos presentaban recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 79.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_48\_75, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 48; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_49\_76

**Descripción:** Misma descripción que la muestra ICM\_7\_44\_71 porque pertenecen a un chevrón.

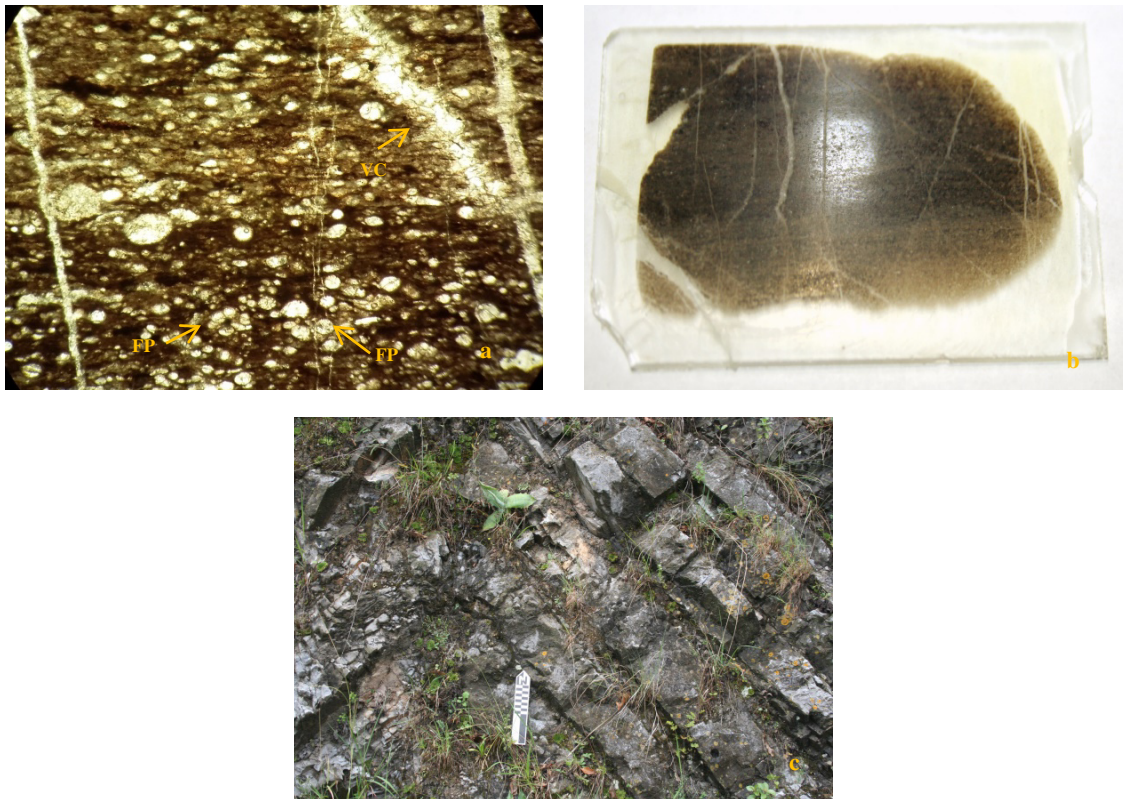
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color negro con vetas de calcita, laminación ligera y granos de óxido.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp, *Textularia* sp., *Hedbergella* sp., *Dicarinella concavata*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 80.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_49\_76, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 49; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_50\_77

**Descripción:** Misma descripción que la muestra ICM\_7\_43\_70 porque pertenecen a un chevrón.

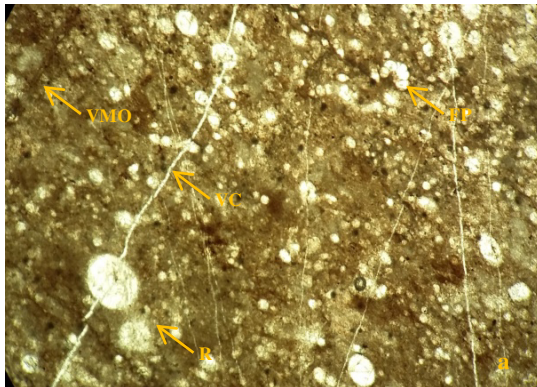
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos  $<4\mu$ , de color pardo con manchas en color café oscuro, con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de granos de materia orgánica y de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Rotalipora* sp., *Saccocoma* sp., *Schackoina* sp.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.







**Figura 81.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_50\_77, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 50; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_51\_78

**Descripción:** Capa con un espesor de 23 cm. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con vetas delgadas de óxido y vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris claro medio (N6), café amarillento moderado (10YR 5/4), café moderado (5RY 4/4), en fresco el color es gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

**Matriz:** Es del tipo packstone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura grano-soportada. El espacio intergranular está ocupado por micrita.

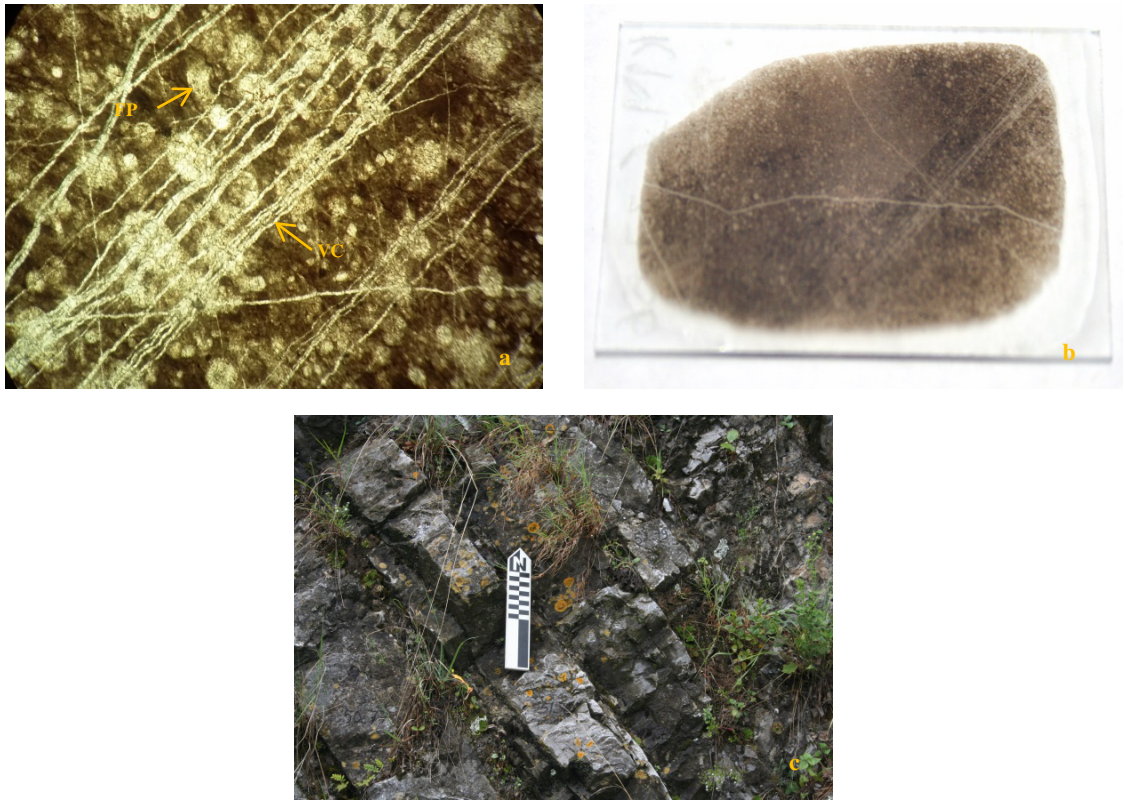
**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de fragmentos de equinodermos, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp.,

*Saccocoma* sp. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 82.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_51\_78, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 51; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_52\_79

**Descripción:** Capa con un espesor de 39 cm. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con vetas gruesas de calcita y lentes de pedernal, con fragmentación del tipo diaclasa. Su color en intemperizado es café amarillento pálido (10YR 6/2), en fresco los colores son gris oscuro (N3), gris medio (N5). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los

granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

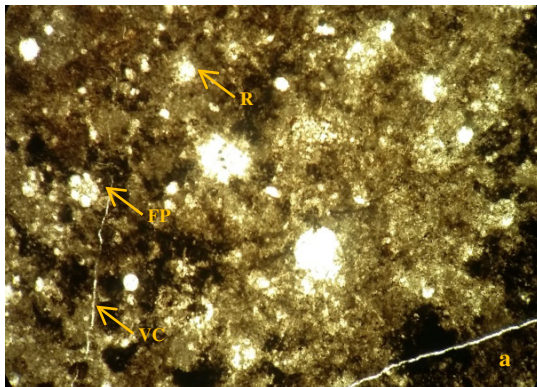
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color negro con machones de color café y vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de granos de óxido, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Thalmaninella* sp., *T. balernaensis*, *Globigerinelloides pulchellus*, *Clavhedbergella simplex*, *C. simplicissima*, *Helvetoglobotruncana helvetica*, *Marginotruncana* sp., *M. schneegansi*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 83.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_52\_79, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 52; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_53\_80

**Descripción:** Capa con un espesor de 38 cm. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con bandas de pedernal y vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris medio (N5), naranja grisáceo (10YR 7/4), café claro (5YR 5/6), en fresco su color es gris oscuro medio (N4). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

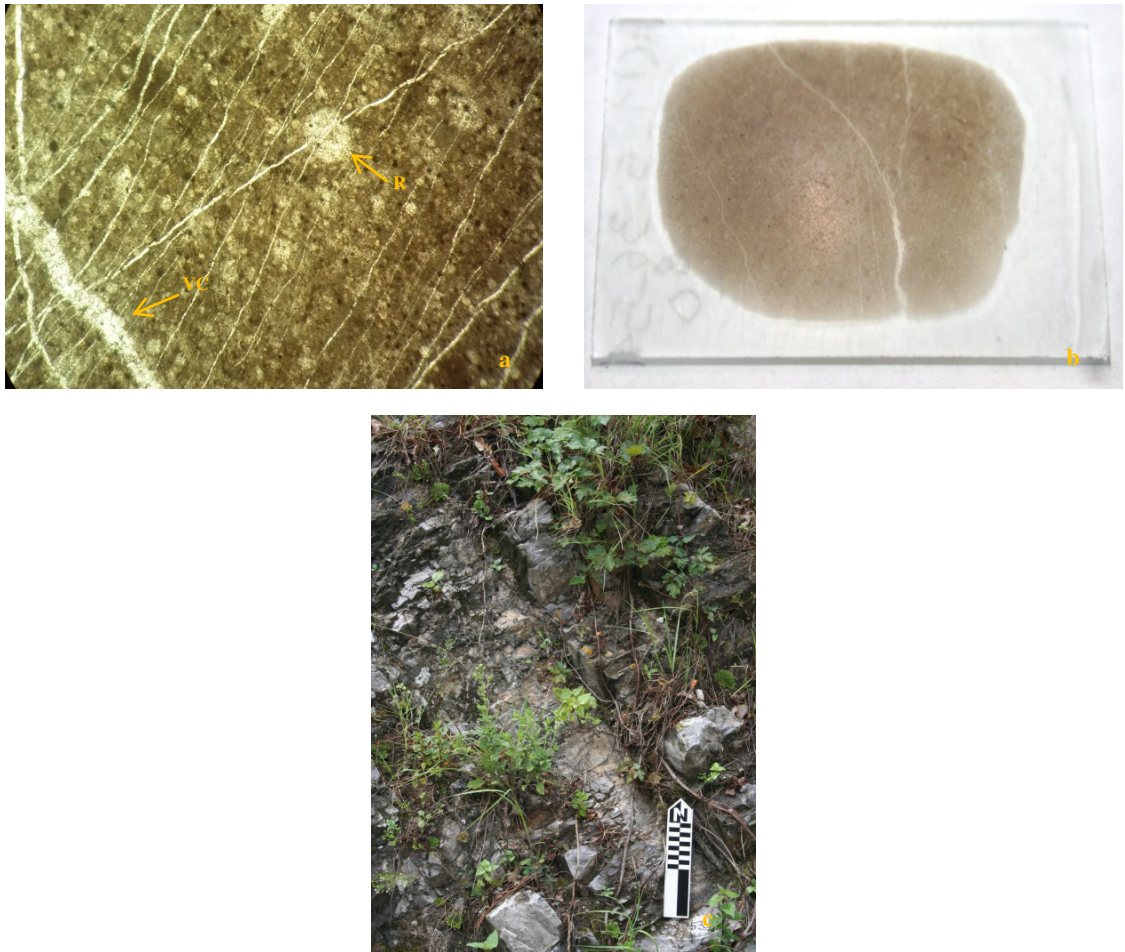
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo mudstone (Dunham, 1962), presenta menos del 10% de granos y es de textura matriz-soportada.

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Thalmaninella* sp., *Hedbergella* sp., *Saccocoma* sp. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 84.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_53\_80, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 53; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_54\_81

**Descripción:** Capa con un espesor de 56 cm. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con vetas gruesas de calcita y bandas de pedernal, las calizas con fragmentación del tipo diaclasa. Sus colores en intemperizado son gris claro medio (N6), gris oscuro (N3), café moderado (5YR 4/4), en fresco los colores son naranja grisáceo (10YR 7/4), gris cafésáceo (5YR 4/1). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un

olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

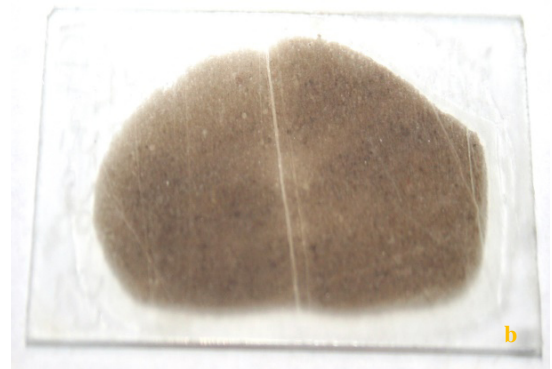
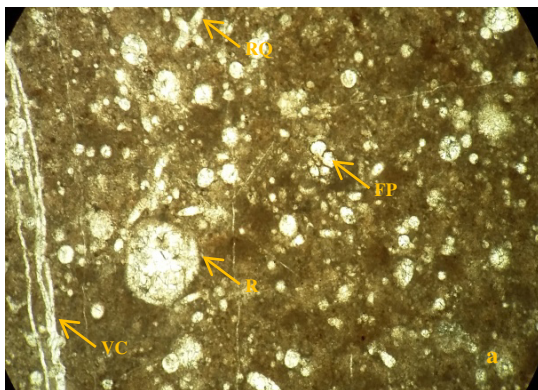
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Saccocoma* sp., *Thalmaninella* sp., *Globigerinelloides* sp., *Schackoina* sp., *Rotalipora cushmani*, *Planomalina buxtorfi*. Se observó además que los aloquímicos presentaban una fuerte recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 85.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_54\_81, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 54; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_55\_82

**Descripción:** Capa con un espesor de 98 cm. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con vetas muy delgadas de óxido, con vetas gruesas de calcita y bandas de pedernal de delgadas a medias. Sus colores en intemperizado son gris medio claro (N6), gris oscuro (N3), café moderado (5YR 4/4), en fresco el color es gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

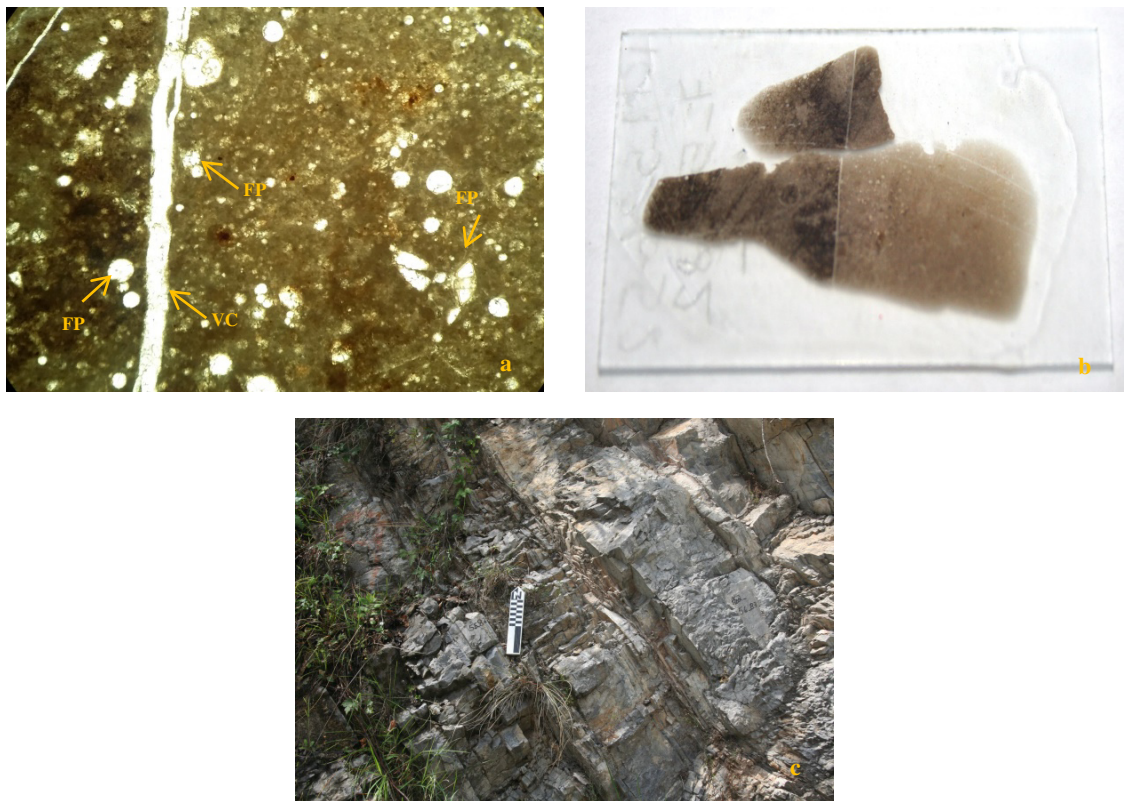
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con machones de color negro y café claro con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de vetillas de mineral, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Globigerinelloides ultramicrus*, *G. bentonensis*, *Thalmaninella appenninica*, *Hedbergella modesta*, *H. tunisiensis*, *Planoheterohelix* sp., *Praeglobotruncana compressa*, *Rotalipora cushmani*, *Protoheterohelix washitensis*, *Ticinella roberti*, *Planulina buxtorfi*, *Schackoina* sp., *Saccocoma* sp., *Marginotruncana schneegansi*. Se observó además que los aloquímicos presentaban algo de recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 86.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_55\_82, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 55; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_56\_83



**Descripción:** Capa con un espesor de 74 cm. Compuesta por una sucesión de calizas y calizas laminares, con fragmentación intensa de tipo diaclasa y bandas delgadas de pedernal y calcita. Sus colores en intemperizado son naranja amarillento oscuro (10YR 6/6), café amarillento pálido (10YR 6/2), gris amarillento (5Y 8/1), en fresco el color es gris oscuro medio (N4). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recrystalizados y con un tamaño 1-2mm.

