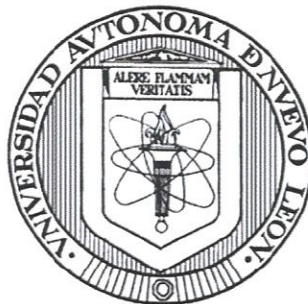


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**ESTRATIGRAFÍA Y MICROFACIES DE LAS CAPAS DE LA FORMACIÓN
EAGLE FORD (CENOMANIANO/TURONIANO) EN EL NORESTE DE
MÉXICO: IMPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS Y
PALEOGEOGRÁFICAS.**

Por

LUIS ENCARNACIÓN SILVA MARTÍNEZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS

Junio 2014

ESTRATIGRAFÍA Y MICROFACIES DE LAS CAPAS DE LA FORMACIÓN
EAGLE FORD (CENOMANIANO/TURONIANO) EN EL NORESTE DE
MÉXICO: IMPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS Y
PALEOGEOGRÁFICAS.

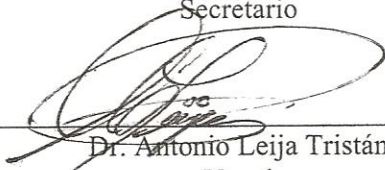
Comité de Tesis



Dr. Jesús Angel De León González
Director de Tesis



Dra. Susana Favela Lara
Secretario



Dr. Antonio Leija Tristán
Vocal



Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaraz
Vocal



Dr. Carlos Solís Rojas
Vocal

ESTRATIGRAFÍA Y MICROFACIES DE LAS CAPAS DE LA FORMACIÓN
EAGLE FORD (CENOMANIANO/TURONIANO) EN EL NORESTE DE
MÉXICO: IMPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS Y
PALEO GEOGRÁFICAS.

Dirección de Tesis



Dr. Jesús Ángel De León González
Director



Dr. Alberto Blanco Piñón
Director Externo

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Dedico este trabajo con respecto a mis padres, Sr. Fausto Silva Chávez y Lugarda Martínez Vega (†), a quienes debo mi Vida.

A mi adorable Esposa, a tu paciencia, comprensión, vigor y confianza puesta en mí, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para Ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de Ti, gracias por estar siempre a mi lado.

Juany

Dedico este trabajo a esas personas tan importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño esta tesis se las dedico a mis entrañables hijos por darme la oportunidad de amarlos.

Luis Enrique

Carlos Adrián

Josué Armando

A MIS AMIGOS

Gonzalo, Eleazar, José Luis, Anabel, Greta Dulce, Felipe, Jenny, Miros, Astrid, Ana, Gaby, Michelle, quienes supieron ser verdaderos amigos en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a aquellas persona que colaboraron no solo en el presente trabajo sino como parte fundamental en mi formación Personal y Profesional. A todos mis compañeros de trabajo y del laboratorio de paleobiología, quienes de una u otra forma contribuyeron en la realización de este trabajo.

A mis estudiantes de Licenciatura del Laboratorio de Paleobiología, por haber apoyado a este proyecto y darme la oportunidad de crear un espacio especial, donde el conocimiento fue más allá de los libros y el aprendizaje en el aula.

A la comisión de tesis, integrada por el Dr. Jesús Ángel de León González, Dra. Susana Favela Lara, Dr. Antonio Leija Tristán, Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaráz, Dr. Carlos Solís Rojas.

Especial al Dr. Alberto Blanco Piñón.

Al proyecto PAICYT 2009 – CNO46-09, Biozonificación de alta resolución de capas del Turoniano (Cretácico Superior) de la Formación Eagle Ford en el Distrito Minero 1 “Melchor Múzquiz”, en el noreste del estado de Coahuila, México.

A PROMEP: “Estudio Bioestratigráfico y geoquímico de sedimentos fosilíferos del Turoniano /Cretácico tardío) de la región huasteca del Estado de Hidalgo, y su relación con Eventos Anóxicos Globales”. PROMEP/103.5/08/802, por proporcionar los datos de las columnas estratigráficas levantadas en campo para la realización del presente trabajo. Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyarme con la beca No. Registro CONACYT: 266715/221525, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL para la realización de este proyecto.

ÍNDICE

	PÁGINA
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	6
4. Hipótesis	7
5. Objetivos	8
5.1.Objetivo general	8
5.2.Objetivos particulares	8
6. Materiales y métodos	9
6.1.Materiales	9
6.2.Metodología	9
6.2.1. Primer etapa de gabinete	9
6.2.2. Etapa 2: de campo	10
6.2.3. Etapa 3: técnicas de laboratorio	11
6.2.4. Segunda etapa de gabinete	13
7. Descripción de las áreas de estudio	14
7.1.Área de estudio	14
7.2.Aspectos fisiográficos: geomorfología	17
7.3.Hidrografía	17
7.4.Clima	18
7.5.Flora	19
7.6.Fauna	20
7.7.Suelo	21
8. Marco geológico	24
8.1.Marco geológico regional	24
8.2.Paleogeografía	24
8.2.1. Triásico	24
8.2.2. Jurásico medio-tardío	26
8.2.3. Cretácico	26
8.2.3.1.Cretácico temprano	27

8.2.3.2.Cretácico tardío	31
8.3.Estratigrafía	35
9. Resultados	43
9.1.La formación Eagle Ford en el área de estudio	43
9.2.Cantera Los Temporales	43
9.3.Cantera La Mula	46
9.4.La Formación Eagle Ford	49
9.5.Paleontología sistemática	52
9.6.Petrografía y microfacies	65
9.6.1. Los Temporales	69
9.6.2. La Mula	93
10. Discusión y Conclusión	119
10.1. Discusión	119
10.2. Conclusión	125
11. Bibliografía	127

ÍNDICE DE LÁMINAS

	PÁGINA
1. Láminas de la cantera Los temporales	138
1.1.Lamina I	139
1.2.Lamina II	141
1.3.Lamina III	143
1.4.Lamina IV	145
1.5.Lamina V	147
1.6.Lamina VI	149
2. Láminas de la cantera La Mula	156
2.1.Lamina I	157
2.2.Lamina II	159
2.3.Lamina III	161
2.4.Lamina IV	163
2.5.Lamina V	165

INDICE DE TABLAS

	PÁGINA
1. Tablas de la cantera Los temporales.	151
1.1.Tabla 5	152
1.2.Tabla 6	153
1.3.Tabla 7	154
1.4.Tabla 8	155
2. Tablas de la cantera La Mula	167
2.1.Tabla 9	168
2.2.Tabla 10	169
2.3.Tabla 11	170
2.4.Tabla 12	171
2.5.Tabla 13	172

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1: Mapa de localización del área de estudio	16
Figura 2: mapa Paleogeográfico del Triásico	26
Figura 3: mapa Paleogeográfico del Cretácico Temprano	27
Figura 4: mapa Paleogeográfico del Hauteriviano	28
Figura 5: mapa Paleogeográfico de Aptiano	30
Figura 6: mapa Paleogeográfico del Albiano	31
Figura 7: mapa Paleogeográfico del Turoniano	32
Figura 8: mapa Paleogeográfico del Coniaciano-Santoniano	33
Figura 9: mapa Paleogeográfico del Campaniano-Maestrichtiano	34
Figura 10: Columna estratigráfica del Golfo de México	42
Figura 11: Columna estratigráfica de la cantera Los Temporales	45
Figura 12: Columna estratigráfica de la cantera La Mula	48
Figura 13: Componentes texturales de la capa 1, Los Temporales	67
Figura 14: Fotomicrografía mostrando los filamentos en la capa 1.	68
Figura 15: Fotomicrografía de la capa 1: aloquímicos	70
Figura 16: Fotomicrografía de la capa 1: cristales de calcita	71
Figura 17: Fotomicrografía de la capa 1: aloquímicos	71
Figura 18: Fotomicrografía de la capa 1: wackestone	72
Figura 19: Fotomicrografías de la capa 2	74
Figura 20: Paleo biota de la capa 2	76
Figura 21: Paleobiotas de la capa 3	77
Figura 22: Paleobiotas de la capa 4	78
Figura 23: Paleobiotas de la capa 5	80

Figura 24: Aloquímicos y fragmentos de moluscos	81
Figura 25: Aloquímicos y paleobiota de la capa 4	83
Figura 26: Paleobiotas de la capa 5	84
Figura 27: Paleobiotas de la capa 9	86
Figura 28: Paleobiotas de la capa 10	87
Figura 29: Paleobiota de la capa 11	88
Figura 30: Paleobiota de la capa 12	90
Figura 31: Paleobiota de la capa 13	91
Figura 32: Capa 14, con óxido de hierro	92
Figura 33: Fauna reportada de la capa 1 La Mula	96
Figura 34: Capa 2: Bivalvos calcíferos granos de óxido de hierro	97
Figura 35: Paleobiota capa 3 y fragmento de <i>Inoceramus</i> sp.	99
Figura 36: Capa 4: óxido de hierro y filamentos	100
Figura 37: Paleobiota de la capa 5	101
Figura 38: Cristales de óxido de hierro en la capa 6	102
Figura 39: Aloquímicos y filamentos de la capa 7	103
Figura 40: Fotomicrografía de la paleobiota de la capa 8	104
Figura 41: Paleobiota de la capa 9	105
Figura 42: Fauna reportada para la capa 10	107
Figura 43: Paleobiota de la capa 12	108
Figura 44: Micro fauna reportada para la capa 14	109
Figura 45: Capa 15: empaquetamiento de aloquímicos	110
Figura 46: Paleobiota de la capa 15	110
Figura 47: Empaquetamiento de aloquímicos capa 17	111
Figura 48: Capa 17: Calcita recristalizada, <i>Inoceramis</i> sp.	112

Figura 49: Paleobiota de la capa 17	113
Figura 50: Capa 22: Paleobiota y filamentos	115
Figura 51: Micro fauna de la capa 26: La Mula	116
Figura 52: Capa 28: Paleobiota y vetas de calcita	118
Figura 53: Zonificación de oxígeno de Oschman	121

RESUMEN

Se realizó un estudio estratigráfico y de microfacies de los afloramientos de la Formación Eagle Ford en las canteras de la Mula y Los Temporales localizadas a 200 km del municipio de Melchor Múzquiz, dentro del Distrito Minero # 1 “Melchor Múzquiz”, en el noroeste del estado de Coahuila, México. En las zonas estudiadas la Formación Eagle Ford consiste en marga color crema de estratificación decimétrica y lutita de color café claro de estratificación centimétrica. De forma intermitente, la sección esta interrumpida por caliza gris claro de estratificación decimétrica y por horizontes centimétricos de limo de coloración anaranjada. El análisis de microfacies permitieron reconocer variaciones texturales a lo largo de las secciones estudiadas, lo que sugiere el establecimiento de diferentes condiciones de oxígeno en la columna de agua en diferentes etapas de la sedimentación de la Formación Eagle Ford en el área de estudio. La presencia de los foraminíferos *Helvetoglobotruncana helvetica* así como el inoceramido *Inoceramus labiatus* indican que estas capas fueron depositadas durante el Turoniano, posiblemente en su parte media, lo que implica que estas capas no son coetáneas con el OAE2 como se sugirió por previos autores. De acuerdo a las zonas de facies de Wilson (1975), es posible que esta unidad litoestratigráfica se haya acumulado en una zona de plataforma interna a media; esto es respaldado por la presencia de sedimentos siliciclásticos (limos anaranjados) y la abundancia de material arcilloso en las rocas calcáreas.

ABSTRACT

One stratigraphic and microfacies of the outcrops of the Eagle Ford Formation in the quarries of the Mula and Temporal located 200 km from the town of Melchor Muzquiz within the Mining District # 1 " Melchor Muzquiz " in the northwest of the study was conducted state of Coahuila, Mexico . In the study areas the Eagle Ford Formation consists of decimeter cream marl and shale layering light brown centimeter stratification. Intermittently, the section is interrupted by light gray limestone decimeter and centimeter stratification horizons limo orange color. Microfacies analysis allowed recognizing textural throughout the studied sections variations, suggesting the establishment different conditions of oxygen in the water column at different stages of the sedimentation of the Eagle Ford Formation in the study area. The presence of the foraminifera *Helvetoglobotruncana helvetica* well as *Inoceramus labiatus* inoceramid indicate that these layers are deposited during Turonian were possibly in its middle part , which means that these layers are not contemporaneous with OAE2 as suggested by previous authors . According to the facies zones Wilson (1975), it is possible that this lithostratigraphic unit has accumulated in an area of internal media platform; this is supported by the presence of siliciclastic sediments (silt orange) and the abundance of clay material in the limestone rocks.

INTRODUCCIÓN

Las rocas de la Formación Eagle Ford de la parte norte del estado de Coahuila pertenecen al Cretácico Tardío, consisten principalmente de marga laminada de color crema y lutita oscura de origen marino depositadas en ambientes con una gran diversidad biológica como amonitas, pelecípodos, peces, reptiles, dientes de tiburón, crustáceos, etc. y en especial los grupos de foraminíferos planctónicos y bentónicos (Blanco 2001).

El Cretácico tardío en el noreste de México, se caracteriza por una serie de eventos climáticos, geológicos y biológicos globales, los cuales favorecieron el establecimiento de yacimientos fosilíferos con biota excelentemente preservada, tales como las localidades de Valleccillo, Nuevo León y Múzquiz, Coahuila (Blanco, 2001. Blanco et al.).

En la localidad de Múzquiz, Coahuila, específicamente en las localidades de los Temporales y La Mula, afloran en canteras que se usan con fines comerciales, rocas de la Formación Eagle Ford, la cual consiste predominantemente de marga laminada de color crema y lutita. De estas capas, una gran diversidad de biota fósil vertebrada (principalmente peces) e invertebrada (ammonites, cangrejos, inocerámicos) han sido ampliamente descritas por varios autores (Blanco et al., 2006; Alvarado et al., 2006, Alvarado y Porras 2009.; Vega et al., 2007). Sin embargo, estos trabajos han sido encaminados a la descripción taxonómica de ejemplares, y pocos de ellos han sido encaminados a la reconstrucción de las condiciones paleo-climáticas y paleo-oceanográficas y hasta la fecha, ninguno de ellos ha sido acompañado de estudios estratigráficos a detalle que permitan establecer una correlación directa entre los

sedimentos y los diversos eventos paleo-climáticos ocurridos en el Cretácico o incluso que permitan establecer la duración de los mismos.

Por lo anterior, el presente trabajo provee un análisis estratigráfico y de microfacies de las secciones de la Formación Eagle Ford que afloran en las canteras de la Mula y Los Temporales en las cercanías de Múzquiz, Coahuila, con el fin de entender las condiciones paleoambientales que existieron durante el depósito de esta unidad litoestratigráfica, así como establecer una correlación con algún evento paleo-oceanográfico ocurrido en el noreste de México. Con este trabajo, también se contribuye al conocimiento de la microbiota del Cretácico Superior de Coahuila, especialmente foraminíferos planctónicos, para definir de forma tentativa la o las edades en las que la Formación Eagle Ford fue acumulada en el Golfo de Sabinas.

2.-ANTECEDENTES

Estudios con el propósito de establecer relaciones entre la génesis de sedimentos fosilíferos con eventos climáticos/oceanográficos regionales o globales, han sido realizados en varias partes del mundo (Seilacher et. al; 1985; Brett & Seilacher, 1991; De Boer, 1991; Einsele & Ricken, 1991; Fernández-López, 1995). Entre las localidades más estudiadas destacan las de Ticino, Suiza (Tintori, 2001); Montsect (Fregenal-Martínez & Meléndez, 1995a), las Hoyas, España (Fregenal-Martínez & Meléndez, 1993; Fregenal-Martínez & Meléndez, 1995b); Goulmima, Marruecos (Cavin, 1997); Haqel y Hjoula, Líbano (Hemleben, 1977; Hemleben & Swinburne, 1991); entre otras. En estas localidades, los estudios de microfacies y bioestratigráficos han sido determinantes para correlacionar las capas fosilíferas con eventos oceanográficos que ocurrieron en un tiempo particular del pasado geológico.

En estos sitios, se han reportado sedimentos con ciertas características particulares tales como contenidos altos de materia orgánica, laminación fina paralela y con fauna excelentemente preservada, que han permitido asociar estos fenómenos con condiciones oceanográficas muy particulares, tales como el establecimiento de condiciones deficientes de oxígeno (anoxia) bajo condiciones de baja energía en plataformas continentales.

En México, localidades del Turoniano (Cretácico Superior) con características producidas por condiciones deficientes de oxígeno han sido reportadas en diferentes estados del país. En Vallecillo, Nuevo León afloran capas litográficas de la Formación Agua Nueva, de donde se han rescatado diversas formas de peces

teleósteos y condrósteos con excelente grado de preservación (Blanco-Piñón, 1998; Blanco et al., 2000a, b; Blanco, 2001; Blanco et al, 2001, 2005; Blanco-Piñón et al., 2002; Blanco 2003; Blanco-Piñón, 2003). Además, se reportan grupos de peces nunca antes descritos para México (Blanco & Frey, 2001a; Blanco & Cavin, 2003; Blanco-Piñón, 2004; Blanco-Piñón y Alvarado-Ortega, 2005a) y Norte América (Blanco & Frey, 2001b; Blanco-Piñón, 2002). De acuerdo a Blanco (2003a), estos sedimentos fueron depositados en mar abierto bajo condiciones de anoxia y podrían representar el máximo nivel de transgresión del noreste de México durante el Turoniano, en el cual se estableció el Evento Bonarelli o el Evento de Anoxia Oceánica 2.

En la Huasteca Potosina, el único antecedente de sedimentos del Turoniano con alto contenido fósil es el sitio de Xilitla, reportado por Maldonado-Koerdell (1956, Blanco et al, 2006; 2008; 2011). En dicha localidad, aflora una secuencia de calizas bituminosas con alto contenido de materia orgánica (Blanco et al. 2008, 2011, 2013; Rojas-León, 2008). Diversos grupos de peces teleósteos y tiburones con buena preservación de vértebras, escamas y dientes, son abundantes y presentan ciertas similitudes con formas descritas en otras localidades turonianas del país (Blanco et al., 2006).

Las capas de Xilitla han sido descritas por Maldonado-Koerdell (1956) como parte de la Formación Agua Nueva y han sido asignadas al Turoniano. Basados en estudios preliminares de foraminíferos planctónicos, Blanco et al. (2008) asigna a estas capas dentro del intervalo Cenomaniano-Turoniano; y de acuerdo a las características litológicas, probablemente las capas fosilíferas de esta localidad están

estrechamente relacionadas con condiciones euxínicas en el fondo marino establecidas como consecuencia del OAE2. Esto coincide con condiciones observadas en otras localidades del país como Vallecillo (Blanco, 2003).

En Múzquiz, Coahuila y áreas circunvecinas, afloran calizas laminares y margas fósiles (Formación Eagle Ford, Turoniano) con abundante contenido de peces con excelente preservación de partes blandas y esqueletos. El tipo de sedimentos y el estilo de preservación que ésta fauna expone, sugiere una depositación bajo condiciones deficientes de oxígeno durante el Turoniano (Blanco et al., 2004a, b.; Blanco-Piñón y Alvarado-Ortega., 2005).

En años recientes, estudios de sedimentos fosilíferos se han incrementado. Blanco Piñón *et al*, (2001, 2002), Blanco (2003), Blanco y Calvin (2003), Blanco-Piñón y Alvarado-Ortega (2005), Blanco Piñón *et al* (2006, 2007) proveen las primeras descripciones de sedimentos ricos en vertebrados fósiles de la sección norte de la Cuenca de Sabinas. Además, Blanco *et al* (2006) proponen un modelo paleoambiental preliminar de la región norte central del Golfo de Sabinas basados en datos litológicos y paleontológicos, reportando que el origen de las capas fosilíferas de esta región, podrían estar ligadas a eventos anóxicos oceánicos ocurridos durante el Cenomaniano-Turoniano, sin embargo esta hipótesis no ha sido corroborada.

3. JUSTIFICACIÓN

A pesar de los trabajos paleontológicos realizados en las canteras de La Mula y Los Temporales en las cercanías de Múzquiz, norte de Coahuila, no existe hasta la fecha un trabajo estratigráfico, micropaleontológico y de microfacies que haya permitido establecer puntualmente las condiciones de depósito y la edad de las capas de la Formación Eagle Ford en esta región del norte de Coahuila, por lo que este trabajo es el primero en proporcionar estos datos de una manera más detallada

4.-HIPOTESIS

La Formación Eagle Ford en el área de estudio fue depositada bajo condiciones deficientes de oxígeno en la columna de agua/sedimento durante el Turoniano (Cretácico Tardío), Sin embargo estas condiciones no están relacionadas con eventos de anoxia oceánica global como el OAE2.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Reconstrucción del ambiente de depósito de la unidad calcáreo-margosa, que aflora en las Canteras La Mula y Los Temporales, mediante un estudio estratigráfico, micropaleontológico y de microfacies que permita correlacionar la paleo biota colectada en los afloramientos de la Formación Eagle Ford, con eventos paleo-oceanográficos ocurridos en el mismo tiempo de la depositación de los sedimentos.

5.2. Objetivo particulares

- Establecer la edad para las secuencias de la Formación Eagle Ford (Cretácico Superior) en las diferentes localidades basada en el análisis micro faunístico (foraminíferos planctónicos y bentónicos) y el contenido macrofaunístico de las roca, en especial los ammonoideos, inocerámidos.
- Realizar una biozonación de las secciones levantadas de la Formación Eagle Ford, basada en las especies índices de foraminíferos planctónicos y bentónicos y ammonoideos e inocerámidos.
- Analizar las condiciones paleoambientales a través del análisis petrográficos y de microfacies de las secuencias estratigráficas estudiadas.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1. Materiales.

El material para este estudio lo conforman las muestras de roca tomadas de las secuencias de rocas de las Canteras Los Temporales y La Mula.

Cartas topográficas, GPS marca Magellian, modelo Explorist, microscopio compuesto marca Leica, modelo EM, estereoscópico Leica, modelo EM, portaobjetos petrográficos (Lakeside), pegamento epóxico, sierra cortadora con disco de diamante y pulidora marca Contempo Lapidary.

6.2. Metodología.

Para cubrir los objetivos planteados el presente estudio se realizó en las siguientes etapas: 1) Primer etapa de Gabinete, 2) Campo, 3) Laboratorio y 4) Segunda etapa de Gabinete.

6.2.1. Primera etapa de Gabinete

Como parte de esta etapa se realizó primeramente la búsqueda exhaustiva del material bibliográfico sobre los temas de estratigrafía, foraminíferos planctónicos y bentónicos, ammonideos e inoceramidos, así como trabajos previos sobre paleogeografía del noreste de México, ambientes de sedimentación y análisis de microfacies. Se ubicaron las principales unidades estratigráficas a estudiar, usando la cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI Carta Geológica G14-A12, 1:50,000) y la del Servicio Geológico Mexicano Carta Geológico-Minera

Venustiano Carranza H13-D48 y San Miguel H13-D67 en escala 1: 50, 000 del Estado de Coahuila).

6.2.2. Etapa 2: Campo:

La observación y descripción se realizó directamente en cada uno de los afloramientos, aplicando los métodos clásicos de estratigrafía, de campo y técnicas de colecta de muestras. Se realizaron varias temporadas de campo en las localidades de Los Temporales y La Mula, en donde se llevaron a cabo las observaciones y descripciones de las formaciones en estudio y la colecta de material fósil.

Las técnicas estratigráficas de superficie aplicadas en esta etapa fueron, en orden cronológico: a) Levantamiento de columnas estratigráficas b) Toma de muestras.

a) Levantamiento de Columnas estratigráficas.

Para el levantamiento de los perfiles estratigráficos se usó el método de Brújula Brunton y Cinta métrica (Compton, 1983) para tener un control de la posición de las muestras dentro del perfil. La sección se describió capa por capa teniendo en cuenta características litológicas (tipo de roca), color de muestra (fresca e intemperizada), espesor real, estructuras sedimentarias primarias (laminación, bioestructuras, etc.), y estructuras secundarias (presencia de fracturas y diaclasas), presencia de vetas, etc.). Todos estos datos fueron registrados en una libreta de campo con escala determinada de 1:10 cm.

b) Toma de muestras.

Cada muestra se colectó a una distancia entre muestras de 5 cm desde la base a la cima de cada capa. Las muestras de roca se colectaron utilizando martillo y cincel, y se colectó aproximadamente 300 gramos de cada muestra. Todas las muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno, las cuales fueron previamente etiquetadas con un código para llevar un control del nivel estratigráfico de cada una de ellas. Se tomaron fotografías de las secciones estudiadas así como de todo el material colectado (muestras de roca, fósiles etc.).

Las muestras de roca destinadas para el análisis de la microfauna se depositaron en la colección Micropaleontológica del Laboratorio de Paleobiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, y los macrofósiles como ammonoideos, inoceramus y otros invertebrados reportados en este trabajo se encuentran depositados en el Museo Histórico de Múzquiz, ubicado en Melchor Múzquiz, Coahuila, noreste de México.

6.2.3. Etapa 3. Técnicas de Laboratorio

En el laboratorio se procedió a procesar las muestras, limpiar y preparar los ejemplares colectados, utilizando sustancias químicas como peróxido de hidrogeno al 30%, hidróxido de Sodio (sosa caustica en escamas) y ácido acético al 100% para dejar visibles las estructuras esenciales para su estudio. Para el análisis petrográfico, las muestras fueron preparadas para secciones delgadas de acuerdo al método de Bonet (1956) modificado por Silva-Martínez (2007).

Posteriormente, se realizó la descripción petrográfica y de microfacies con microscopio petrográfico estándar. Para la descripción microscópica de las rocas de las Canteras Los Temporales y La Mula, se utilizó la clasificación de Dunham (1962) para rocas calcáreas. Esta es una clasificación basada en texturas deposicionales. Se basa en la distinción de si la roca está soportada por matriz (fangosostenido), granos (granosostenidos) o bien producto de la actividad de organismos bioconstructores.

Los datos obtenidos durante la petrografía fueron correlacionados con los modelos de microfacies de Flügel (1972, 2004) y modelos de zonas de facies de Wilson (1975) que arroje información sobre el ambiente de depósito bajo el cual se acumularon las capas de la Formación Eagle Ford en el área de estudio.

Preparación paleontológica del material colectado

Los fósiles colectados de los diferentes grupos (ammonoideos e inoceramidos) se estudiaron mediante el análisis de las afinidades específicas, como la línea de sutura, forma de la sección de la vuelta, espiral, ornamentación. Para el estudio de los foraminíferos y otros microfósiles se utilizaron las técnicas de disgregación en el caso de las rocas muy suaves (arcillosas) o en el caso de rocas muy calcáreas (duras) se aplicó el método de lámina delgada de Bonet (1956) modificado por Silva-Martínez (2007).

Ya que la muestra se seca, se extraen los microfósiles, se colocan en una charola pequeña cuadriculada, ayudados de una aguja de disección fina o un pincel de cerdas finas, húmedos. Posteriormente, bajo el microscopio estereoscopio se separan los microfósiles. Estos microfósiles se colocan en un portaobjetos especial, que posee una lámina de cartón horadado con fondo negro, y se etiquetan anotando las micras del tamiz

del que se extrajo. Después se analizarán las laminillas por medio de un microscopio y las placas en un microscopio estereoscopio. Esto con el fin de observar las muestras de microfósiles que se encuentren en las muestras y así poder identificarlos.

Se observaron las láminas delgadas utilizando un microscopio estándar y las placas con un microscopio estereoscópico, con el fin de determinar los tipos de fósiles presentes en las secuencias de rocas y el paleoambiente para las áreas estudiadas.

Para la parte de sistemática de los invertebrados (inoceramidos y ammonoideos), se determinaron de acuerdo al Treatise on Invertebrate Paleontology para los grupos de moluscos, los microfósiles (en especial el grupo de los foraminíferos) serán estudiados bajo los criterios de los trabajos realizado por Loeblich y Tappan (1964).

6.2.4. Segunda etapa de Gabinete: Interpretación.

Ya que se identificaron los fósiles índices, fue posible determinar las edades geológicas de acuerdo a los criterios de Boli (1985) y Center et al. (2011) para foraminíferos planctónicos, y de Harris et al. (1996) para inoceramidos. Además se utilizaron los esquemas realizados para correlacionar e interpretar las facies de los cuerpos sedimentarios estudiados, apoyándonos en la arquitectura, composición litológica y contenido paleontológico. El análisis de microfacies (bajo los criterios de Flügel, 1972, 2004) permitió inferir los posibles paleoambientes de acuerdo a los criterios de Wilson (1974).

7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

7.1. Áreas de estudio

Las localidades seleccionadas para el presente estudio se encuentran localizadas en el Distrito Minero I “Melchor Múzquiz”, situado en la región noroeste del estado de Coahuila. El área de estudio abarca las canteras de La Mula y Los Temporales situadas aproximadamente a 180 km al noroeste de la cabecera municipal de Múzquiz, Coahuila.

Cantera Los Temporales. Localizada a 170 km de la cabecera del municipio de Melchor Múzquiz, Coahuila, se ubica entre las coordenadas $28^{\circ} 57' 28.23''$ N y $102^{\circ} 18' 08.37''$ W con una altitud de 504 msnm. (INEGI Carta Geológica G14- A12, 1:50,000). Figura 1, icono en rojo #1.

Cantera la Mula. Localizada a 210 Km al noroeste de la cabecera municipal de Múzquiz, y se ubica entre las coordenadas $29^{\circ} 09' 32.15''$ N y $102^{\circ} 30' 57.77''$ W con una Altitud de 504 msnm. (Servicio Geológico Mexicano (SGM) Carta Geológico-Minera Venustiano Carranza H13-D48 1: 50, 000 Coahuila). Figura 1, icono en rojo #2.

El municipio de Múzquiz se localiza en el área centro norte del estado de Coahuila, entre las coordenadas $27^{\circ} 52' 43''$ de latitud norte y $101^{\circ} 31' 2''$ de longitud oeste, a una altitud de 490 msnm (INEGI Carta Geológica G14- A12, 1:50,000).

Las vías de acceso al área de estudio (área de las canteras), desde la ciudad de Monterrey, N.L. inician al tomar la Av. Dr. Ignacio Morones Prieto (Carretera # 20 de cuota o Autopista Monterrey-Saltillo), pasando el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila

se toma a la derecha la Carretera Federal México # 57 (Ramos Arizpe a Monclova), continuando hasta la bifurcación Saltillo - Castaños y continuamos por la 57, pasando por la intersección con la carretera 114 hasta llegar al municipio de Castaños y de allí a Monclova.

Las vías de acceso al área de estudio, desde Monclova es tomando la carretera México 57 rumbo a Sabinas, Coahuila y en El Sauz se gira hacia el oeste rumbo a Barroteran por la Carretera # 22 (El Sauz-Barroteran), se continúa hasta el municipio de Palaú y de allí a Melchor Múzquiz, tomando hacia el oeste.

Al llegar a la cabecera municipal, se accesa por la calle Francisco Murguía hasta llegar a la calle Zaragoza, en donde a aproximadamente 1.166 km se gira al norte 220 metros después hacia a la oeste para tomar la Carretera # 20 que comunica a Múzquiz con Boquillas del Carmen hasta el kilómetro 133, donde se encuentra un retén militar. En este punto se gira hacia el norte para accesar un camino de terracería que continúa por este camino rumbo al norte, hasta el kilómetro 37, en donde se encuentra un cruce de caminos con la terracería principal.