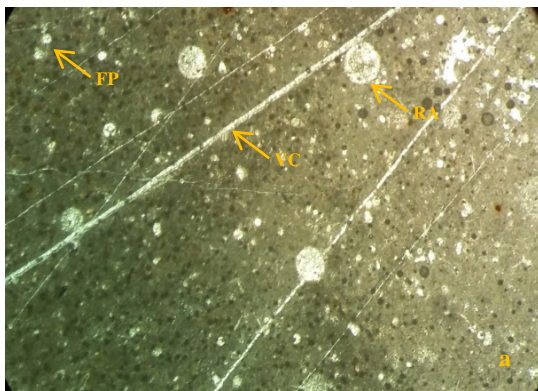
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de granos de óxido, radiolas, vetilla de mineral, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Ticinella* sp., *Schackoina* sp. Se observó además que los aloquímicos presentaban algo de recrystalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.





**Figura 87.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_56\_83, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 56; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_57\_84

**Descripción:** Capa con un espesor de 72 cm. Compuesta por calizas laminares, con bandas delgadas de pedernal y gruesas vetas de calcita. Sus colores en intemperizado son gris amarillento (5Y 8/1), naranja amarillento oscuro (10YR 6/6), café amarillento moderado (10YR 5/4), en fresco el color gris oscuro medio (N4). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color café con machas de óxido y vetas de calcita.

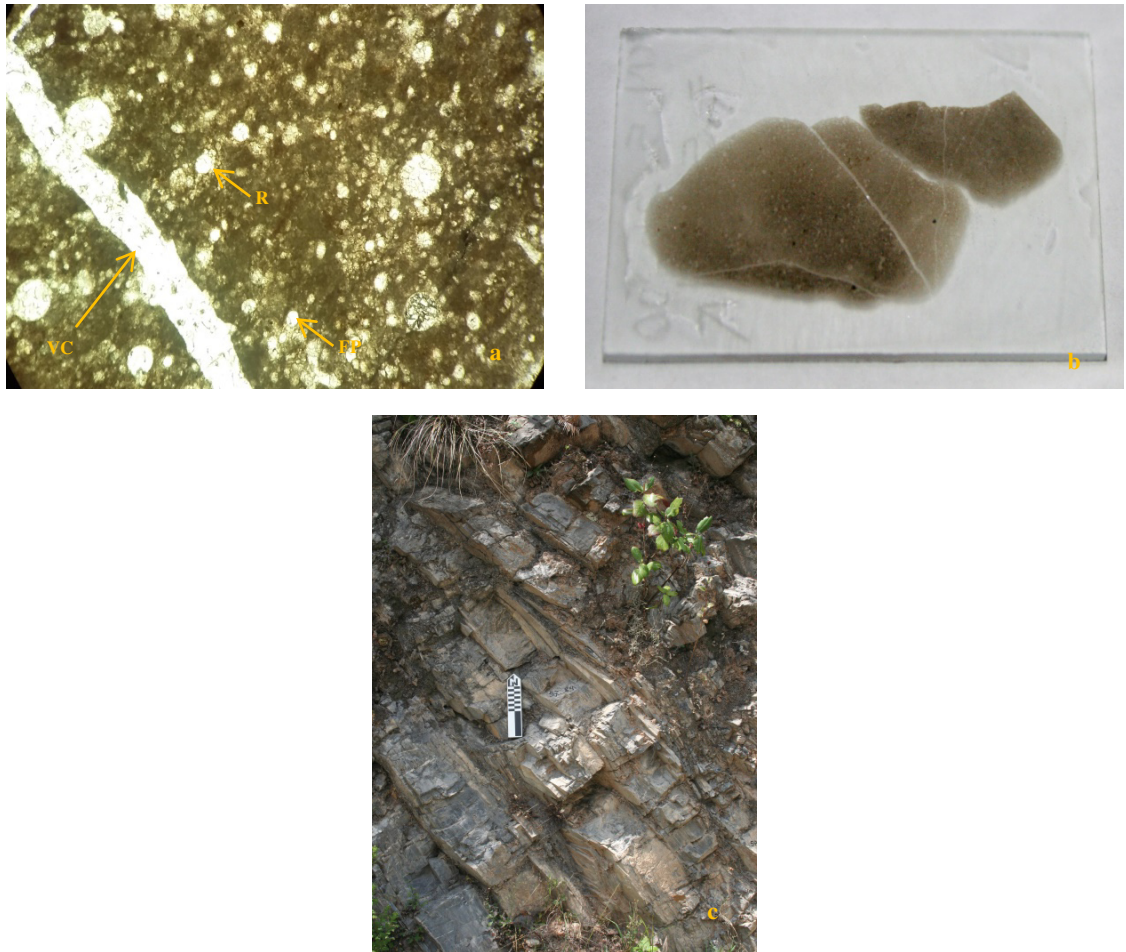
**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra rellenando a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de granos de óxido, radiolas, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Schackoina* sp., *Saccocoma* sp., *Dicarinella concavata*., *Globigerinelloides pulchellus*,

*Rotalipora cushmani*. Se observó además que los aloquímicos presentaban algo de recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.



**Figura 88.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_57\_84, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 57; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

**Muestra:** ICM\_7\_58\_85

**Descripción:** Debido a la similitud de características físicas se decidió empaquetar un total de 6 capas en una sola. Capa con un espesor de 5 m. Compuesta por calizas laminares, con vetas gruesas de calcita y bandas medianas de pedernal. Sus colores en

intemperizado son naranja grisáceo (10YR 7/4), blanco (N9), gris muy claro (N8), gris cafésáceo claro (5YR 6/1), naranja amarillento oscuro (10YR 6/6), gris claro (N7), café amarillento oscuro (10YR 4/2), café claro (5YR 5/6), en fresco el color es gris oscuro (N3). Presentó efervescencia al HCl y desprendió un olor a MO. Al contacto con el agua desprende un fuerte olor a TM. Los granos al estereoscopio presentaron una forma subangular, de color blanco con un tamaño <1mm; granos subredondeados a angulosos, recristalizados y con un tamaño 1-2mm.

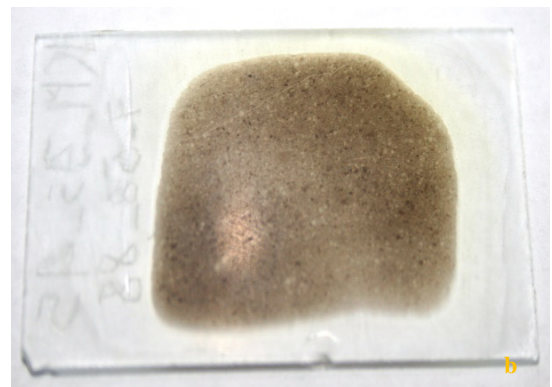
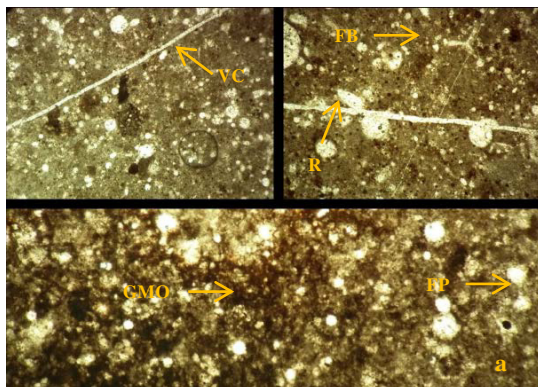
**Matriz:** Es del tipo micrita (Folk, 1962) compuesta por un agregado de cristales finos <4 $\mu$ , de color pardo con granos de óxido y vetas de calcita.

**Cemento:** Es de tipo esparítico y se encuentra relleno a los aloquímicos.

**Textura:** Es del tipo wackestone (Dunham, 1962), presenta más del 10% de granos y es de textura matriz-soportada

**Aloquímicos:** Presencia de radiolas, radiolarios y foraminíferos bentónicos y planctónicos. La microfauna está representada por *Calcisphaerula* sp., *Saccocoma* sp., *Planoheterohelix* sp., *Globigerinelloides* sp., *Marginotruncana schneegansi*, *M. renzi*, *M. marginata*, *Textularia* sp., *Rotalipora cushmani*, *Clavhedbergella simplex*, *Thalmaninella reicheli*. Se observó además que los aloquímicos presentaban algo de recristalización.

**Microfacies:** SMF 3, FZ3 correspondiente a margen profundo de la plataforma o cuenca.

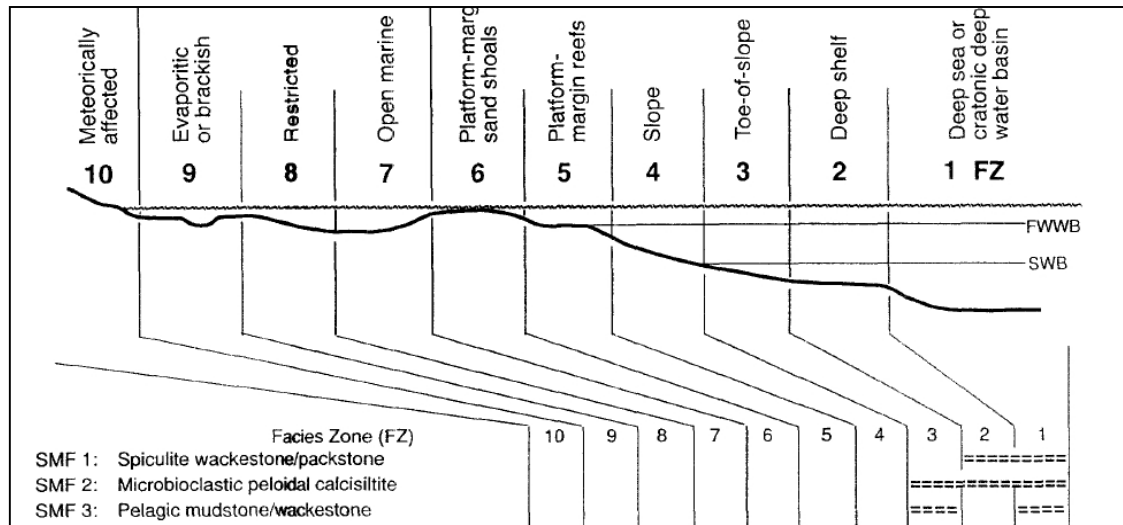




**Figura 89.** a) Fotomicrografía de la muestra ICM\_7\_58\_85, mostrando algunos de los aloquímicos encontrados y vetas de mineral; b) Fotografía de la lámina delgada para la capa 58; c) Fotografía de la capa en el afloramiento.

### **13.3.1. Interpretación paleoambiental**

La sección estudiada de la Formación Cuesta del Cura presentó características que nos permiten establecer que su ambiente de depósito es de cuenca profunda SMF 3/ZF 3 pues la presencia de rocas carbonatas indican climas cálidos en donde el aporte de terrígenos continentales era en cantidades bajas, asimismo que la presencia de micrita (que indica un ambiente de sedimentación tranquila) y el alto contenido granos y vetillas de óxido de hierro y materia orgánica establecen un ambiente de poca aireación en donde la oxidación de la calcita da paso a la formación de dichos óxidos. Por su parte, el contenido microfósil como la presencia de radiolarios, espículas de esponjas y foraminíferos planctónicos refuerzan la propuesta de un ambiente de depósito en una zona profunda.



**Figura 90.** SMF microfacies estándar de Flügel y ZF facies sedimentarias de Wilson (Tomado y modificado de Yavarmanesh *et. al.*, 2017).

### 13.4. Índices ecológicos

A pesar de que el grupo de los foraminíferos es considerado como un excelente marcador bioestratigráfico, no se ha explotado su potencial para la realización de otros estudios como interpretación de ambientes y paleogeografía. En la siguiente sección se tomaron en cuenta las especies encontradas en la localidad de la Cañada Guadalupe dentro de la Formación Cuesta del Cura, el número de capas y la cantidad de ejemplares de cada especie por capa para la elaboración de una matriz de abundancia, para a partir de ella obtener los diversos índices ecológicos.

#### 13.4.1. Índice de riqueza de Margalef

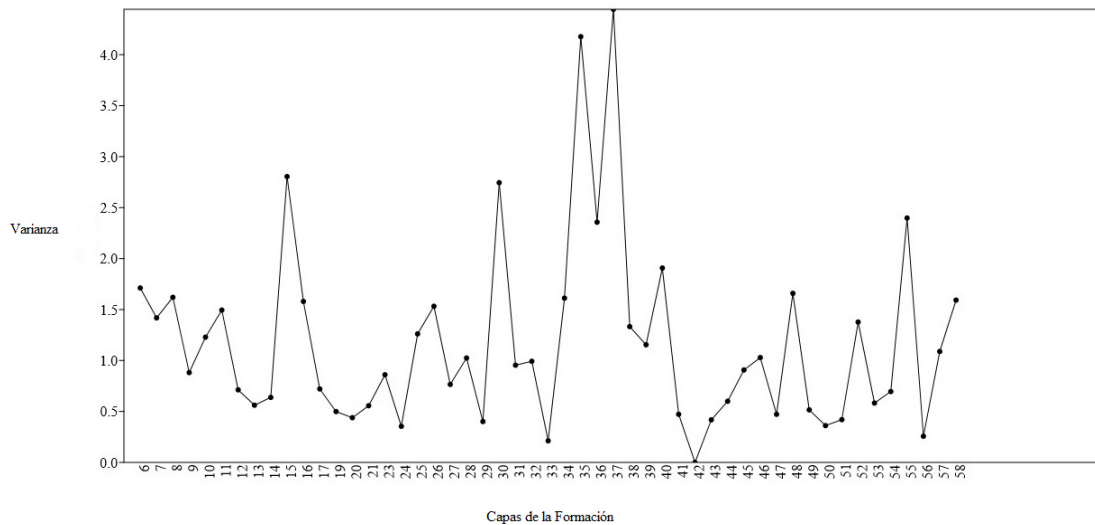
El índice de diversidad de Margalef transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Moreno, 2001).

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde: S= número de especie y N= número total de individuos.

Dentro de este índice de diversidad los valores inferiores a 2 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad y valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.

En este análisis se puede observar que los valores mínimos se ubican en las capas 33 (0.0) y 42 (0.211); mientras que los valores más altos se encuentran en las capas medias de la Formación como en la capa 35 (4.178) y 37 (4.445), sin embargo una baja diversidad es observada en todas las capas.



**Gráfica 2.** Variación espacial del índice de riqueza (Margalef) para las capas de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, N.L.

Los valores del índice de Margalef para la Formación Cuesta del Cura poseen una gran variación, la cual va de 0.0 a 4.445. Dicha variación se puede deber a un cambio en el ambiente, en el que existió una mayor oxigenación y propició la oxidación de minerales y material orgánico. Sin embargo, la existencia de dicho evento no puede ser corroborada debido a la falta de referencias que sustenten esta propuesta.

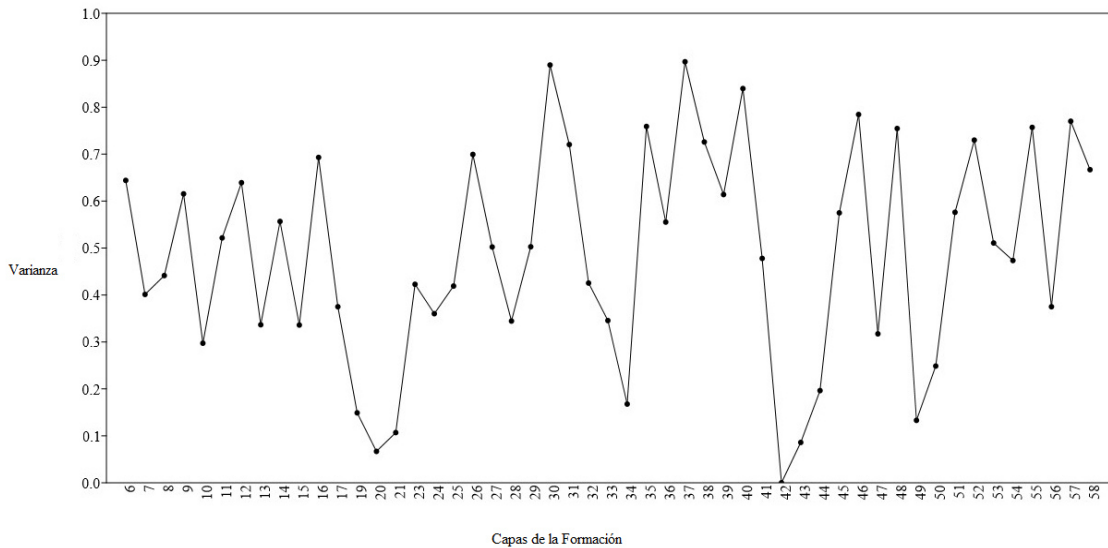
### 13.4.2. Índice de Dominancia Simpson

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. El índice de Simpson manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno, 2001)

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:  $p_i$ = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra. Los valores más cercanos a 0 presentan una menor dominancia, mientras que los que se aproximan a 1 representan mayor dominancia entre las especies de una muestra.

En este análisis se puede observar que los valores mínimos se encuentran en las capas 20 (0.046) y 42 (0.0), lo que indican que son las que poseen una baja dominancia; por el contrario los puntos más altos le pertenecen a las capas 30 (0.889) y 37 (0.896) que se encuentran a mitad de la Formación, indicando una alta dominancia.



**Gráfica 3.** Variación espacial del índice de dominancia (Simpson) para las capas de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, N.L.



A lo largo de la sección trabajada se presentó una variedad de organismos pertenecientes a menos de 30 géneros distintos de foraminíferos, así como restos de biota asociada, sin embargo dentro de los géneros reportados como pertenecientes de los foraminíferos, destacan los géneros *Globigerinelloides* sp. y *Ticinella* sp., pues en estos se encuentran la mayoría de las especies encontradas en esta unidad litológica.

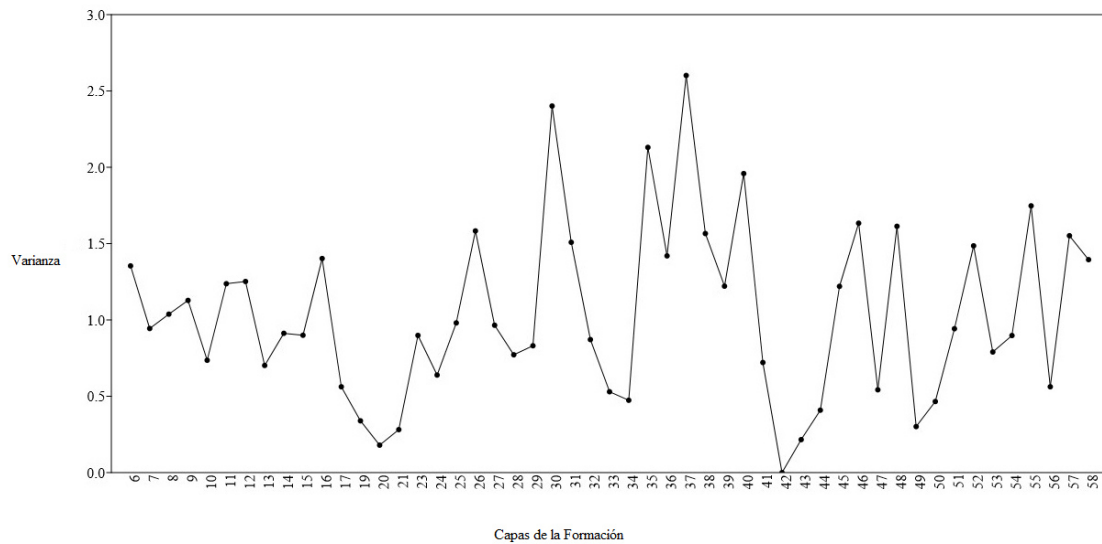
### 13.4.3. Índice de Diversidad Shannon-Wiener

Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección; asumiendo que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero y cinco; valores de 0 indican comunidades con un solo taxón y los valores encima de 3 son típicamente interpretados como diversos. (Moreno, 2001).

$$H' = -p_i \ln p_i$$

Dónde:  $p_i$  = proporción del número total de individuos por especie en cada muestra.

Al igual que en la gráfica anterior las capas que presentaron un menor valor fueron la 20 (0.179) y la 42 (0.0), mientras que los valores más altos se encuentran en las capas 30 (2.401) y 37 (2.602). Puesto que la mayoría de los valores de la Formación se encuentran entre 1 y 2, podría decirse que hay una diversidad media en el afloramiento, sin embargo, no deja de ser considerado como un ambiente de baja diversidad.



**Gráfica 4.** Variación del índice de diversidad de Shannon-Wiener para las capas de la Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, N.L.

### 13.5. Paleontología sistemática

En esta sección se presenta la información taxonómica de los grupos de microfauna y microflora presente en las muestras, dichos grupos dieron la pauta para establecer la edad de las capas y la biozonación en la Formación Cuesta del Cura.

Para la diagnosis de los foraminíferos se utilizaron los trabajos de Loeblich & Tappan (1988), de Young *et. al.* (2017) y de Algaebase en el caso de los demás grupos no se pudo establecer una identificación completa pues solo se presentaban fragmentos y/o remanencias de dichos organismos.

#### 13.5.1. Foraminíferos

PHYLUM Protozoa (Goldfuss, 1821)

CLASE Rhizopoda (Bonet, 1956)

ORDEN Foraminifera (D'Orbigny, 1826)

SUPERFAMILIA Spiroplectamminacea (Cushman, 1927)

FAMILIA Spiroplectamminidae (Cushman, 1927)

SUBFAMILIA Spiroplectammininae (Cushman, 1927)

GÉNERO Spiroplectammina (Cushman, 1927)

Testa libre, elongada, estrecha, ovoide en la sección, márgenes en general redondeados, porción temprana con enrollamiento planiespiral de pocas cámaras, últimas cámaras arregladas de manera biserial; el enrollamiento es comúnmente de mayor amplitud al final que en los primeros pares de cámaras biserial; pared aglutinada, apertura de arco bajo en el margen inferior de la última cámara.

Rango Estratigráfico: Carbonífero-Holoceno.

SUPERFAMILIA Nodosarioidea (Ehrenberg, 1838)

FAMILIA Nodosariidae (Ehrenberg, 1838)

SUBFAMILIA Nodosariinae (Chapman *et al.*, 1934)

GÉNERO Nodosaria (Lamarck, 1812)

Testa elongada, multilocular, ovalada, seguido de cámaras globulares a ovaladas uniseriales y rectilíneas; pared calcárea, hialina, perforada, superficie lisa y sin ornamentar; terminal de apertura, irradiado o redondeado y perforado por ranuras radiales.

Rango Estratigráfico: Jurásico tardío-Holoceno.

FAMILIA Vaginulinidae (Reuss, 1860)

SUBFAMILIA Lenticulininae (Chapman *et al.*, 1934)

GÉNERO Lenticulina (Lamarck, 1804)

Testa libre, por lo general planiespiral pero raras muestras aberrantes pueden ser asimétricas o trocoides, incluso lenticulares. Periferia con ángulo carenado, cámaras relativamente amplias y bajas, aumentan lentamente de tamaño, a medida que uno o dos pueden tender un brote o desenrollar suturas recta a curva, radial, oblicua, puede ser elevado y nudoso. Pared calcárea, hialino, perforada radial, en segundo lugar, laminar, superficie lisa, aparte de los ganglios sutúrales o la elevación y la quilla periférica.

Rango Estratigráfico: Triásico-Holoceno.

SUPERFAMILIA Planomalinea (Bolin, Loeblich & Tappan, 1957)

FAMILIA Globigerinelloidea (Longoria, 1974)

SUBFAMILIA Globigerinelloidinae (Longoria, 1974)

GÉNERO Globigerinelloides (Cushman & Ten-Dam)

*Globigerinelloides aptiensis* (Longoria, 1974)

Testa de tamaño pequeño, evoluta; perfil periférico subcircular, fuertemente lobulado, de cinco a seis cámaras en el último verticilo; cámaras en vista lateral esféricas a petaloides, aumentando gradualmente en tamaño como agregado, esféricas en la vista de apertura; ombligo ancho; suturas deprimidas y radiales; Las aberturas relictas y las aletas a menudo observadas.

Rango Estratigráfico: Aptiano-Albiano.

*Globigerinelloides bentonensis* (Morrow, 1934)

Testa pequeña casi simétrica, ligeramente involuta, la periferia es ampliamente redondeada, espirales anteriores parcialmente expuestas en ambos lados en el centro; cámaras infladas que suman 7-9 en el último verticilo; por lo general se curva hacia atrás

a medida que pasan por la periferia, la pared visiblemente perforada, la abertura periférica pasa en el lado dorsal.

Rango Estratigráfico: Albiano-Cenomaniano.

*Globigerinelloides pulchellus* (Todd & Low, 1964)

Testa planiespiral más alargado que circular en contorno ecuatorial, biumbilicado, involuto, periferia lobulada angular en la parte inicial gradualmente subangular a sub-redondeada en cámaras finales, ángulo periférico adornado por gruesas perillas rugosas sobre la parte temprana, rugosidad disminuyendo en la parte posterior; primeras cámaras pequeñas e indistintas, romboides angulares que aumentan en tamaño y globularidad como agregado, 7-8 en espiral final; suturas indistintas, curvas, elevadas y nodulares en la parte temprana, cada vez menos ornamentadas entre las cámaras centrales, ligeramente deprimidas, más distintas y casi rectas entre las cámaras finales; pared muy rugosa en la parte inicial que se vuelve lisa en las cámaras finales; abertura indistinta, debajo del labio arqueado redondeado en la base de la cámara final, contorno del labio que se extiende hasta el ombligo en ambos lados, labios de aperturas anteriores que rodean el área umbilical.

Rango Estratigráfico: Aptiano-Cenomaniano.

*Globigerinelloides ultramicrus* (Subbotina, 1949)

La testa es la más pequeña de todos los representantes de *Globigerinella* conocidos hasta la fecha. Es plano, redondeado y bilateralmente simétrico, pero no involucrena. Hay dos verticilos. El diámetro del primer espiral es desproporcionadamente pequeño en comparación con el diámetro del segundo espiral. Borde periférico redondeado, lobulado. Cámaras casi esféricas, ligeramente comprimidas lateralmente, que difieren muy imperceptiblemente en tamaño entre sí. En el verticilo final hay de seis a ocho

cámaras. Suturas simples, débilmente curvas, casi rectas, deprimidas. Apertura típica del género. Pared lisa.

Rango Estratigráfico: Albiano-Campaniano.

SUBFAMILIA Eohastigerinellinae (Loeblich & Tappan, 1984)

FAMILIA Planonalinidae (Loeblich & Tappan, 1957)

GÉNERO Planomalina (Loeblich & Tappan, 1946)

*Planomalina buxtorfi* (Morrow, 1934)

Testa planiespiral perimetral, algo profundamente evolucionado, la periferia ecuatorial lobulada en contorno, angular, y provista de una quilla distinta, que puede ser nodosa en la parte anterior del último espiral. Cámaras triangulares en vista de apertura, reniformes a semicirculares en vista lateral. Hay 7-11, en su mayoría 9 cámaras en el último verticilo, aumentando gradualmente en tamaño como agregado. Apertura de un arco ecuatorial, posición interiomarginal, que se extiende a ambos lados hacia el ombligo y hacia atrás a lo largo de la sutura en espiral, y bordeado por un labio distinto. Las extensiones umbilicales laterales de aperturas anteriores permanecen visibles como aberturas relictas con sus labios. Pared perforada, lisa, excepto por la quilla y las suturas levantadas.

Rango Estratigráfico: Albiano-Cenomaniano.

FAMILIA Schackoinidae (Pokorný, 1958)

GÉNERO Schackoina (Thalman, 1932)

*Schackoina cenomana* (Morrow, 1934)

La testa está compuesta de ocho cámaras. La cámara embrionaria es esférica, al igual que las siguientes dos cámaras siguientes, la cuarta cámara tiene una apariencia

totalmente diferente y forma una forma de embudo alargada, comprimida, ligeramente alargada y con una abertura tubular radial, larga, orientada hacia afuera, las cámaras seis y siete tienen una forma similar, pero la cámara de ocho tiene una forma esférica o irregular similar a una burbuja.

Rango Estratigráfico: Albiano-Campaniano.

*Schackoina bicornis* (Reichel, 1948)

La testa tiene un enrollamiento más o menos planiespiral, senestral. Cámaras infladas, primero con una forma esférica luego en forma de pera, que suman de 7 a 8 (sin tener en cuenta el proloculus) y dispuestas en aproximadamente dos verticilos. Las primeras cámaras, siempre cubiertas principalmente por las del segundo verticilo, no siempre se ven claramente en nuestros especímenes. Al final del primer verticilo, ya tienen una pequeña columna vertebral. Las últimas 4 cámaras se configuran en forma de cruz. La última cámara está inflada como una botella de piel de cabra y muestra dos papilas que son los puntos de fijación de la columna larga, como se muestra en las secciones delgadas. Muy a menudo, las espinas tienen una base estrecha y se estrechan muy lentamente, lo que implica que eran muy largas. La última cámara tiene dos espinas orientadas más o menos exactamente en un plano perpendicular al plano ecuatorial (espiral), pero dirigida oblicuamente. El ángulo al que se unen las dos espinas de la última cámara varía de valor.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano.

SUPERFAMILIA Rotaliporacea (Sigal, 1958)

FAMILIA Hedbergellidae (Loeblich & Tappan, 1961)

SUBFAMILIA Hedbergellinae (Loeblich & Tappan, 1961)

GÉNERO *Asterohedbergella* (Hamaoui, 1964)

*Asterohedbergella asterospinosa* (Hamaoui, 1965)

Testa pequeña, cóncavo-convexo, de 4 a 6 cámaras en el último verticilo. Esquema periférico lobato, petaloide a estrella, periferia axial subangular a aguda. La extensión puntiaguda de las cámaras suele ser tubuloespinada. La textura de la pared generalmente se recristaliza en calcita granular.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano.

GÉNERO *Hedbergella* (Brönnimann & Brown, 1958)

*Hedbergella aptiana* (Bartenstein, 1965)

Testa media, enrollada en una trocospiral aplanada a ligeramente deprimida. 2 a 2.5 vueltas; 5 a 5.5 cámaras en la última vuelta aumentando de tamaño rápidamente conforme se agregan; cámaras globulares a subglobulares, infladas; suturas deprimidas, radiales a ligeramente curvadas; Pared de la testa finamente perforada, poros ampliamente dispersos y rodeados por pequeños conos, superficie por lo general suave.

Rango Estratigráfico: Hauteriviano-Aptiano Superior.

*Hedbergella amabilis* (Brönnimann & Brown, 1958)

Testa con trocospiral casi plana. Última vuelta con 5 cámaras, raramente seis, que aumentan rápidamente en tamaño conforme se van añadiendo. La última cámara de mayor tamaño que las demás, en forma de mazo. Superficie finamente espinosa; ombligo estrecho.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano-Coniaciano.

*Hedbergella modesta* (Bolli 1959)



Testa pequeña, baja trocospiral, periferia ecuatorial, periferia axial redondeada. Pared calcárea, finamente perforada. Cámaras pequeñas, esféricas, de doce a quince, dispuestas en dos o tres verticilos; las siete a ocho cámaras del último verticilo aumentan lentamente de tamaño. Suturas radiales, deprimidas en espiral y lado umbilical. Ombligo bastante ancho. Apertura un arco bajo, interiomarginal, umbilical-extraumbilical. Enrollando al azar.

Rango Estratigráfico: Albiano.

*Hedbergella similis* (Longoria, 1974)

Testa mediana formada por 2-3 espirales; margen periférico alargado, fuertemente lobulado; 5-6 cámaras en el último verticilo, aumentando en tamaño como agregado; cámaras ovadas para alargarse en ambos lados en espiral y umbilicales, ovoides en la vista periférica; suturas radiales, ligeramente curvadas, deprimidas en ambos lados umbilical y en espiral; umbilicales anchos, poco profundos; aberturas relictas a menudo observadas en el lado de la espiral.

Rango Estratigráfico: Hauteriviano-Aptiano Superior.

*Hedbergella tunisiensis* (Boudagher-Fadel, 1995)

Testa de 0.28 mm de diámetro, un trocospiral bajo con cinco a seis cámaras en el último verticilo. El lado espiral es casi completamente involuto y cóncavo. Las últimas tres cámaras muestran un comienzo de asimetría, mayor en su parte posterior. Las suturas están deprimidas, curvadas en el lado espiral y prácticamente radiales en el lado umbilical. La apertura es un arco bajo, tiene un pórtico en toda su longitud, más amplio en la parte posterior. La superficie de la prueba es lisa, microperforada a excepción de los hombros umbilicales, que pueden ser imperforados.

Rango Estratigráfico: Aptiano-Albiano.