Una vez en la encrucijada, se accesa un camino hacia a la este para llegar a la Cantera Los Temporales, localizada a 4.7 km de este cruce. A partir del km 133, se continúa por la terracería principal que va de Múzquiz a la Linda hasta el kilómetro 29. A aproximadamente 3 km de este punto se encuentra un camino vecinal hacia el oeste para llegar a la Cantera La Mula. Figura 1.

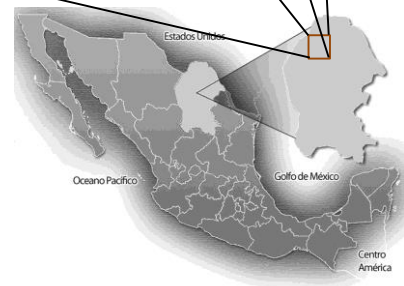
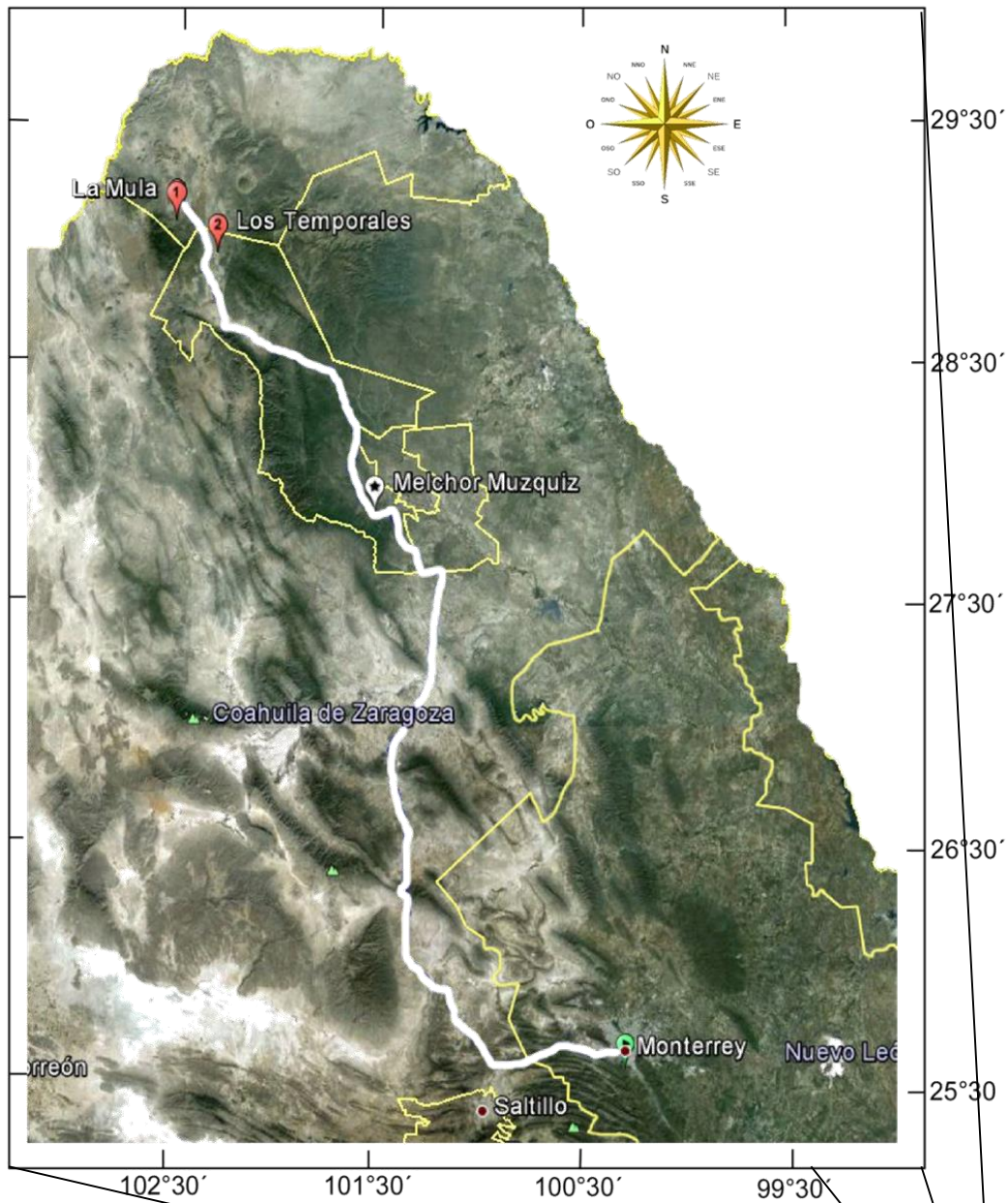


Figura 1: Mapa de Localización del área de estudio, las marcas en rojo indican las canteras donde se realizaron los muestreos y colección de ejemplares fósiles.

7.2. Aspectos Fisiográficos: Geomorfología.

El área que ocupa el Municipio de Múzquiz limita al norte con Acuña; al sur con San Buenaventura, al este con Zaragoza y San Juan de Sabinas; al oeste con Ocampo y al suroeste con San Buenaventura y Progreso, en el estado de Coahuila. Sus aspectos fisiográficos son muy característicos y definen paisajes muy propios. Está ubicado dentro de la provincia fisiográfica de Cuencas y Sierras (Raisz, 1964), que forma parte de la gran provincia Sierra Madre Oriental (Humphrey, 1956). Algunos rasgos geomorfológicos son: Sierra Hermosa de Santa Rosa con una altura sobre el nivel del mar de 2250 m, La Sierra de la Babia (1920 msnm), Sierra la Encantada (2300 msnm), Sierra del Berrugero (1400 msnm), Sierra de Santa Anna (1450 msnm), Sierra de San Jerónimo (1432 msnm), Sierra del Carmen (2460 msnm), Serranía del Burro (1300-1600 msnm). Entre estas formaciones montañosas se encuentran valles, entre los que destacan los siguientes: Valle de Santa Rosa, Valle de La Babia, Valle de Los Venados, Valle Colorado, Valle de Alameda.

7.3. Hidrografía.

El Río La Babia nace en el noroeste para prolongarse hasta el este del municipio y entrar por el sureste a Zaragoza; por el sureste del municipio entra el Arroyo Aura, el cual viene del noreste de San Buenaventura. Entra por el sur del arroyo que recorre todo el sureste y que junto con el Río Los Álamos forman en Sabinas el río del mismo nombre. Dentro del municipio se ubica el nacimiento del Río Los Álamos en el predio

El Consuelo a 45 km. de la cabecera; además el Río Sabinas nace en el Ejido de la Comunidad de la tribu Kikapoo, ubicado a 30 km. de la cabecera municipal.

En el municipio nacen el Río San Juan (Sabinas), el Río Los Álamos y varios arroyos entre los que destacan Las Rucias, La Lajita, Zamora, La Cuchilla, El Carrizo, Nogalitos y Los Comandantes.

7.4. Clima.

El clima al norte, noroeste y oeste del municipio en general son climas secos semicálidos; en el Centro, Sur y Este son subtipos semisecos, semicálidos (Ver Tabla 1). De acuerdo a la clasificación de Köppen (1936) y modificada por García (1988), en las zonas de estudio predomina el clima Semiséco Templado BS1k, y Semiseco Semicálido BS1h.

La precipitación media anual se encuentra en el rango de los 400 a 500 mm, con régimen de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre, diciembre, enero y febrero; los vientos predominantes tienen dirección Noroeste con velocidad de 10 km/hr. La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días y granizadas de 0 a 1 día. Tabla 1 y 2.

Tipo o Subtipo	Símbolo
Templado sub-húmedo con lluvias en verano.	C(w)
Templado sub-húmedo con lluvias escasas todo el año.	Cx
Semifrío sub-húmedo con lluvias escasas todo el año.	C(E)x
Semi-seco Semi-cálido.	BS1h
Semi-seco Templado.	BS1k
Seco muy Cálido y Cálido.	BS(h´)
Seco Semi-cálido.	BSh
Seco Templado.	BSk
Muy Seco Muy Cálido y Cálido.	BW(h´)
Muy Seco Semi-cálido.	BWh
Muy Seco Templado.	BWk

Tabla 1. Clasificación de los climas dominantes en el área de estudio. Köppen y modificada por García (1988).

Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
TEMPERATURAS MÁXIMAS													
NORMAL	20.2	22.5	26.6	30.6	33.1	35.1	35.4	35.3	32.8	28.8	24.2	20.5	28.8
Máxima mensual	28.0	28.6	31.0	38.4	39.7	38.8	38.1	37.7	36.1	34.9	31.8	26.6	
MÍNIMA													
NORMAL	2.6	4.6	8.0	12.3	17.9	21.0	21.4	21.0	18.0	12.8	6.7	3.1	12.5
Mínima mensual	-0.9	2.0	4.2	7.9	15.9	18.8	19.2	19.5	14.1	9.3	4.3	-1.8	
Temperaturas promedio	11.3	12.9	16.7	19.6	23.2	25.1	25.6	26.2	23.4	19.2	15.2	14.4	

Tabla 2. Temperaturas máximas y mínimas registradas en el municipio de Muzquiz. (Servicio Meteorológica Nacional).

7.5. Flora.

Las principales asociaciones vegetales observadas para el área de estudio, se dividen en las zonas altas, el estrato inferior y zonas bajas.

Las zonas altas corresponden a las montañas donde abundan los bosques de encino-pino-cedro predominando *Quercus hypoleucoides*, *Q. muhlenbergii*, *Pinus strobiformis*, *P. arozonica* y *Juniperus deppeana*, y el bosque de pino-encino-ciprés con dominancia de *Pinus strobiformis*, *P. arozonica*, *Q. hypoleucoides*, *Q. muhlenbergii* y *Cupressus arizonica*, otra asociación presente es la del bosque pino-encino-oyamel-abies caracterizado por la presencia de *Pseudotsuga taxifolia* y *Abies coahuilensis*; bosque de piñonero (*Pinus cembroides*).

En el estrato inferior predomina la familia de las Compuestas donde se observa a *Cercocarpus betuloides*, *Cowania aff californica*, *Fragaria bracteata*, *Rosa spp.* y *Rubus trivialis*; la familia de las Gramíneas está representada por *Bothriochloa bardinois*, *Bouteloua gracilis*, *Lycurus phleoides* y *Muhlenbergia emersleyi*, además se observan grandes áreas de pastizales.

En las zonas bajas abundan la *Agave lechuguilla*, *Parthenium incanum*, *Fouquieria splendens* y *Acacia farnesiana*, *Prosopis laevigata*, la *Yuca eleata*, entre otras. En las orillas de los ríos y arroyos abundan las *Taxodium mucronatum*, *Populus sp.*, *Junglans regia* y *Quercus sp.*

7.6. Fauna.

La fauna más representativa de esta entidad está compuesta por *Crotalus sp.*, como reptil de la zona, por parte de las aves está *Anas platyrhynchos* y *Aquila chrysaetos* y *Mealeagris gallopavo*.

Los mamíferos que más se observan en la localidad está el *Odocoileus virginianus*, *Canis latrans*, *Ursus americanus*, *Sciurus vulgaris*, *Sus scrofa*, *Felis silvestri* y *Felis concolor*. Y como especie representativa del municipio de Múzquiz, está el bagre ciego *Prietella phreatophila*.

7.7. Suelo.

El territorio de Melchor Múzquiz está localizado en la Provincia de la Sierra Madre Oriental formando así la subprovincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses. Se pueden distinguir seis tipos de suelo en el municipio.

En las sierras de la subprovincia dominan los Litosoles, de color pardo y textura media, asociados a otros suelos más profundos y oscuros que sobreyacen a material calcáreo y se ubican en las regiones más altas estos suelos se denominan Rendzinas. También se encuentra a los Litosoles asociados con Regosoles calcáricos, suelos claros de textura media y limitados por un estrato rocoso.

En algunas porciones de las sierras, particularmente hacia la parte norte de la subprovincia, dominan los Regosoles calcáricos asociados a Litosoles y Rendzinas.

Se presentan también, aunque en menor proporción, Xerosoles háplicos y cálcicos, de color pardo claro, textura media y generalmente profundos y Planosol mólico y Feozem háplico, suelos oscuros de textura media limitados por una fase lítica. En las seis pequeñas unidades que constituyen los sistemas de lomeríos de la

subprovincia domina el Regosol calcárico, un suelo que tiene un horizonte A, ócrico superficial, textura media y está limitado por una capa rocosa o de caliche; que se halla asociado a Litosoles. En los sistemas de drenaje que circundan las Sierras Palomino, El Capulín, Encantada y La Madera, dominan Xerosoles de textura media (háplicos y cálcicos) o de textura fina, Xerosol lúvico. Este es un suelo de color pardo amarillento, profundo (aunque a veces se le encuentra limitado por una fase lítica o petrocálcica), que tiene una alta capacidad de retención y un alto contenido de nutrientes, además un contenido de bajo a moderado de materia orgánica. Es frecuente que estos suelos muestren piedras o grava en la superficie. Les sigue en cuanto a dominancia el Regosol calcárico, cuyas características ya se mencionaron. Tabla 3.

Hay además algunas porciones de los drenajes, que se encuentran cubiertos por Rendzinas y Castañozems háplicos, suelos poco profundos con un horizonte superficial de color muy oscuro y de textura media. La meseta entre la sierra La Madera y la sierra La Fragua está cubierta por Regosoles calcáricos asociados a Xerosol háplico, con limitante rocosa. Las llanuras de la subprovincia que frecuentemente tienen pisos rocosos, se localizan en Monclova, en las inmediaciones del poblado de Ocampo y en los bolsones llamados El Hundido, valle de San Marcos y Pinos (al sur de Cuatrociénegas), valle El Sobaco y otros. En éstas dominan Xerosoles háplicos y cálcicos limitados por fases líticas y petrocálcicas que ocasionalmente cuentan con una superficie gravosa o pedregosa.

En zonas donde se acumula el agua se encuentran Xerosoles lúvicos (con un horizonte arcilloso y gypsicos (con un horizonte de acumulación de yeso) que presentan problemas de salinidad y sodicidad. Además se encuentran suelos aluviales o lacustres

muy alcalinos, con una fase sódica y textura fina, de tipo Solonchak órtico. Estos suelos tienen índices de capacidad de retención y de contenido de nutrientes moderados, y contienen poca materia orgánica. A veces llegan a encontrarse Rendzinas, Feozem calcárico y Vertisol crómico. En los valles del noreste de la subprovincia y en los que están en los límites con la serranía del Burro, dominan los Xerosoles háplicos y cálcicos, que con frecuencia presentan gravas en su superficie. Estos sistemas de topofomas muestran también Rendzinas, Vertisoles crómicos y Litosol. De acuerdo a las cartas de suelos de INEGI en el municipio de Múzquiz y regiones limítrofes se pueden observar seis tipos de suelo. Tabla 3

Tipo de Suelo	Características
Xerosol	Suelo de color claro, pobre en materia orgánica (horizonte A), los horizontes inferiores son ricos en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión.
Regosol	Suelo sin distinción de capas, es claro y se parece a la roca que le dio origen. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en el que se encuentre.
Rendzina	Suelo con el Horizonte A rico en materia orgánica descansando sobre roca caliza y algún material rico en cal, es arcilloso y su susceptibilidad a la erosión es moderada.
Litosol	Suelos poco desarrollo con profundidad menor de 10 centímetros, tiene características muy variables según el material que lo forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada a alta.
Vertisol	Suelo caracterizado por la presencia de grietas anchas y profundas principalmente en la época de sequía, es un suelo muy duro, arcilloso y masivo, negro, gris y rojizo, su susceptibilidad a la erosión es baja.
Planosol	El material original lo constituyen depósitos aluviales o coluviales arcillosos. Generalmente estos suelos son asociados a terrenos llanos, estacionales o periódicamente inundados, de regiones subtropicales, templadas, semiáridas y subhúmedas con vegetación de bosque claro o pradera. Son suelos pobres. En las zonas secas se utilizan para plantas forrajeras o pastizales extensivos.

Tabla 3. Principales Tipos de suelo en el área de estudio (INEGI)

8. MARCO GEOLÓGICO

8.1. Marco Geológico Regional

El territorio coahuilense se constituye en su mayor extensión de rocas sedimentarias, marinas y continentales que van desde el Paleozoico hasta Cuaternario. Estas rocas se vieron afectadas por intensos plegamientos, fallamientos e intrusiones, con dirección este-oeste en el sur del estado, y noroeste-sureste en el resto. Asimismo, las sierras se orientan preferentemente en tales direcciones.

La parte norte del estado de Coahuila está representado por unidades de rocas del Jurásico Tardío, principalmente en el Golfo de Sabinas, en la unión entre las penínsulas de Tamaulipas y Coahuila. Esta Cuenca es considerada importante por su producción de gas y otros recursos energéticos, provenientes de las formaciones La Casita y Pimienta (Jurásico Superior) y de unidades del Cretácico como la Formación La Peña (Aptiano Superior), la Formación Eagle Ford (Turoniano) motivo de este estudio y la Formación Upson (Campaniano). El marco paleogeográfico regional se describe a continuación.

8.2. Paleogeografía.

8.2.1. Triásico-Jurásico Temprano

El desarrollo paleogeográfico del noreste de México durante el Mesozoico, se relaciona con el evento de la apertura del Golfo de México, iniciándose en el Triásico

Tardío, durante la separación de la placa de Norte América de las placas sudamericana y africana (Padilla y Sánchez, 1986). Este evento de rompimiento y separación de estas placas inició la formación de elementos estructurales como sierras y cuencas, controlando así la distribución de los mares y los patrones de sedimentación en el noreste de México (Padilla y Sánchez, 1982; López-Ramos, 1981; Johnson et al., 1991; Garrison y McMillan, 1999; Goldhammer, 1999; Rueda-Gaxiola et al., 1999; Goldhammer y Johnson, 2001; Fastovsky et al., 2005).

El basamento paleozoico sobre el que evolucionó la secuencia mesozoica de esta región ha sido interpretado como una continuación del cinturón Ouachita del sureste de Estados Unidos. Denison (1970) ha señalado que los esquistos Granjeno del Cañón Peregrina guardan una gran similitud con las zonas internas este del cinturón Ouachita; esta afirmación parece ser corroborada por el basamento metamórfico reportado en los pozos petroleros de los estados de Nuevo León y Tamaulipas. Los periodos de emersión y cabalgamiento normal ocurridos durante el Triásico y parte del Jurásico, preparan la paleogeografía de la parte superior del Mesozoico y dan lugar al depósito de capas rojas continentales (Formación La Boca, Formación Huizachal, entre otras) que han sido reportadas, sobre todo en y al sur del sector de las sierras transversas Monterrey-Torreón. (Padilla y Sánchez, 1982). Figura 2.

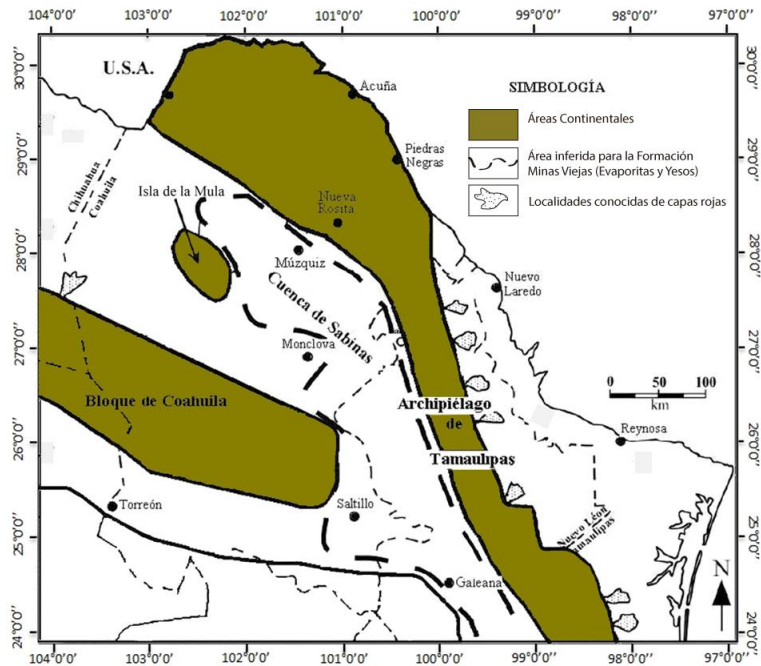


Figura 2. Mapa que muestra los principales elementos paleogeográfico del Triásico Tardío-Jurásico Medio, en el noreste de México. (Modificada de Padilla y Sánchez, 1986).

8.2.2. Jurásico Medio-Tardío

En el Jurásico medio a tardío actúa una transgresión al noreste de México que da lugar a la formación del Golfo Sabinas, la Isla de Coahuila y la Península y Archipiélago de Tamaulipas. Este fenómeno ha sido relacionado por varios autores, con la apertura del extremo oeste del Mar de Tethys en el inicio de la disgregación del súper continente Pangea. De esta manera queda definida en el Oxfordiano el paleogolfo de Sabinas.

8.2.3. Cretácico

8.2.3.1. Cretácico temprano

A principios del Cretácico se acumularon secuencias gruesas de sedimentos calcáreos hacia las islas de Coahuila, La Mula, y la Península Burro-Peyotes. Estos elementos positivos fueron bordeados por sedimentos clásticos (Formación San Marcos), derivados de la misma erosión del continente (Imlay, 1940; McKee et al., 1990). Al mismo tiempo, en el área del Golfo de Sabinas se depositaron lutitas y carbonatos de la Formación Menchaca, así como lutitas y limos de la Formación Barril Viejo.

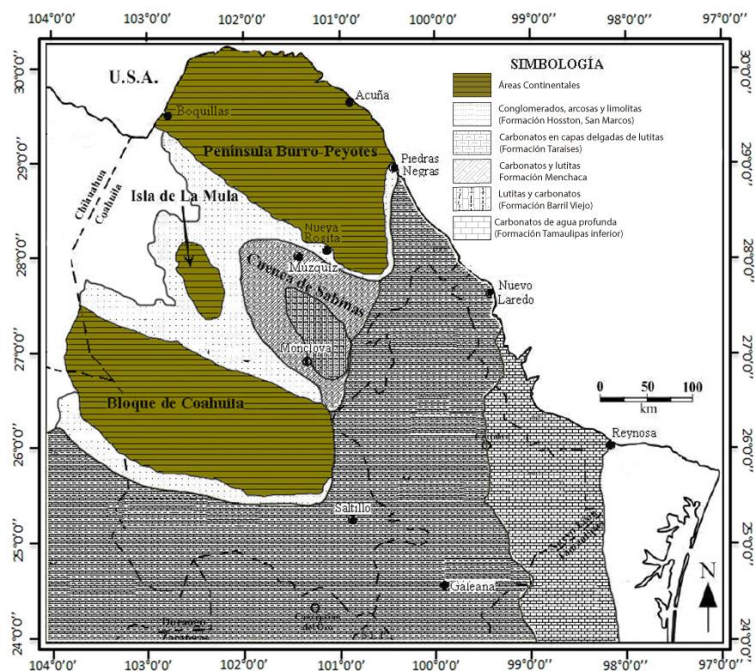


Figura 3. Mapa que muestra los principales elementos paleogeográficos y su evolución en el Cretácico Temprano (Berriasiano-Valanginiano) en el noreste de México (Modificada de Padilla y Sánchez, 1986).

Durante el Berriasiano-Valanginiano, carbonatos y lutitas de la Formación Taraises se depositaron hacia el sur y este del Golfo de Sabinas; mientras que hacia el este y sureste, en ambientes de cuenca de mar abierto, se depositaron carbonatos con pedernal de la Formación Tamaulipas Inferior (Humphrey, 1956). Figura 3.

Durante el Hauteriviano al Aptiano temprano, la Isla de La Mula estuvo bordeada por lutitas de la Formación La Mula y más tarde fue cubierta por carbonatos de la Formación Padilla (Goldhammer, 1999). La Península Burro-Peyotes y la Isla de Coahuila estaban parcialmente emergidas y fueron bordeadas por terrígenos de la Formación Patula y lutitas y limos de la Formación La Mula. Mientras en otras áreas del Golfo de Sabinas y sur de la Isla de Coahuila se originó un extenso depósito de calizas dolomíticas y evaporitas de la Formación La Virgen. Hacia el borde sur del Golfo de Sabinas, se estableció una barrera arrecifal de la Formación Cupido, compuesta por bancos de carbonatos masivos, oolíticos y cinturones de arrecifes. Figura 3. Este lineamiento se extiende desde Laredo, Tamaulipas a Monterrey, Nuevo León en donde cambia de dirección hacia el oeste, rumbo a Torreón, Coahuila (Morán-Zenteno, 1994; Márquez, et al., 1976, Lehmann, et al., 1999).

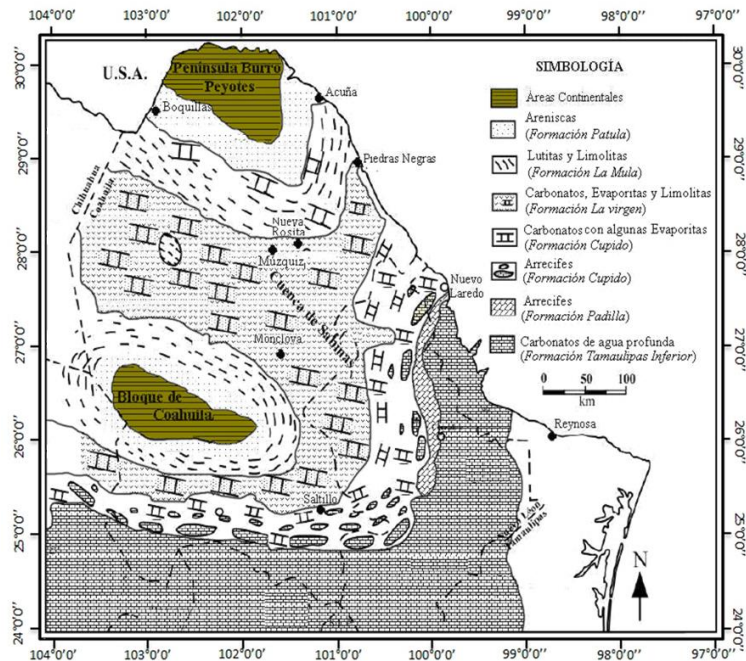


Figura 4. Mapa paleogeográfico del Hauteriviano-Albiano del noreste de México. (Modificada de Padilla y Sánchez, 1986).

Durante el Aptiano Medio-tardío, el Bloque de Coahuila fue cubierto por el mar, depositándose carbonatos y yesos de la Formación Las Uvas en las áreas restringidas (Goldhammer, 1999, Lehmann et al., 1999). Dentro de toda la Cuenca de Sabinas se acumularon sedimentos clásticos finos de la Formación La Peña (Figura 6). Hacia el sur y este se depositó caliza argilácea, en capas delgadas, oscuras y con pedernal y lutitas negras de la Formación Otates, (Goldhammer, 1999; Tinker, 1982). Figura 4.

Posteriormente, durante el Albiano una transgresión marina cubrió completamente el Bloque de Coahuila y a todo el noreste de México. Se depositaron carbonatos marinos de aguas someras sobre una pendiente de bajo relieve que bordeaba al Bloque de Coahuila en la parte sur de la Cuenca de Sabinas (Lehmann et al., 1999). Simultáneamente, hacia el sur, se depositaron calizas con pedernal de la Formación Tamaulipas Superior en ambientes de cuenca (Goldhammer, 1999), equivalente a la Formación Aurora. Por último se depositaron facies evaporíticas de la Formación Acatita en agua poco profunda debido a la presencia de arrecifes que bordean los elementos positivos sobre la Isla de Coahuila (Morán-Zenteno, 1994; Lehmann et al. 1999). Figura 5

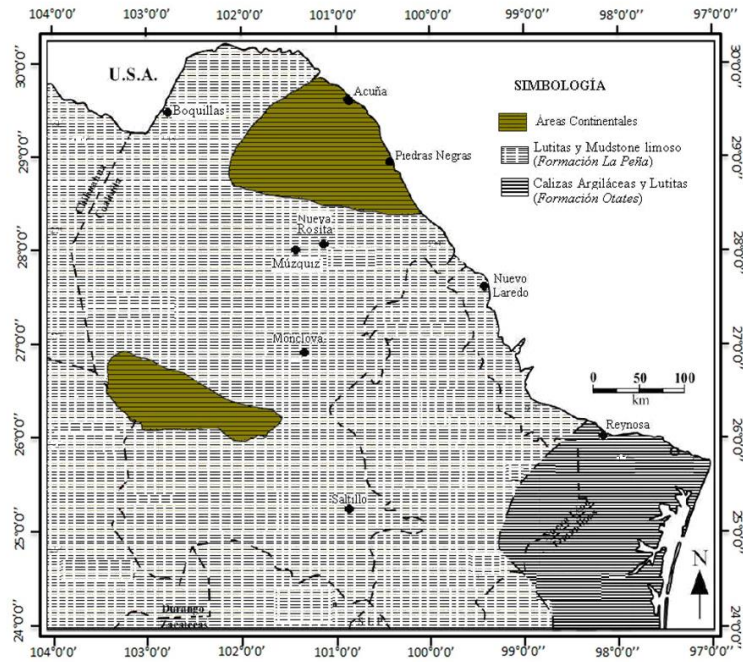


Figura 5. Mapa paleogeográfico del Aptiano en el noreste de México. (Goldhammer, 1999; Lehmann et al., 1999; modificada de Padilla y Sánchez, 1986).

Al mismo tiempo, hacia el noroeste de la Cuenca de Sabinas, se deposita una secuencia de arcillas y carbonatos arcillosos de la Formación Kiamichi hacia zonas de plataforma externa. Hacia el Albiano tardío y hacia la base del Cenomaniano, se forman mega sistema de carbonatos que gradaron en silicicáticos cerca de zonas de costa (Grupo Washita indiferenciado) (Figura 6). Durante este tiempo, y hacia la parte más al norte de Coahuila, se depositan carbonatos de plataforma que representan la unidad más inferior del Grupo Washita, que corresponde a la Formación Georgetown (McFarland y Menes, 1991, Goldhammer, 1999).

8.2.3.2. Cretácico tardío

Durante el Albiano tardío y Cenomaniano, hacia la porción noroeste del Golfo de Sabinas, continúa el depósito de sedimentos del Grupo Washita Indiferenciado pero con

un incremento en el aporte de terrígenos (McFarland y Menes, 1991). En esta zona, se reconocen capas arcillosas de la Formación Del Río, y hacia el Cenomaniano tardío, producto de una transgresión marina que marcó el cambio de depositación de este tiempo, se depositan carbonatos de la Formación Buda (McFarland y Menes, 1991, Goldhammer, 1999). Figura 6.

Durante el principio del Cenomaniano tardío, continúa el desarrollo de los elementos arrecifales del Albiano temprano (Formaciones Aurora y Acatita), mientras que hacia el sur de la misma cuenca, en ambientes profundos, se depositaron calizas pelágicas con pedernal de la Formación Cuesta del Cura y Tamaulipas Superior (Padilla y Sánchez, 1986, Goldhammer, 1999).