GÉNERO *Whiteinella* (Pessagno, 1967)

*Whiteinella archeocretacea* (Pessagno, 1967)

Testa lobulada, enrollado en trocospiral baja con 4 a 5 cámaras en el último espiral. Cámaras esféricas inicialmente, se vuelven ovaladas en la sección transversal en el último verticilo, en espiral y vistas umbilicales, cámaras anchas en el último verticilo, separadas por ligeramente curvadas suturas radiales rectos, deprimidos. Superficie de la testa toscamente rugosa en muestras bien conservadas. Perforación hialina radial de la pared exterior; perforación hialina microgranular de la pared septal; hialina microgranular.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano-Santoniano.

*Whiteinella baltica* (Douglas and Rankin 1969)

Testa de periferia ecuatorial baja, trocospiral, fuertemente lobulada, periferia axial redondeada. Cámaras infladas, subesféricas de cuatro a cinco en espiral final; las cámaras iniciales aumentan rápidamente de tamaño, las cámaras finales aumentan gradualmente. Suturas umbilicales radiales a ligeramente curvas, deprimidas, distintas. La superficie de la cámara es toscamente hispida. Pared calcárea, perforada. El ombligo es poco profundo, ancho. Abertura primaria extraumbilical-umbilical cubierta por un colgajo grande en muestras bien conservadas.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano-Campaniano.

SUBFAMILIA Rotundininae (Bellier & Salaj, 1977)

GÉNERO *Praeglobotruncana* (Bermúdez, 1952)

*Praeglobotruncana compressa* (Hasegawa, 1999)

Testa de tamaño mediano a pequeño, muy baja trocospiral, periferia ecuatorial ligeramente lobulada; cámaras en forma de cuña en el lado dorsal, triangulares y ligeramente infladas en el lado ventral, 10 cámaras en total, aumentando rápidamente de tamaño, alrededor de 4,5 cámaras en último espiral, con una banda periférica formada por pústulas alineadas; la cámara final ocasionalmente se desplazó oblicuamente hacia la dirección umbilical; las cámaras en último espiral se alargan diagnósticamente hacia la dirección espiral; suturas en el lado dorsal suavemente curvadas, deprimidas, ventralmente radiales o ligeramente curvadas y deprimidas; ombligo superficial, aletas umbilicales que se extienden en un ombligo desde cada cámara; apertura primaria bordeada por un labio estrecho, interiomarginal.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano-Turoniano.

SUBFAMILIA *Helvetoglobo truncaninae* (Lamolda, 1976)

GÉNERO *Helvetoglobo truncana* (Reiss, 1957)

*Helvetoglobo truncana helvetica* (Loeblich & Tappan, 1980)

Quilla a lo largo de todas las cámaras de la última espiral. De cuatro a seis cámaras en la espiral final. Trocospiral baja, plana que resulta en una testa planoconvexa.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano-Santoniano.

FAMILIA *Favusellidae* (Longoria, 1974)

SUBFAMILIA *Hedbergellinae* (Loeblich & Tappan, 1961)

GÉNERO *Favusella* (Michael, 1973)

*Favusella washitensis* (Carsey, 1926)

Caparazón calcáreo, generalmente blanco; superficie muy tosca y regularmente picada; cámaras bien infladas, que se agrandan rápidamente, dispuestas por vía sub-lateral, el lado dorsal muestra dos o más verticilos; el lado ventral muestra solo un verticilo que consiste en las últimas tres o cuatro cámaras bastante juntas sobre un centro deprimido; apertura en el margen interno de la cámara final.

Rango Estratigráfico: Aptiano-Cenomaniano.

FAMILIA Rotaliporidae (Loeblich & Tappan, 1961)

SUBFAMILIA Ticinellinae (Loeblich & Tappan, 1961)

GÉNERO *Clavihedbergella* (Brönnimann & Brown, 1958)

*Clavihedbergella amabilis* (Loeblich & Tappan, 1961)

Testa libre, de tamaño mediano, en una bobina trocospiral casi plana de 2-2.5 verticilos; 5 o más raramente 6 cámaras subglobulares en el verticilo final, aumentando rápidamente en tamaño como agregado, ombligo amplio y abierto; suturas profundamente constreñidas, distintas; pared calcárea, distintamente pero muy finamente espinosa; abertura: arco extraumbilical interiomedial bajo, el labio amplio con espátula comúnmente con un margen algo irregular.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano-Turoniano.

*Clavihedbergella simplex* (Morrow, 1934)

Testa moderadamente trocoide; las cámaras en la porción temprana son globulares, la penúltima cámara se vuelve ligeramente alargada y la cámara final es fuertemente alargada y uniformemente redondeada en el extremo; las cámaras alrededor de 4 en el verticilo final; suturas distintas, moderadamente deprimidas; pared finamente espinosa; apertura indistinta.

Rango Estratigráfico: Aptiano-Coniaciano.

*Clavihedbergella simplicissima* (Magne & Sigal, 1954)

Testa con un enrollamiento tipo globigerinelido. Las cámaras, que suman 5 en el último verticilo, están fuertemente infladas, no comprimidas y ligeramente alargadas en una dirección radial; a menudo se desplazan con respecto a un plano perpendicular al eje de enrollamiento. La apertura está protegida por un labio umbilical.

Rango Estratigráfico: Albiano-Cenomaniano.

GÉNERO *Microhedbergella* (Huber & Leckie, 2011)

*Microhedbergella pseudotrocoidea* (Michael, 1973)

Testa de pequeño a mediano, una trocospiral baja de alrededor de 2.5 vueltas; último espiral con 7-8 cámaras subglobulares aumentando gradualmente de tamaño; última cámara excepcionalmente grande y sobresaliendo en un ombligo relativamente ancho; periferia ampliamente redondeada, lobulada; suturas radiales, rectas y deprimidas; apertura primaria interiomarginal, extraumbilical-umbilical; un labio estrecho frágil raramente preservado.

Rango Estratigráfico: Albiano.

*Microhedbergella rischi* (Moullade, 1974)

En la vista de perfil, la testa parece tener una sección ligeramente menos gruesa. El lado ventral es umbilicado. En las formas evolutivas bien caracterizadas, podemos ver una notable extensión de la apertura hacia la periferia, llegando claramente al borde dorsal: la espiral, sin embargo, permanece asimétrica, no se convierte en planiespiral. Ocasionalmente también se ha observado una ligera distorsión de la trocospiral.

Rango Estratigráfico: Albiano.

GÉNERO *Muricohedbergella* (Huber & Leckie, 2011)

*Muricohedbergella angolae* (Caron, 1978)

Testa trocospiral baja, casi plana en el lado espiral, cubierta con pústulas orientadas gruesas, especialmente en las primeras cámaras en el último verticilo. La cámara final es lisa. Cámaras globulares, 5 a 5 y medio en espiral final, aumentando gradualmente de tamaño, la última cámara aumenta muy rápidamente, dando a la prueba su apariencia específica. Ombligo ancho. Abertura primaria interiomarginal, umbilical a extraumbilical, bordeada por un colgajo de apertura.

Rango Estratigráfico: Albiano-Cenomaniano.

*Muricohedbergella delrioensis* (Carsey, 1926)

Concha semejante a la de *G. cretacea*, excepto que la cámara final está más inflada y sobresale ventralmente más allá del plano en el que se encuentra la parte anterior de la caparazón.

Rango Estratigráfico: Albiano-Turoniano.

GÉNERO *Biticinella* (Brönnimann & Brown, 1958)

*Biticinella breggiensis* (Gandolfi, 1942)

Testa con espirales tempranas en una espiral trocospiral plana, verticilos posteriores planiespiral y biumbilicado, involuto a parcialmente evolucionado, sutura radial, deprimido, lobulado de contorno periférico, margen periférico redondeado y no carcinoide; pared calcárea, moderadamente gruesa perforada; abertura un arco umbilical ecuatorial bajo y comúnmente asimétrico, interiomarginal, partes de aperturas sucesivas

pueden permanecer como aberturas suplementarias relictas en un lado de la prueba, el otro lado con aberturas accesorias que se abren en la parte posterior de la cámara y bordeadas por un labio eso es una continuación de la de la apertura primaria.

Rango Estratigráfico: Albiano.

#### GÉNERO *Ticinella* (Reichel, 1950)

##### *Ticinella moulladei* (Premoli-Silva *et al.*, 2009)

Posee una baja convexidad espiral, 8 y 9.5 cámaras globulares en el último verticilo, respectivamente, las cámaras aumentan muy gradualmente en tamaño. Las suturas están deprimidas y derechas en ambos lados, y el ombligo es ancho y superficial. La textura de la pared en la aguja interna y las primeras cámaras del último verticilo son groseramente pustulosas, se vuelve gradualmente más suave en las últimas dos o tres cámaras, que está desprovista de conos de perforación. Las perforaciones están regularmente espaciadas,

Rango Estratigráfico: Albiano.

##### *Ticinella primula* (Luterbacher, in Renz *et al.*, 1963)

Testa trocospiral baja, construida con aproximadamente 16 cámaras casi esféricas dispuestas en 2.5 a 3 espirales. De 6 a 8 cámaras en el último verticilo que se agrandan de forma relativamente lenta y gradualmente en tamaño. Las suturas son radiales y deprimidas en los lados espiral y umbilical. Superficie ligeramente rugosa. Abertura cardinal relativamente grande, en posición umbilical-extraumbilical, y con labio fuertemente desarrollado, que se extiende como un lóbulo hacia el ombligo, cubriendo una gran parte de él. Aberturas secundarias de las cámaras más antiguas umbilicales, en las dos o tres últimas suturales.

Rango Estratigráfico: Albiano.

*Ticinella raynaudi* (Sigal, 1966)

Testa pequeña con una pared fina y densamente perforada; de 6 a 9 cámaras en el último verticilo de acuerdo con las diversas subespecies; formando aproximadamente dos y media espirales y aumentando gradualmente de tamaño; el enrollamiento trocospiral es ligeramente asimétrico. El lado espiral muestra un último verticilo a veces hundido en comparación con los verticilos internos, especialmente para las últimas cámaras; suturas intercamerales en espiral fuertemente deprimidas. El lado umbilical muestra un ombligo grande, ampliamente abierto y poco profundo. Ornamentación presente en los verticilos internos y en las 2-3 cámaras del último verticilo.

Rango Estratigráfico: Albiano.

*Ticinella roberti* (Gandolfi, 1942)

Concha con un contorno circular convexo en la parte superior, ligeramente cóncavo en la parte inferior, con un borde ancho y redondeado, una espiral trocoide; espira muy distinta, dos vueltas y media de cuartos, pequeña media luna, inicialmente esférica, luego alta, claramente separadas unas de otras por suturas profundas. En la parte umbilical se nota la presencia de un ombligo ancho, las habitaciones son fuertemente convexas, las suturas más profundas que en la parte superior, radial, recta.

Rango Estratigráfico: Albiano.

GÉNERO *Rotalipora* (Brotzen, 1942)

*Rotalipora cushmani* (Morrow, 1934)

Testa trocoide, lado dorsal moderadamente convexo con cámaras aplanadas o ligeramente infladas, suturas dorsales curvadas de manera redondeada, que producen una periferia festoneada; el margen anterior a veces se eleva ligeramente, el lado ventral



fuertemente convexo con las cámaras fuertemente infladas, las suturas profundamente acanaladas y casi irradian; solo el último verticilo, o 4-6 cámaras visibles, la periferia bruscamente redondeada y engrosada en un borde angosto.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano.

*Rotalipora praemontsalvensis* (Ion, 1976)

La testa es un trocospiral casi plano y casi simétrico, como consecuencia de un enrollado suelto de cámaras casi globulares y de aumento regular en tamaño. La forma globular se vuelve más clara hacia la periferia de las cámaras y hacia las últimas cámaras formadas. Su contorno es lobulado a muy lobulado. El lado de la espiral muestra dos verticilos y medio, el último verticilo que comprende 5-7 cámaras con las 2-3 primeras cámaras casi redondeadas y las últimas cámaras cuadradas y algunas veces radialmente alargadas-clavadas; las cámaras tienen una superficie casi globular, separadas por ligeras depresiones, radiales o ligeramente curvadas en dirección hacia delante suturas; La sutura en espiral que separa el último espiral está muy deprimida. El lado umbilical muestra 5-7 cámaras espaciales, globulares, espaciadas, separadas por suturas presionadas. La apertura principal es interiormarginal-umbilical en posición, estrecha; las aperturas accesorias o suplementarias son intrasuturales, a lo largo de la última y la última sutura; las aberturas suturales pueden dividirse en dos, son anchas y de forma ovalada, orientadas hacia atrás excepto por la última abertura que puede estar dirigida hacia delante.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano.

*Pseudothalmanninella klausi* (Lehmann, 1966)

Testa biconvexa formada por tres verticilos trocospiral. Más convexo en el lado espiral que en el lado umbilical. Ocho a nueve cámaras en el último verticilo. Las cámaras del último verticilo tienen aproximadamente el mismo tamaño. El aumento de

la cámara en el tamaño es moderadamente lobulado. Las suturas umbilicales son radiales con una abertura accesoria ubicada en el ombligo estrecho. La apertura primaria es interiomarginal, umbilical-extraumbilical.

Rango Estratigráfico: Albiano.

GÉNERO *Thalmaninella* (Klaus, 1960)

*Thalmaninella appenninica* (Renz, 1936)

Testa comprimida, compuesta de alrededor de 2 verticilos, aplanados dorsalmente, extremos internos de las cámaras ligeramente elevados ventralmente, periferia agudamente inclinada, levemente aquillada, entera en los jóvenes, volviéndose progresivamente más lobulada a medida que avanza el crecimiento; cámaras de 6 o 7; suturas distintas, radiales y deprimidas en el lado ventral, al ras con la superficie, curvadas en el lado dorsal; pared lisa, que aparece finamente granular; abertura una rendija arqueada debajo del borde de la última cámara formada, que se extiende desde el ombligo hasta la periferia.

Rango Estratigráfico: Albiano-Cenomaniano.

*Thalmaninella balernaensis* (Gandolfi, 1957)

Testa rotaliforme, grande y delgada, con una quilla única bien desarrollada. Esquema subcircular, que tiende a alargarse, lado espiral ligeramente convexo, lado umbilical ligeramente cóncavo. Cámaras planas en el lado dorsal, convexas en el lado ventral, que se alargan. Sutures umbilicales generalmente radiales y deprimidas, engrosándose ligeramente alrededor del ombligo.

Rango Estratigráfico: Albiano.

*Thalmaninella gandolfi* (Luterbacher & Premoli Silva, 1962)

Algunos especímenes muestran que la quilla se extiende a lo largo de las suturas y alcanzaba las crestas periumbilicales de cada cámara. Además, las dos últimas cámaras se profundizan gradualmente hacia el ombligo.

Rango Estratigráfico: Albiano-Cenomaniano.

*Thalmaninella praebalernaensis* (Sigal, 1969)

Testa de pequeño tamaño, fina y densamente perforada; bobinado trocospiral bajo, de 2 a 2.5 vueltas de cámaras aumentando regularmente (en tamaño) y numerando, de acuerdo con la forma, de 6 a 7.5 en el último verticilo. La periferia está marcada por una sola quilla. La superficie de las cámaras está ligeramente inflada, las suturas son curvas, marcadas por una línea de pústulas que es la extensión de la cresta carinal, luego se deprimen ligeramente entre las últimas cámaras; cada cámara se superpone a lo siguiente. El lado umbilical muestra cámaras bastante infladas separadas por suturas deprimidas, radiales y rectas. Las cámaras son típicamente triangulares, que se sumergen suavemente hacia el ombligo. La abertura principal es semicircular, alta, casi llegando a la periferia; está cubierto por un labio delgado que se combina con la extensión de la pared. La apertura suplementaria es muy pequeña, casi intraumbilical. No hay una dirección preferida de enrollamiento.

Rango Estratigráfico: Albiano-Cenomaniano.

*Thalmaninella reicheli* (Mornod, 1950)

De lado plano a cóncavo en espiral; lado lateral de la cámara final en ángulo recto o ligeramente obtuso con el plano ecuatorial; las pestañas periumbilicales se extienden desde la elevación sutural entre las primeras 2 cámaras y forman una especie de muralla alrededor del ombligo.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano.

SUPERFAMILIA Globotruncanacea (Brotzen, 1942)

FAMILIA Globotruncanidae (Brotzen, 1942)

SUBFAMILIA Globotruncaninae (Brotzen, 1942)

GÉNERO Marginotruncana (Hofker, 1956)

*Marginotruncana marginata* (Reuss, 1845)

Testa bajo trocospiral, biconvexo; periferia ecuatorial ligeramente lobulada; periferia axial angular, con dos quillas separadas por una banda periférica estrecha que a veces no trunca el perfil globular de las cámaras. Cámaras infladas, petaloides, que aumentan de tamaño de forma irregular al agregarse en el lado espiral; trapezoidal, globular en el lado umbilical; 5-8 cámaras en espiral final. En las suturas laterales en espiral oblicua y deprimida a ligeramente elevada. En las suturas laterales umbilicales deprimidas que aparecen radiales, pero marcadas por un borde sigmoideo en forma de U.

Rango Estratigráfico: Turoniano-Santoniano.

*Marginotruncana renzi* (Gandolfi, 1942)

Testa trocospiral, simétricamente biconvexo; periferia ecuatorial ligeramente lobulada; periferia axial angular, con dos quillas poco espaciadas que se convierten en una sola en las últimas cámaras. Las cámaras tienen forma de media luna, luego se vuelven petaloides en el lado de la espiral; trapezoidal, alargado en la dirección de enrollamiento algo inflado en el lado umbilical; 5-6 cámaras en espiral final. En suturas laterales en espiral curvas, oblicuas entre las primeras cámaras, perpendiculares a la sutura en espiral precedente en la parte más joven de la prueba y levantadas. En el lado umbilical, las suturas tienen forma de U. Apertura interiomarginal.