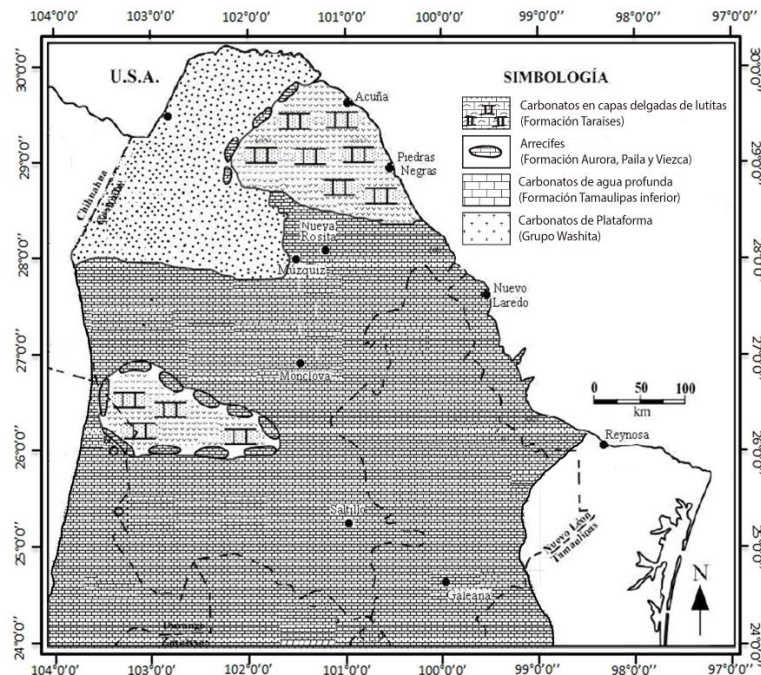


Figura 6 Paleogeografía del Albiano-Cenomaniano, en el noreste de México. (Modificada de Padilla y Sánchez, 1986)

Hacia el Turoniano, el área fue completamente cubierta por aguas marinas, pero el desarrollo de estas secuencias de carbonatos disminuyó notoriamente. Hacia el norte, se depositó una secuencia de arcillosas con contenidos menores de carbonatos de la Formación Eagle Ford. Hacia el sur, carbonatos y lutitas de poco espesor de la Formación Indidura y carbonatos de la Formación Agua Nueva (Fig. 7) fueron acumulados en ambientes más profundos y posiblemente bajo condiciones semirestringidas con establecimientos eventuales de condiciones deficientes de oxígeno.

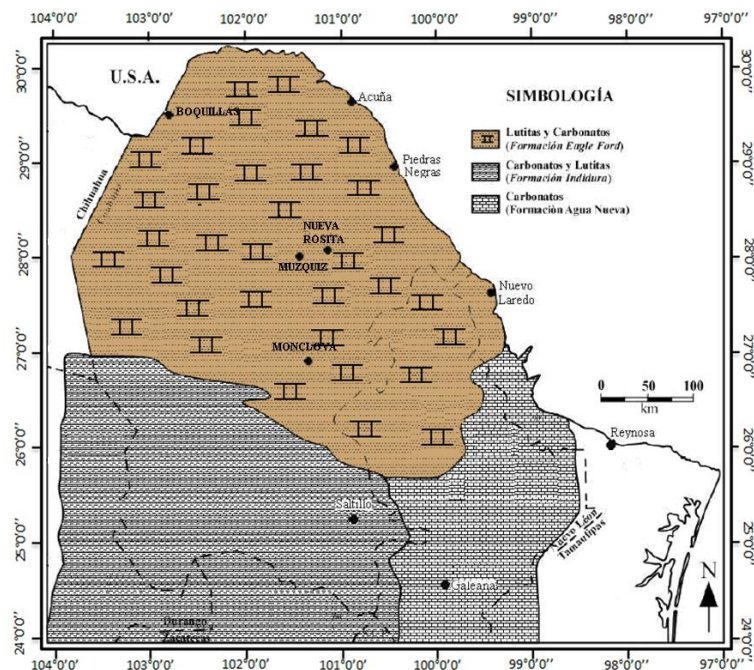


Figura 7 Paleogeografía del Turoniano en el noreste de México. (Modificada de Padilla y Sánchez, 1986)

Durante el Coniaciano-Santoniano, hacia la parte norte y centro del actual estado de Coahuila se desarrollaron carbonatos y lutitas de agua poco profunda del Grupo Austin (López-Ramos, 1980), mientras que en la parte sur de esta área se establecieron areniscas y lutitas de la Formación Caracol. Entre Torreón y Monterrey se originó un

depósito de sedimentos más arcillosos correspondientes a la Formación Parras. En la parte este dio lugar a la depositación de una secuencia más espesa de carbonatos y lutitas de estratificación delgada con horizontes de bentonita de la Formación San Felipe (Padilla y Sánchez, 1986) Figura 8.

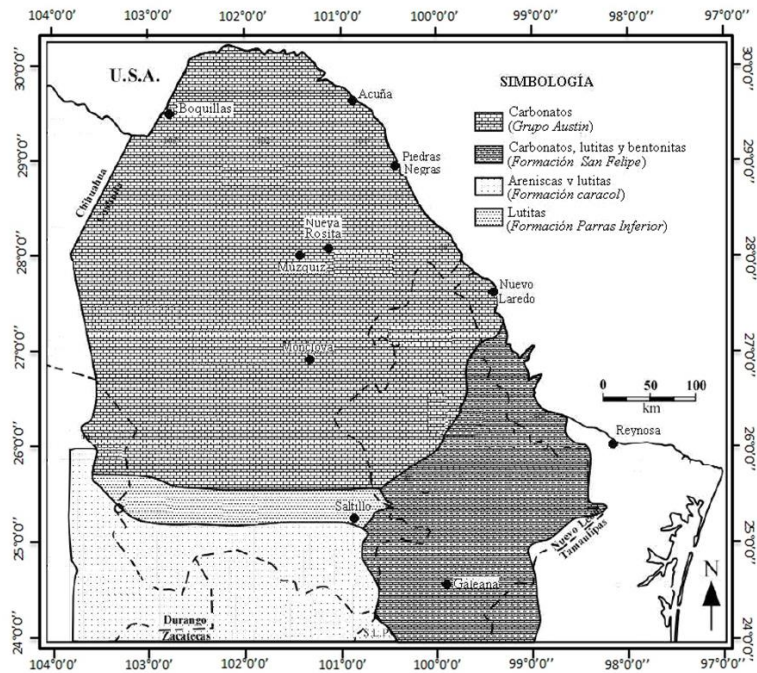


Figura 8. Paleogeografía del Coniaciano-Santoniano del noreste de México (Modificada de Padilla y Sánchez, 1986).

Durante el Maastrichtiano, la regresión marina en toda la región propició el depósito de sedimentos terrígenos provenientes de la parte oeste de México. Estos sedimentos corresponden a las Formaciones Méndez y Parras. Figura 9. De acuerdo a Moran Zenteno (1994) dichos sedimentos también fueron productos de levantamientos orogénicos que empezaron en este tiempo y que culminaron con la formación de estructuras plegadas, características de la Sierra Madre Oriental.

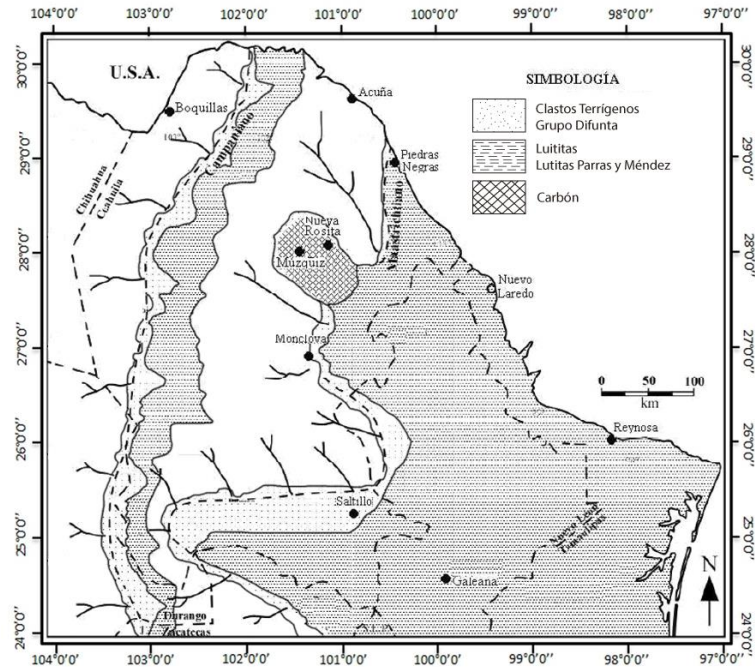


Figura 9 Paleogeografía del Campaniano-Maastrichtiano del noreste de México (Modificada de Padilla y Sánchez, 1986).

8.3. Estratigrafía.

La secuencia estratigráfica del Mesozoico del Golfo de Sabinas comprende rocas que varían desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior. El espesor de la columna geológica expuesta en las estructuras en el Golfo de Sabinas es de aproximadamente 4000 metros. Para el Cretácico en particular, en el área de estudio la secuencia estratigráfica va desde la Formación la Mula (Hauteriviano) hasta la Formación Austin (Campaniano Inferior); siendo las del Cretácico Superior las de mayor relevancia para este trabajo. A continuación se presenta una breve descripción de las principales formaciones del Cretácico Superior en las zonas adyacentes de las canteras

de La Mula y Los Temporales, situadas dentro de la hoja San Miguel del SGM (H13-12).

Eratema Mesozoico

Sistema Cretácico

Serie Cretácico Superior

Grupo Washita

Humphrey (1956) utilizó grupo Washita indiferenciado para designar a una alternancia de sedimentos clásticos finos y rocas calcáreas que afloran en las provincias paleogeográficas del Golfo de Sabinas y la Península de Tamaulipas. En la región del Golfo de Sabinas, esta unidad ha sido diferenciada en tres formaciones: Formación Georgetown del Albiano, Formación Del Río y Formación Buda, ambas del Cenomaniano. A continuación se describen las unidades que corresponden al Cretácico Superior.

Formación Del Río

Esta unidad fue definida por Cragin (1895) como Arcillas Grayson. Posteriormente Hill y Vaughan (1898) sugirieron el nombre Del Río por su extensión territorial en el Valle Del Río Grande, cerca del Río Texas, Estados Unidos de América.

Esta unidad se compone de lutitas intercaladas con calizas arcillosas de estratificación delgada y contienen numerosos equinodermos y fragmentos de

ammonites, que permiten asignarle una edad de Cenomaniano temprano. Esta unidad alcanza un espesor de 15 a 31 metros; en el área de estudio presenta un espesor de aproximadamente 30 metros (Pascacio-Toledo, R., 2005; Uribe y Cuevas, 1979).

Esta unidad aflora en la mayor parte del Golfo de Sabinas. Sobreyace concordante y transicionalmente a la Formación Georgetown y subyace de igual forma a la Formación Buda. De acuerdo a la presencia del ammonite *Graysonites adkinsi* esta unidad se le asigna una edad de Cenomaniano. De acuerdo a su litología es posible asignar a esta unidad a un ambiente de aguas someras en un escenario nerítico con gran aporte de terrígenos. (Lucas, 2010).

Formación Buda

Hill (1889) asignó a esta unidad el nombre de Caliza Shoal Creek, Caliza Burnt y Caliza Vola. Más tarde, Vaughan (1900) le dio el nombre de Formación Buda. Su localidad tipo se encuentra ubicada las cercanías del Condado de Hays, Texas, Estados Unidos de América. Dicha unidad está compuesta por calizas de estratificación delgada a media, hacia la parte superior presenta intercalaciones de lutita. Esta formación se encuentra distribuida en las Sierras La Madera, La Fragua y San Marcos. Presenta su contacto inferior concordante y transicional con la Formación Del Río y un contacto superior concordante y abrupto con la Formación Eagle Ford. Esta unidad se caracteriza por presentar un alto contenido faunístico (ammonites, equinodermos, bivalvos), y la presencia de ammonite *Neophlycticeras hyatti* y *Budaiceras hyatti* permite asignar una edad de Cenomaniano medio y tardío a esta formación, (Young 1979; Lucas, 2010) .De

acuerdo a su fauna y litología, es posible que esta unidad haya sido depositada en un ambiente nerítico de aguas tranquilas posiblemente sobre una rampa calcárea que se extendió a lo largo de Texas y noreste de México(Reaser y Robinson, 2003). Figura 9.

Formación Eagle Ford

La Formación Eagle Ford fue descrita por primera vez por Roemer (1852) en la región de New Braunfelds, a aproximadamente 9.7 km al oeste de Dallas, Texas (localidad tipo) bajo la desingación de lutitas negras con restos de peces. En esta localidad, esta formación se encuentra dividida en tres unidades, las cuales consisten en arenisca gris a café, limolita y lutita con fragmentos retrabajados de nódulos de fosfatos (unidad inferior); lodolita calcárea intercalada con caliza y limolita y horizontes de bentonita (unidad media) y lodolita calcárea con capas delgadas de limolita, concreciones calcáreas abundantes y un horizonte distintivo con peces hacia su parte superior (unidad superior) (Sohl et al. 1991).

En México, esta unidad aflora en gran parte del Golfo de Sabinas así como en el subsuelo del Golfo de Sabinas, en los bordes de la Península de Tamaulipas y en los bordes de noreste de la Cuenca de Burgos al norte de Nuevo León (PEMEX, 1988). De acuerdo a Santamaría et al. (1991), Eguiluz (2001) esta unidad se compone de caliza arcillosa de estratificación decimétrica que alternan con lutitas y margas presentando fragmentos de pelecípodos.

En la zona del antiguo Golfo de Sabinas, esta Formación sobreyace concordantemente a la Formación Buda, su contacto superior es transicional y

concordante con la Formación Austin (Santamaría *et al.*, 1991). Sellards *et al.* (1966) describen que la Eagle Ford sobreyace discordantemente a la Formación Buda (Sur y Centro de Texas), y subyace discordantemente a la Formación Austin (Centro de Texas).

Hacia el oeste del estado de Coahuila la Formación Eagle Ford se depositó bajo un cambio lateral de facies, definido por el incremento en los niveles de arcillas (Formación Ojinaga) Sánchez *et al.*, 2002).

En cuanto a su contenido paleontológico, esta unidad presenta paleobiota de amplia diversidad, que varía desde microorganismos como foraminíferos planctónicos, así como invertebrados (bivalvos, ammonites, etc) y vertebrados.

Los microfósiles consisten principalmente en foraminíferos abundantes entre los que se tienen a *Heteroelix* sp., *Globotruncana* sp., *Hedbergella* cf. *Heterohelix moremani* (Santamaría *et al.*, 1991). *Clavihedbergella moremani*, *Clavihedbergella simplex*, *Whitheinella* sp., *Heterohelix reussi*, *H. puchra*, *Dicarinella* sp., *Spiroplectammina terquemi* (Berthelin), *Verneulina aff. propinqua* H.B. Brady, *Bolivina* sp., *Quinqueloculina stelligera* Schlumberger, *Hasterigerinella moremani* Cushman, *Anomalina eaglefordensis* Moreman

Entre los invertebrados se reportan restos de Inoceramidos (pelecípodos) como *Inoceramus labiatus*, *Inoceramus sagensis*, ammonites como *Tarrantoceras sellardsi*, *Cunnigtoniceras amphibolum*, *Sumitoceras conlini* y *Sciponoceras gracile*, del Cenomaniano medio al tardío, (Cobban, 1988 *in* GEOLEX).

Restos de peces han sido reportados en la Fm. Eagle Ford (Sellards, *et al.*, 1966). Alvarado-Ortega *et al.* (2006), reportan la presencia de fósiles de peces del genero *Saurodon*, un Ichthyodectiforme común en el Cretácico de Norte América, además de una forma de clupeomorfos, peces del género *Nursallia* sp., *Goulmimichthys*, *Tselfatia*

sp., *Enchodus* sp., y *Laminospondylus* sp., provenientes de la cantera La Mula, ubicada al noreste de la Ciudad de Múzquiz, Coahuila (Blanco-Piñón y Alvarado-Ortega, 2005).

La presencia de *Inoceramus labiatus*, *Clavihedvergella simplex*, *Hedbergella amabilis*, *Rotaliporia cushmani* y *R. greenhornensis*, indican una edad del Cenomaniano tardío a Turoniano temprano (Eguiluz, 2001).

Por su parte, los ammonites *Sumitoceras conlini* y *Sciponoceras gracile* se han reportado en capas del Cenomaniano medio al tardío, (Cobban, 1988 *in* GEOLEX). *Inoceramus labiatus*, fósil índice del Turoniano (Harries *et al.*, 1996), lo que permite correlacionarla en tiempo con la Formación Agua Nueva de la antiguas Cuenca de Burgos y Cuenca Tampico – Misantla, con la Formación Soyatal en la Plataforma Valles San Luis Potosí, con la Formación Orizaba y Formación Maltrata de la Cuenca de Veracruz, en Chiapas con la Formación Cintalapa del Grupo Sierra Madre y en Chihuahua con la Formación Ojinaga. Hacia la plataforma de Coahuila hay un cambio de facies a lutitas calcáreas, calizas arcillosas y areniscas de la Formación Indidura.

Esta unidad representa un sistema transgresivo (Transgressive System Tract o TST) depositado en un ambiente nerítico-medio (Eguiluz, 2001). Su espesor mínimo 45 m, máximo 480 m, promedio 200 m (Santamaría *et al.*, 1991), 300 m Cuenca de Sabinas (Eguiluz, 2001). Figura 9.

Grupo Austin

El Grupo Austin fue descrito por primera vez por Shumard (1860) como una unidad de rocas calcáreo-arcillosas que afloran en las cercanías de Austin, Texas

(EE.UU.), su localidad tipo. En Texas, esta unidad ha sido diferenciada en 4 formaciones y se le ha asignado un rango de Coniaciano temprano a Campaniano temprano (Myers, 2010). En el noreste de México, esta unidad ha sido dividida informalmente en diversos miembros (Carrasco, 1969; Stinnesbeck, et al. 2005). Carrasco (1969) en un estudio bioestratigráfico realizado en la zona de Jiménez, Coahuila, logra diferenciar la base del Grupo Austin en dos formaciones: Formación Dessau (creta blanca amarillenta y marga) y Formación Tecolotes (calizas y margas). Por su parte, Stinnesbeck et al. (2005) reporta 3 miembros (inferior, medio y superior) dentro de esta unidad en las cercanías de Múzquiz, Coahuila. Sin embargo, hasta la fecha no existe un consenso general para estas divisiones. A pesar de estos reportes puntuales, la mayoría de los trabajos realizados en el noreste de México han referido a esta unidad como indiferenciada, y se le ha citado como Formación Austin.

Esta unidad se encuentra distribuida tanto en el subsuelo como en diversos afloramientos de Texas y en el noreste de México (Sohl et al. 1991), así como en el este de Chihuahua (Romo-Ramírez et al. 2008). Consiste en secuencias de caliza arcillosa color gris oscuro y ocasionalmente negra (muestra fresca) a gris pardo (muestra intemperizada) (Santamaría et al. 1991; Santiago et al. 2003) con intercalaciones de lutitas gris a café amarillento y lutitas calcárea físil (Escalante et al. 2002; Santiago et al. 2003). En otras localidades, como Jiménez, Coahuila, esta unidad consiste en margas calcáreas y cretas de color blanco amarillento hacia la base de los afloramientos, y calizas grises y margas calcáreas café amarillento hacia el techo. Estas litologías están dispuestas en estratos decimétricos, las calizas por su parte varían en espesor entre los 40

cm y 60 cm, las cretas y margas presentan espesores entre los 20 cm y 100 cm, mientras que las lutitas presentan espesores que varían de 30 cm a 40 cm.

En el noreste de México, esta unidad ha sido generalmente asignada al Coniaciano-Santoniano, sin embargo estudios bioestratigráficos más completos han extendido el rango de la base de esta unidad a Turoniano tardío en las cercanías de Múzquiz, Coahuila (Stinnesbeck et al., 2005). Por otra parte, estudios previos realizados por Carrasco (1969) asignan a la parte superior de esta unidad al Campaniano inferior basado en la presencia de los ammonites *Scaphites hippocrepis* y *Delawarella delawarensis*. Figura 10.

La Formación Austin se depositó en facies de plataforma externa, relacionada a frentes de sistemas fluviodeltáicos (PEMEX, 1988).

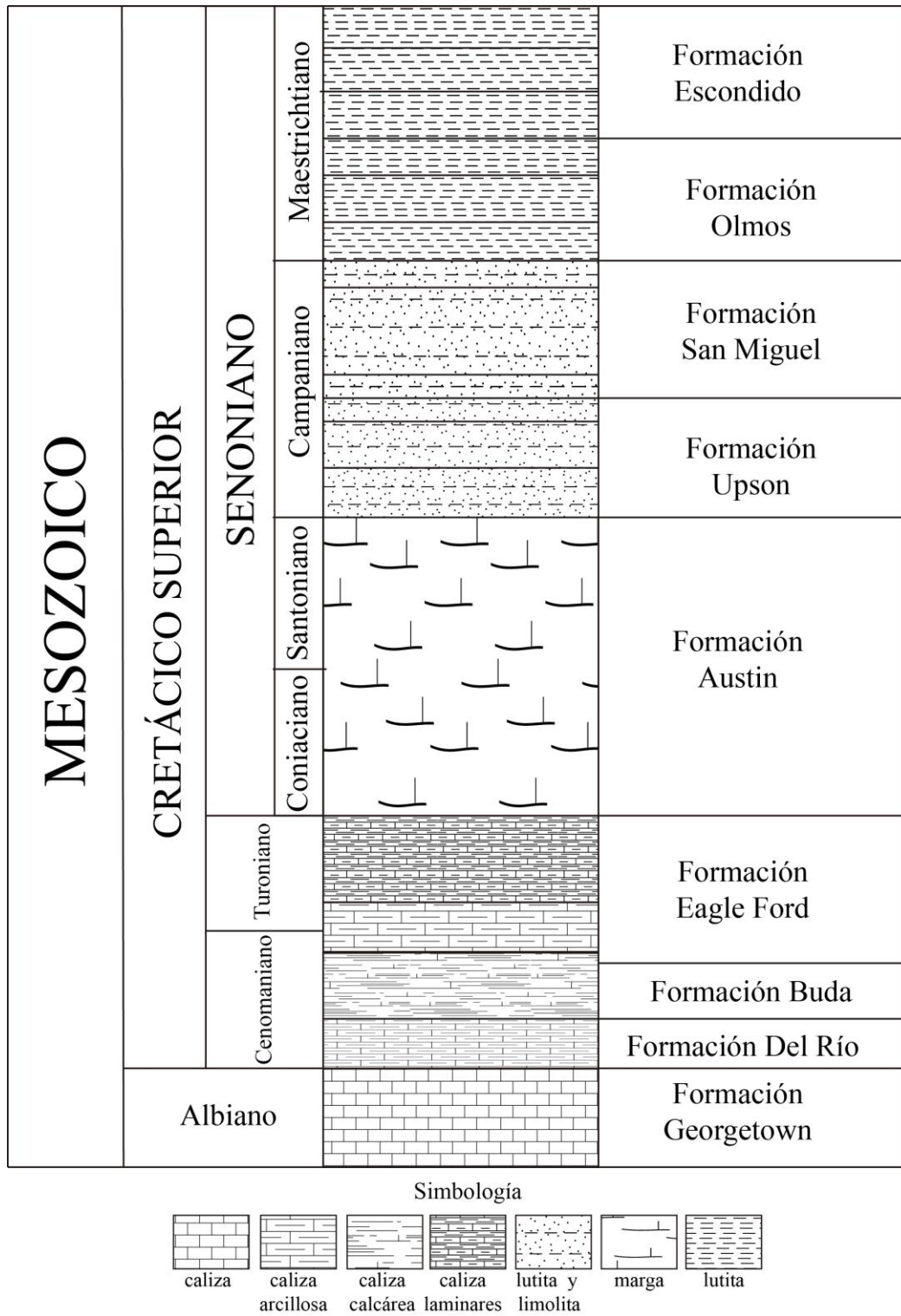


Figura 10. Columna estratigráfica del Golfo de México (Modificada de Carta Geológico-Minera “Melchor Múzquiz” G14-A12, 2003).

9. RESULTADOS

9.1. La Formación Eagle Ford en el área de estudio.

En campo se observaron las características físicas (espesor de las capas, tipo de estratificación) y litológicas de las secciones estratigráficas que afloran en el área de estudio. La descripción de esta unidad tanto en la Cantera Los Temporales como en la Cantera La Mula se describe a continuación:

9.2. Cantera Los Temporales.

En esta cantera afloran aproximadamente 5 metros de margas con coloración crema a café amarillenta con espesores decimétricos que varían entre los 2 y 48 cm (aunque una capa alcanza los 62 cm) intercaladas con horizontes de aproximadamente 7 y 8 cm de limolita anaranjada, así como material arcilloso de color café claro de espesor centimétrico (2-4cm). Las margas intemperizan a colores amarillentos, estas coloraciones se mantienen constantes a lo largo de toda la columna. Figura 11.

Las margas presentan dos facies diferentes: 1) facies de margas con laminación paralela fina a escala milimétrica, con fractura físil y con ausencia de organismos bentónicos o pseudobentónicos (excepto por los inocerámidos); 2) facies de margas sin estructura interna, con fractura irregular y con presencia ocasional de organismos bentónicos, bioturbadores del sedimento de tipo *Thalassinoides*. Ambas facies margosas se caracterizan por la presencia de óxido de hierro dispuestas en nódulos o láminas paralelas al plano de estratificación. Los nódulos exhiben un color marrón y presentan

diámetros que varían entre los 3 cm y 5 cm. Por su parte, las láminas presentan coloraciones que varían entre el color marrón y el anaranjado con tonos amarillentos, ambas presentan espesores de 1-5 mm y se extienden a lo largo del estrato. Los fósiles reportados en las margas, principalmente las laminadas, consisten en vertebrados e invertebrados, así como piezas ocasionales de madera fósil. Entre los invertebrados se encuentran ammonites de los géneros *Neocrioceras*, *Collignoniceras*, *Scaphites*, *Parapuzosia*, especies como *Forresteria aullaudi*, *F. francoi*, *Scaphites uintensis* así así como heteromorfos del género *Gliptoxoceras* sp. Entre los bivalvos se encuentran diferentes ejemplares no determinados del género *Inoceramus*, así como especímenes de *Inoceramis labiatus*. También se reportan crustáceos malacostrados no determinados. Entre los vertebrados se colectaron restos de peces fósiles de diferentes grupos taxonómicos, tales como dientes de tiburón, escamas y piezas de la aleta pectoral (cleithrum) de Ichthyodectiformes no determinados, restos de Pachyrhizotontidos, de especímenes de los géneros *Laminospondylus*, *Nursallia* sp, y *Kansius*, éste último ocupando el interior fragmoconos vacíos de ammonites. Además, se reportan otros especímenes teleósteos no determinados. Por último, las margas laminadas presentan impresiones con formas tetradáctilas rectas y ligeramente lobuladas que asemejan a aquellas estructuras reportadas por Murelaga et al. (2007) para huellas de aves; sin embargo un estudio más detallado es requerido para confirmar esta observación.

Por su parte, la limolita presenta una coloración anaranjada, presenta estructuras aparentemente laminares que corresponden a bioturbación planar formada por diferentes tipos de organismos bentónicos. Por su parte, las lutitas que se encuentran alternando

con las margas son calcáreas de color café claro a gris oscuro, observándose estratificación laminar. Figura 11.

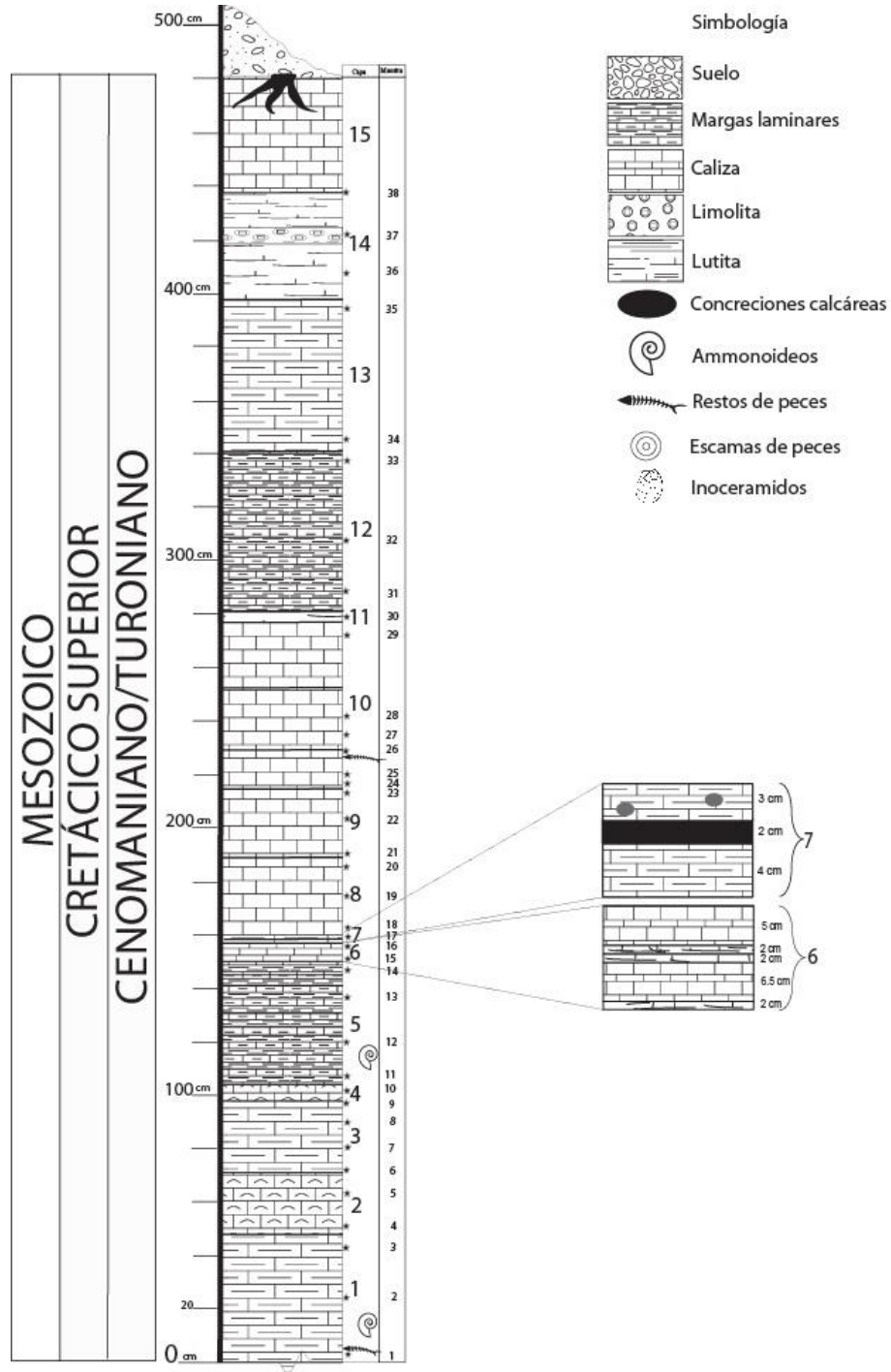


Fig. 11. Columna Estratigráfica de Los Temporales, Múzquiz, Coahuila.