Rango Estratigráfico: Turoniano-Santoniano.

*Marginotruncana schneegansi* (Sigal, 1952)

El modo de enrollado es trocospiral, con un perfil biconvexo, ligeramente asimétrico; cámaras subglobulares; 2.5 a 3 verticilos de cámaras que aumentan de forma regular y rápida. Superficie de la cáscara densamente perforada excepto quillas imperforadas. En el lado de la espiral, las cámaras son trapezoidales y ligeramente infladas; suturas curvas y moderadas. En el lado umbilical, las cámaras se alargan en la dirección de enrollamiento e inflado; suturas sigmoidales y deprimidas.

Rango Estratigráfico: Turoniano-Santoniano.

SUBFAMILIA Abathomphalinae (Pessagno, 1967)

FAMILIA Rugoglobigerinidae (Subbotina, 1959)

GÉNERO *Archaeoglobigerina* (Pessagno, 1967)

*Archaeoglobigerina cretacea* (d'Orbigny, 1840)

Concha suborbicular, comprimida, áspera e incluso cubierta con espinas pequeñas y desiguales. Aguja apenas convexa, muy obtusa, compuesta de tres torres muy distintas, y formada, en estado adulto, de catorce a quince cajas. Casetas esféricas, un poco deprimidas, cinco en la última vuelta, fuertemente separadas, y dejando en su centro un ombligo ancho y profundo. Apertura de media luna muy grande, colocada en el mismo ombligo.

Rango Estratigráfico: Turoniano-Maastrichtiano.

SUPERFAMILIA Lituolacea (Blainville, 1825)

FAMILIA Textulariidae (Ehrenberg, 1838)

SUBFAMILIA Textulariinae (Ehrenberg, 1838)

GÉNERO: Textularia (Defrance en Blainville, 1824)

Testa libre, elongada, biserial, generalmente más o menos comprimida en el plano biserial y raramente ovalada o circular en sección transversal. Numerosas cámaras, generalmente casi aplanadas. Pared aglutinada, simple. Una sola abertura en arco bajo en la base de la última cámara.

Rango Estratigráfico: Pensilvánico-Holoceno.

SUPERFAMILIA Globigerinacea (Carpenter, Parker & Jones, 1862)

FAMILIA Heterohelicidae (Cushman, 1927)

SUBFAMILIA Heterohelicinae (Cushman, 1927)

GÉNERO Heterohelix (Ehrenberg 1843)

*Heterohelix striata* (Ansary & Tewfik, 1968)

Testa con disminución gradual, mayor amplitud hacia el extremo de apertura, extremo inicial agudo; cámaras distintas, pocas, globulares, rápidamente infladas, las dos últimas constituyen la mayor proporción de la prueba; suturas distintas, deprimidas; pared adornada con costillas longitudinales finas; apertura una abertura arqueada en la base de la última cámara.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano-Maastrichtiano.

GÉNERO Planoheterohelix (Georgescu & Huber, 2009)

*Planoheterohelix olssoni* (Ehrenberg 1840)

Testa con un desarrollo planiespiral temprano inscripto. La etapa primaria es seguida por una biserial que consta de dos (raramente) pares de cámaras de árbol. Cámaras subglobulares a globulares, a veces ligeramente aplanada dorso ventralmente. Suturas directamente a ligeramente deprimidas. Pared finamente perforada. La superficie de prueba es lisa, sin ornamentos, sin ningún rastro de estrías. La apertura primaria, un arco bajo en la base de la última cámara formada, está bordeada por un labio estrecho sin perforar.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano.

*Planoheterohelix postmoremani* (Georgescu & Huber 2009)

La testa es biserial y consta de 11 a 15 cámaras. El proloculus es pequeño, es seguido por una segunda cámara ligeramente más grande. Las cámaras aumentan de tamaño gradualmente según lo agregado. Las cámaras anteriores son subglobulares, las de la etapa adulta son reniformes y oblicuas al eje de crecimiento de la concha. Las suturas son distintas, deprimidas y oblicuas. La abertura es un arco de medio a alto en la base de la cámara formada por última vez; está bordeado por dos bridas periaperturales desarrolladas simétricamente. La superficie de la cámara está adornada con costillas poco espaciadas, lo que resulta en una apariencia granular.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano-Coniaciano.

GÉNERO *Protoheterohelix* (Georgescu & Huber, 2009)

*Protoheterohelix washitensis* (Tappan, 1940)

Testa minúsculo, biserial, afilando gradualmente; cámaras globulares, estrechamente adpresas; suturas distintas, deprimidas, más angulares hacia la base, casi rectas entre las cámaras posteriores; pared calcárea, finamente perforada, superficie lisa; apertura baja, semilunada, en la base de la última cámara formada.

Rango Estratigráfico: Albiano-Turoniano.

SUPERFAMILIA Globotruncanacea (Brotzen, 1942)

FAMILIA Globotruncanidae (Brotzen, 1942)

SUBFAMILIA Globotruncaninae (Brotzen, 1942)

GÉNERO: *Dicarinella* (Porthault, 1970)

*Dicarinella concavata* (Brotzen, 1934)

Lado espiral de la testa deprimida y placa plana o en forma de cuenco. Tiene un disco central, y el borde está bordeado por una viga elevada. Ombligo grande y profundo. Las cámaras del último verticilo en el lado de la espiral (de seis a siete) son similares a las de *Rotalia elevata* Brotzen, 1934, con solo la cresta en el borde faltante

Rango Estratigráfico: Turoniano-Santoniano.

*Dicarinella imbricata* (Mornod, 1950)

Concha pequeña con un enrollamiento trocospiral dextral, lado espiral convexo, lado umbilical cóncavo, periferia ecuatorial ligeramente lobulada, a excepción de las dos últimas cámaras que son grandes, globulares y desprovistas de las dos crestas carinales que adornan las cámaras anteriores.

Rango Estratigráfico: Cenomaniano-Coniaciano.

*Dicarinella marianosi* (Douglas, 1969)

Concha trocospiral grande, baja y libre con lado espiral plano, umbiliconvexo; periferia ecuatorial ligeramente lobulada; periferia axial angular, con una sola quilla. Cámaras petaloides en el lado espiral; subrectangular a subtriangular, inflado en el lado



umbilical; aumentando rápidamente de tamaño, 6-8 en espiral final. Suturas curvas, elevadas, con cuentas en el lado de la espiral; deprimido, radial en el lado umbilical. Pared calcárea, perforada, de estructura radial; superficie lisa. Ombligo ancho y profundo. Apertura interiomarginal, umbilical extraumbilical, que se extiende hacia el margen con aletas de apertura que se extienden hacia la cavidad umbilical.

Rango Estratigráfico: Turoniano

### 13.5.2. Algas calcáreas

PHYLUM Miozoa (Cavalier-Smith, 1998)

CLASE Dinophyceae (F.E.Fritsch, 1927)

ORDEN Thoracosphaerales (Tangen, 1982)

FAMILIA Thoracosphaeraceae (Schiller, 1930)

GÉNERO Bonetocardiella (T.Dufour, 1968)

Elementos semiesféricos y achatados de la base, de composición calcítica, muchas veces rellenos con micrita. Debido a que no forman un círculo completo y poseen una pequeña abertura, se le suele llamar *Stomiosphaera conoidea*.

GÉNERO Calcisphaerula (Bonet, 1956)

*Calcisphaerula innominata* (Bonet, 1956)

Elementos esféricos, de composición calcítica, muchas veces rellenos con micrita. Las calcisferas se interpretan como las partes reproductivas calcificadas de las algas dasicladáceas, que son un grupo de algas verdes unicelulares calcificadas y son de las algas calcáreas más importantes.

GÉNERO *Pithonella* (T. Lorenz, 1902)

*Pithonella ovalis* (F.J.Kaufmann) T.Lorenz 1902

Concha calcítica monotalámica, alargada de paredes gruesas. Abertura situada en alguno de los extremos y sin poros. Orden de tamaño, la fracción de milímetro.

GÉNERO: *Stomiosphaera* (J.Wanner, 1940)

Organismos presumiblemente unicelulares y planctónicos. Se conserva una concha monotalámica, isodiametral. Pared calcítica gruesa bien definida. Con una abertura circular como abertura bucal.

PHYLUM Charophyta (Migula, 1889)

CLASE Charophyceae (Rabenshort, 1863)

ORDEN Charales (Dumortier, 1829)

FAMILIA Characeae (S.F.Gray, 1821)

GÉNERO *Chara* (Linnaeus, 1753)

Elementos semicirculares de composición calcítica, su registro fósil se debe gracias a sus oogonios calcificados, conocidos como girogonitos. Pertenecen a la familia de las algas carofíceas, pero estudios anteriores la referían como parte del grupo de las algas verdes.

## 14. DISCUSIÓN

Originalmente la Formación Cuesta del Cura fue descrita por Imlay (1936) como una sucesión de roca caliza con intercalaciones de arcillas, bandas de pedernal y capas delgadas de caliza ondulosa, los denominados chevrones, mientras que López-Ramos (1980) describe a la Formación como una composición de capas mediana a delgadas de caliza ondulosa de color gris oscuro a negro, algo arcillosa y con nódulos de pedernal negro.

En esta investigación se describe como una sucesión de capas de caliza y calizas laminares con intercalaciones de bandas de pedernal en color negro, con vetas de calcita, manchas de óxido y la presencia de capas de caliza ondulosa. Se puede decir que coincidimos en gran parte con la descripción que ellos propusieron, la única discrepancia es el cambio de lutita por calizas laminares.

Las biozonas reportadas en esta investigación fueron tres: 1) Zona de intervalo *Thalmaninella appenninica/Rotalipora cushmani*, 2) Zona de intervalo *Rotalipora cushmani/Helvetoglobotruncana helvetica* y 3) Zona de intervalo *Helvetoglobotruncana helvetica/Marginotruncana* sp., siendo cada una de ellas marcadas por la primera aparición estratigráfica de los taxones mencionados.

En nuestro país hay pocos investigadores que trabajan con bioestratigrafía del noreste de México, y es precisamente Longoria (1977) y Longoria & Gamper (1977) quienes establecieron tres biozonas para la Formación Cuesta del Cura en su etapa del Cenomaniano, las cuales corresponden a la zona de intervalo de *Thalmaninella evoluta/Rotalipora montsalvensis*, la zona de intervalo de *R. montsalvensis/R. cushmani* y zona de intervalo de *R. cushmani/Dicarinella imbricata* y una zona para el Albiano superior la zona de *Thalmaninella ticinensis*. Sin embargo las biozonas reportadas en esta investigación no son correlacionales con las mencionadas anteriormente, esto puede deberse a que en lugar de establecer una biozonación en un lugar específico y a poca distancia entre muestras como es el caso de este trabajo, se hizo una zonación de puntos

aislados en nuestro país y en el extranjero, provocando un factor de error mucho más grande.

Para Longoria (1977) y Longoria & Gamper (1977) la primera zonificación está representada por los géneros de *Thalmaninella* sp., y de *Rotalipora* sp., los cuales coinciden con los reportados en esta investigación, la diferencia radica en las especies de dichos géneros en ambas zonificaciones. Por otro lado, la última zonificación está representada por la primera aparición de *Rotalipora cushmani* y la primera aparición de *Dicarinella imbricata*, en este trabajo se reporta efectivamente la primera ocurrencia de *R. cushmani* sin embargo la presencia de *Helvetoglobotruncana helvetica* es quien marca la diferencia en el cambio de zona y no la reportada por los autores.

La edad reportada para la sección expuesta de la Formación Cuesta del Cura en el área de estudio es Albiano Superior-Cenomaniano Superior, siendo este último quien presenta las primeras deposiciones del Turoniano, o sea, el contacto con la siguiente unidad litológica. Lo reportado aquí concuerda con lo mencionado por Imlay (1936, 1937); López-Ramos (1980); PEMEX (1988); Barboza-Gudiño *et al.* (2004); Ángeles-Villeda *et al.* (2005); Arvizu-Gutiérrez (2006); Villareal-Fuentes (2007).

Las microfacies correspondientes para la Formación Cuesta del Cura se caracterizan por ser calizas wackestone en su mayoría, aunque con algunas excepciones de mudstone y packstone y se caracterizan por ser de tipo biomicrítica de foraminíferas planctónicos y radiolarios (Gamper, 1977; Ángeles-Villeda *et al.*, 2005 y Zapata-Martínez, 2015). Las microfacies reportadas en este trabajo coinciden con lo mencionado por los autores.

En su descripción original, Imlay (1936), propone un ambiente de depósito de aguas profundas, pero con base a la litología y la asociación microfaunística se le ha ubicado como de ambientes profundos de baja circulación, con buena oxigenación y con un aporte constante de sedimentos (PEMEX, 1988; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004; Ángeles Villeda *et al.*, 2005; Arvizu-Gutiérrez, 2006; Villareal-Fuentes, 2007). Los resultados que arroja esta investigación permiten coincidir con lo mencionado por los distintos investigadores.

Debido a la ausencia de trabajos de biodiversidad en la Formación Cuesta del Cura, no se puede establecer la ausencia o presencia de algún evento importante que logre explicar la baja diversidad biológica que arrojaron los índices de riqueza Margalef, dominancia de Simpson y de diversidad Shannon-Wiener.

## 15. CONCLUSIONES

- La Formación Cuesta del Cura en la Cañada Guadalupe, Iturbide, Nuevo León, México se encuentra compuesta por una sucesión de capas de caliza y calizas laminares con intercalaciones de bandas de pedernal en color negro, con vetas de calcita, manchas de óxido y la presencia de capas de caliza ondulosa.
- Se identificó un total de 55 especies de foraminíferos (tanto planctónicos como bentónicos) dentro de 27 géneros, además de radiolarios, dos géneros de algas calcáreas, así como restos de invertebrados y materia orgánica. Con los cuales se logró un establecimiento de tres biozonas para la sección expuesta en el área de estudio: 1) Zona de intervalo *Thalmaninella appenninica/Rotalipora cushmani*, 2) Zona de intervalo *Rotalipora cushmani/Helvetoglobotruncana helvetica* y 3) Zona de intervalo *Helvetoglobotruncana helvetica/Marginotruncana* sp.
- Debido a la presencia de las biozonas de foraminíferos se determinó un rango de edad de Albiano Superior-Cenomaniano Superior, siendo este último quien presenta las primeras deposiciones del Turoniano.
- Las microfacies correspondientes para la Formación Cuesta del Cura se caracterizan por ser del tipo biomicrítica de foraminíferos planctónicos y radiolarios con una textura wackestone, con algunas excepciones de mudstone y packstone.
- La sección estudiada de la Formación Cuesta del Cura presentó características que establecen un ambiente de depósito de cuenca profunda, con poca aireación y de baja circulación.
- Por último se define una baja diversidad a lo largo de toda la sección en base a los índices de riqueza de Margalef, dominancia de Simpson y diversidad de Shannon-Wiener, pudiéndose considerar la presencia de algún evento importante dentro de la Formación.

## **16. PERSPECTIVAS**

Esta investigación resalta la importancia que poseen los foraminíferos en los estudios bioestratigráficos, pues además de poseer un rango de distribución amplio, su preservación a comparación de otros organismos, es de las mejores. Otro punto a favor de este grupo es el interés económico que la sociedad tiene en ellos, pues son quienes indican la presencia de hidrocarburos, los cuales son el motor de la economía en nuestro país.

Es por ello que se pretende alentar a los actuales y a los futuros investigadores a no echar por la borda los trabajos relacionados con la Geología o la Paleobiología, pues son la base para entender los procesos y las relaciones ecológicas que se perciben en nuestros días.

## 17. BIBLIOGRAFÍA

- Alanís-Flores, G.J., Cano-Cano G. & Rovalo-Merino, M.** 1996. Vegetación y Flora de Nuevo León, una guía Botánico-Ecológica. Patronato Monterrey 400, Consejo Consultivo para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León. CEMEX. Monterrey, Nuevo León, México: 37-129p.
- AlgaeBase as: Guiry, M.D. & Guiry, G.M.** [Date\_Format: (Date\_GetCurrentDate), -DateFormat='%Y']. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on [Date\_Format: (Date\_GetCurrentDate),-DateFormat='%d %B %Y'].
- Ángeles-Villeda, M.E., Hinojosa-Espinosa, J.J., López-Oliva, J.G., Valdés-González, A. & Livas-Vera, M.** 2005. Estratigrafía y microfacies de la parte sur del Cañón La Boca, Santiago, Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 22(2): 272-281p.
- Arenillas I. & Molina, E.** 1995. Análisis cuantitativo de los foraminíferos planctónicos del Paleoceno en Zumaya: implicaciones paleoambientales y eventos paleoceanográficos. *Geogaceta* 17: 23-26p.
- Arriaga, L., Espinoza, J.M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L. & Loa, E.** 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México: 349-351p.
- Arvizu Gutiérrez, I.** 2006. Paleomagnetismo de rocas jurásicas y cretácicas del Valle San Marcos, Coahuila, México. Maestro en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México: 159p.
- Barboza-Gudiño, Hoppe, J.R., Gómez-Anguiano, M., & Martínez-Macías, M.** 2004. Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21(3): 299-319p.
- Blanco-Piñón, A., Frey, E., Stinnesbeck, W. & López-Oliva, J.** 2005. Late Cretaceous (Turonian) fish assemblage from Vallecillo, Northeastern Mexico. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 225(1): 39-54p.
- Brusca, R., Brusca, G. & Haver, N.** 2003. Invertebrates. 2<sup>da</sup> ed. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates.
- Burrows, R.H.** 1910. Geology of Northern México, *Geol. Soc. Am. Bull.*, Tomo VII, 1<sup>ra</sup>. Parte: 85-103p.
- Calonge, A., Caus, E. & García, J.** 2001. Los Foraminíferos: Presente y Pasado. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra* 9(2): 144-150p.