9.3. Cantera La Mula

Las capas que afloran en la Cantera de la Mula consisten en al menos 6 m de marga laminada y no laminada de estratificación decimétrica intercaladas ocasionalmente con caliza gris de espesor decimétrico y limolita anaranjada de espesor centimétrico.

La marga exhibe una coloración crema en muestra fresca y crema con tonos amarillentos en muestra intemperizada. Sus espesores varían de 2 a 30 cm y al igual que en la cantera de los Temporales, exhiben dos facies: 1) marga con laminación paralela fina a escala milimétrica, con fractura físil y con ausencia de organismos bentónicos o pseudobentónicos (excepto por los inocerámidos). Esta facies presenta además, nódulos calcáreos sin contenido fósil de aproximadamente 27 cm de espesor y 17 cm de longitud con coloración gris; 2) margas sin estructura interna, con fractura irregular y con presencia ocasional de organismos bentónicos, bioturbadores del sedimento. Tanto las facies laminadas como no laminadas exhiben nódulos y láminas milimétricas de óxido de hierro. Los nódulos son de color marrón y presentan diámetros cercanos a los 3 cm. Las láminas, están dispuestas de forma paralela al plano de estratificación y presentan coloraciones que van desde el marrón hasta el anaranjado.

Las margas laminadas y ocasionalmente las margas no laminadas de la cantera La Mula, presentan diferentes grupos de invertebrados y vertebrados fósiles como parte de su contenido fósil. Los invertebrados consisten en inocerámidos no determinados así como ejemplares de *Inoceramus labiatus*. Los ammonites consisten en especímenes de los géneros *Collignoniceras*, *Neocrioseras*, *Scaphites* así como las especies *Forresteria*

francoi, *F. allaudi* y *Scaphites uintensis*, así como heteromorfos del género *Gliptoxoceras* sp.

Entre los vertebrados fósiles como restos de tiburones hibodontidos del género *Ptychodus* sp, peces holósteos del género *Nursallia* sp., así como peces teleósteos de los géneros *Enchodus* sp., *Goulmimichthys* sp., *Tselfatia* sp., *Laminospndylus* sp., entre otras formas no determinadas.

Por su parte, la caliza presenta una coloración gris en la muestra fresca y café claro a muestra intemperizada. Sus esperores varían entre los 15 cm y 20 cm y no presentan estructura interna ni contenido paleontológico a nivel macroscópico. Por ultimo, las capas de color ocre presentan características smililares a las descritas en la cantera Los Temporales.

En esta cantera, los afloramientos se encuentran fuertemente alterados por actividad hidrotermal, dejando como consecuencia la formación de vetas de carbonato de calcio a lo largo del afloramiento, así como puntos de recristalización intercalados con algunas capas. Figura 12.

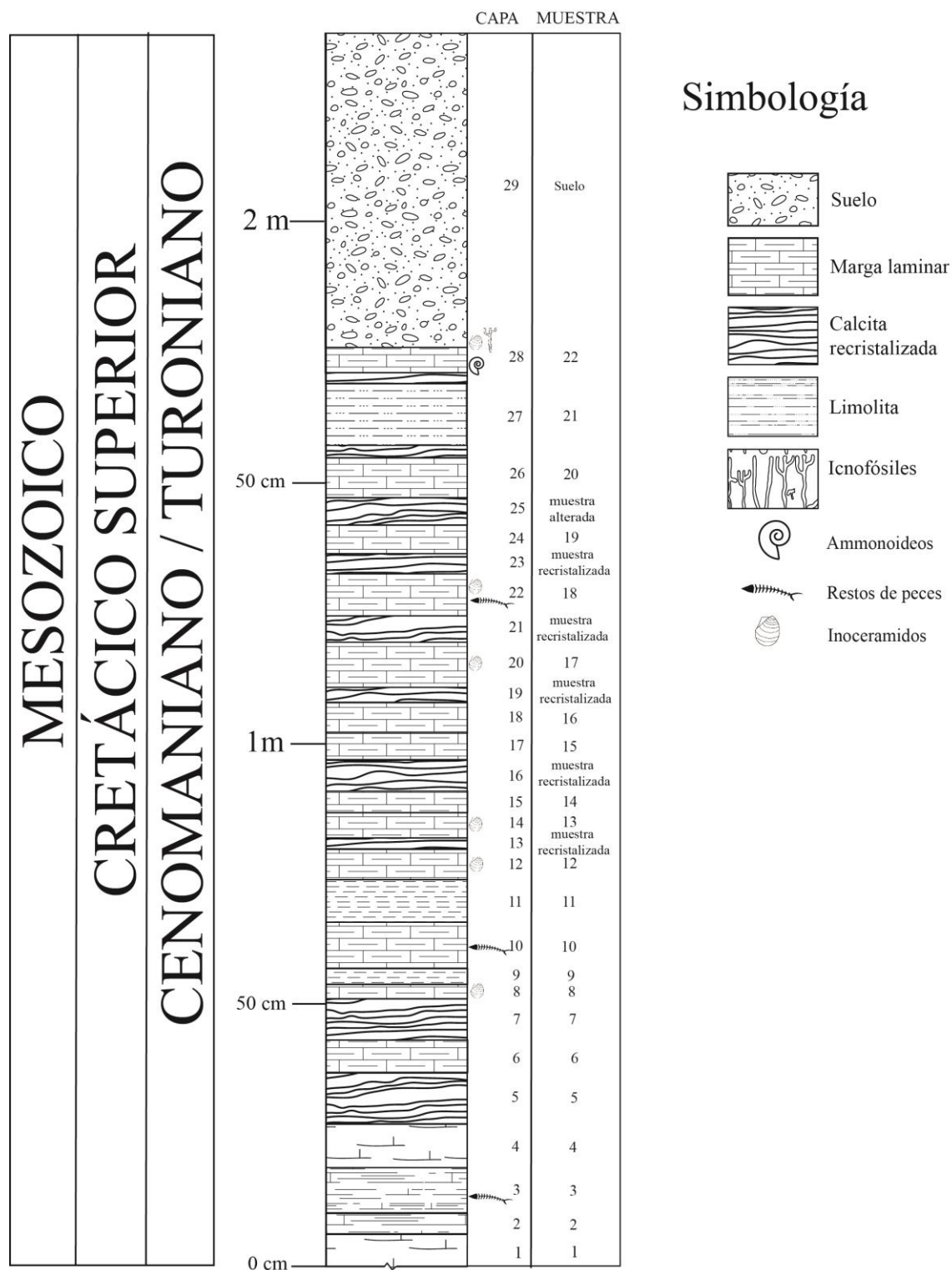


Figura 12. Columna Estratigráfica de la Cantera La Mula, Múzquiz, Coahuila.

9.4. La Formación Eagle Ford.

La Formación Eagle Ford fue descrita por primera vez por Roemer (1852) en la región de New Braunfelds, a aproximadamente 9.7 km al oeste de Dallas, Texas (localidad tipo) bajo la desingación de lutitas negras con restos de peces. En esta localidad, esta formación se encuentra dividida en tres unidades, las cuales consisten en arenisca gris a café, limolita y lutita con fragmentos retrabajados de nódulos de fosfatos (unidad inferior); lodolita calcárea intercalada con caliza y limolita y horizontes de bentonita (unidad media) y lodolita calcárea con capas delgadas de limolita, concreciones calcáreas abundantes y un horizonte distintivo con peces hacia su parte superior (unidad superior) (Sohl et al. 1991).

En México, esta unidad aflora en gran parte del Golfo de Sabinas así como en el subsuelo del Golfo de Sabinas, en los bordes de la Península de Tamaulipas y en los bordes de noreste de la Cuenca de Burgos al norte de Nuevo León (PEMEX, 1988). De acuerdo a Santamaría et al. (1991), Eguiluz (2001) esta unidad se compone de caliza arcillosa de estratificación decimétrica que alternan con lutitas y margas presentando fragmentos de pelecípodos.

En la zona del antiguo Golfo de Sabinas, esta formación sobreyace concordantemente a la Formación Buda, su contacto superior es transicional y concordante con la Formación Austin (Santamaría *et al.*, 1991). Sellards *et al.* (1966) describen que la Formación Eagle Ford sobreyace discordantemente a la Formación Buda (Sur y Centro de Texas), y subyace discordantemente a la Formación Austin (Centro de Texas).

En la porción oeste del estado de Coahuila la Formación Eagle Ford presenta un cambio lateral de facies, marcado por un aumento de niveles arcillosos representados por

la Formación Ojinaga-(Sánchez *et al.*, 2002) hacia el sureste de la plataforma de Coahuila con la Formación Agua Nueva y hacia el sur del actual estado de Coahuila con la Formación Indidura.

En cuanto a su contenido paleontológico, esta unidad presenta paleobiota de amplia diversidad, que varía desde microorganismos como foraminíferos planctónicos, así como invertebrados (bivalvos, ammonites, etc) y vertebrados.

Los microfósiles consisten principalmente en foraminíferos abundantes entre los que se tienen a *Heteroelix* sp., *Globotruncana* sp., *Hedbergella* cf. *Heterohelix moremani* (Santamaría *et al.*, 1991). *Clavihedbergella moremani*, *Clavihedbergella simplex*, *Whitheinella* sp., *Heterohelix reussi*, *H. puchra*, *Dicarinella* sp., *Spiroplectammina terquemi* (Berthelin), *Verneulina aff. propinqua* H.B. Brady, *Bolivina* sp., *Quinqueloculina stelligera* Schlumberger, *Hasterigerinella moremani* Cushman, *Anomalina eaglefordensis* Moreman

Entre los invertebrados se reportan restos de Inoceramidos (pelecípodos) como *Inoceramus labiatus*, *Inoceramus sagensis*, ammonites como *Tarrantoceras sellardsi*, *Cunnigtoniceras amphibolum*, *Sumitoceras conlini* y *Sciponoceras gracile*, del Cenomaniano medio al tardío, (Cobban, 1988 *in* GEOLEX).

Restos de peces han sido reportados en la Fm. Eagle Ford (Sellards, *et al.*, 1966). Alvarado-Ortega *et al.* (2006), reportan la presencia de fósiles de peces del genero *Saurodon*, un Ichthyodectiforme común en el Cretácico de Norte América, además de una forma de clupeomorfos, peces del género *Nursallia* sp., *Goulmimichthys*, *Tselfatia* sp., *Enchodus* sp., y *Laminospondylus* sp., provenientes de la cantera La Mula, ubicada al noreste de la Ciudad de Múzquiz, Coahuila (Blanco-Piñón y Alvarado-Ortega, 2005).

La presencia de *Inoceramus labiatus*, *Clavhedvergella simplex*, *Hedbergella amabilis*, *Rotaliporia cushmani* y *R. greenhornensis*, indican una edad del Cenomaniano tardío a Turoniano temprano (Eguiluz, 2001).

Por su parte, los ammonites *Sumitoceras conlini* y *Sciponoceras gracile* se han reportado en capas del Cenomaniano medio al tardío, (Cobban, 1988 *in* GEOLEX). *Inoceramus labiatus*, fósil índice del Turoniano (Harries *et al.*, 1996), lo que permite correlacionarla en tiempo con la Formación Agua Nueva de la antiguas Cuenca de Burgos y Cuenca Tampico – Misantla, con la Formación Soyatal en la Plataforma Valles San Luis Potosí, con la Formación Orizaba y Formación Maltrata de la Cuenca de Veracruz, en Chiapas con la Formación Cintalapa del Grupo Sierra Madre y en Chihuahua con la Formación Ojinaga. Hacia la plataforma de Coahuila hay un cambio de facies a lutitas calcáreas, calizas arcillosas y areniscas de la Formación Indidura.

Esta unidad representa un sistema transgresivo (Transgressive System Tract o TST) depositado en un ambiente nerítico-medio (Eguiluz, 2001). Su espesor mínimo 45 m, máximo 480 m, promedio 200 m (Santamaría *et al.*, 1991), 300 m Cuenca de Sabinas (Eguiluz, 2001).

9.5. Paleontología Sistemática

En el presente apartado se proporciona la descripción taxonómica de aquellos grupos cuya presencia son determinantes tanto en la asignación de la edad de la capas de la Formación Eagle Ford en las canteras “La Mula” y Los Temporales, como en la interpretación paleoecológica en el ambiente de deposito.

Los foraminíferos han sido estudiados desde hace décadas, y la forma en cómo han sido clasificados taxonómicamente, varia conforme el autor y las características morfológicas en las que ellos que se basan.

Para este trabajo se utilizó el Tratado en Paleontología de Invertebrados realizado por Loeblich y Tappan en 1964, aunque debemos mencionar que los autores en su obra no incluyen a la Familia *Marginotruncanidae* (Pessagno, 1967), la cual está incluida en la Superfamilia Globigerinacea (Carpenter, Parker Y Jones, 1862) ni los géneros *Archaeoglobigerina* (Pessagno, 1967) y *Helvetoglobotruncana* (Loeblich y Tappan. 1980) que pertenecen a la Familia Globotruncanidae, y que para este trabajo fue necesario agregarlos.

A continuación se presenta una lista taxonómica y la diagnosis de los foraminíferos presentes en rocas de las Cantera “Los Temporales” y “La Mula” para este estudio:

Cantera “Los Temporales”

Contenido paleontológico y edad

PHYLUM PROTOZOA (Goldfuss, 1821)

CLASE RHIZOPODA (Bonet, 1956)

ORDEN FORAMINIFERA (D'Orbigny, 1826)

SUBORDEN TEXTULARIINA (Delage y Herovard, 1896)

SUPERFAMILIA LITUOLACEA (de Blainville, 1825)

FAMILIA TEXTULARIIDAE (Ehrenberg, 1838)

SUBFAMILIA SPIROPLECTAMININAE. (Cushman,
1927)

GÉNERO: *Spiroplectamina* (Cushman, 1927)

Testa libre, elongada, porción temprana con enrollamiento planispiral de pocas cámaras, últimas cámaras arregladas de forma biserial. Pared aglutinada. Apertura de arco bajo en el margen interior de la última cámara. Rango Estratigráfico: Carbonífero – Holoceno. Este género se encuentra en ambas canteras. LAMINA II, Figura 1 Cantera Temporales. LAMINA II, FIGURA 1. Cantera La Mula.

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: Pensilvanico – Holoceno. . Este género se encuentra en ambas canteras. LAMINA II, Figura 2 Cantera Temporales. LAMINA II, FIGURA 2 Cantera La Mula.

FAMILIA LITUOALIDAE (de Blainville, 1827)

SUBFAMILIA AMMOMARGINULININAE (Podobina, 1978).

GÉNERO: *Ammobaculites* (Cushman, 1910)

ESPECIE: *pyriformis* (Gustschick&Treckman, 1959)

Testa libre. Porción alargada, principia cerca en espiral, más tarde se desenrolla en forma rectilínea. Sección redondeada. Pared gruesa aglutinada. Interior sencillo. Apertura terminal y redondeada. Rango Estratigráfico: Kimmerigiano – Holoceno.

LAMINA II, Figura 3.

SUBORDEN ROTALIINA (Delage&Hérouard, 1896)

SUPERFAMILIA NODOSARIACEA (Ehrenberg, 1838)

FAMILIA NODOSARIIDAE (Ehrenberg, 1838)

SUBFAMILIA NODOSARIINAE (Ehrenberg, 1838)

GÉNERO: *Lenticulina* (Lamarck, 1804)

Testa libre, por lo general planispiral pero raras muestras aberrantes pueden ser asimétricas o trocoides, incluso biumbonada, 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. Apertura irradian o hendidura en el ángulo periférico, puede ser algo producido. Rango Estratigráfico: Coniaciano – Maastrichtiano.

LAMINA II, Figura 4.

GÉNERO: *Robulus* (Montford, 1808)

ESPECIE: *münsteri* (Roemer, 1839)

Posee una ligera quilla. El umbo central de los dos lados es más claro que el resto de la concha, Las suturas son casi tangencialmente en posición muy ligeramente curvadas.

Rango Estratigráfico: Turoniano-Santoniano

LAMINA II, Figura 5.

SUPERFAMILIA GLOBIGERINACEA (Carpenter, Parker & Jones,
1862)

FAMILIA HETEROHELICIDAE (Cushman, 1927)

SUBFAMILIA HETEROHELICINAE (Cushman, 1927)

GÉNERO: *Heterohelix* (Ehrenberg, 1843)

ESPECIE: *H. globulosa* (Ehrenberg, 1843)

Testa con las cámaras globulares aumentando de tamaño gradualmente, las últimas aumentan con mayor rapidez. Testa biserial. Cámaras completamente infladas. Máxima amplitud en la última cámara. Rango Estratigráfico: Turoniano – Maastrichtiano. (Rara en rocas de este último piso según Van Eijden & Smit (1991). LAMINA II, Figura 7.

moremani (Cushman, 1938)

Testa biserial, más larga que ancha. Numerosas cámaras globulares. Crecimiento lento (todas las cámaras del mismo tamaño). Pared lisa, finamente perforada. Rango Estratigráfico: Albiano tardío – Santoniano temprano. LAMINA II, Figura 8.

striata (Ehrenberg, 1840)

Testa biserial. Cónica en toda su extensión. Cámaras se incrementan gradualmente en tamaño. Cámaras finales bastante infladas. Notable estría en la superficie de la cámara. Rango Estratigráfico: Turoniano – Maastrichtiano. LAMINA III, Figura 1.

FAMILIA PLANOMALINIDAE (Bolli, Loeblich&Tappan, 1957)

GÉNERO: *Globigerinelloides* (Cushman& Ten Dam, 1948)

Testa planispiral, biumbilicada, evoluta a involuta. Periferia ampliamente redondeada, cámaras reniformes en vista apertrural, ligeramente comprimidas. Suturas distintivas y deprimidas. Apertura de un arco ecuatorial interomarginal, bordeada en la parte inferior por un labio estrecho imperforado. Aberturas vestigiales en el ombligo. Testa de la pared calcárea, radial, perforada. Cámara suave con pústulas dispersas principalmente en las cámaras de la superficie antes de la espiral final. Rango Estratigráfico: Aptiano – Maastrichtiano. LAMINA III, Figura 2 y 3.

FAMILIA ROTALIPORIDAE (Sigal, 1958)

SUBFAMILIA HEDBERGELLINAE (Loeblich&Tappan, 1961)

GENERO: *Hedbergella* (Bronnimann& Brown, 1958)

ESPECIE: *amabilis* (Bronnimann& Brown, 1968)

Testa con trocospiral casi plana. Enrollamiento de 2 a 2^{1/2} vueltas. Última vuelta con cinco cámaras, raramente seis, que aumentan rápidamente en tamaño comoforme 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. LAMINA III, Figura 5.

ESPECIE: *simplex* (Marrow, 1934)

Esta especie presenta una gran variabilidad morfológica en el grado de alargamiento radial de la espiral de las cámaras. Concha trocospiral, con espiral moderada. Primeras cámaras globulares. Penúltima cámara alargada. Cámara final fuertemente alargada. Rango Estratigráfico: Aptiano tardío-Coniaciano. LAMINA III, Figura 6.

SUBFAMILIA TICINELLINAE

GENERO: *Clavihedbergella* (Banner & Blow, 1959)

ESPECIE: *simplex*, (Morrow, 1934)

Cuerpo de apertura umbilical-extraumbilical. De cuatro a seis cámaras globulares alargadas en la espiral final. Trocospiral bajo testa, casi biconvexa, en opinión del borde. Aberturas relictas en el ombligo. Esquema sub estelares. Rango Estratigráfico: Aptiano – Coniaciano. LAMINA III, Figura 8.

GENERO: *Thalmaninella* (Sigal, 1948)

ESPECIE: *appeninica* (Renz, 1936)

Cuerpo de apertura umbilical-extraumbilical. De cinco a siete cámaras en la espiral final; las cámaras aumentan rápidamente de tamaño. Ombligo pequeño, menos $1/5D$ máx. Aberturas umbilicales suplementarias, convirtiéndose en la sutura entre las cámaras formadas por última vez. Trocospiral baja; el lado umbilical es convexa poco más de la

espiral. Una quilla periférica a lo largo de la espiral final. Rango Estratigráfico: Albiano – Turoniano. LAMINA IV, Figura 1.

GENERO: *Ticinella* (Reichel, 1949)

ESPECIE: *roberti* (Gandolfi, 1942)

Cuerpo de apertura umbilical-extraumbilical adicional. De ocho a nueve cámaras en la espiral final; cámaras aumentan lentamente de tamaño. Trocospiral baja, que resulta en una forma asimétrica de ensayo en opinión del borde. Aberturas complementarias en el lado umbilical dentro del área umbilical. Testa de la pared rugosa. Rango Estratigráfico: Albiano – Turoniano. LAMINA IV, Figura 2.

GÉNERO: *Rotalipora* (Brotzen, 1942)

Testa de un nivel muy bajo, trocospiral medio-alto. Las cámaras en el aumento de tamaño en la espiral final, con un tipo de interés variable. Suturas deprimidas para planteadas. Cuerpo de apertura interiomarginal, umbilical-extraumbilical, está rodeada por un borde estrecho imperforado. Aberturas secundarias adicionales que se presentan a un lado del cordón umbilical, que varían en la posición de la sutura umbilical. Una quilla más o menos desarrollada en la periferia, pero en los taxones más avanzado es el desarrollo en toda la espiral final. Testa de la pared calcárea, radial perforada. Superficie de la Cámara tiene pústulas dispersas, sobre todo el desarrollo en la cámara anterior de la espiral final. Rango Estratigráfico: Albiano – Campaniano. LAMINA IV, Figura 3.

Periferia de la testa con una gruesa y sobresaliente quilla. Presenta una concentración de gránulos en el lado umbilical de cada cámara formando una “Y”. La especie se diferencia de su antecesor *R. monisaivensis* en tener una quilla más sobresaliente, plantearon puntos de sutura en la cara de espiral y típico en el lado umbilical. Rango Estratigráfico: Cenomaniano Superior – Turoniano Inferior. LAMINA IV, Figura 3.

FAMILIA GLOBOTRUNCANIDAE (Brotzen, 1942)

GENERO: *Archaeoglobigerina* (Pessagno, 1967)

ESPECIE: *bosquensis* (Pessagno, 1967)

Cuerpo de apertura en la posición umbilical. De cinco a seis cámaras en el espiral final. Ombligo aproximadamente $1/3 D_{\text{máx}}$, sistema umbilical compuesto de portici. Trocospiral moderadamente alta. Periferia ampliamente redondeada carente de cualquier tipo de estructuras periféricas. Rango Estratigráfico: Turoniano – Santoniano. LAMINA IV, Figura 6.

ESPECIE: *blowi* (Pessagno, 1967)

Sólo 4 cámaras en la espiral. La periferia es redondeada, marcada por una banda imperforada que se produce principalmente en la primera o en las dos primeras cámaras del último espiral.

Rango Estratigráfico: Turoniano – Maastrichtiano. LAMINA IV, figura 2, La Mula.

ESPECIE: *cretácea* (D'Orbigny, 1840)

Ombligo $1/4$ a $1/3 D_{\text{máx}}$, sistema umbilical compuesto de portici. Trocospiral baja y plana. Periferia redondeada con un enlace imperforado, variedad bordeado por dos

quillas débiles, las estructuras periféricas pueden estar ausentes, en las últimas forman una o dos cámaras. Rango Estratigráfico: Turoniano – Maastrichtiano. LAMINA IV, Figura 5.

GENERO: *Globotruncana* (Cushman, 1927)

ESPECIE: *calcarata* (Cushman, 1927)

Principales umbilicales en posición de apertura. Cinco a ocho cámaras trapezoidales en la espiral final, las cámaras desarrollan espinas en la esquina posterior. Ombligo $1/3$ a $1/2$ $D_{máx}$, el sistema consiste en el ombligo de portici. Una quilla periférica. Rango Estratigráfico: Campaniano-Maastrichtiano. LAMINA IV, Figura 8.

ESPECIE: *stuarti* (de Lapparent, 1918)

Cuerpo de apertura umbilical. Siete hasta nueve cámaras en la espiral final; cámaras aumentan lentamente de tamaño. Ombligo $1/3$ a $1/2$ D_{max} , sistema umbilical compuesto de portici. Trocospiral moderadamente alto, a menudo simétricamente biconvexo en opinión del borde. Una quilla periférica a lo largo de espiral final. Rango Estratigráfico: Turoniano – Maastrichtiano- LAMINA V, Figura 1.

GÉNERO: *Globotruncanella* (Reiss, 1957)

ESPECIE: *petaloidea* (Gandolfi, 1955)

Cuerpo de aberturas adicionales umbilical-extraumbilical. Cuatro cámaras en la espiral final; cámaras aumentan rápidamente de tamaño. Ombligo aproximadamente $1/4$ $D_{máx}$; sistema umbilical compuesto de pórtici. Periferia ovalada, de vez en cuando una banda

imperforada puede estar presente. Trocospiral alta. Rango Estratigráfico: Turoniano – Maastrichtiano- LAMINA V, Figura 3.

GENERO: *Helvetoglobotruncana* (Loeblich&Tappan, 1980)

ESPECIE: *helvética* (Loeblich&Tappan, 1980)

Cuerpo de apertura umbilical-extraumbilical. De cuatro a siete cámaras en la espiral final; aumento moderado del tamaño de las cámaras. Ombligo aproximadamente $1/3 D_{máx}$, sistema umbilical compuesto de portici. Trocospiral baja, plana que resulta en una prueba de plano-convexo. Una quilla periférica a lo largo de la espiral final. Rango Estratigráfico: Turoniano. LAMINA V, Figura 2.

FAMILIA MARGINOTRUNCANIDAE (Pessagno, 1967)

GENERO: *Marginotruncana* (Hofker, 1956)

ESPECIE: *renzi* (Pessagno, 1967)

Cuerpo de apertura umbilical-extraumbilical. De cinco a seis cámaras en la espiral final; las cámaras aumentan lentamente de tamaño. Ombligo aproximadamente $1/3 D_{máx}$, sistema umbilical consiste en portici. Dos quillas de cerca las cámaras antes de la espiral final, el último de una o dos cámaras de ser. Rango Estratigráfico: Turoniano – Santoniano. LAMINA V, Figura 5.

GÉNERO: *Dicarinella* (Porthault, 1970)

ESPECIE: *carinata* (Dalbiez)

Dos quillas muy juntas dan un perfil típico con una prolongación de la segunda quilla alrededor del ombligo. Rango Estratigráfico: Turoniano -Maastrichtiano. LAMINA V, Figura 7.

ESPECIE: *indica* (Jacob & Sastry, 1950)

Concha grande planoconvexa a ligeramente convexa. Lado umbilical marcadamente inflado. Periferia provista de dos quillas muy finas separadas por una banda carinal muy angosta. Rango Estratigráfico: Turoniano- Maastrichtiano. LAMINA V, Figura 8.

GÉNERO: *Whiteinella* (Pessagno, 1967)

ESPECIE: *archaeocretacea* (Pessagno, 1967)

Abertura principal extraumbilical-umbilical bordeada por un labio. Cuatro hasta cinco cámaras globulares o ligeramente comprimidas en la espiral final, aumentan las cámaras rápidamente de tamaño. Apertura de relictos en el área umbilical. Ombligo ancho. Trocospiral baja. Rango Estratigráfico: Turoniano – Coniaciano temprano. LAMINA VI, Figura 2.

FAMILIA CIBICIDIDAE (Cushman, 1927)

SUBFAMILIA PLANULININAE (Bermúdez, 1952)

GENERO: *Planulina* (D'Orbigny, 1826)

ESPECIE: *austiniana* (Cushman, 1940)

Testa muy comprimida, parcialmente evoluta en ambos lados, la cual está muy ligeramente embonada. El lado ventral ligeramente umbilicado. Periferia sub-aguda, lobulada. Cámaras bien definidas, algo infladas de forma uniforme incrementando de

tamaño gradualmente conforme se van añadiendo, de ocho a diez cámaras en vuelta adulta. Suturas bien definidas, solo ligeramente curvadas en el lado dorsal, centralmente algo radiales y ligeramente deprimidas. Pared lisa, fina pero conspicuamente perforada. Abertura un poco abierta en la base de la última cámara formada de la periferia y extendida sobre y a lo largo del lado dorsal.

Rango Estratigráfico: Turoniano-Santoniano

LAMINA II, Figura 6, Los temporales.

FAMILIA SCHAKOINIDAE (Pokorny, 1958)

GENERO: *Schackoina* (Thalmann, 1932)

ESPECIE: *cenomana* (Schacko, 1897)

Testa de tamaño pequeño. Trocospiral baja, casi planispiral; testa comprimida. Tres hasta cinco cámaras en la espiral final, cámaras aumentan rápidamente de tamaño. Las cámaras tienen espinas en forma de tubo, se encuentran en las estructuras en la parte final de la testa, puede ser las espinas en forma de tubo, simple o doble, en ocasiones múltiples. Rango Estratigráfico: Albiano tardío – Maastrichtiano. LAMINA VI, Figura 3.

INCERTA SAEDIS.

SUBPHYLUM CILIOPHORA

CLASE RIZOPODA

ORDEN RADIOLARIA

CLASE CILIATA

FAMILIA CALCISPHAERULIDAE (Bonet, 1956) (Incertasaedis)

GENERO: *Pithonella* (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. Rango estratigráfico: Albiano – Santoniano. LÁMINA V, Figura 4.

GÉNERO: *Stomiosphaera* (Wanner, 1941)

Organismos presumiblemente unicelulares y planctónicos. Se conserva una concha monotalámica, isodiametral. Pared calcítica gruesa bien definida. Con una abertura circular (abertura bucal). Rango Estratigráfico: Albiano – Turoniano. LÁMINA V, Figura 5.

9.6. Petrografía y Microfacies

Un total de 57 láminas delgadas fueron preparadas y analizadas para su análisis bajo el microscopio petrográfico de las capas de la Formación Eagle Ford, que afloran en las canteras de “Los Temporales” y La Mula en la cercanía de Muzquiz, Coahuila., de las cuales 35 láminas corresponden a la cantera de los Temporales y 22 en la cantera La Mula, El análisis textural fue realizado basado en la clasificación de Dunham (1962), esto bajo el argumento de la mayoría de los aloquímicos descritos en el presente trabajo, presentando dimensiones menores a los 2 mm y la mayoría de los rasgos texturales están asociados a la sedimentación y no a los rasgos diagenéticos. Posteriormente, se utilizó el sistema de Flügel (1972, 2004) para el análisis de microfacies y posteriormente se empleó el criterio de Wilson (1975) para determinación de la zona de facies y con esto establecer el ambiente sedimentario de la Formación Eagle Ford, y determinar las condiciones oceanográficas que existieron en la columna de agua durante el depósito de la misma.

De las 57 láminas estudiadas, los principales elementos descritos consisten en los componentes esenciales de las rocas calcáreas: Matriz, Cemento y Granos.

Descripción petrográfica y Microfacies de la Cantera Los Temporales.