- Carrillo-Bravo, J.** 1961. Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros 13: 1-2p.
- Carrillo-Bravo, J.** 1971. La Plataforma de Valles San Luis Potosí: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros 23 (1-6): 1-102p.
- Carrillo-Bravo, J.** 1982. Exploración petrolera de la Cuenca Mesozoica del centro de México. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros 34(1): 21-46p.
- Dunham, R.J.** 1962. Clasificación de carbonate rocks according to depositional texture. Classification of Carbonate Rocks. American Association of Petroleum Geologists: 108-102p.
- Echanove-Echanove, O.** 1986. Geología petrolera de la Cuenca de Burgos (parte I) Consideraciones geológico-petroleras. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros 38(1): 13p.
- Eguiluz de Antuñano, S., Aranda García, M. & Marrett, R.** 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 53(1): 1-26p.
- FAO-UNESCO.** 1976. Mapa mundial de suelos 1:5 000 000. 1st ed. Italia: Tipolitografía F. Failli: 60-61p.
- Folk, R.** 1980. Petrology of sedimentary rocks. 1<sup>ra</sup> edición. Austin, Texas.
- Flügel E.** 2010. Microfacies of carbonate rocks. Analysis, interpretation and Application. Springer, Germany.
- Gamper, M. A.** 1977. Estratigrafía y microfacies cretácicas del Anticlinorio Huizachal-Peregrina (Sierra Madre Oriental). Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 38 (2): 1-17p.
- Goldhammer, R.K. & Johnson, C.A.** 2001. Middle Jurassic-Upper Cretaceous paleogeographic evolution and sequence-stratigraphic framework of the northwest Gulf of Mexico rim. in C. Bartolini, R.T., Buffler, and A. Cantú-Chapa, eds., The western Gulf of México Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems: AAPG Memoir 75: 45-81p.
- González-García, R.** 1976. Bosquejo geológico de la zona noreste. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros 28: 1-50p.
- Google, Inc.** 2008. Matehuala-Linares, Street view. Recuperado de <https://www.google.com.mx/maps/@24.7314834,-99.8635988,3a,42.1y,205.06h,99.19t/data=!3m6!1e1!3m4!1sV-UMFEo6yTAIZMZA35JRAA!2e0!7i13312!8i6656>.

- Hernández-Canelo, J.** 2013. Presencia de Ophiuridos, Importancia de su registro fósil y distribución en la Formación Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano) en la localidad de Morados, municipio de Moctezuma, S.L.P. Ingeniero Geólogo. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Humphrey, W. E.** 1949. Geology of the Sierra de los Muertos area, Mexico (with description of Aptian cephalopods from La Peña Formation): Geological Society of America Bulletin 60: 89-176p.
- Humphrey, W. E.** 1956. Tectonic Framework of Northeast Mexico. Geological Society American Bulletin 6: 25-35p.
- Imlay, R.W.** 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. Part IV Geology of the Western part of the Sierra de Parras. Geological Society of America Bulletin 47(4): 1091-1152p.
- INAFED.** 2009. Iturbide. Gobierno del Estado de Nuevo León.
- INEGI.** 1985. Síntesis geográfica del Estado de San Luis Potosí. 1st ed. México, D.F.: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: 104-105p.
- INEGI.** 1986. Síntesis geográfica de Nuevo León. 1st ed. México, D.F.: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI.** 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Iturbide, Nuevo León. INEGI.
- INEGI-INE-CONAGUA.** 2007. Documento técnico del mapa de Cuencas hidrográficas de México (escala 1: 250 000).
- Jenchen, U.** 2006. Microfacies para fugitivos: Una clave de interpretación para microfacies de rocas carbonatadas (versión 24); Biblioteca virtual FCT-UANL; Linares, N.L: 39 p.
- Kelly W. A.** 1936, Geology of the mountains bordering the Valleys of Acatita and Las Delicias: Geological Society of America Bulletin 47: 1019-1047p.
- Lehmann, C., Osleger, D., Montañez, I., Sliter, W., Vanneau, A. & Banner, J.** 1999. Evolution of Cupido and Coahuila carbonate platforms, Early Cretaceous, northeastern Mexico. Geological Society of America Bulletin 111(7): 1010-1029p.
- Loeza-García, J.P., Zárate-Barradas, R.G, Arreondo-Mendoza, J.A., Flores-Castillo, C.M., Wingartz-Carranza, J. & Vigil-Valdés, E.** 2008. Carta Geológico-Minera Linares, G14-11, Escala 1:250,000, Estados de Tamaulipas y Nuevo León, Informe técnico.
- Longoria, J.** 1975. Estratigrafía de la Serie Comancheana del Noreste de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 36(1): 31-59p.

- Longoria J. F.** 1977. El límite Cretácico Inferior-Cretácico Superior en México basado en los foraminíferos planctónicos. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología 1(1): 5-9p.
- Longoria, J. & Gamper, M.** 1977. Albian planktonic foraminifera from The Sabinas Basin of Northern Mexico. *Journal of Foraminiferal Research* 7(3): 196-215p.
- López-Doncel, R. & Hernández-Torres, C.A.** 2006. Estudio petrográfico-microfacial de una secuencia atípica de la Formación Cuesta de Cura en la Cuenca Mesozoica del centro de México, *Geos* 26(1): 137-140p.
- López-Ramos, E.** 1980. Geología de México, Tomo II. 2da edición. Editorial Tesis Resendiz, S.A. México.
- López-Zúñiga, P.A.** 2013. Microfacies y Paleoambientes de dos secciones estratigráficas del Barremiano-Aptiano (Cretácico-Inferior) en Nuevo León, México (Tesis de Maestría). Instituto de Geología, UNAM. México.
- Luna, I.; Morrone, J., Espinosa, D.** 2004. Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. UNAM, Facultad de Ciencias, México: 527 p.
- Martínez-Salazar, F., Pedraza-Salinas, J. & Gómez-Danes, P.** 1999. Monografías de la Villa de San Pedro de Iturbide. 1<sup>ra</sup> ed. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León: 16-19p.
- Montañez-C. A., Ramírez-G. J.G., Escalante-M. J. C., Luévano A. & López-L. M.** 2000. Carta Geológico-Minera Concepción del Oro, G14-10, Escala 1:250,000, Estados de Coahuila y Nuevo León, Informe técnico.
- Morán-Zenteno, D.** 1990. Geología de la República Mexicana. México, D.F. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: 43-44p.
- Moreno, C.E.** 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza: 84p.
- Mülleried, F.** 1944. Geología del Estado de Nuevo León. 1st ed. México, D.F.
- Mülleried, F.** 1946. Geología del Estado de Nuevo León (Continuación y Final). 1<sup>ra</sup> ed. México, D.F.
- Munsell, A.H.** 2009. Geological Rock – Color chart. Geological Society of America (GSA). Munsell Color.
- Padilla y Sánchez, R.J.** 1978a. Bosquejo geológico-estructural de la Sierra Madre Oriental en el área Linares-Galeana-San Roberto, Estado de Nuevo León. Instituto de Geología, UNAM 2 (1):45-54 p.
- Padilla y Sánchez, R.J.** 1978b. Geología y estratigrafía (Cretácico Superior) del límite suroeste de estado de Nuevo León. Instituto de Geología, UNAM 2 (1): 37-44p.

- Padilla y Sánchez, R.J.** 1982. Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepcion del Oro, Saltillo, and Monterrey, Mexico. Ann Arbor, Mich: Univ. Microfilms Internat.
- Padilla y Sánchez, R.J.,** 1986, Post-Paleozoic tectonics of Northeast Mexico and its role In the evolution of the Gulf Of Mexico: Geofísica Internacional 25(1): 157-206 p.
- PEMEX.** 1988. Estratigrafía de la República Mexicana, Mesozoico, Subdirección de Producción Primaria, Coordinación ejecutiva de exploración, Informe Inédito.
- PEMEX** 2010. Provincias Geológicas de México. Academia.edu. Recuperado de [https://www.academia.edu/9818021/Provincias\\_Geológicas\\_de\\_México](https://www.academia.edu/9818021/Provincias_Geológicas_de_México).
- Pérez-Cruz, G.** 1993. Geologic evolution of the Burgos Basin, northeastern Mexico. Doctor of Philosophy. Rice University.
- Reguant, S.** 1971. Los conceptos de facies en Estratigrafía. Acta Geológica Hispánica 6(4): 97-101p.
- Ruppert, E. & Barnes, R.** 1996. Zoología de los invertebrados. 5th ed. México. McGraw-Hill Interamericana: 1114 pp.
- Salinas, M.** 2017. Fisiografía de la Sierra Madre Oriental. Recuperado de <http://sierra-madre-oriental.blogspot.mx/2017/01/fisiografia-de-la-sierra-madre-oriental.html>.
- Salinas-Rodríguez, M.** 2012. Flora y fitogeografía del Cañón de Iturbide, Nuevo León, México. Maestro en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Secretaría del Desarrollo Sustentable.** 2010. Atlas de riesgo para el estado de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León. Secretaría del Desarrollo Sustentable: 10-11p.
- Servicio Geológico Mexicano.** 2004. Ficha de unidad estratigráfica (Aurora, Caliza). México: SGM: 1-4p.
- Servicio Geológico Mexicano.** 2006. Ficha de unidad estratigráfica (Indidura, Formación). México: SGM: 1-6p.
- Servicio Geológico Mexicano.** 2007a. Ficha de unidad estratigráfica (Agua Nueva, Formación). México: SGM: 1-6p.
- Servicio Geológico Mexicano.** 2007b. Ficha de unidad estratigráfica (Soyatal, Formación). México: SGM: 1-6p.
- Servicio Geológico Mexicano.** 2010. Ficha de unidad estratigráfica (Formación Cuesta del Cura, Caliza). México: SGM: 1-4p.
- Servicio Geológico Mexicano.** 2013. Ficha de unidad estratigráfica (Formación Tamaulipas Superior). México: SGM: 1-5p.

- Stabler, C. & Marquez, B.** 1977. Initiation of Lower Cretaceous reefs in Sabinas Basin, Northeast Mexico. In: D. Bebout and R. Loucks, ed., Cretaceous carbonates of Texas and Mexico. Texas: Bureau of Economic Geology.
- Stephenson, L.** 1922. Some Upper Cretaceous shells of the rudistid group from Tamaulipas, Mexico. Proceedings of the United States National Museum 61(2422): 1-28p.
- Stinnesbeck, W.** 1991. Ammonites de la Formación Cuesta del Cura (Albiano Superior-Cenomaniano Inferior) en el área de Galeana, Nuevo León. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología: 63-85p.
- Tarbut, E., Lutgens, F., Tasa, D. & Cientificas, A.** 2005. Ciencias de la tierra. 8<sup>va</sup> ed. Madrid: Pearson Educación: 736p.
- Tardy, M.** 1972. Sobre la estratigrafía de la Sierra Madre Oriental en el Sector de Parras, Coahuila: Distinción de la Serie Coahuilense y Parrense. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 33(1).
- Tardy, M., Longoria, J., Martínez-Reyes, J., Mitre-S., L., Patiño-A., M., Padilla y Sánchez, R. & Ramírez-R., C.** 1975. Observaciones generales sobre la estructura de la Sierra Madre Oriental: La aloctonía del conjunto Cadena Alta-Altiplano Central, entre Torreón, Coahuila y San Luis Potosí, S.L.P. México. Revista del Instituto Geológico, UNAM (1): 1-11p.
- Villarreal Fuentes, J.** 2007. Depósitos de celestina en la zona de Los Alamitos, estado de Coahuila: Un ejemplo de mineralización del tipo MVT. Maestro en Ciencias Geológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Wilson, B.W., Hernández, J.P. & Meave, E.** 1955. Un banco calizo del Cretácico en la parte oriental del estado de Querétaro, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 18(1), 1-10p.
- Wilson, J.L.** 1975. Carbonate facies in geologic history. New York, Springer-Verlag: 47p.
- Yavarmanesh, H., Vaziri, S., Aryaei, A., Jahani, D. & Pourkermani, M.** 2017. Fig-9. Distribution of SMF types in the Facies Zones (FZ) and define detected SMF types in Ghorogh Syncline. [imagen] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/317715219\\_Microfacies\\_and\\_Morphotectonic\\_of\\_the\\_Tirgan\\_Formation\\_in\\_Ghorogh\\_Syncline\\_North\\_of\\_Chenaran](https://www.researchgate.net/publication/317715219_Microfacies_and_Morphotectonic_of_the_Tirgan_Formation_in_Ghorogh_Syncline_North_of_Chenaran).
- Young, J.R., Wade, B.S., & Huber B.T.** 2017. forams@mikrotax website. URL: <http://www.mikrotax.org/pforams>
- Zapata, J. & Olivares, J.** 2005. Radiolarios (Protozoa, Actinopoda) Sedimentados en el Puerto de Caldera (27°04' S; 70°51' W), Chile. Gayana (Concepción) 69(1): 78-93p.

**Zapata-Martínez, J.A.** 2015. Análisis de microfacies y paleoambientes de una sección estratigráfica del Albiano Superior–Turoniano en Nuevo León, México (Tesis de Licenciatura). Universidad de Sonora. México.

## 18. RESUMEN BIOGRÁFICO

Miroslava Coronado Díaz

Candidata para el Grado de

Maestría en Ciencias con Acentuación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo

Sustentable

Tesis: BIOESTRATIGRAFÍA Y MICROFACIES DE LA FORMACIÓN CUESTA DEL CURA (CRETÁCICO INFERIOR) EN LA CAÑADA GUADALUPE DEL MUNICIPIO DE ITURBIDE, NUEVO LEÓN, MÉXICO.

Campo de Estudio: Paleoecología

Datos Personales: Nacida en Monterrey, Nuevo León, México el 19 de agosto de 1993, hija de Ernesto Coronado Valerio y Elida Díaz Alonso.

Educación: Egresada de la Preparatoria N°15 unidad Madero de la UANL en junio del 2010 y de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL, bajo el grado de Biólogo en diciembre del 2014.

Experiencia Profesional: Becaria del laboratorio de Paleobiología de la Facultad de Ciencias Biológicas durante el periodo de agosto del 2013 a diciembre del 2014; Docente en el área de ciencias en CREA Universidad desde septiembre del 2017 hasta la fecha.

**ANEXO: Láminas de Foraminíferos de la Formación Cuesta del Cura en la  
Cañada Guadalupe**



LÁMINA I

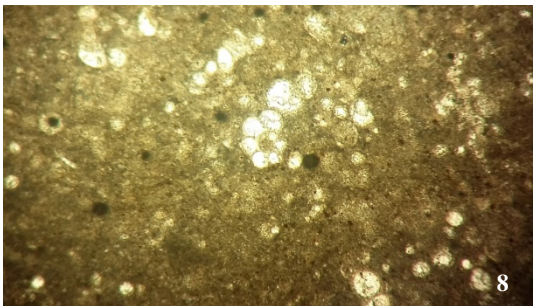
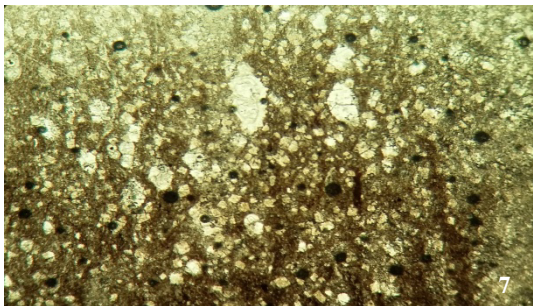
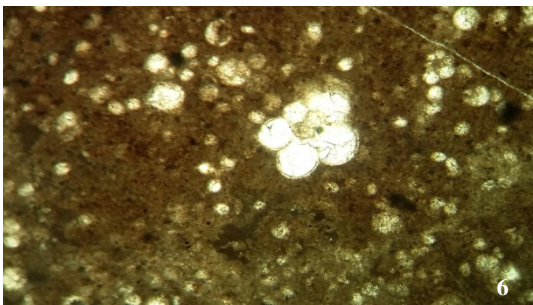
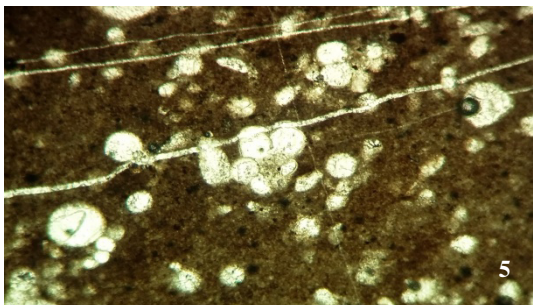
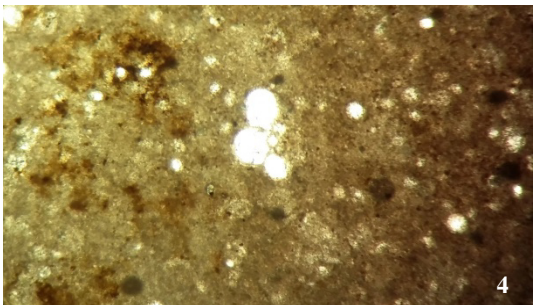
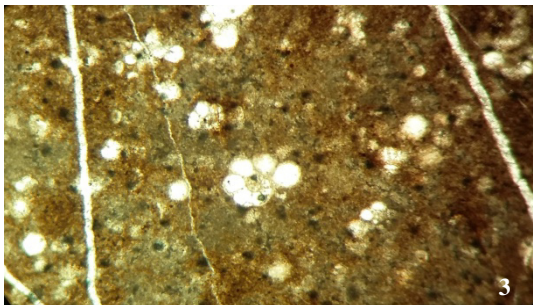
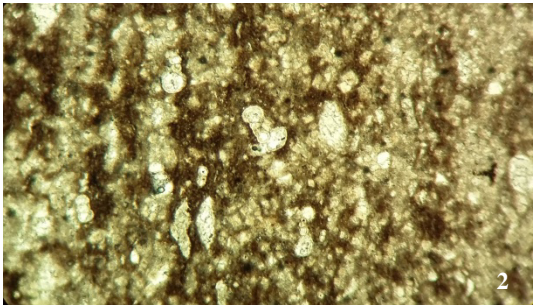
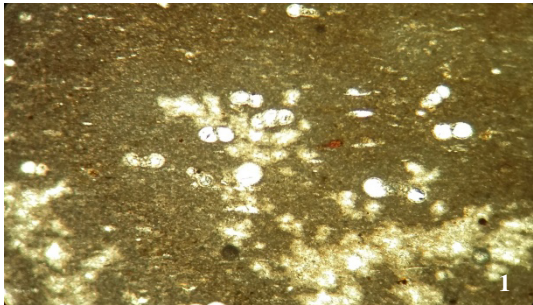
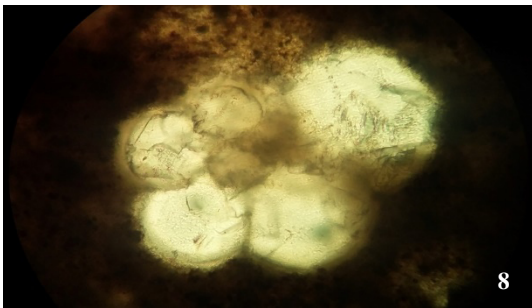
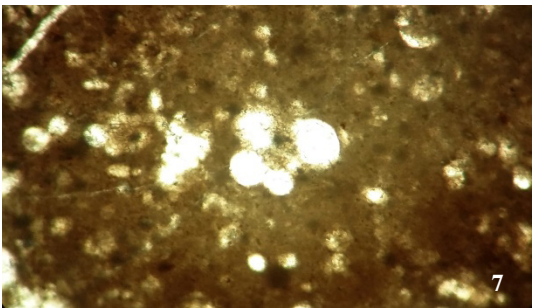
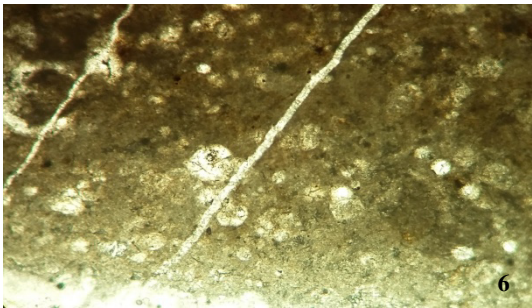
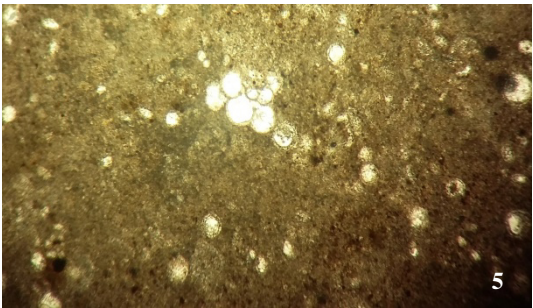
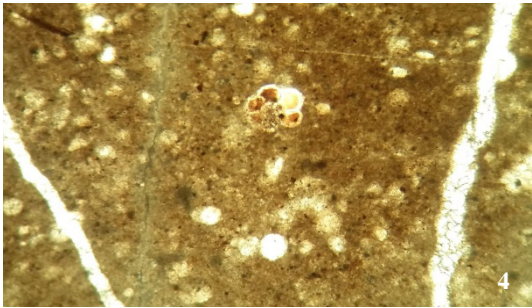
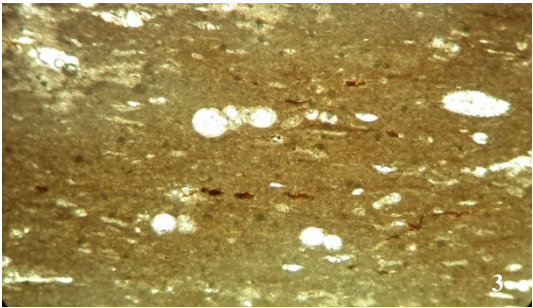
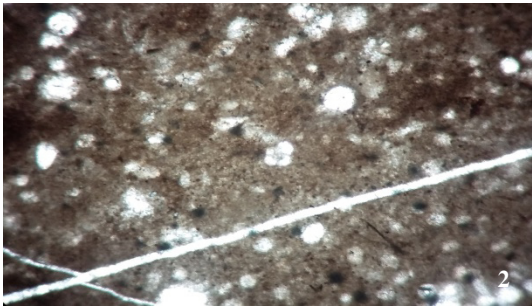
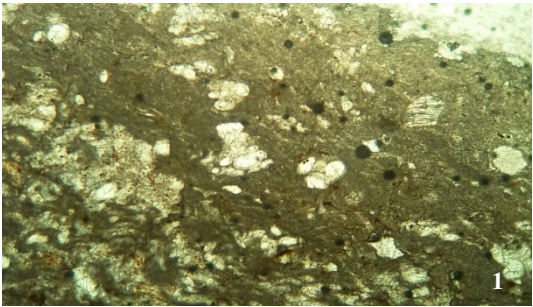


LÁMINA II



## LÁMINA I

1. *Archaeoglobigerina cretacea* (10x)
2. *Asterohedbergella asterospinosa* (10x)
3. *Biticinella breggiensis* (10x)
4. *Clavihedbergella amabilis* (10x)
5. *C. simplex* (10x)
6. *C. simplicissima* (10x)
7. *Dicarinella concavata* (10x)
8. *D. imbricata* (10x)

## LÁMINA II

1. *D. marianosi* (10x)
2. *Favusella washitensis* (10x)
3. *Globigerinelloides aptiensis* (10x)
4. *G. bentonensis* (10x)
5. *G. pulchellus* (10x)
6. *G. ultramicrus* (10x)
7. *Hedbergella amabilis* (10x)
8. *H. aptiana* (40x)

LÁMINA III

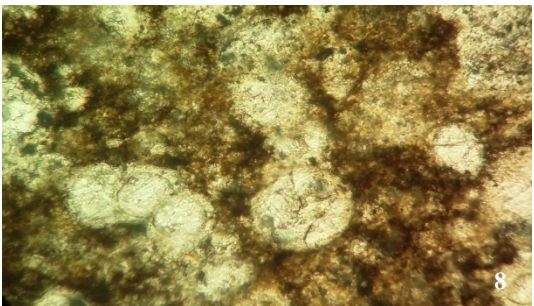
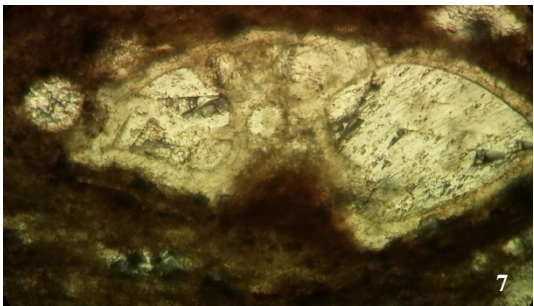
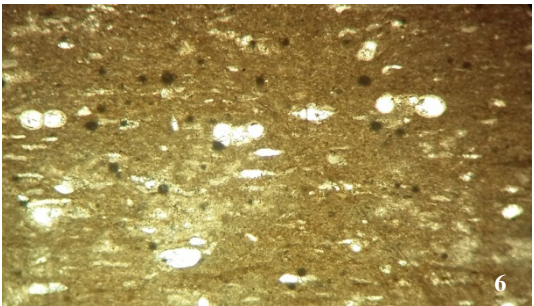
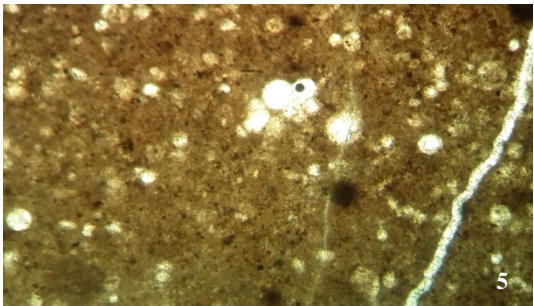
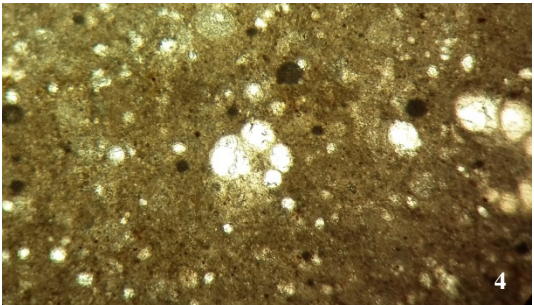
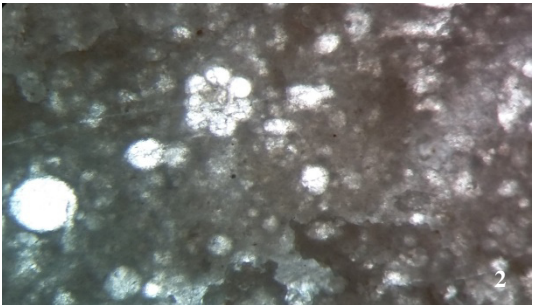
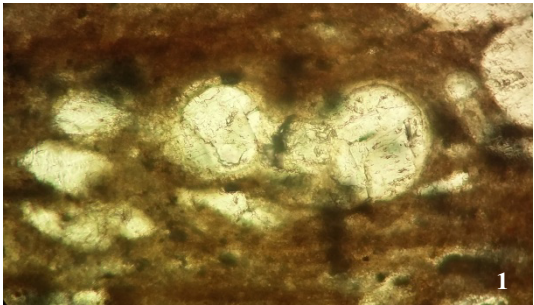
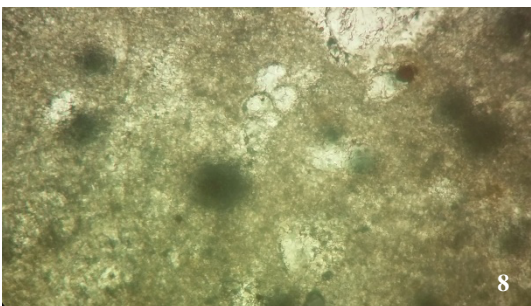
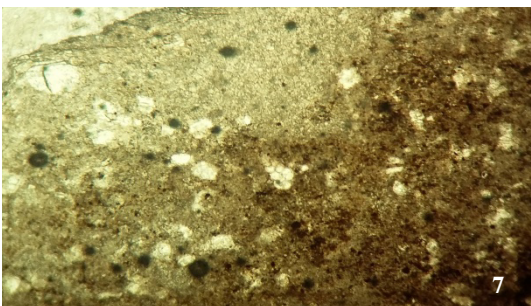
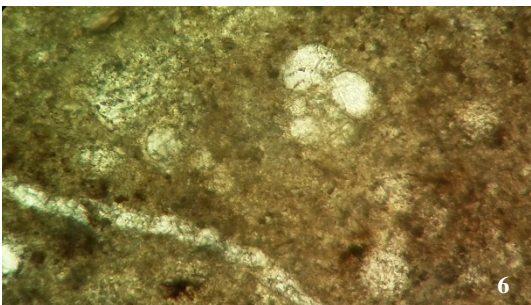
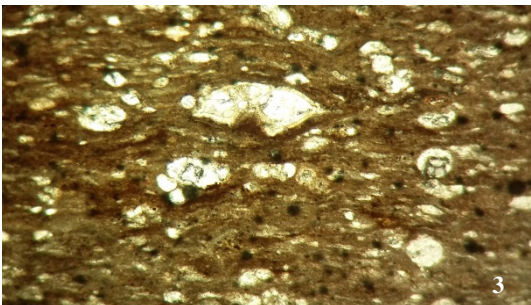
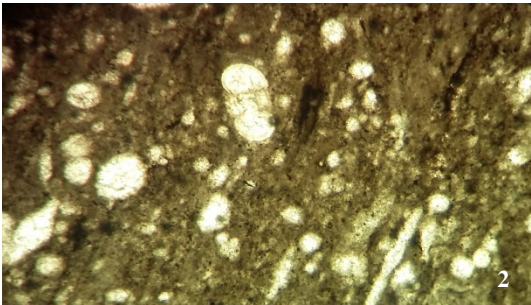
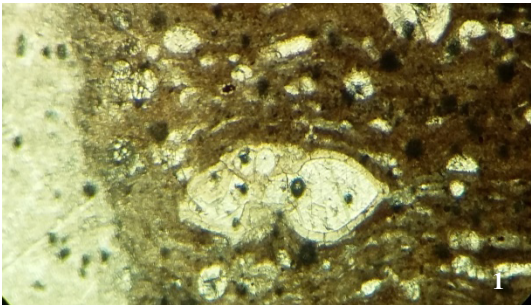


LÁMINA IV



### LÁMINA III

1. *Helvetoglobotruncana helvetica* (40x)
2. *Hedbergella modesta* (10x)
3. *H. similis* (10x)
4. *H. tunisiensis* (10x)
5. *Muricohedbergella angolae* (10x)
6. *M. delrioensis* (10x)
7. *Marginotruncana marginata* (40x)
8. *Microhedbergella pseudotrocoidea* (40x)

### LÁMINA IV

1. *Marginotruncana renzi* (10x)
2. *Microhedbergella rischi* (10x)
3. *Marginotruncana schneegansi* (10x)
4. *Planomalina buxtorfi* (40x)
5. *Heterohelix globulosa* (10x)
6. *Planoheterohelix olssoni* (10x)
7. *P. postmoremani* (10x)
8. *Protoheterohelix washitensis* (10x)