Material: Capa 1: FCBMT_1, FCBMT_2 FCBMT_3, Capa 2: FCBMT_4, FCBMT_5, Capa 3: FCBMT_6, FCBMT_7, FCBMT_8, FCBMT_9, Capa 4: FCBMT_10, Capa 5: FCBMT_11, FCBMT_12, FCBMT_13, FCBMT_14, Capa 6: FCBMT_15, FCBMT_16, Capa 7: FCBMT_17, Capa 8: FCBMT_18, FCBMT_19, FCBMT_20, Capa 9: FCBMT_21, FCBMT_22, FCBMT_23, Capa 10: FCBMT_24, FCBMT_25,

FCBMT_26, FCBMT_27, FCBMT_28 FCBMT_29, Capa 11: FCBMT_30, Capa 12: FCBMT_31, FCBMT_32, FCBMT_33, Capa 13: FCBMT_34, FCBMT_35, Capa 14: FCBMT_36, FCBMT_37, FCBMT_38.

Componentes:

Matriz: En la totalidad de las láminas delgadas, la matriz está presente y consiste en una mezcla de partículas formadas por lodo calcáreo menor a las 4 μm y partículas arcillosas de origen clástico. En algunos casos, la micrita presenta laminación paralela a subparalela al plano de estratificación, posiblemente la primera condición es consecuencia de la decantación de material arcilloso y micrita en ambientes de baja energía, y la segunda condición por la cohesión de partículas arcillosas en el fondo marino. En todas las secciones delgadas, la matriz presentó láminas o puntos de color rojizo atribuibles a óxidos de hierro.

Cemento: El cemento o esparita es un componente intersticial de naturaleza traslúcida compuesta por granos de calcita mayores a 10 μm que fue precipitada “in situ”. En las muestras revisadas bajo el microscopio, la esparita se encuentra confinada a los espacios dentro de los microfósiles, tales como los huecos dejados en los exoesqueletos de foraminíferos planctónicos y calcisferas (Figura 13), aunque ocasionalmente se encuentra mezclada con la micrita probablemente como consecuencia de procesos de lavado en ambientes de mayor energía.

Granos: Corresponden a los aloquímicos, en las muestras de la Cantera de Los Temporales su porcentaje es mayor al 10%.

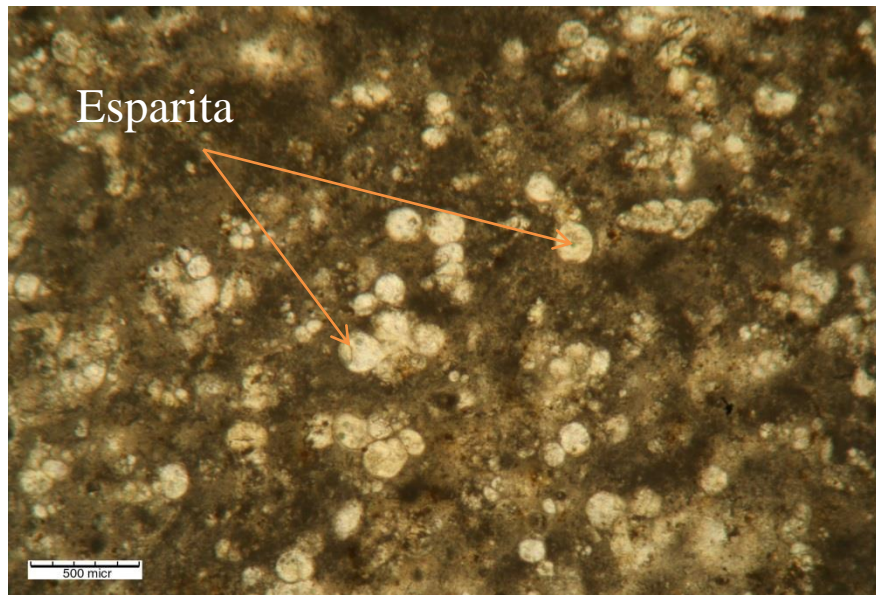


Figura 13: Fotomicrografías de las muestras mostrando la esparita relleno las cámaras de los foraminíferos.

Aloquímicos: En todos los casos, la matriz porta aloquímicos constituidos principalmente de bioclastos de origen planctónico, aunque ocasionalmente algunas formas bentónicas están presentes. Las formas reportadas en las capas de la Formación Eagle Ford en la cantera Los Temporales están representados por filamentos no determinados, radiolarios, foraminíferos planctónicos y bentónicos, espículas de esponjas, calcisferas, fragmentos de bivalvos y placas de equinodermos.

En el caso particular de los filamentos no determinados, estos consisten en estructuras alargadas con longitudes de $250\mu\text{m}$ y con espesores de apenas $30\mu\text{m}$. Dichos filamentos se encuentran constituidos por carbonato de calcio. Su estructura interna presentan similitudes con el sistema de lamelas reportados en bivalvos (SCHOLLE 2003) lo que sugiere su origen metazoario más que bacteriano. Los filamentos generalmente se

encuentran paralelos al plano de estratificación aunque ocasionalmente se disponen de manera oblicua. (Figura 14a).

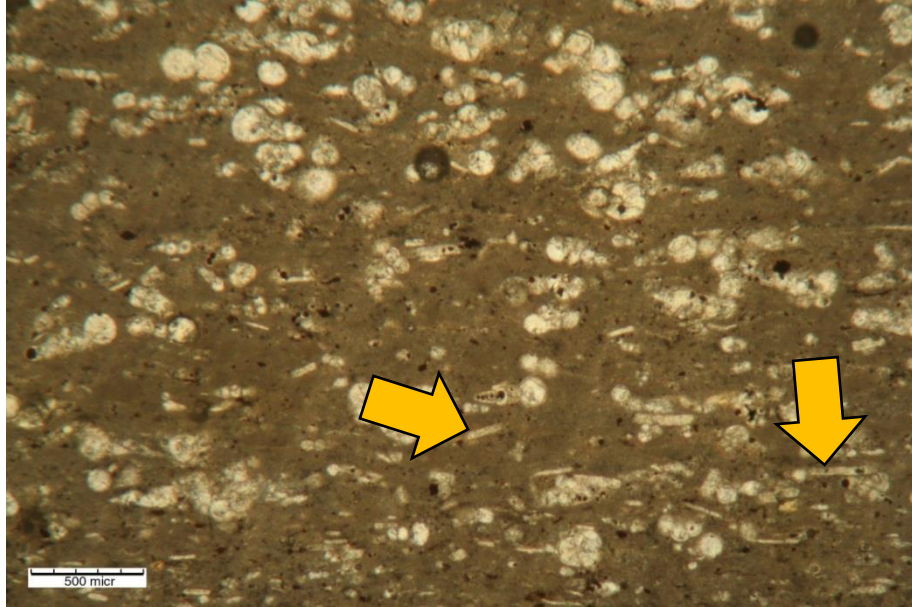


Figura 14: Fotomicrografías de las rocas de la capa 1 mostrando los filamentos de carbonato de calcio interpretados como fragmentos de conchas de moluscos.

En cuanto a los moluscos, estos consisten en finalmente en fragmentos de conchas, identificadas por la estructura lamelar de las conchas. La descripción de los foraminíferos planctónicos, bentónicos, radiolarios, calcisferas, espículas de esponjas y placas de equinodermos, es proporcionada en el capítulo de Paleontología Sistemática.

En cuanto a las características texturales, en la mayoría de las láminas se reporta la predominancia de una textura wackestone (Figura 14a), con ligeras variaciones en el porcentaje de aloquímicos presentes; mientras que una textura wackestone/packestone se reportan en aquellas láminas en las que se encuentra micrita pobremente lavada (figura 14).

A continuación se proporciona las características texturales y el contenido micropaleontológicos de las capas de la sección estratigráfica de la Formación Eagle Ford en la cantera Los Temporales. Tabla 4

Clasificación de Dunham, 1962

Textura deposicional reconocible				Textura deposicional no reconocible	
Componentes originales no unidos durante la sedimentación			Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción		
Con barro micrítico		Esqueleto clasto-soportado sin barro micrítico			
Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado				
< 10 % granos	> 10 % granos				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Cristalina

Dunham, 1962
Modificado de Moore, 2001

© Atlas de Petrología Sedimentaria

Tabla 4: Clasificación de Rocas carbonatadas de Dunham, 1962, modificada por Moore, 2001.

9.6.1. Petrografía y Microfacies de la Cantera “Los Temporales”

Capa 1.

Muestra FCBMT_01, FCBMT_02, FCBMT_03

Descripción: Capa con un espesor de 48 cm, su descripción superficial es laminar en posición horizontal, de color amarillo claro en su muestra fresca, mientras que presenta

una coloración gris en muestras intemperizadas, litológicamente consiste en rocas margo-arcillosas.

La composición mineral es básicamente a base de cristales de cuarzo, sobre todo en la parte alterada de la roca, el tipo de textura es de grano fino (margo-arcilloso), los granos observados de la roca son de forma circular. De acuerdo a la clasificación de Munsell las rocas de esta capa presentan un color naranja muy pálido (clave 10YR 8/2) en muestras intemperizadas y en frescas se determinó un color gris naranja (clave 10YR 7/4).

Textura: Wackestone, su textura es de grano fino margo-arcilloso, presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos, pirita oxidada, vetas de calcita y presencia de fluorita. Las tres muestras presentan una homogeneidad en cuanto a sus características litológicas y microfaunísticas. (Figura 15)

Laminación: paralela a subparalela. Presencia de bandas y puntos de óxido de hierro.

Aloquímicos: La Microfauna observada en estas muestras consiste de: *Heterohelix sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Helvetoglobotruncana helvética*, *Marginotruncana renzi*, *Hedbergella simplex*, *Globotruncana sp.*, *Hedbergella amabilis*, *Spiroplectamina sp.*, *Textularia sp.* Se encuentran radiolarios no determinados, claciesferas etc.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.



Figura 15: Fotomicrografías de las rocas de la capa 1, mostrando la relación de Aloquímicos y granos.

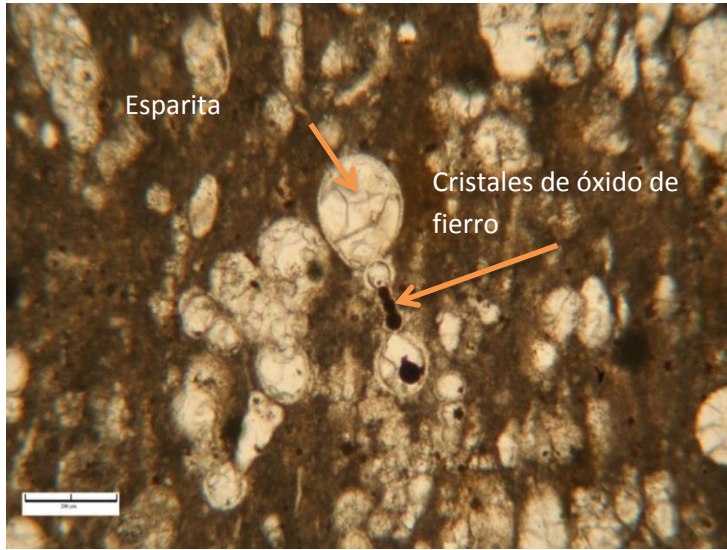


Figura 16: Fotomicrografía de las láminas de la capa 1, mostrando la esparita y los cristales de óxido de hierro ocupando el interior de las cámaras de *Globigerinelloides* sp.

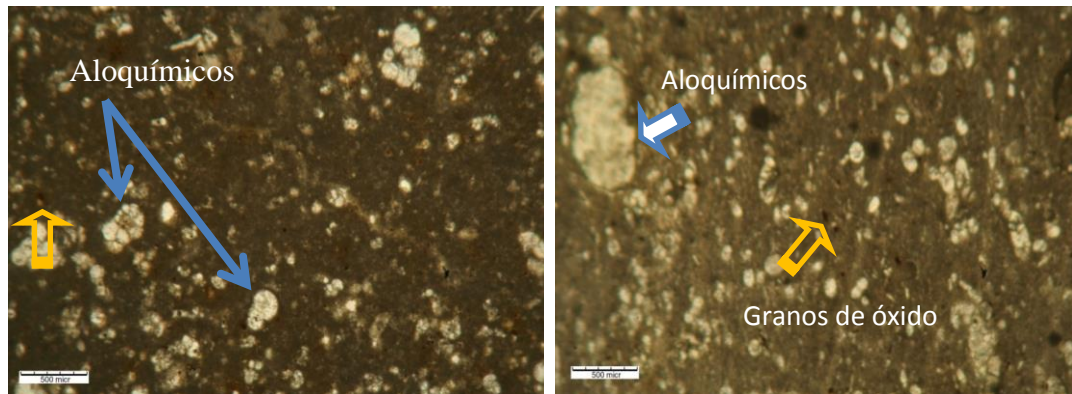


Figura 17: Fotomicrografías de las rocas de la capa 1 mostrando la textura (granos de óxido de hierro, flecha amarilla) y los aloquímicos (flecha azul).

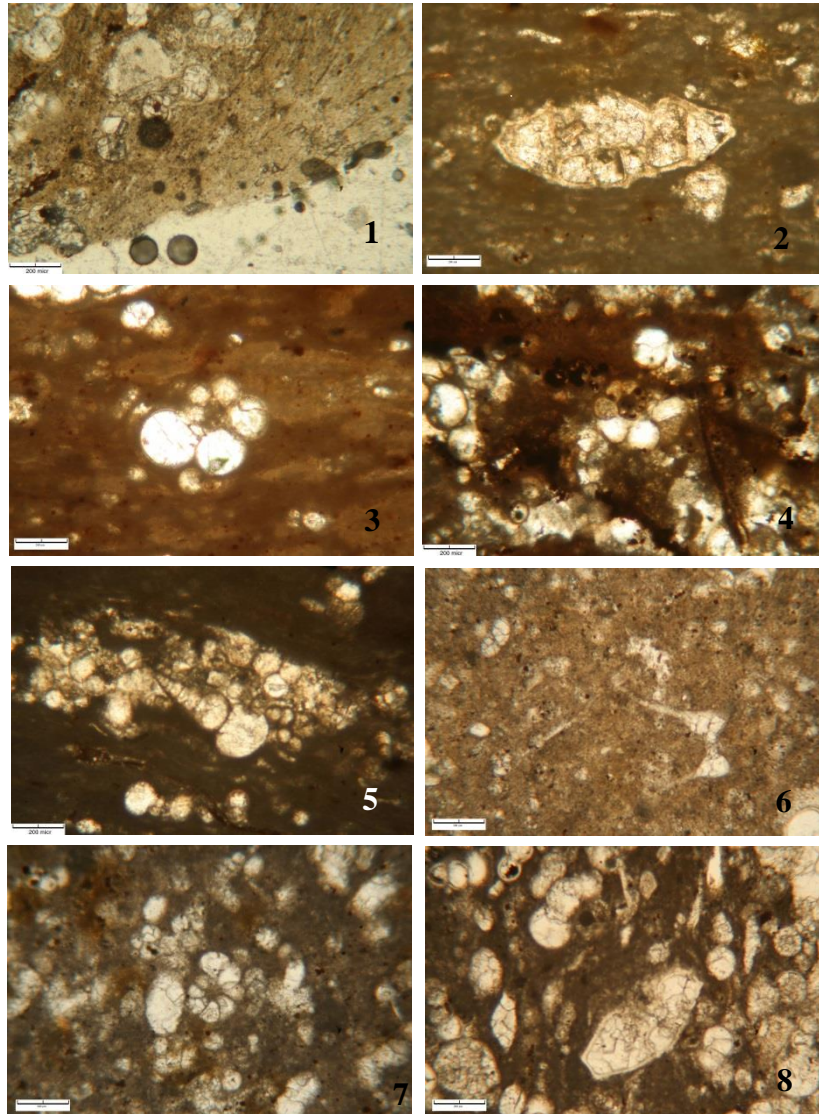


Figura 18: Fotomicrografías de las especies encontradas en las láminas de las rocas de la capa 1 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. 1) *Helvetoglobotruncana sp.* 2) *Marginotruncana sp.*, 3 y 4) *Hedbergella sp.*, 5) *Heterohelix sp.*, 6) *Schackoina sp.*, 7) *Robulus sp.*, 8) *Dicarinella sp.*

Capa 2.

Muestras: Se obtuvieron 2 muestras con las claves FCBMT_04 y FCBMT_05

Descripción: Capa con 23 cm de espesor, su acabado superficial es laminar en posición horizontal, con un color amarillo en su muestra fresca, mientras que presenta una

coloración blanquecina al intemperismo con cristales, el tipo de roca son margas internas como lutita y delimitada en techo y base por una capa de 1 mm de óxido de hierro.

Su composición mineral son cristales de cuarzo en la parte alterada de la roca, el tipo de textura es de grano fino (margo-arcilloso), la forma del grano es tipo circular.

Según la clasificación de Munsell tiene un color very pale orange 10YR 8/2 en seco, y en húmedo grayish orange 10YR 7/4.

En las muestras para esta capa se puede observar una homogeneidad que comprende vetas de calcita, pirita oxidada y fragmentos de conchas de moluscos.

Textura: Wackestone, textura de grano fino arcilloso con la presencia de espículas de equinodermos, pirita oxidada. Very Pale 10YR8/2 en muestra intemperizada, Greyish orange 10YR7/4 en muestra fresca de acuerdo a la clasificación de Munsell.

Laminación: ausente

Aloquímicos: La microfauna observada en las muestras FCBMT_04, FCBMT_05 respectivamente consiste en *Heterohelix sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Globotruncana sp.*, *Hedbergella sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Thalmaninnella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Clavihedbergella sp.*, *Robulus sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Dicarinella sp.*, *Thalmaninnella sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Dicarinella sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

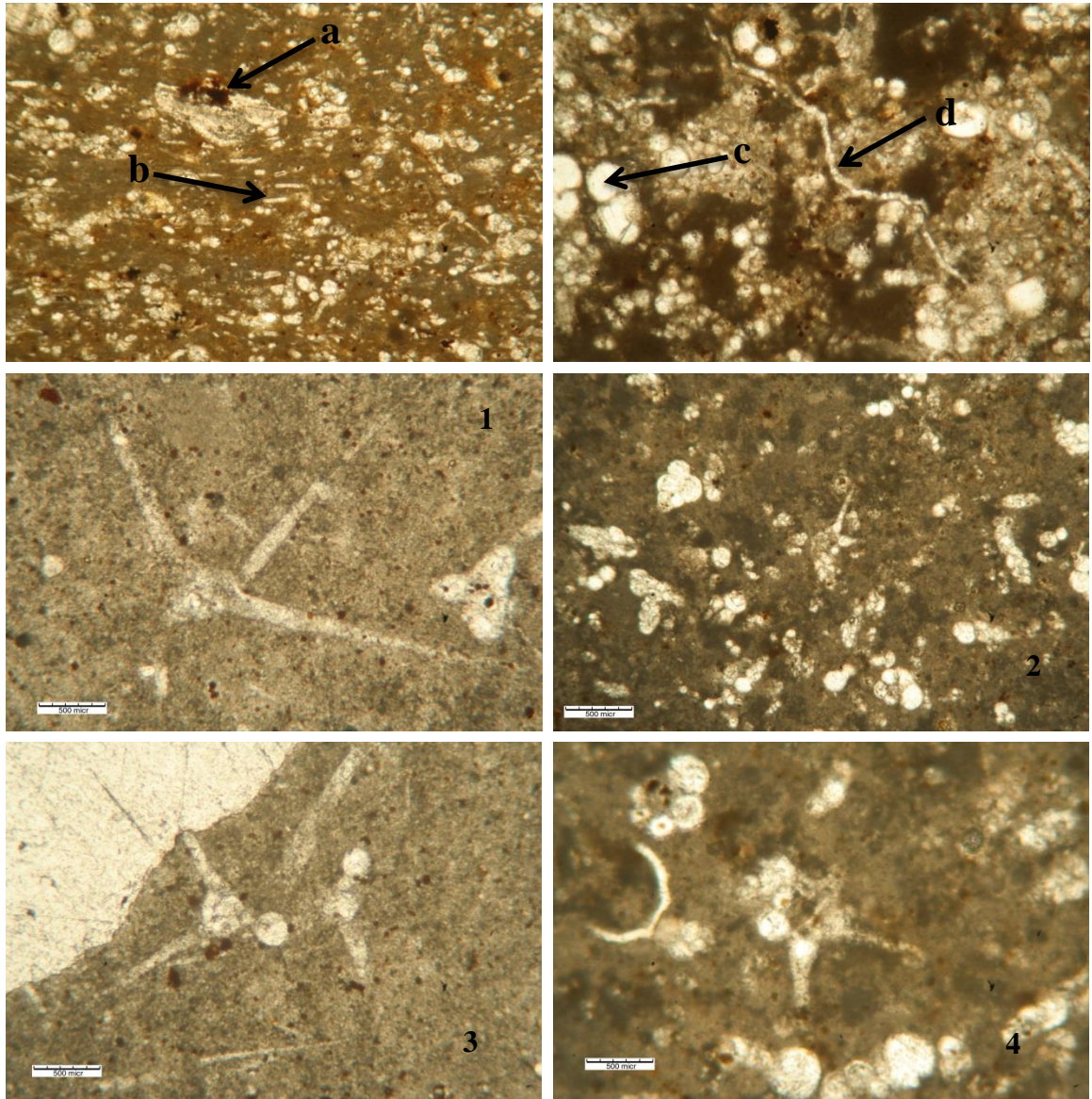


Figura 19: Fotomicrografías de la capa 2, las flechas indican: a) granos de óxido de hierro, b) fragmentos lamelares de bivalvos, c) calcita espática rellenando los caparazones de los foraminíferos, d) vetas de calcita. Imágenes 1y 3: *Schackoina sp.*, 2,4: *Schackoina cenomana*, corresponden a las biotas reportadas como los aloquímicos encontradas en las láminas de las rocas de la capa 2 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila.

Capa 3.

Muestras: claves. FCBMT_06, FCBMT_07, FCBMT_08, FCBMT_09.

Descripción: capa de 27 cm de espesor, estratificación laminar en posición horizontal, con un color amarillo claro en su muestra fresca, mientras que en muestras intemperizadas es de color grisáceo cristalina, consistente en rocas de grano fino margo-arcilloso, con presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos, pirita oxidada, vetas de calcita. Su composición mineral son cristales de cuarzo en la parte alterada de la roca, el tipo de textura es de grano fino (margo-arcilloso), la forma del grano es tipo circular.

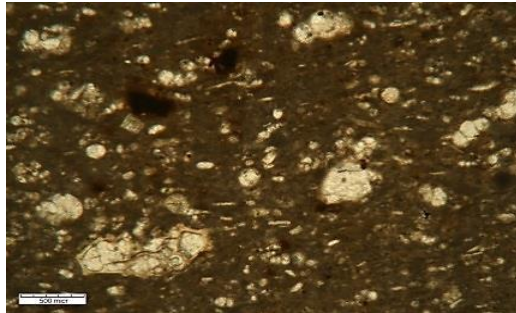
Según la clasificación de Munsell tiene un color naranja muy pálido (clave 10YR 8/2) en muestras intemperizadas y gris anaranjado en frescas (clave 10YR 7/4).

Textura: wackestone de textura fina presenta un porcentaje de aloquímicos menores a 2 mm es de aproximadamente X %. De las muestras 6, 7, 8 y 9 hay una homogeneidad que comprende dicha capa, presenta vetas de calcita, pirita oxidada y fragmentos de conchas de moluscos, cristales de cuarzo. Laminación presente en espesores milimétricos.

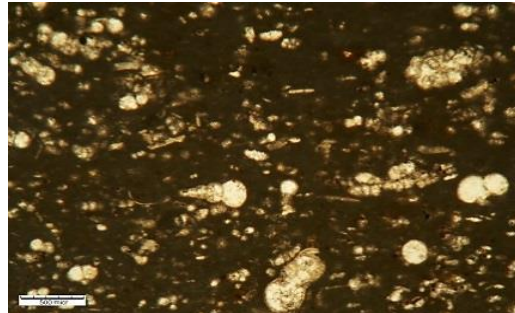
Aloquímicos: la microbiota registrada en las muestras de esta capa consisten de para la **muestra 6**, *Heterohelix sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Hedbergella sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Archaeoglobigerina sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Globotruncana sp.*, *Clavihedbergella sp.*, *Dicarinella sp.*, **muestra 7**, *Marginotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Hedbergella sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Globotruncana sp.*, *Clavihedbergella sp.*, *Textularia sp.*, **muestra 8**, *Heterohelix sp.*, *Schackoina sp.*, *Globotruncana sp.*, *Dicarinella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Whiteinella sp.*, *Globotruncanella sp.*, *Robulus sp.*, *Archaeoglobigerina sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Rotalipora sp.*, *Planulina sp.*, y para la **muestra 9**, *Heterohelix sp.*, *Globotruncana sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Rotalipora sp.*, *Globigerinelloides.*, *Heterohelix sp.*,

Marginotruncana sp., *Hedbergella sp.*, *Dicarinella sp.*, *Marginotruncana sp.*,
Archaeoglobigerina sp., *Dicarinella sp.*, *Archaeoglobigerina sp.*, *Globotruncanella sp.*

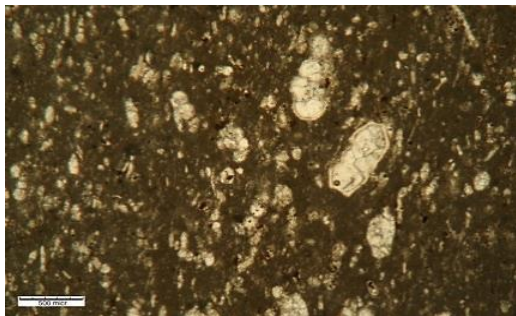
Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.



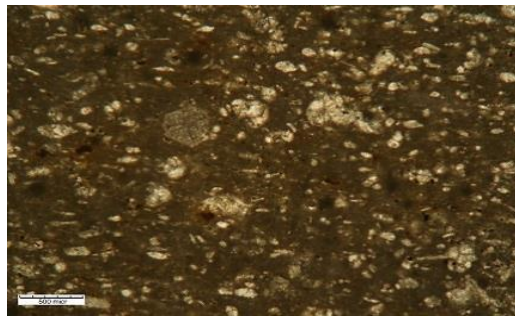
Muestra FCBMT_06



Muestra FCBMT_07,



Muestra FCBMT_08



Muestra FCBMT_09

Figura 20: Fotomicrografías de las rocas de la capa 3, mostrando la relación de Aloquímicos y granos.

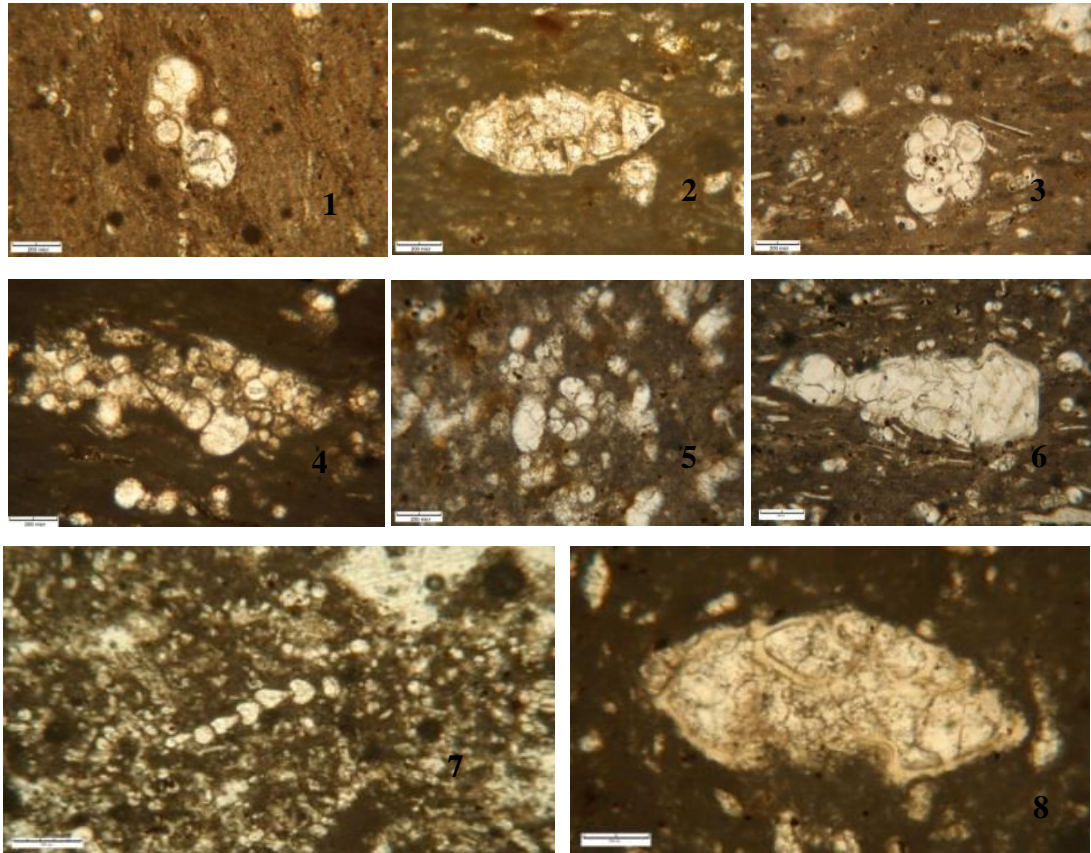


Figura 21: Fotomicrografías de micropaleobiotas encontradas en las láminas de las rocas de la capa 3 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. 1) *Helvetoglobotruncana sp.*, 2) *Marginotruncana sp.*, 3) *Hedbergella sp.*, 4) *Heterohelix sp.*, 5) *Robulus sp.*, 6) *Dicarionella sp.*, 7) *Ammobaculites sp.*, y 8) *Globotruncana sp.*

Capa 4.

Muestra: clave FCBMT_10.

Descripción: Capa de 6 cm de espesor, su acabado superficial es laminar en posición horizontal, con un color anaranjado claro en su muestra sana, mientras que presentaba una coloración anaranjado más fuerte a él intemperie, el tipo de roca son marga y delimita en techo y base por una capa de diferente tamaño (base) o sin techo de arcilla. De acuerdo a la clasificación de Munsell las rocas de esta capa presentan un color

naranja muy pálido (clave 10YR 8/2) en muestras intemperizadas y en frescas se determinó un color gris naranja (clave 10YR 7/4).

Textura: Wackestone, de grano fino margo-arcilloso de granos circulares, con presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos, pirita oxidada, vetas de calcita

Laminación: presente

Aloquímicos: La muestra 10 es la que comprende dicha capa, consiste de fragmentos de conchas de moluscos, y como aloquímicos (granos) a las especies de microfósiles:

Heterohelix sp., *Globigerinelloides sp.*, *Globotruncana sp.*, *Hedbergella sp.*,
Marginotruncana sp., *Thalmaninnella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

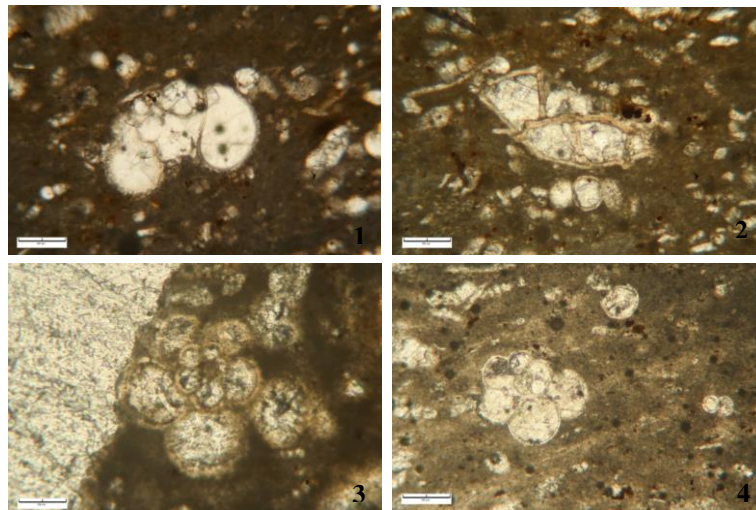


Figura 22: Fotomicrografías de la microbiota reportada en las láminas de las rocas de la capa 4 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. 1): *Thalmaninnella sp.*, 2) *Ticinella sp.*, 3) *Archaeoglobigerina sp.*, 4) *Archaeoglobigerina sp.*

Capa 5.

Muestras: Clave de la muestra: FCBMT_11, FCBMT_12, FCBMT_13, FCBMT_14.

Descripción: Capa de un espesor de 46 cm, su acabado superficial es laminar en posición horizontal, con un color amarillo claro en su muestra fresca, mientras que presentaba una coloración gris al intemperismo, el tipo de roca son calizas-arcillosas, de acuerdo a la clasificación de Munsell es very pale orange 10 YR 8/2 en intemperizado, y en fresco dark yellowish orange 10YR 6/6.

Textura: Su composición mineral son cristales de cuarzo en la parte alterada de la roca, el tipo de textura es de grano fino (caliza-arcillosa), la forma del grano es tipo circular de grano medio caliza-arcillosa, con presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos, pirita oxidada, vetas de calcita.

Laminación: Presente, decimétrica y centimétrica.

De las muestras 11, 12, 13 y 14 hay una homogeneidad que comprende dicha capa, presenta vetas de calcita, pirita oxidada y fragmentos de conchas de moluscos.

Aloquímicos: los granos para esta capa están representados por la presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos. La microbiota esta representada por: *Heterohelix sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Clavhedbergella sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Robulus sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Globotruncana sp.*, *Dicarinella sp.*, *Thalmaninnella sp.*, *Spiroplectamina sp.* *Hedbergella sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

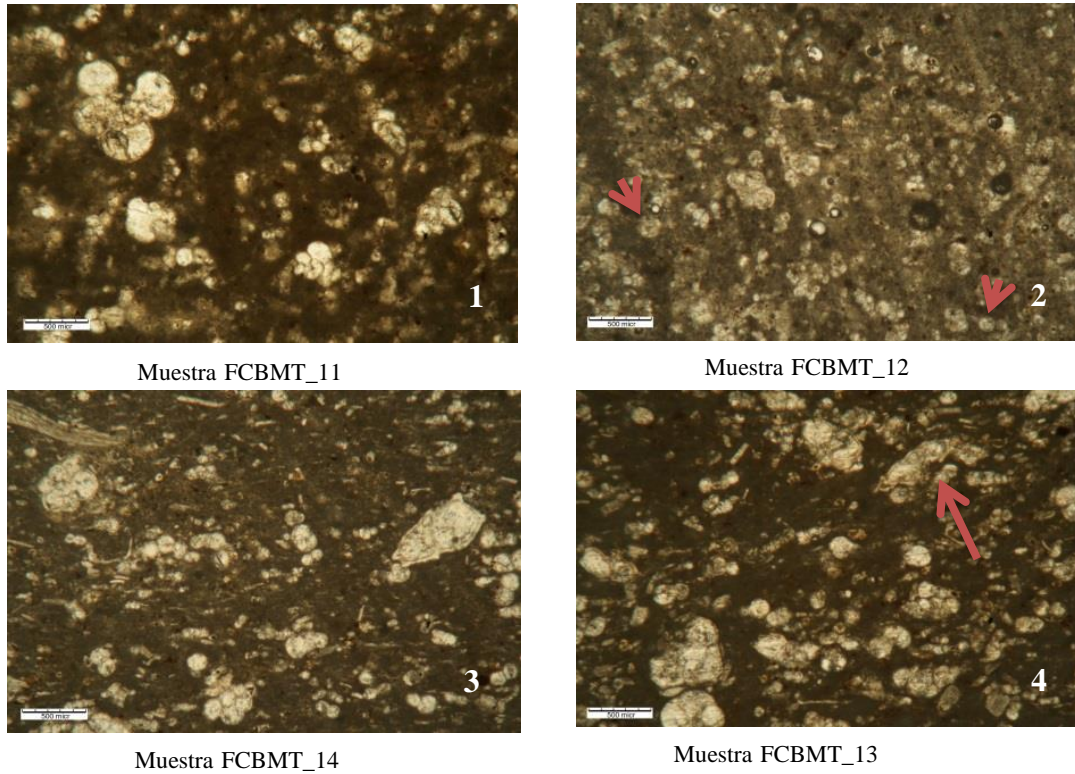


Figura 23: Fotomicrografías de la microbiota reportada en las láminas de las rocas de la capa 5 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. 1) *Marginotruncana sp.*, 2) calcisferas, 3) *Dicarinella carinata* y 4) *Globotruncana sp.*

Capa 6.

Muestra: FCBMT_15 FCBMT_16

Descripción: capa de 7 cm de espesor, de estratificación laminar en posición horizontal, con un color amarillo claro en su muestra fresca (10YR 7/4), mientras que presentaba una coloración anaranjado en muestras intemperizadas (10YR 8/2), el tipo de roca son margas-arcillosas; Su composición mineral son cristales de cuarzo en la parte alterada de la roca, el tipo de textura es de grano fino (margo-arcilloso), la forma del grano es tipo circular.

De las muestras 15 y 16 hay una homogeneidad que comprende dicha capa, presenta vetas de calcita, pirita oxidada y fragmentos de conchas de moluscos.

Textura: Wackestone, su textura es de grano fino margo-arcilloso, con presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos, pirita oxidada, vetas de calcita.

Laminación: Presente.

Aloquímicos: Los aloquímicos de estas muestras consisten en la presencia de *Heterohelix globulosa*, *Helvetoglobotruncana helvética*, *Hedbergella amabilis*, *Heterohelix moremani*, *Heterohelix striata*, *Spiroplectamina sp.*, *Archaeoglobigerina bosquensis*, *Globigerinelloides sp.*, *Globotruncana sp.*, *Hedbergella sp.*, *Clavihedbergella simplex*, *Archaeoglobigerina sp.*, *Dicarinella sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

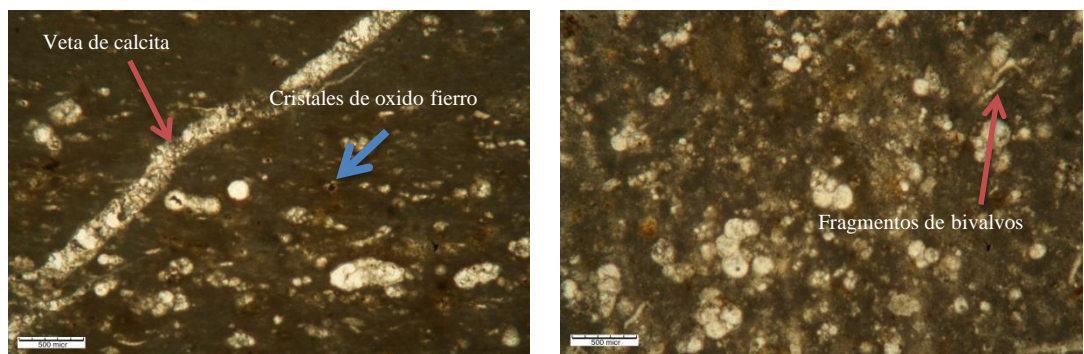


Figura 24: Fotomicrografía donde se observan los granos (aloquímicos), fragmentos de conchas de bivalvos y vetas de calcita.

Capa 7.

Muestra: FCBMT_17.

Descripción petrográfica: Espesor de 7 cm, estratificación laminar en posición horizontal, de color anaranjado claro en su muestra fresca, mientras que presenta coloración amarillo pálido a él intemperismo el tipo de roca son margas-arcillosas; Su composición mineral es óxido de hierro en la mayor parte de la roca, el tipo de textura es de grano fino (margo-arcilloso), la forma del grano es tipo circular.

Según la clasificación de Munsell tiene un color very pale orange 10YR 8/2 en seco, y en húmedo grayish orange 10YR 7/4.

Textura: Wackestone de textura fina, presenta vetas de calcita, óxido de hierro, cristales de cuarzo y fragmentos de conchas de moluscos, Laminación presente en espesores milimétricos.

Aloquímicos: Los aloquímicos de estas muestras consisten en la presencia de *Marginotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Hedbergella sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Globotruncana sp.*, *Clavihedbergella sp.*, *Globotruncana sp.*, *Textularia sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

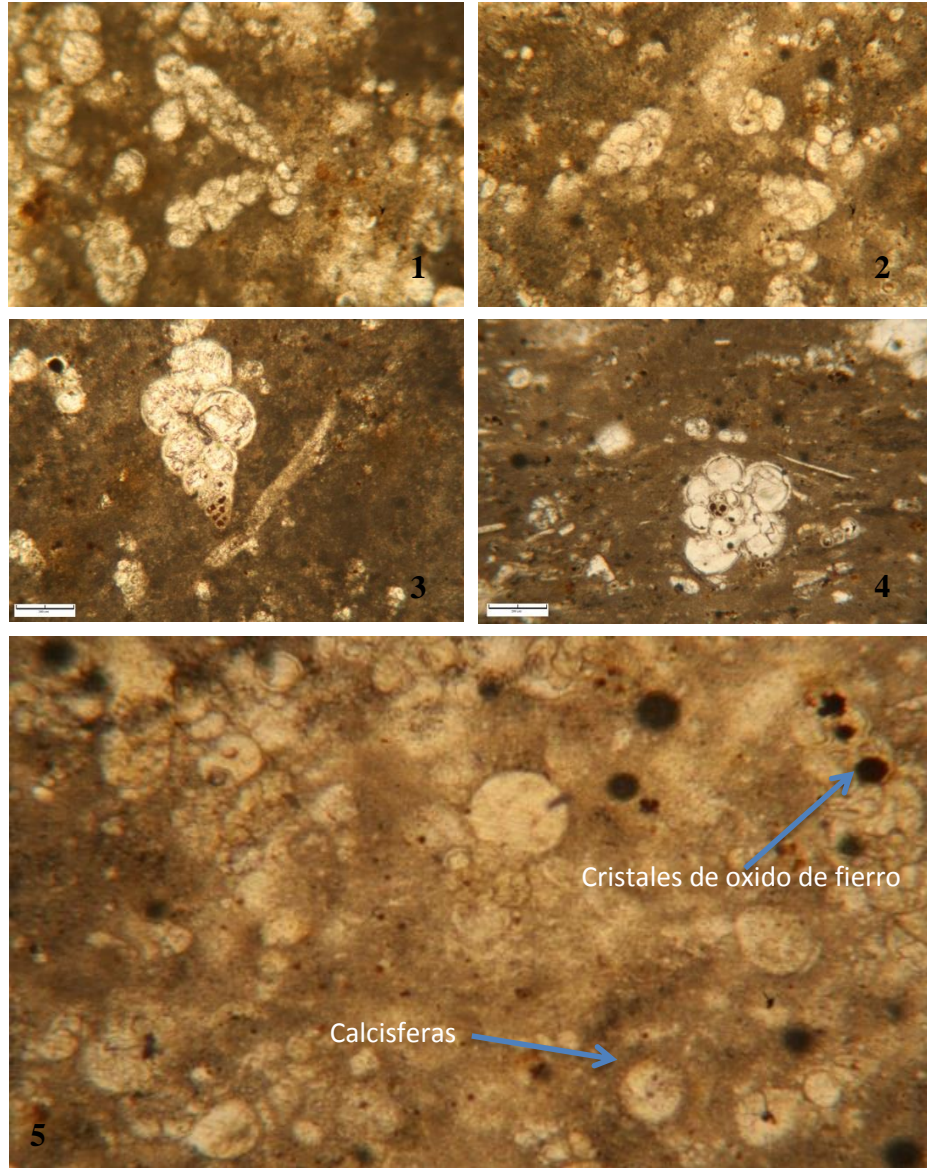


Figura 25: Fotomicrografías de microbiota reportada de la lámina FCBMT_17 para las rocas de la capa 7 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. 1) *Spiroplectamina sp.* 2, 3 y 4) *Heterohelix sp.*, *Hedbergella sp.*, y 5) *calcisferas*.

Capa 8.

Muestra: FCBMT_18 FCBMT_19 FCBMT_20

Descripción petrográfica: capa de 29 cm de espesor, estratificación laminar en posición horizontal, presenta color morado en su muestra fresca, mientras que en muestras intemperizadas son de color gris claro, roca calizas-arcillosas. Según la clasificación de Munsell tiene un color grayish orange pink 5YR 7/2 en seco, y en húmedo light brown 5YR 6/4.

Textura: Wackestone de grano fino (margo-arcilloso), la forma del grano es tipo circular.

Laminación: presente, decimétrica.

Aloquímicos: En las muestra 18, 19 y 20 no hay una homogeneidad, porque en la base de la capa presenta fluoritización, misma que no se presenta en medio y en techo de la capa presenta vetas de calcita, pirita oxidada, con la presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos y los foraminíferos: *Heterohelix sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Globotruncana sp.*, *Dicarinella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Whiteinella sp.*, *Globotruncanella sp.*, *Robulus sp.*, *Archeaoglobigerina sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Planulina sp.*.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

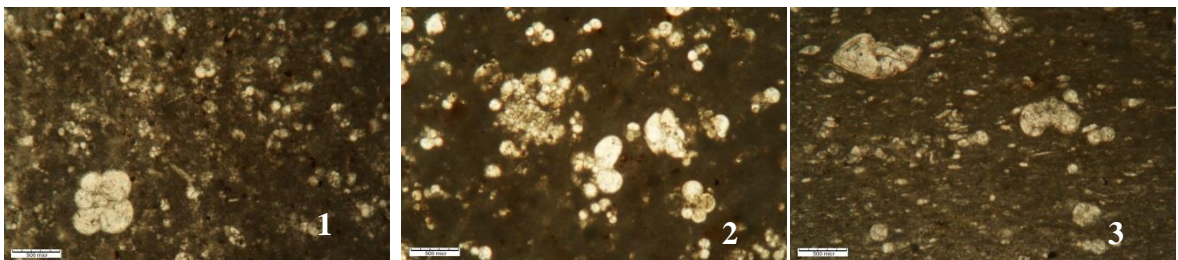


Figura 26: Fotomicrografías de microbiota reportada de la lámina FCBMT_18 FCBMT_19 FCBMT_20 para las rocas de la capa 8 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. 1) *Hedbergella sp.*, 2) *Clavihedbergella sp.*, 3) *Ticinella sp.*

Capa 9.

Muestras: FCBMT_21 FCBMT_22 FCBMT_23

Descripción: Capa de un espesor de 26 cm estratificación laminar en posición horizontal, decimétrica, de color amarillo claro en su muestra frescas, mientras que presenta una coloración amarilla blanca en muestras intemperizadas, el tipo de roca son calizas-arcillosas;

Textura: Wackestone de grano fino (caliza-arcillosa), la forma del grano es tipo circular. De las muestras 21, 22 y 23 no hay una homogeneidad porque en la parte media de la capa presenta fluoritización, misma que no se encuentra en la base ni en el techo de la capa, presenta vetas de calcita, nódulos de pirita oxidada

De acuerdo a la clasificación de Munsell tiene un color very pale orange 10YR 8/2 en muestras intemperizadas y en fresco grayish orange 10YR 7/4.

Laminación: presente en capas decimétricas.

Aloquímicos: Presenta fragmentos de conchas de moluscos, radiolarios, espículas de equinodermos y la microbiota consiste en *Heterohelix sp.*, *Globo truncana sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Globigerinelloides.*, *Hedbergella sp.*, *Dicarinella sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Archaeoglobigerina sp.*, *Globo truncanella sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

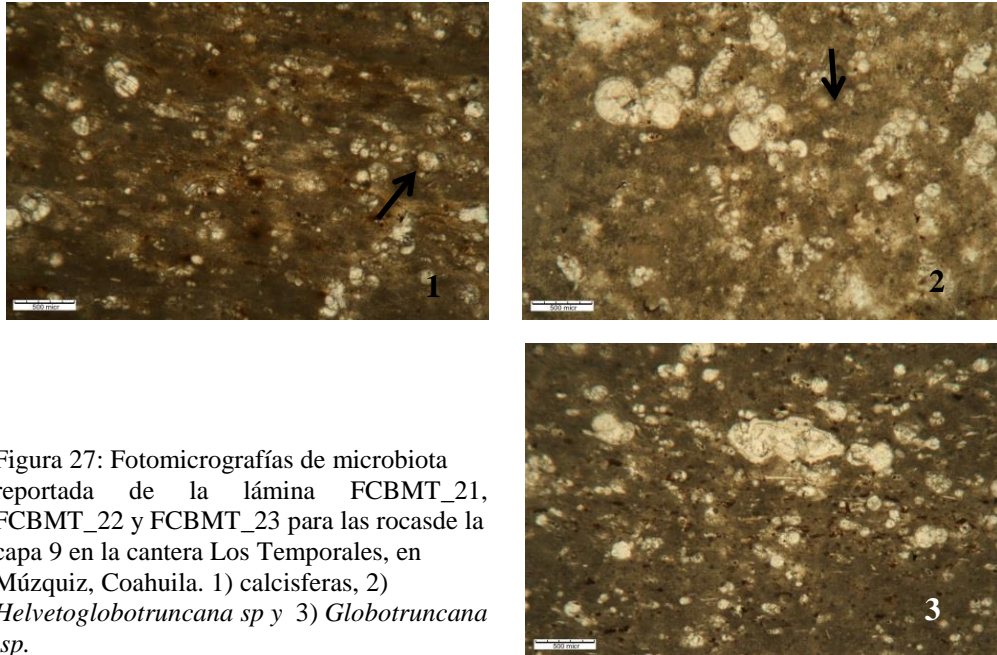


Figura 27: Fotomicrografías de microbiota reportada de la lámina FCBMT_21, FCBMT_22 y FCBMT_23 para las rocas de la capa 9 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. 1) calcisferas, 2) *Helvetoglobotruncana sp* y 3) *Globotruncana sp*.

Capa 10.

Muestra: FCBMT_24 FCBMT_25 FCBMT_26 FCBMT_27 FCBMT_28 FCBMT_29.

Descripción: Amplia capa con 62 cm de espesor, su acabado superficial es laminar en posición horizontal, con un color anaranjado claro en su muestra sana, mientras que presentaba una coloración gris anaranjado a él intemperie, el tipo de roca es una margo-arcillosa.

Textura: Wackestone: Su composición mineral son cristales de cuarzo en la parte alterada de la roca, el tipo de textura es de grano fino (margo-arcilloso), la forma del grano es tipo circular, con presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos, pirita oxidada. De las muestras 24, 25, 26, 27, 28 y 29 hay una homogeneidad que comprende dicha capa, presenta vetas de calcita, pirita oxidada y fragmentos de conchas de moluscos.

Aloquímicos: los granos y aloquímicos reportados para esta capa están representados por radiolarios, calcisferas, minerales de pirita oxidada, esparita ocupando los interiores de las conchas de los foraminíferos y además se reportan a *Hedbergella sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Heterohelix sp.*, *Globotruncana sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Clavihedbergella sp.*, *Whiteinella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Dicarinella sp.*, *Archaeoglobigerina sp.*, *Dicarinella sp.*, *Globotruncanella sp.*, *Marginotruncana sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

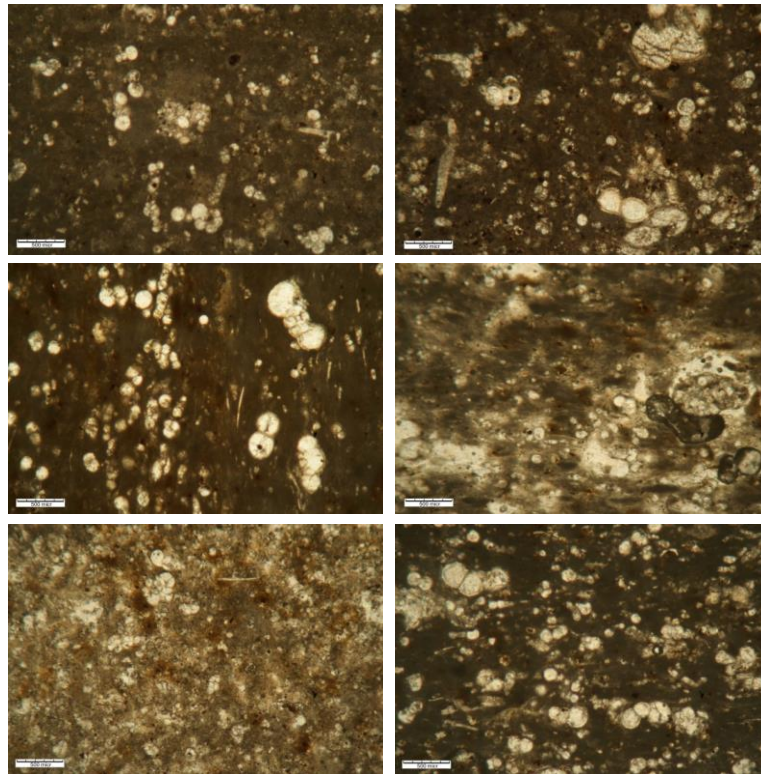


Figura 28: Fotomicrografías de microbiota reportada de la lámina FCBMT_24, FCBMT_25, FCBMT_26, FCBMT_27, FCBMT_28 y FCBMT_29, para las rocas de la capa 10 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila.

Capa 11.

Muestras. FCBMT_30

Descripción: Capa fina de 4 cm de espesor, su acabado superficial es laminar en posición horizontal, con un color blanco en su muestra fresca, al igual que en muestras intemperizadas, material arcilloso presenta 2 capas de margas 1) tipo chalk 2) material deleznable anguloso

Textura: Wackestone, de textura de grano fino (Chalk), la forma del grano es tipo circular. Según la clasificación de Munsell tiene un color naranja muy palido (10YR 8/2) en muestras intemperizadas, y en fresco gris anaranjado (10YR 7/4). La muestra 30 es la que describe a esta capa, presenta, pirita oxidada, pirita oxidada, vetas de calcita

Laminación: Ausente.

Aloquímicos: Presencia de radiolarios, calcisferulidos, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos. La microbiota esta presente en esta capa consiste en *Globigerinelloides sp.*, *Globotruncana sp.*, *Hedbergella sp.*, *Heterohelix sp.*, *Planulina sp.*, *Rotalipora sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

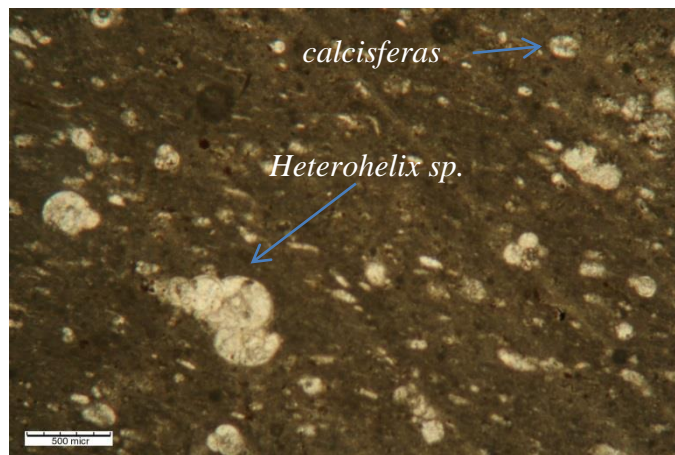


Figura 29: Fotomicrografía de microbiota reportada de la lámina FCBMT_30, para las rocas de la capa 11 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. Se observan Heterohelicidos y calcisferas.

Capa 12.

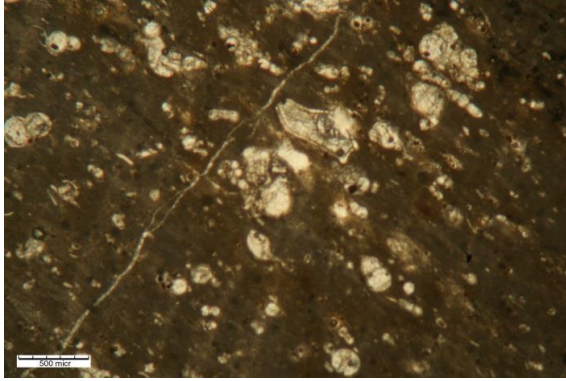
Muestra: FCBMT_31 FCBMT_32 FCBMT_33

Descripción: Capa de 60 cm de espesor, su estratificación es laminar en posición horizontal, de color gris-amarillo en su muestra fresca, mientras que presentaba una coloración gris-blanco a él intemperie, el tipo de roca es una marga-arcillosa (chalk) con presencia de pirita oxidada

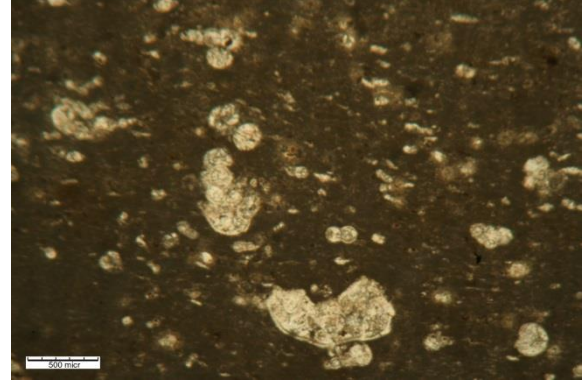
Textura: Wackestone de textura a base de minerales de cristales de cuarzo en la parte alterada de la roca, el tipo de textura es de grano fino (marga-arcilloso), la forma del grano es tipo circular. Según la clasificación de Munsell tiene un color anaranjado muy pálido (10YR 8/2) en muestras intemperizadas y en fresco café amarillento pálido (10YR 6/2). Capa sin laminación notoria o Ausente.

Aloquímicos: presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de conchas de moluscos pirita oxidada, vetas de calcita, cristales de cuarzo, en esta capa, se observó un estrato de chalk. Los aloquímicos como granos y microfósiles consisten en: *Globigerinelloides sp.*, *Hedbergella sp.*, *Globotruncana sp.*, *Dicarinella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Robulus sp.*, *Marginotruncana sp.*

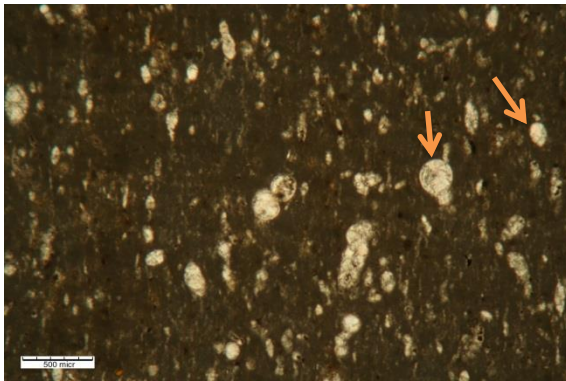
Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.



Muestra FCBMT_31



Muestra FCBMT_32



Muestra FCBMT_33

Figura 30: Fotomicrografías de paleomicrobiota reportada de la lámina FCBMT_31, FCBMT_32, FCBMT_33, FCBMT, para las rocas de la capa 12 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. 1) *Spiroplectamina sp.*, 2) *Thalmaninnella sp.* 3) calcisferas.

Capa 13

Muestra: FCBMT_34 FCBMT_35

Descripción petrográfica: De 51 cm de espesor, su acabado superficial compacta con un color amarillo claro en su muestra sana, mientras que presenta una coloración blanquecino en muestras intemperizadas, el tipo de roca es una margarcillosa; Según la clasificación de Munsell tiene un color very pale orange 10YR 8/2 en seco, y en húmedo dark yellowish orange 10YR 6/6. De las muestras 34 y 35 hay una homogeneidad por la presencia de chalc, y fluorita que comprende tanto en techo como

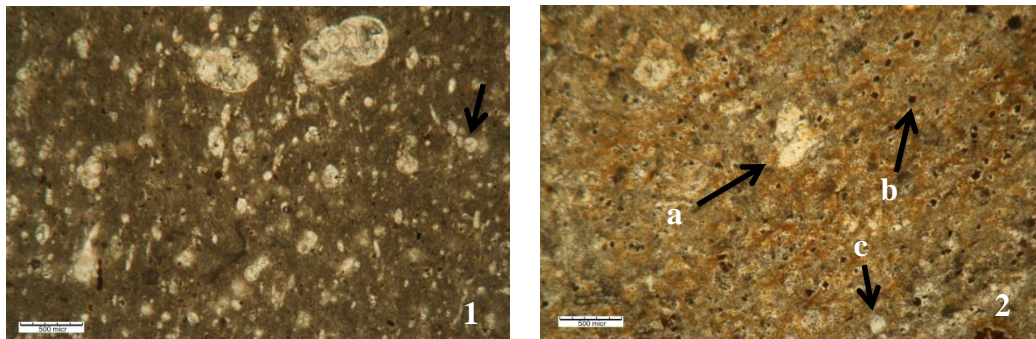
en la base de la capa, presenta vetas de calcita, pirita oxidada y fragmentos de conchas de moluscos.

Textura: Wackestone, de composición mineral en base a cristales de cuarzo en la parte alterada de la roca, el tipo de textura es de grano fino (margo-arcilloso), la forma del grano es tipo circular.

Laminación: Presente de estratificación milimétrica.

Aloquímicos: Presencia de radiolarios, espículas de equinodermos, fragmentos de estructuras lamelares de moluscos. Los aloquímicos comprenden a *Archaeoglobigerina sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Dicarinella sp.*, *Globotruncana sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Hedbergella sp.*, *Heterohelix sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.



Muestra FCBMT_33

Muestra FCBMT_34

Figura 31: Fotomicrografías de microbiota reportada de la lámina FCBMT_33 y FCBMT_34, para las rocas de la capa 13 en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila. 1) *Witeinella sp.* 2) wackestone muy alterado por oxidación, se observan; a: aloquímicos muy recristalizados, b: Granos de óxido de hierro y c: calcisferas.

Capa 14.

Muestra: FCBMT_37

Descripción: Capa de 40 cm de espesor, su acabado superficial es laminar en posición horizontal, con un color (blanco) (anaranjado) en su muestra sana, mientras que presentaba una coloración (blanco) (anaranjado) a él intemperie, el tipo es chalck en base y techo, y en la parte media de la capa es caliza.

Textura: Wackestone, El tipo de textura es de grano fino (chalck) (caliza), la forma del grano es tipo circular.

Según la clasificación de Munsell tiene un color very pale orange 10YR 8/2 en muestras intemperizadas, y en fresco grayish orange 10YR 7/4, y lighth brown 5YR 6/4 en seco y en húmedo lighth brown 5YR 5/4.