LÁMINA V

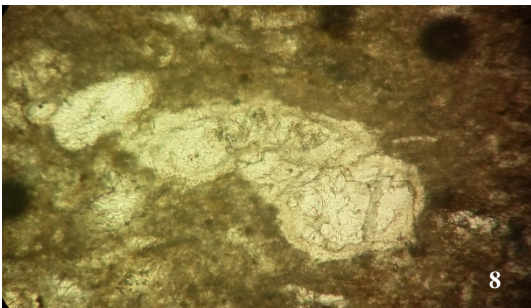
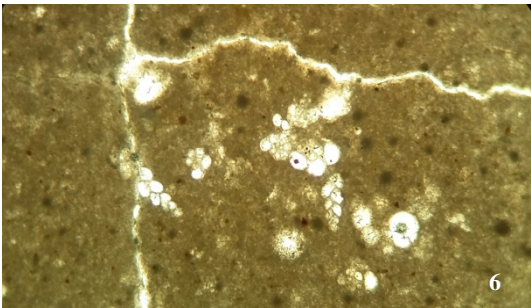
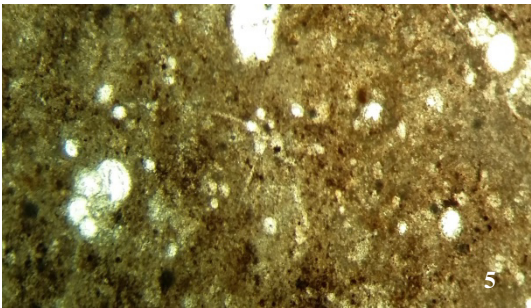
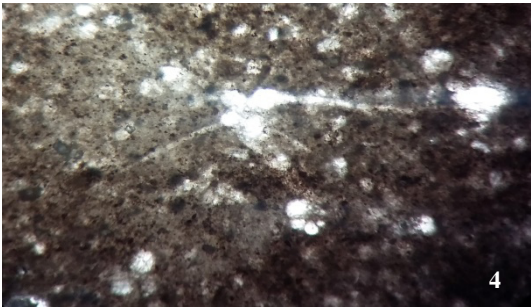
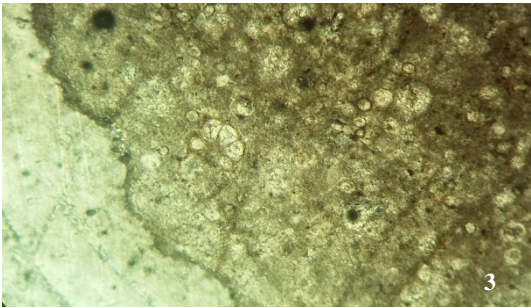
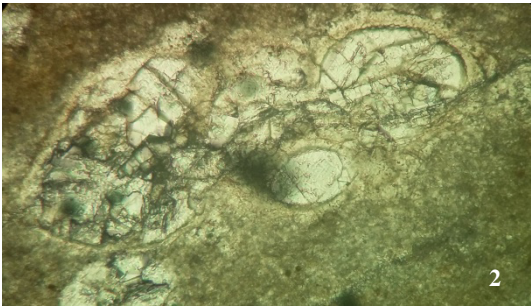
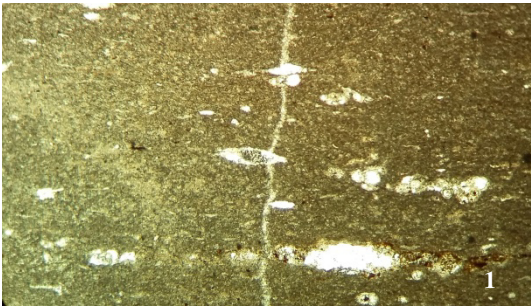
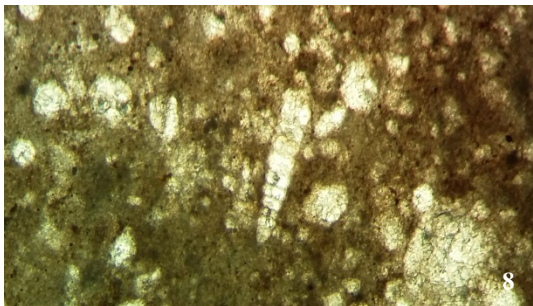
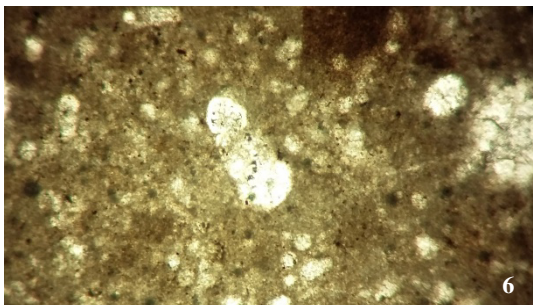
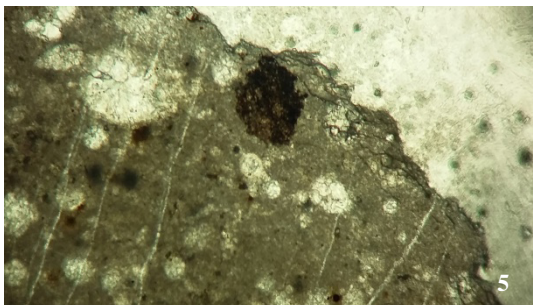
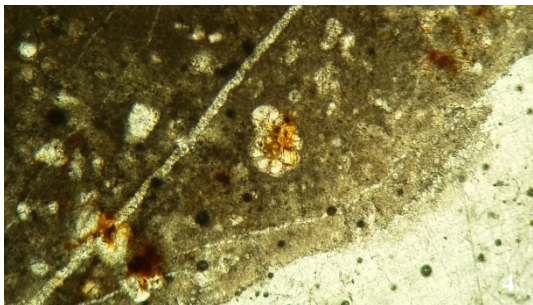
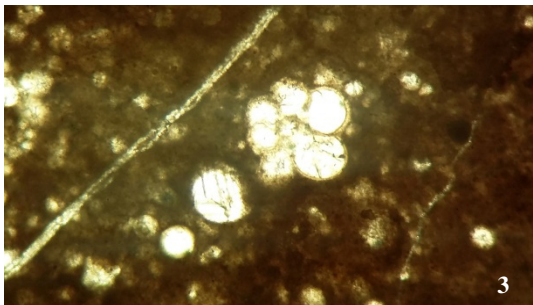
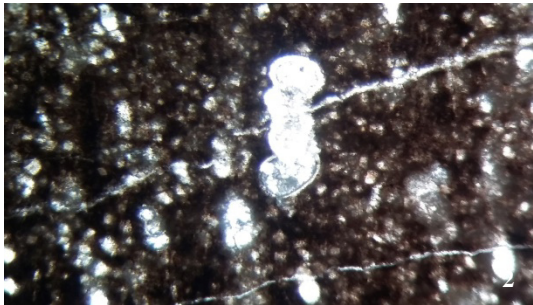
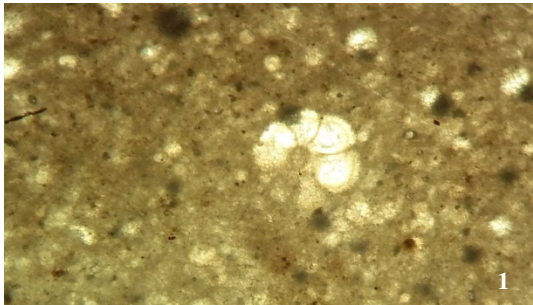


LÁMINA VI





## LÁMINA V

1. *Pithonella ovalis* (10x)
2. *Praeglobotruncana compressa* (40x)
3. *Pseudothalmanninella klausii* (10x)
4. *Schackoina biconrnis* (10x)
5. *S. cenomana* (10x)
6. *Spiroplectammia* sp. (10x)
7. *Thalmanninella appenninica* (40x)
8. *T. balernaensis* (40x)

## LÁMINA VI

1. *Thalmanninella gandolfi* (10x)
2. *T. moulladei* (10x)
3. *T. pareabalernaensis* (10x)
4. *Ticinella primula* (10x)
5. *T. raynaudi* (10x)
6. *T. reicheli* (10x)
7. *T. roberti* (10x)
8. *Textularia* sp. (10x)

LÁMINA VII

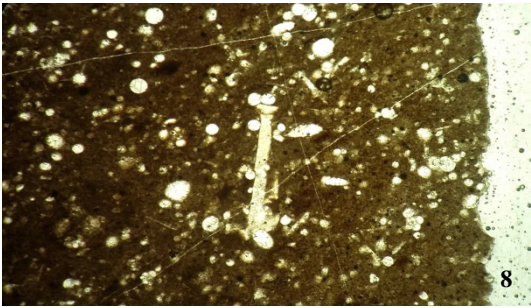
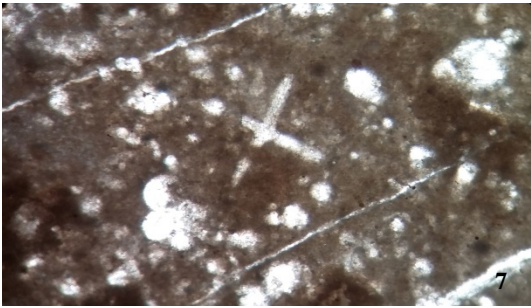
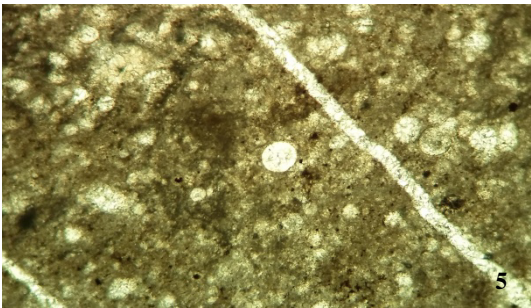
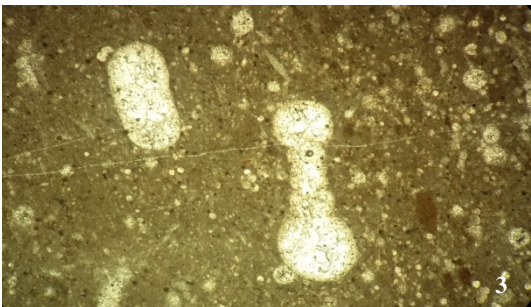
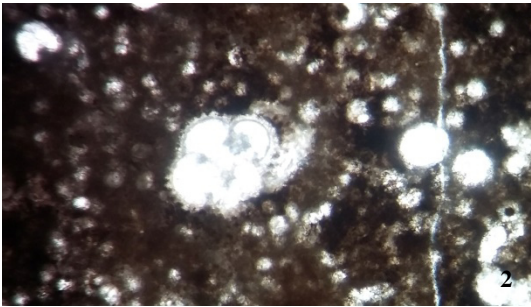
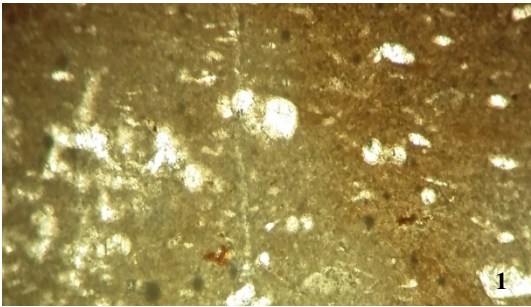
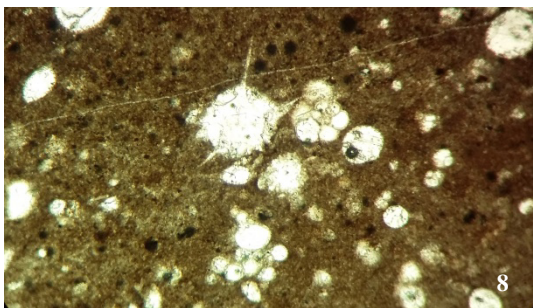
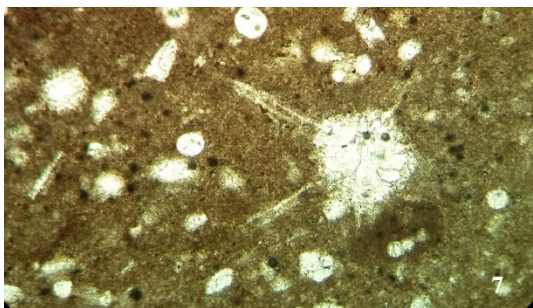
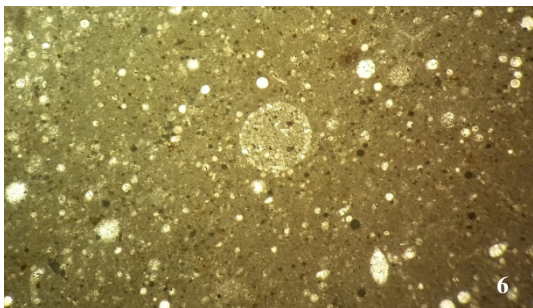
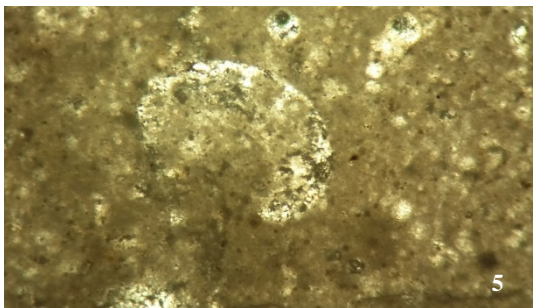
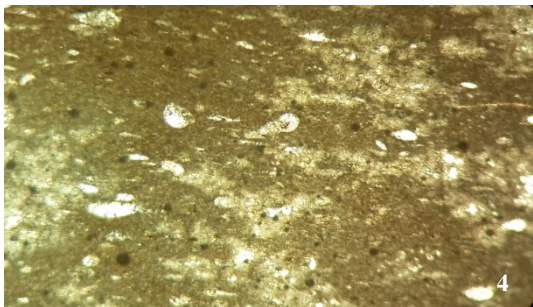
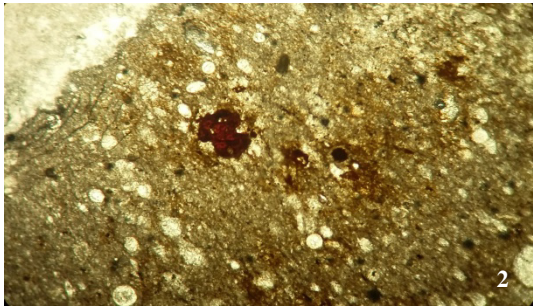
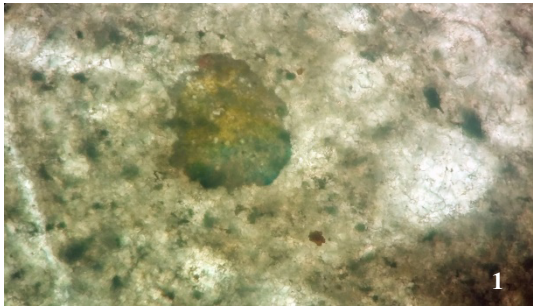


LÁMINA VIII



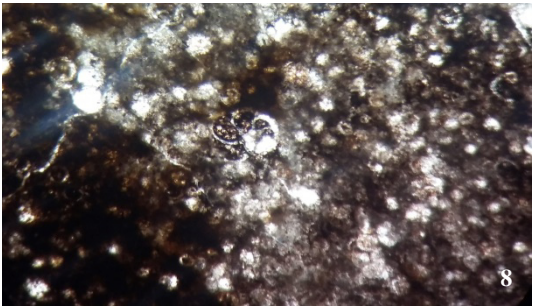
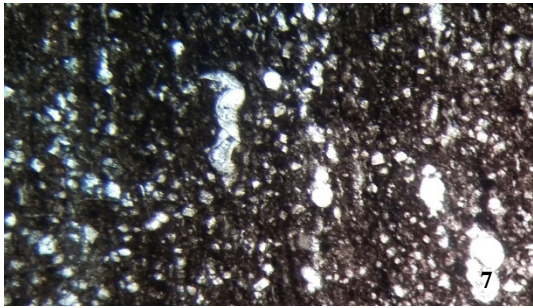
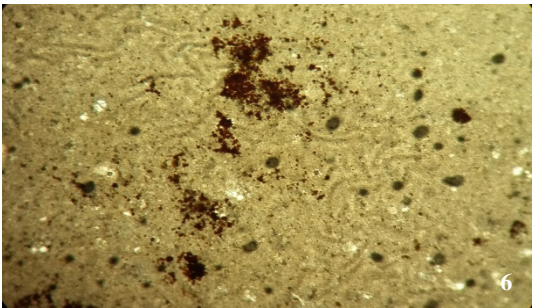
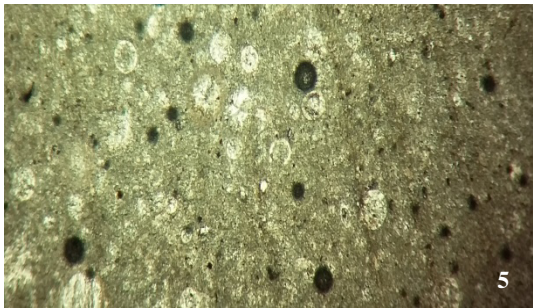
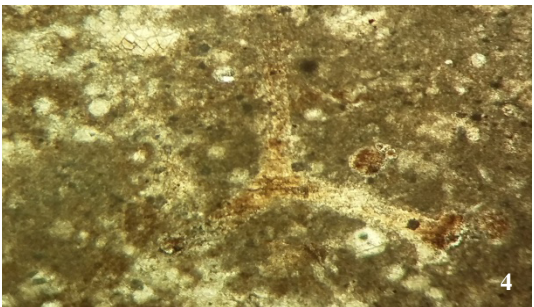
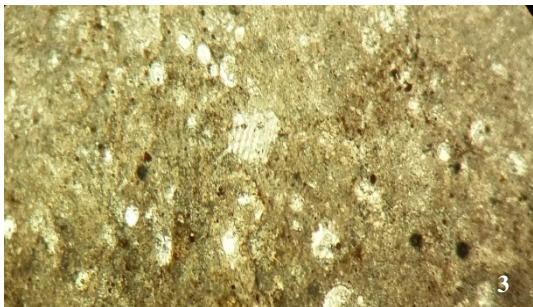
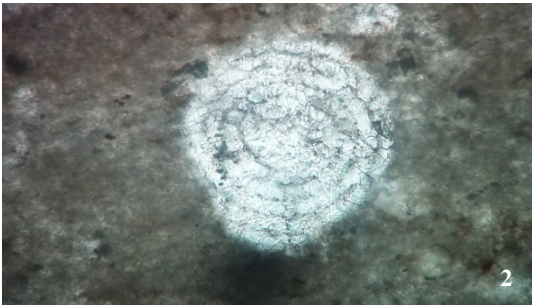
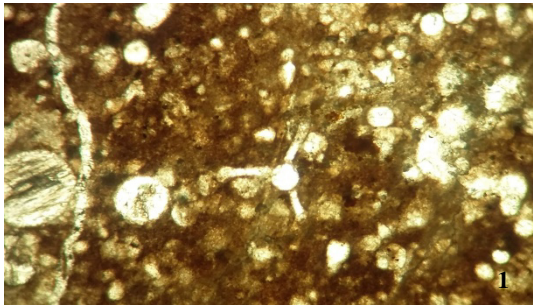
## LÁMINA VII

1. *Whiteinella archeocretacea* (10x)
2. *W. baltica* (10x)
3. Ammonoideo (10x)
4. *Bonetocardiella* sp. (40x)
5. *Calcisphaerula* sp. (10x)
6. *Chara* sp. (10x)
7. Espícula de esponja (10x)
8. Espina de equinodermo (10x)

## LÁMINA VIII

1. Grano de óxido con colores del arcoíris (40x)
2. Grano de óxido de color rojo (10x)
3. *Lenticulina* sp. (10x)
4. *Nodosaria* sp. (10x)
5. *Planulina* sp. (10x)
6. Radiola (placa de equinodermo) (10x)
7. Radiolario (10x)
8. Radiolario (10x)

LÁMINA IX



## LÁMINA IX

1. Radiolario (10x)
2. Radiolario (40x)
3. Restos de bivalvo (10x)
4. *Saccocoma* sp. (10x)
5. *Stomiosphaera* sp. (10x)
6. Bioturbación (10x)
7. Restos sin identificar (10x)
8. *Planomalina* sp. rellena de óxido (10x)