Laminación: Ausente: De las muestras 36, 37, y 38 no hay una homogeneidad porque en techo y base son capas de chalck, y en la parte media es un horizonte de óxido con presencia de fluorita, y contiene fragmentos de conchas de moluscos,

Aloquímicos: capa anaranjada de óxido de hierro, con escasa presencia de radiolarios, nódulos de pirita oxidada y vetas de calcita, presencia de fluorita.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

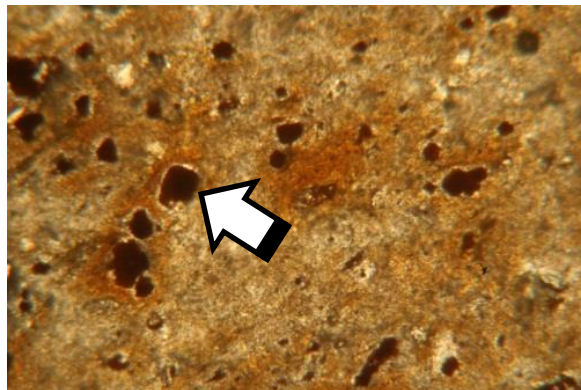


Figura 32: Fotomicrografías de la capa 14, mostrando los cristales de pirita óxidada en una matriz de color naranja oscuro, en la cantera Los Temporales, en Múzquiz, Coahuila.

9.6.2. Descripción petrográfica y Microfacies de la Cantera “La Mula”

Material: Capa 1: FCBCM1_1, Capa 2: FCBCM1_2, Capa 3: FCBCM1_3, Capa 4: FCBCM1_4, Capa 5: FCBCM1_5, Capa 6: FCBCM1_6, Capa 7: FCBCM1_7, Capa 8: FCBCM1_8, Capa 9: FCBCM1_9, Capa 10: FCBCM1_10, Capa 11: FCBCM1_11, Capa 12: FCBCM1_12, Capa 13: Sin muestra, Capa 14: FCBCM1_13, Capa 15: FCBCM1_14, Capa 16: Sin muestra, Capa 17: FCBCM1_15, Capa 18: FCBCM1_16, Capa 19: Sin muestra, Capa 20: FCBCM1_17, Capa 21: Sin muestra, Capa 22: FCBCM1_18, Capa 23: Sin muestra, Capa 24: FCBCM1_19, Capa 25: Sin muestra, Capa 26: FCBCM1_20, Capa 27: FCBCM1_21, Capa 28: FCBCM1_22, Capa 29: Sin muestra.

Componentes:

Matriz: En la totalidad de las láminas delgadas, y al igual que en las capas de la Formación Eagle Ford en la cantera La Mula, la matriz está presente y consiste en una mezcla de partículas formadas por lodo calcáreo menor a las $4\mu\text{m}$ y partículas arcillosas de origen clástico. En la cantera La Mula, la presencia de laminación paralela a subparalela al plano de estratificación en las capas margosas es más común que en la Cantera Los Temporales. En todas las secciones delgadas, la matriz presentó láminas o puntos de color rojizo atribuibles a óxidos de hierro.

Cemento: El cemento o esparita es un componente intersticial de naturaleza traslúcida compuesta por granos de calcita mayores a $10\mu\text{m}$ que fue precipitada “in situ”. En las muestras revisadas bajo el microscopio, la esparita se encuentra confinada a los espacios dentro de los microfósiles, tales como los huecos dejados en los exoesqueletos de foraminíferos planctónicos y calcisferas (Figura 48).

Aloquímicos: En todos los casos, la matriz porta aloquímicos constituidos principalmente de bioclastos de origen planctónico, aunque ocasionalmente algunas formas bentónicas están presentes. Las formas reportadas en las capas de la Formación Eagle Ford en la cantera Los Temporales son las siguientes:

Filamentos no determinados: Consisten en estructuras alargadas con longitudes de 30µm y con espesores de apenas 2 µm. Dichos filamentos se encuentran constituidos por carbonato de calcio. Su estructura interna presentan similitudes con el sistema de lamelas reportados en bivalvos (SCHOLLE Y SCHOLLE 2003) lo que sugiere su origen metazoario más que bacteriano. Los filamentos generalmente se encuentran paralelos al plano de estratificación aunque ocasionalmente se disponen de manera oblicua. (Figura 50).

Foraminíferos planctónicos: Consisten formas seriadas de enrollamiento planispiral con cámaras globosas, trocospirales, los radiolarios consisten en protistas (unicelulares) planctónicos con finas proyecciones del citoplasma, su esqueleto es de naturaleza silíceo y con tamaños desde 30 µm y 2 mm. Con lo que respecta a las calcisferas consisten en armazones o caparzones esféricos de composición calcárea, cuyo tamaño suele variar entre 30 y 100 mm.

Espículas de esponjas: son estructuras calcáreas o silíceas que se encuentran formando parte de la estructura esquelética de un porífero. Las estructura asignadas como fragmentos de bivalvos se asocian a la pared lamelar del esqueleto de los pelecípodos.

En cuanto a las características texturales, en la mayoría de las láminas se reporta la predominancia de una textura wackestone (Figura 33). A continuación se proporciona

las características texturales y el contenido micropaleontológicos de las capas de la Formación Eagle Ford en la cantera La Mula (Dunham, 1962). En ellas se distinguen dos tipos de rocas o sedimentos carbonatados: 1) aquellos que presentan textura deposicional reconocible, y 2) los que presentan una textura cristalina, característica que dificulta el reconocimiento de la textura deposicional.

Capa 1, (6 cm)

Muestra: FCBCM1_1

Descripción general: Marga, color café claro con costras blancas y dendritas en muestras intemperizadas, color café oscuro en muestras frescas con fragmentos de concha de moluscos. En algunas partes de la muestra la laminación es más evidente y se hace ligeramente ondulada. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie Marrón amarillento Pálido (10YR 6/2), coloración en fresco naranja amarillento pálido (10YR 8/6).

Textura: Muestra que se describe como un wackestone, con porcentaje de aloquímicos de aproximadamente 10 %. Presencia de bandas y puntos de óxido de hierro. Laminación presente, paralela a escala milimétrica.

Aloquímicos: Presencia de: *Archaeoglobigerina* sp., *Clavhedbergella* sp., *Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp., *Helvetoglobotruncana* *Heterohelix* sp., y *Pithonella* sp.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

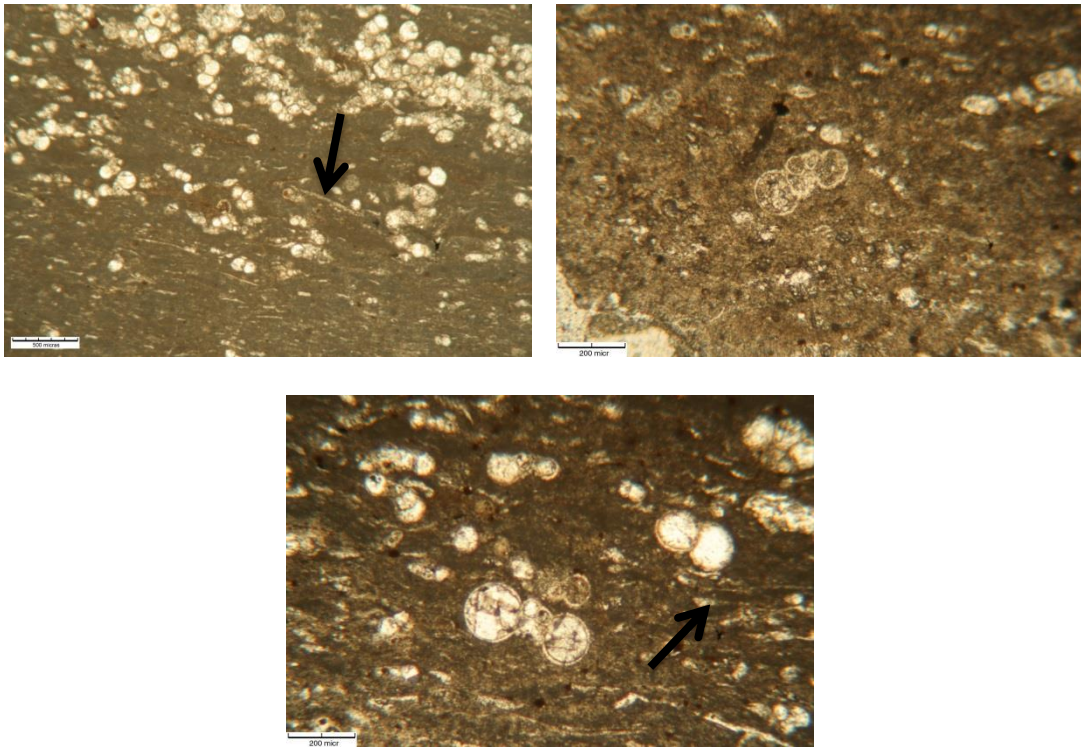


Figura 33: Fotomicrografías de microbiota reportada de la lámina FCBCM1_2, para las rocas de la capa 1 en la cantera La Mula, en Múzquiz, Coahuila.

Capa 2 (5 cm)

Muestra: FCBCM1_2

Descripción: Marga, la descripción para esta capa es similar a la capa 1, existiendo una sola diferencia, que en las muestras se observa la laminación poco notoria. En algunas muestras de esta capa se observan láminas dentro de la laminación en dimensiones de hasta 2 mm de grosor de material anaranjado opaco. En general la textura es de grano fino circular, con granos de óxido de hierro, calcita espática. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell en muestras intemperizadas es de color naranja muy pálido (10YR 8/2), y en muestras frescas son de color naranja grisáceo (10YR 7/4), con presencia de fluorita.

Textura: La textura para esta capa se describe como un wackestone, con porcentaje de aloquímicos de aproximadamente 10 %. Presencia de bandas y puntos de óxido de

hierro, fluorita y radiolarios. La laminación para esta capa es milimétrica con intercalación de láminas de material más suave de color naranja.

Aloquímicos: Se reporta la presencia de aloquímicos como radiolarios, fragmentos de bivalvos, escamas de tipo radial de Ichthyodechtiiformes y foraminíferos como: *Archaeoglobigerina* sp., *Dicarinella* sp., *Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp., *Helvetoglobotruncana* sp., *Heterohelix* sp., *Heterohelix* sp., *Heterohelix* s. y *Marginotruncana* sp.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

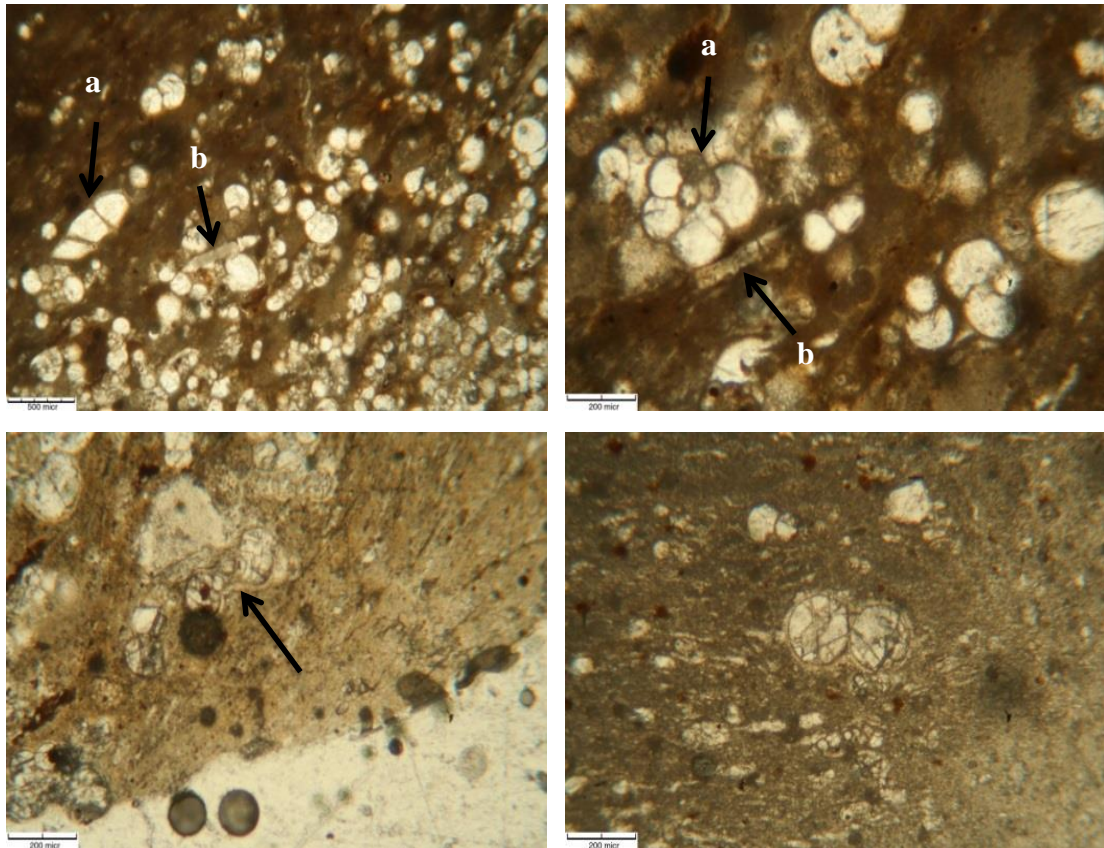


Figura 34: Fotomicrografías de la capa 2, mostrando las faunas de foraminíferos y calcisferas y otros elementos texturales. 1) *Dicarinella* sp. (a) y fragmento de concha de molusco (b), 2) *Hedbergella* sp. (a) y fragmento de *Inoceramus* sp. (b), 3) *Helvetoglobotruncana* sp 4) *Heterohelix* sp.

Capa 3 (9 cm)

Muestra: FCBCM1 – 3

Descripción: Marga, grano fino circular/ovalado, laminación más acusada que la capa anterior con restos de organismos embebidos en la laminación como fragmentos negros aproximadamente 1.5 cm., de forma lenticular dentro de la laminación, además dentro de esta se observan láminas de 2 mm de espesor de muestra de color naranja opaco. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell sus colores son: Coloración en muestras intemperizada es café amarillento pálido (10YR 6/2), de igual color para las muestras frescas.

Textura: Muestra descrita como un Wackestone, con presencia de granos de óxido de hierro, calcita espática ocupando los las cámaras de los foraminíferos y calcisferas, radiolarios, bandas de fluorita. Laminación milimétrica presente.

Aloquímicos: Los granos para esta capa consisten en fragmentos de conchas, radiolarios, calcisferas, escamas de peces y los foraminíferos *Archaeoglobigerina sp.*, *Hedbergella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Gloigerinelloides sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Stomiosphaera sp.*, *Textularia sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

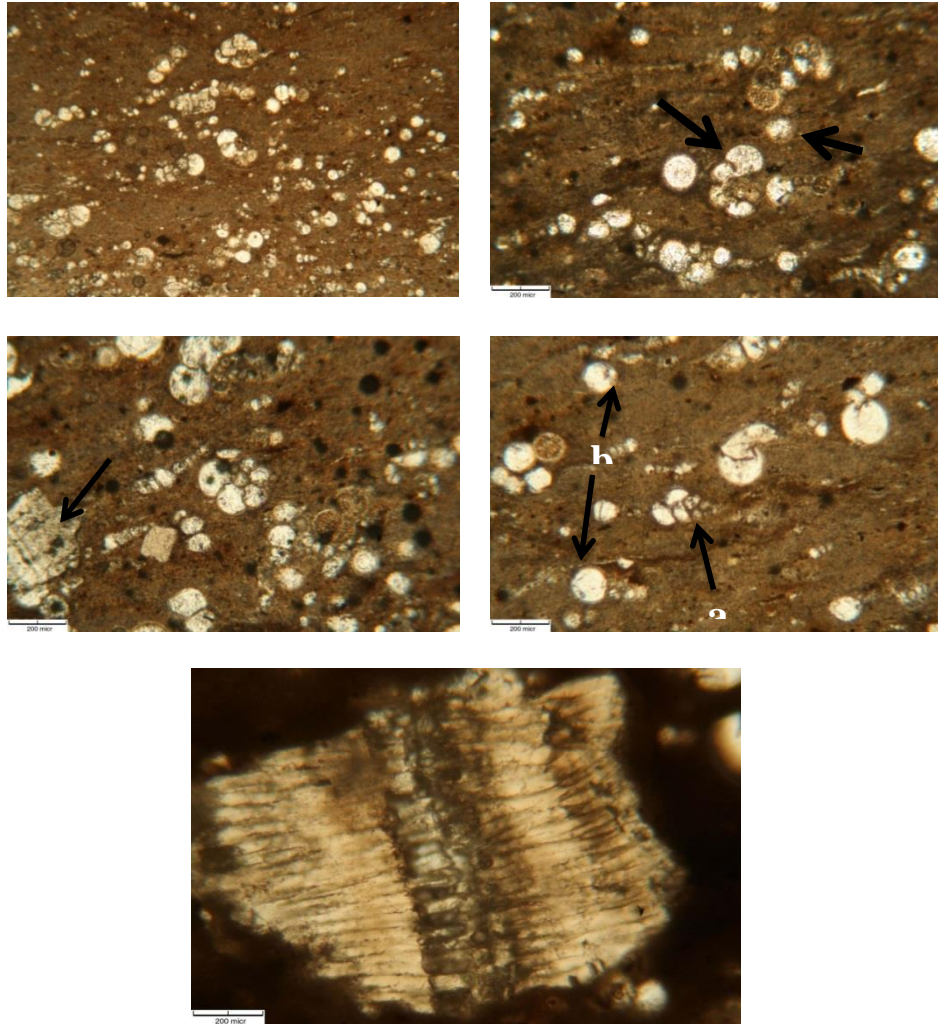


Figura 35: Fotomicrografías de la capa 3, mostrando las faunas de foraminíferos: 1) *Rotalipora sp.*, 2) a) *Rotalipora sp.* y b) *Stomiosphaera sp.*, 3) Fragmento de *Inoceramus sp.*, 4) a) *Textularia sp.* y b) calcíferas, 5) Acercamiento de la pared de la concha de *Inoceramus sp.*

Capa 4 (8 cm)

Muestra: FCBCM1_4

Descripción: Marga, similar a la capa anterior (3), con nódulos lenticulares de óxido de hierro aproximadamente de 6 mm de largo por 2 mm de ancho, presencia de restos de bivalvos en posición paralelos al plano de estratificación, en las muestras en campo se observa una costra de color naranja en muestras intemperizadas con presencia de dendritas. Su color de acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell:

Coloración a la intemperie es café amarillento pálido (10YR 6/2) y en muestras frescas es naranja muy pálido (10YR 8/2).

Textura: Tipo Wackestone con radiolarios, fluorita. Laminación poco notoria o ausente.

Aloquímicos: Presencia de radiolarios, fragmentos de moluscos, granos de óxido de hierro, calcita espática rellenando las testas de las calcisferas, foraminíferos como: *Clavhedbergella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Whiteinella sp.*, *Radiolarios*.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

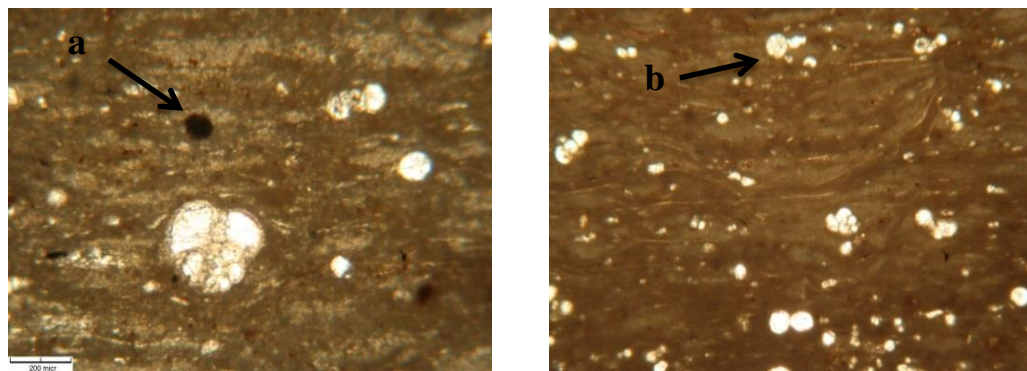


Figura 36: Fotomicrografías de las láminas de la capa 4; las flechas indican a) granos de óxido, b) calcisferas. Los aloquímicos están representados por foraminíferos como *Whiteinella sp.*, *Heterohelix sp.*

Capa 5 (10 cm)

Muestra: FCBCM1_5

Descripción: Margas compactas (calcáreas), no fisiles, presencia de óxido de hierro de color anaranjado ocre oscuro dispuestas como puntos paralelos al plano de sedimentación. En algunas muestras se observan estructuras similares a escamas y fragmentos de bivalvos. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell presenta color en muestras intemperizadas y frescas café amarillento pálido (10YR 6/2).

Textura: Wackestone, Roca marga-calcareá, de grano fino, de forma ovalado. Ocasionalmente se observan bandas de fluorita. Su laminación es casi imperceptible o ausente.

Aloquímicos: De acuerdo a lo observado en las muestras de esta capa se puede mencionar la presencia de aloquímicos granos de óxido de fierro, radiolarios, calcisferas, algunos fragmentos de conchas de moluscos. Además de la presencia de foraminíferos como: *Archaeoglobigerina sp.*, *Hedbergella sp.*, *Heterohelix sp.*, *Globotruncanella sp.*, *Pithonella sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

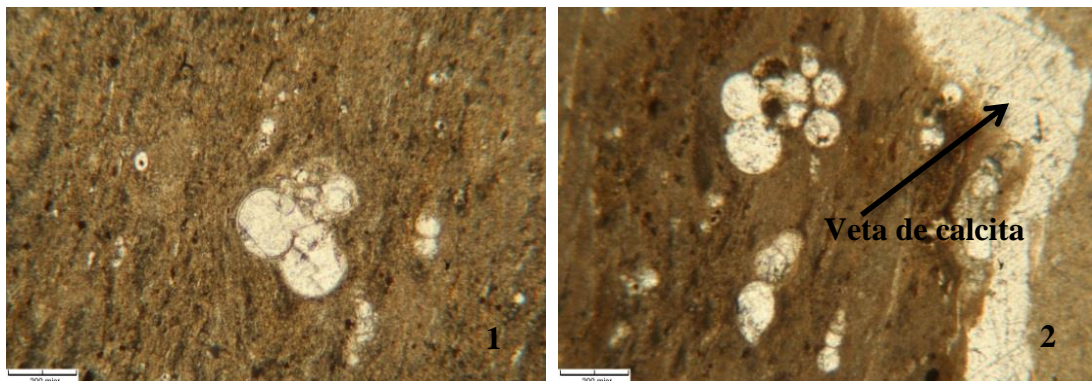


Figura 37: Fotomicrografías de la paleomicrobiotas reportadas para la capa 5: 1) *Archaeoglobigerina sp.*, 2) *Globotruncanella sp.*

Capa 6 (6 cm)

Muestra: FCBCM1_6

Descripción petrográfica: Marga con las características muy parecidas a las capas anteriores, de color café claro de grano fino tipo circular, en la parte intermedia de la capa se observa una lámina de color gris a blanquecino de aproximadamente 3 mm de espesor. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la

intemperie es Amarillo marrón pálido (10YR 6/2) y Coloración en fresco es gris anaranjado (10YR 7/4).

Textura: Su textura es tipo Wackestone con radiolarios. Parte superficial intemperizada y con dendritas. Laminación ausente o poco evidente.

Aloquímicos: Además de los radiolarios, los aloquímicos observados para esta capa consisten en: *Archaeoglobigerina sp.*, *Archaeoglobigerina sp.*, *Clavhedbergella sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Hedbergella sp.*, *Heterohelix sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

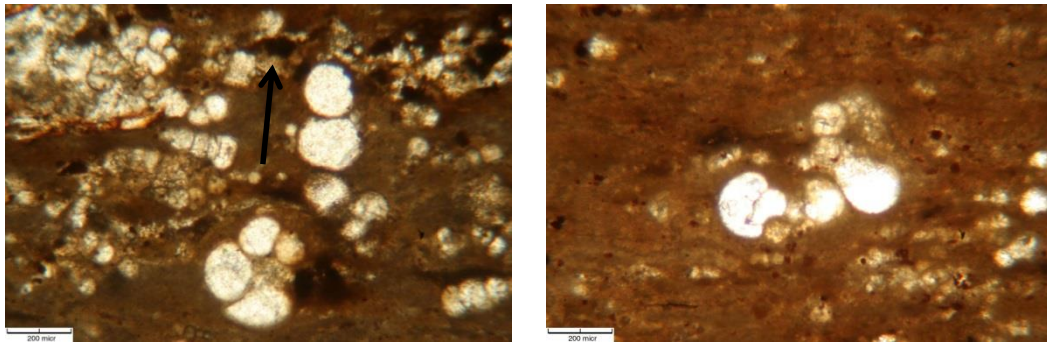


Figura 38: Fotomicrografía de la capa 6 con la presencia de *Archaeoglobigerina sp.* Además cristales de óxido de hierro.

Capa 7 (8 cm)

Muestra: FCBCM1 – 7

Descripción: Marga, las características para esta capa son muy similares a las capas anteriores, de color anaranjado ocre con encostramiento, presencia de dendritas. Hacia la parte basal de la muestra esta se adelgaza generando como parte de la laminación dos láminas de color gris, aproximadamente de entre 2 y 5 mm de separación una de la otra. La basal es de 1 a 2 mm de espesor de color gris claro a negro, mientras que la lámina superior tiene 1 mm de espesor con las mismas características de la basal. Además se

observó la presencia de óxido de hierro. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie es café amarillento pálido (10YR 6/2) y Coloración en fresco es Gris naranja (10YR 7/4).

Textura: Es de tipo Wackestone, por la presencia de mayor de 10% de aloquímicos, granos de óxido de hierro.

Laminación: Presente, en esta capa se hace muy evidente la laminación milimétrica, con láminas de diferente material intercaladas, observándose en las muestras algunas láminas de hasta .5 mm de espesor de color rojizo entre las láminas oscuras.

Aloquímicos: De acuerdo a lo observado en las muestras para esta capa podemos mencionar la presencia de *Globigerinelloides sp.*, *Heterohelix sp.*, *calcisferas*.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

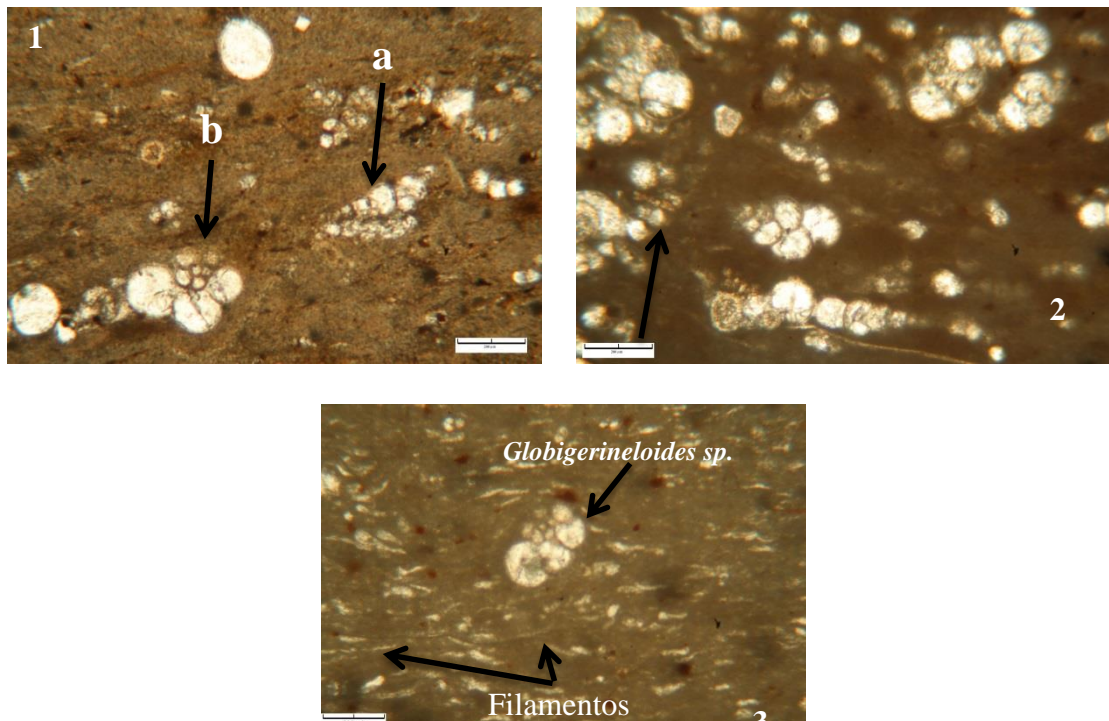


Figura 39: Fotomicrografía de las muestras de la capa 7. 1) *Heterohelix sp.* y *Globigerinelloides sp.* 2) *Heterohelix sp.*, 3) *Globigerinelloides sp.* y filamentos. Imagen superior, se observan las laminas intercaladas.

Capa 8 (4 cm)

Muestra: FCBCM1 – 8.

Descripción: Marga, capa de características generales similares a las capas anteriores, con presencia de óxido de hierro secundario en la parte exterior de la muestra de color anaranjado ocre, precipitaciones minerales de tipo dendritas. Se observan filamentos de aproximadamente 4 cm de largo y .05 mm de espesor. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie es gris anaranjado (10YR 7/4) y Coloración en fresco es café amarillento pálido (10YR 6/2). Se observaron fragmentos de conchas de *Inoceramus sp.*

Textura: Capa tipo Wackestone, con la presencia de hematita (óxido de hierro), vetas de calcita y bandas de fluorita, restos de *Inoceramus sp.*. Laminación: muy poco notoria.

Aloquímicos: Presencia de: restos de inoceramidos, foraminíferos como *Marginotruncana sp.*, *Hedbergella sp.*, *Archaeoglobigerina sp.*, *Dicarinella sp.*, *Heterohelix sp.*, *Ticinella sp.*, *Whiteinella sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

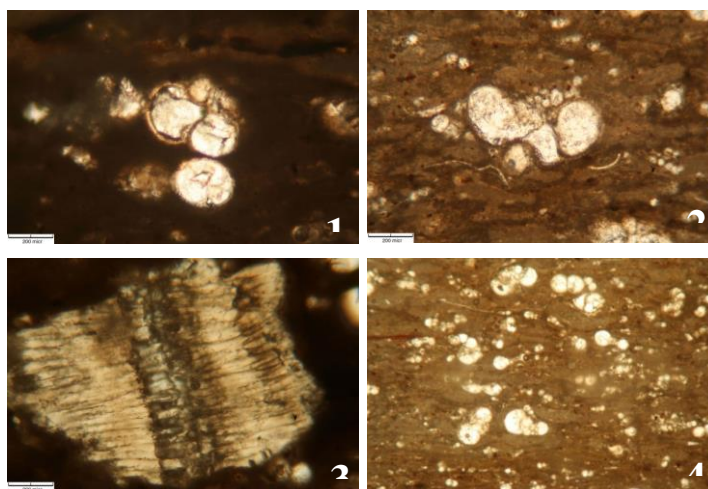


Figura 40: Fotomicrografías mostrando las especies encontradas en las muestras de la capa 8 de la cantera La Mula. 1) *Whiteinella sp.* 2) *Ticinella sp.*, 3) Fragmento de la pared de *Inoceramus sp.* y 4) wackestone de calcisferas.

Capa 9 (4 cm)

Muestra: CM1_9

Descripción: Marga, sus características son similares a las de las capas inferiores, lo que destaca en esta capa es la presencia de material rojizo a ocre en forma abundante sobre todo en las partes intemperizadas, debido a la presencia de óxido de hierro. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie es amarillo anaranjado oscuro (10YR 6/2) y coloración en fresco es naranja muy pálido (10YR 8/2).

Textura: Wackestone, presentando un porcentaje de componentes mayor al 10%, registrados como foraminíferos planctónicos, filamentos y algunas especies de calcíferas. Además se observó la presencia de pirita oxidada y calcita muy recristalizada, fluorita. Laminación, presente de tipo milimétrica, compuesta por láminas de óxido de hierro de 1 mm de espesor de color naranja rojizo.

Aloquímicos: Presencia de granos de óxido de fierro, pirita oxidada, así como calcíferas, fragmentos de moluscos y *Archaeoglobigerina sp.*, *Archaeoglobigerina sp.*, *Clavhedbergella sp.*, *Hedbergella sp.*, *Heterohelix sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Spiroplectamina sp.*, *Ticinella sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

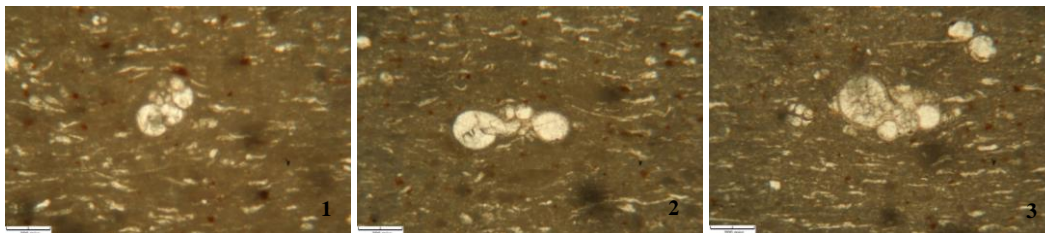


Figura 41: Fotomicrografía de las especies encontradas en las láminas de la capa 9 de la cantera La Mula. 1) *Globigerinelloides sp.*, 2) *Hedbergella sp.* y 3) *Archaeoglobigerina sp.*

Capa 10 (9 cm)

Muestra: CM1 – 10

Descripción: Marga calcárea, en esta capa, hacia la base se observa una coloración crema, hacia la parte media la textura de esta capa se hace más granular y los tonos café crema se hacen grises. Como se observa en la figura 66 el color de la muestra hacia el techo o cima se vuelve de un gris más oscuro. En otras muestras se puede observar horizontes milimétricos irregulares de material de color ocre. Caliza margosa, de color café claro a gris con manchas oscuras. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell su coloración a la intemperie es amarillo naranja oscuro (10YR 6/2) y coloración en fresco es café amarillento pálido (10YR 6/2).

Textura: Wackestone, con presencia de radiolarios, fluorita y hematita y de laminación milimétrica.

Aloquímicos: Se presentan algunos radiolarios y especies de foraminíferos como: *Hedbergella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Marginotruncana sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

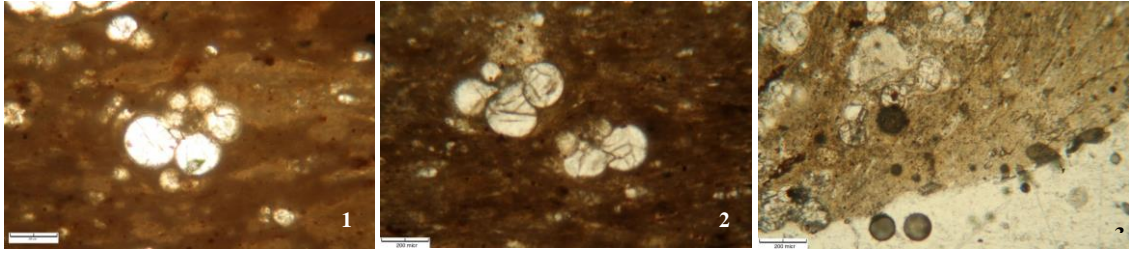


Figura 42: Fotomicrografías que muestran las especies encontradas en las muestras de la capa 10 de la cantera La Mula. 1) *Hedbergella sp.*, 2) *Marginotruncana sp.* 3) *Helvetoglobotruncana sp.*

Capa 11 (8 cm)

Muestra: Sin muestra para laminar, capa de material limoso de color anaranjado, la muestra se disgregó y tamizó, sin reportar ningún resto de aloquímicos. La muestra se etiquetó como CM1 – 11.

Capa 12 (6 cm)

Muestra: CM1 – 12.

Descripción: Marga, color café claro, algunas láminas de color anaranjado. Presencia de fragmentos de organismos no determinados, óxido de hierro. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie es Café amarillo pálido (10YR 6/2) y en muestras frescas es de color igual al de intemperismo (10YR 6/2).

Textura: Wackestone, con un porcentaje de aloquímicos mayor al 10%, con radiolarios y restos de *Inoceramus sp.* Sin laminación.

Aloquímicos: wackestone con presencia de radiolarios, fluorita, hematita, calcita, restos de *Inoceramus sp.* y los foraminíferos: *Archaeoglobigerina sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Hedbergella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Ticinella sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

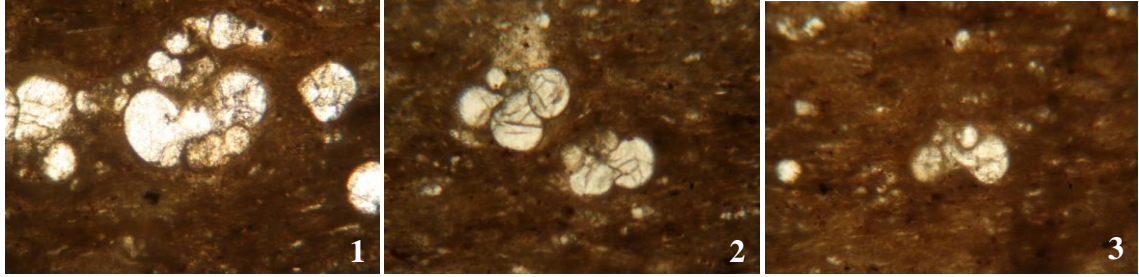


Figura 43: Paleomicrobiota reportada para la capa 12: 1) *Ticinella sp.*, 2) *Marginotruncana sp.*, *Hedbergella sp.*, y 3) *Hedbergella sp.*

Capa 13 (2 cm)

Muestra: CM1 – 13

Descripción: Capa recristalizada, el mineral característico es la calcita de color blanca, no hay muestras ni contenido paleontológico.

Capa 14 (5 cm)

Muestra: CM1 – 13

Descripción: Marga laminar de espesores milimétricos, con láminas anaranjadas opacas, parte intemperizada con costras grises y dendritas, fisil, de grano fino circular, algunos cristales de cuarzo secundario. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie es naranja muy pálido (10YR 8/2) y coloración en fresco es gris anaranjado (10YR 7/4).

Textura: Wackestone de grano fino con la presencia de calcíferas, fragmentos de conchas de moluscos. Laminación presente de tipo milimétrica.

Aloquímicos: fragmento de concha de moluscos, con presencia de radiolarios, pirita, materia orgánica, restos de *Inoceramus sp.* y Briozoarios. Para esta capa se reporta la presencia de vertebrados (peces). Además la presencia de los foraminíferos;

Clavihedbergella sp., *Globigerinelloides* sp., *Globotruncanella* sp., *Hedbergella* sp.,
Heterohelix sp., *Phitonella* sp.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

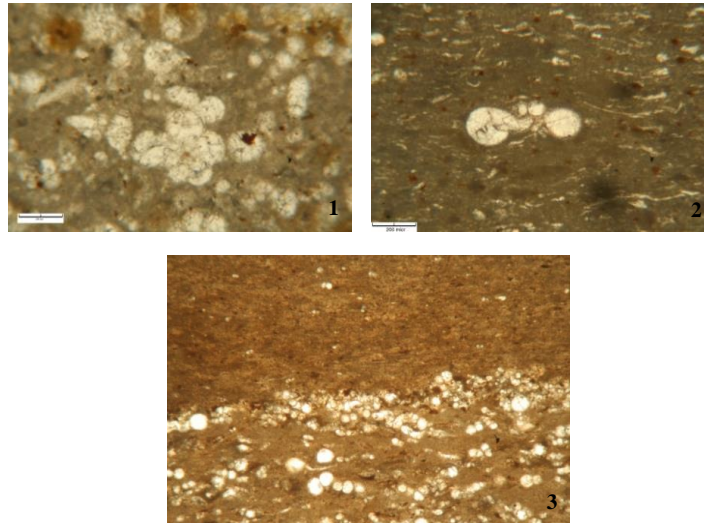


Figura 44: Fauna reportada para esta capa. 1) *Hedbergella* sp., 2) *Hedbergella* sp. y 3) Calcisferas, y pitonelas.

Capa 15 (4 cm)

Muestra: CM1 – 14

Descripción: Marga arcillosa, laminar, color café claro a la intemperie y gris al ser intemperizado, grano fino de forma circular. Se observaron algunos cristales de cuarzo secundario y fragmentos de concha de moluscos, pirita, hematita y fluorita. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie es gris anaranjado (10YR 7/4) y coloración en fresco es café amarillento pálido (10YR 6/2).

Textura: Wackestone, con la presencia de radiolarios y calcisferas. Laminación presente de espesores milimétricos. Como característica distintiva podemos mencionar que en algunos de sus planos de estratificación, base o parte intermedia presentan

abundantes escamas de, probablemente de peces Ichthyidectiformes, las escamas presentan una coloración rojiza. Laminación muy acusada y de espesores milimétricos.

Aloquímicos: Presencia de radiolarios, calcisferas, fragmentos de conchas de moluscos y foraminíferos como *Clavihedbergella sp.*, *Heterohelix sp.*, *Globigerinelloides sp.* *Helvetoglobotruncana sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

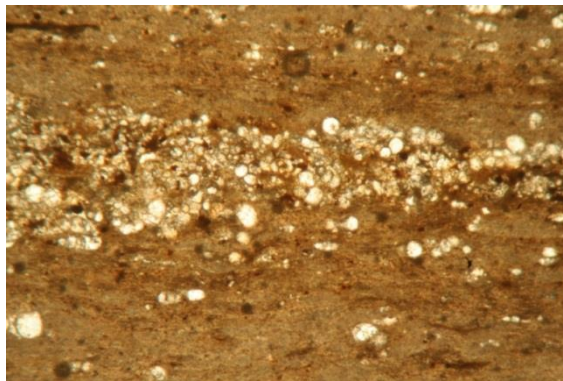


Figura 45: Se muestra el empaquetamiento de los aloquímicos y los granos de calcita espática y óxido de hierro. También se puede observar la presencia de calcisferas.

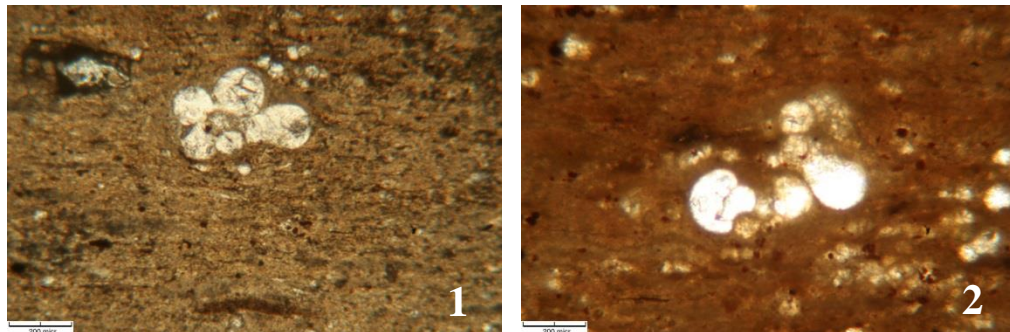


Figura 46: Especies reportadas de foraminíferos para la capa 15 en la cantera La Mula. 1) *Clavihedbergella sp.* y 2) *Clavihedbergella sp.*

Capa 16 (6 cm)

Sin muestra, capa muy recrystalizada, se observó gran cantidad de cristales de calcita recrystalizada por lo que no se logró obtener ninguna muestra para análisis mediante

laminación, pero se etiqueto una muestra de material suave para disgregado y tamizado. No se obtuvieron aloquímicos.

Capa 17 (5 cm)

Muestra: CM1 – 15

Descripción: Marga, grano fino ovalado, laminación milimétrica. Algunas láminas presentan coloración anaranjado opaco, con espesores que cambian de 1 mm en la base hasta 3 mm en el techo de la muestra, Hacia la mitad de la muestra una de estas láminas de 2 mm de espesor presenta restos de vertebras de peces de color rojo oscuro. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell su coloración a la intemperie es naranja muy pálido (10YR 8/2) y coloración en fresco es café amarillento pálido (10YR 6/2).

Textura: Wackestone con presencia de radiolarios hematita y fluorita. Laminación presente de espesores milimétricos muy evidente.

Aloquímicos: Presencia de radiolarios, fragmentos de conchas de moluscos y los foraminíferos: *Clavhedbergella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Textularia sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for.

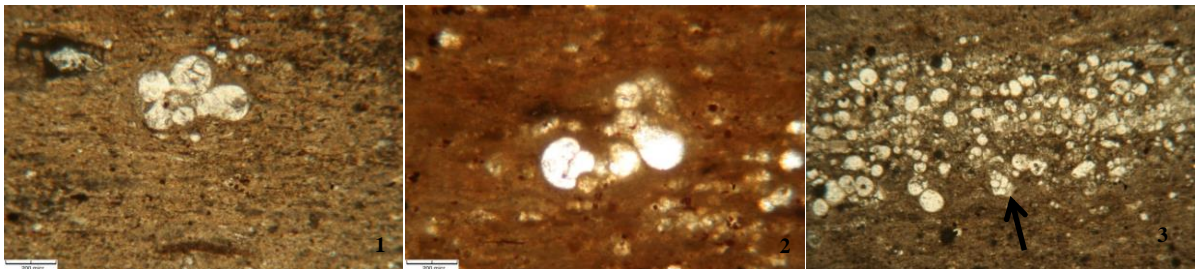


Figura 47: Fotomicrografía de la capa 17 que muestra el empaquetamiento de los aloquímicos, observándose un porcentaje mayor al 10%, se observan calcisferas, textularidos y granos de hematita y pirita. 1y 2) *Clavhedbergella sp.*, 3) *Textularia sp.*

Capa 18 (6 cm)

Muestra: CM1 – 16.

Descripción: Marga, color café claro con manchas negras y anaranjadas en la intemperie, grano fino circular. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie es café amarillo pálido (10YR 6/2) y coloración en fresco es gris anaranjado (10YR 7/4).

Textura: Wackestone de matriz micrítica, con presencia de radiolarios y fragmentos de conchas de moluscos. Laminación ausente.

Aloquímicos: Además de los granos de óxido de hierro, calcita esta capa presenta radiolarios, fragmentos de *Inoceramus sp.* y los foraminíferos *Globotruncana sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Stomiosphaera sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for

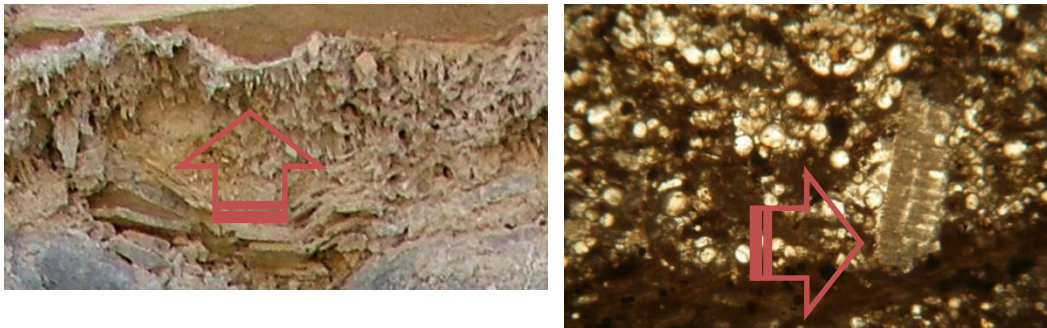


Figura 48: 1) acercamiento de la capa 17 donde se muestra el crecimiento de la calcita entre la capa, 2) Fotomicrografía donde se observa un fragmento de *Inoceramus sp.* y calcisferas.

Capa 19 (3 cm)

Sin muestra, capa muy recristalizada, no se tomaron muestras para laminación ni para tamizado.

Capa 20 (8.5-10 cm)

Muestra: CM1 – 17

Descripción: Marga calcárea, esta capa se compone de muestras con características generales similares a las de las muestras anteriores, los primeros 2 cm de color café claro presentando intercalación de láminas de color anaranjado. En los siguientes 3 cm de la capa se presentan colores gris oscuro y laminada. En la parte superior presenta tonos anaranjados, en la parte más superior de esta capa se observan colores crema. En la base presenta escamas de peces. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie es anaranjado muy pálido (10YR 8/2), y coloración en fresco es café amarillento pálido (10YR 6/2).

Textura: Wackestone de matriz micrítica con presencia de radiolarios. Laminación presente con espesores milimétricos.

Aloquímicos: Esta capa presenta minerales de fluorita, radiolarios, fragmentos de ostrácodos e inocerámidos y *Archaeoglobigerina sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Hedbergella sp.*, *Helvetoglobotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Lenticulina sp.*

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for

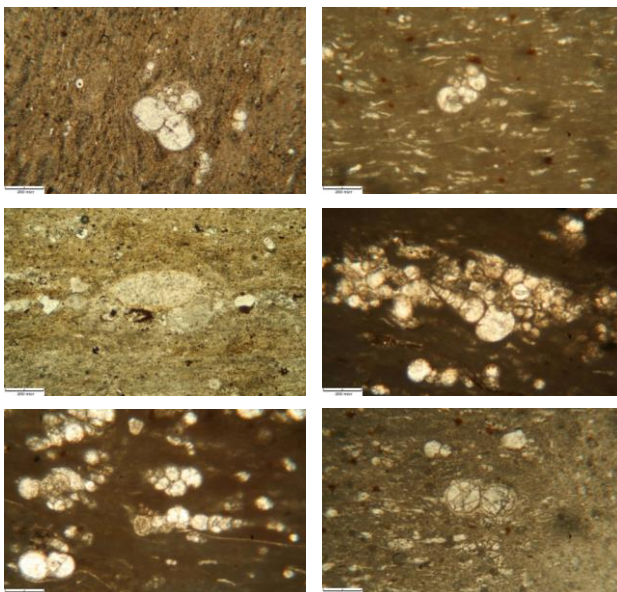


Figura 49: Fotomicrografías de la paleobiota registrada para esta capa en la cantera La Mula. 1) *Archaeoglobigerina sp.*, 2) *Globigerinelloides sp.*, 3) *Lenticulina sp.*, 4, 5 y 6) *Heterohelix sp.*

Capa 21

Sin muestra, capa muy recristalizada no se tomaron muestras para laminación.

Capa 22 (9 cm)

Muestra: CM1 – 18

Descripción: Marga arcillosa, esta capa presenta diferencias muy variadas desde la base hasta el techo, los primeros 2 cm de color café claro con de láminas de color anaranjado y café claro en la intemperie, como característica distintiva esta capa presenta una lámina ondulada de aproximadamente 1 mm de grosor de color rojizo. Algunas láminas presentan restos de organismos en tonos oscuros. La base de esta muestra presenta encostramiento de color anaranjado pálido, producto quizá del proceso de alteración. Por encima de se observan 4 cm de material de color gris oscuro (posiblemente por encostramiento). Fracturamiento físil. En los últimos 2 cm la muestra es más homogénea, sin laminación notoria. De acuerdo a la Tabla de clasificación de rocas de Munsell: Coloración a la intemperie es café amarillento pálido (10YR 6/2), así también en muestras frescas.

Textura: Wackestone de matriz micrítica con radiolarios, calcita, hematita, fluorita, restos de materia orgánica. Laminación de espesores milimétricos presente en las muestras.

Aloquímicos: Esta capa presenta restos de material orgánico, y fragmentos del ammonite *Mammites nodosoides*, radiolarios, y además especies de foraminíferos como: *Globigerinelloides* sp., *Globotruncanella* sp., *Hedbergella* sp., *Helvetoglobotruncana* sp., *Heterohelix* sp., *Marginotruncana* sp., *Spiroplectamina* sp., *Stomiosphaera* sp.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for

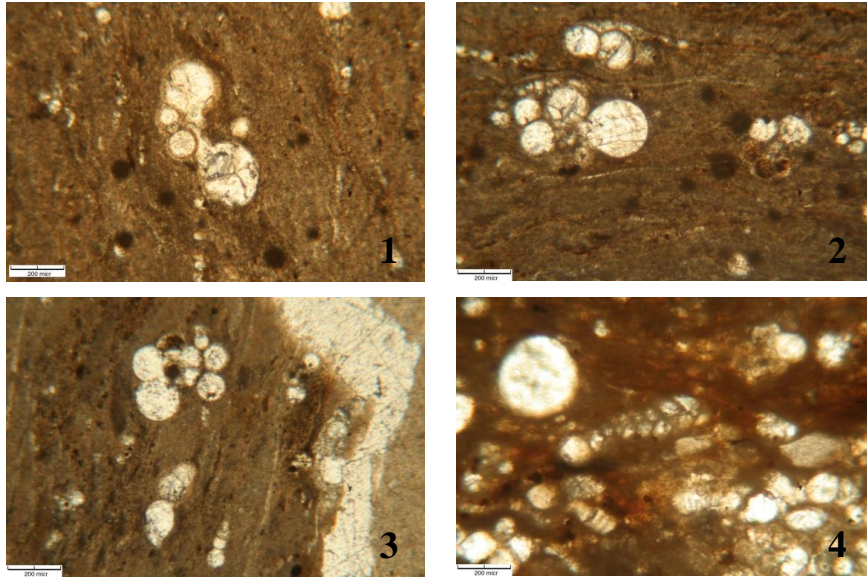


Figura 50: Fotomicrografías mostrando la biota registrada para la capa 22 de la cantera La Mula. 1) *Helvetoglobotruncana sp.*, 2) *Hedbergella sp.*, 3) *Globotruncanella sp.*, y 4) *Spiroplectamina sp.*

Capa 23 (4cm)

Sin muestra, capa recristalizada no se tomaron muestras.

Capa 24 (5.5cm)

Muestra: CM1 –19.

Descripción: Marga, capa similar en sus características a la anterior. Presenta algunas láminas de color anaranjado opaco. Según Munsell: Coloración a la intemperie es Naranja grisáceo (10YR 7/4) y su coloración en fresco es gris anaranjado (10YR 7/4).

Textura: Wackestone, sin laminación.

Aloquímicos: para esta capa y muestras no se reportan, al disgregarse esta muestra por ser muy suave no se registraron aloquímicos.

Capa 25 (5 cm)

Sin muestra capa recristalizada

Capa 26 (8 cm)

Muestra: CM1 – 20.

Descripción: Marga, sus características son similares a las muestras anteriores, aunque su coloración tiende a ser más clara, de grano fino de forma circular. Presenta una lámina de aproximadamente 1 mm de espesor de color anaranjado opaco, filamentos negros de bivalvos de grosor .5 mm y 9 cm de largo. También se observan restos de bivalvos de .8 mm de largo y 2 mm de grosor, todos de una coloración negra u oscura. De acuerdo a la clasificación de Munsell su coloración a la intemperie es naranja muy pálido (10YR 8/2) y coloración en fresco es café amarillento pálido (10YR 6/2).

Textura: Wackestone, con presencia de fluorita, materia orgánica sedimentaria laminar, hematita. Laminación presente de espesores milimétricos.

Aloquímicos: Presencia de radiolarios, *Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp., *Helvetoglobotruncana* sp., *Heterohelix* sp., *Marginotruncana* sp., *Textularia* sp.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for

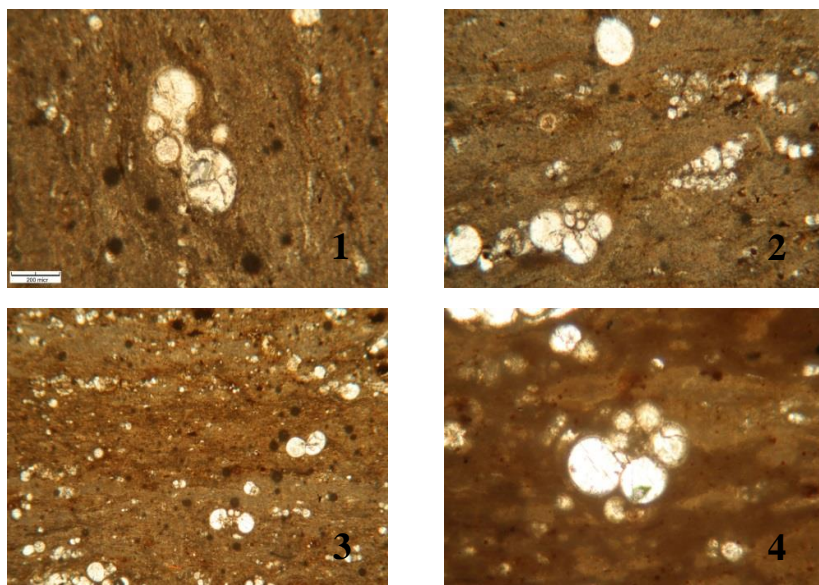


Figura 51: Fotomicrografías de las muestras de la capa 26 mostrando la presencia de foraminíferos como 1) *Helvetoglobotruncana* sp, 2) *Globigerinelloides*, 3) *Marginotruncana* sp. y 4) *Hedbergella* sp.

Capa 27 (16cm)

Muestra: CM1 – 21.

Descripción: Capa de limo color naranja con calcita recristalizada hacia la base y techo, de grano fino de forma ovalada. Según Munsell: Coloración a la intemperie es Naranja amarillento oscuro (10YR 6/6) al igual que en muestras frescas.

Textura: Wackestone. No se encontraron ejemplares ni en lámina delgada ni en muestras sueltas tamizadas.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for

Capa 28 (5 cm)

Muestra: CM1 – 22.

Descripción: Marga arcillosa, de color café claro en la intemperie y gris claro al ser intemperizada, grano fino de forma ovalada. Se observó una impresión de fragmento de *Mammites nodosoides*. Como característica distintiva, en esta capa se observaron dos horizontes, hacia la mitad y techo de la misma, ambas con colores gris oscuro de espesores irregulares: parte intermedia aproximadamente entre 3-4 mm, el techo aproximadamente 5 mm, la distancia entre cada horizonte es de 1.5 cm. Entre los horizontes se observan algunos de entre 4 cm de largo y .5 mm de grosor, correspondientes a restos de la concha bivalvos. De acuerdo a Munsell la coloración para esta muestra a la intemperie y en muestras frescas es café amarillento pálido (10YR 6/2).

Textura: Wackestone de matriz micrítica. Laminación presente, en la capa se observan algunos horizontes con diferentes características.

Aloquímicos: con presencia de fluorita, hematita, calcita, fragmentos de bivalvos y *Globigerinelloides* sp., *Globotruncanella* sp., *Hedbergella* sp., *Heterohelix* sp., *Marginotruncana* sp., *Pithonella* sp., *Textularia* sp., *Whiteinella* sp. *Mammites nodosoides*.

Microfacies de acuerdo a Flügel (2004): SMF 3-for

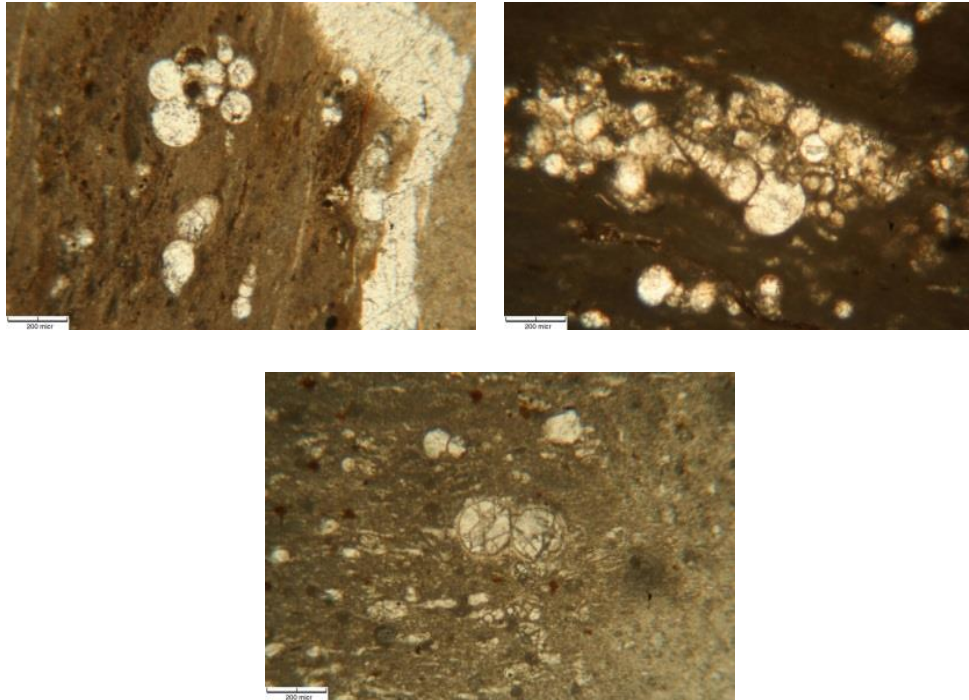


Figura 52: Fotomicrografías de la fauna reportada para esta capa.

Capa 29 (2 cm)

Sin muestra, capa alterada, formación de suelo.

10. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

10.1 Discusión.

Los afloramientos estudiados correspondientes a las Canteras Los Temporales y La Mula consisten en marga de estratificación mediana a fina de color café claro y horizontes finos de limolita y, además, en el caso particular de la Mula la sección estudiada presenta caliza decimétrica de color gris. De acuerdo con las características litológicas, paleontológicas y de microfacies revisadas en estas capas, diversos aspectos paleoecológicos pueden ser interpretados durante la depositación de los sedimentos que originaron a la Formación Eagle Ford en las cercanías de Múzquiz.

Un primer aspecto a discutir es que algunas capas de marga presentan laminación paralela a sub-paralela a escala milimétrica, alternando con estratos no laminados con abundante bioturbación y especies bentónicas. La laminación ocurre a escala milimétrica y en sección delgada se observa que esta consiste en láminas delgadas de color claro con alternancias de láminas más oscuras y algunas ligeramente onduladas, presentan características texturales como cristales de óxido de hierro, algunas vetas de calcita, filamentos asociados a restos de la pared de bivalvos. Además, los estratos laminados generalmente no exhiben la peresencia de organismos. Por su parte, la bioturbación consiste en tubos muy similares a ejemplares fósiles del ichnogénero *Thalassinoides*, reportado en diversos escenarios bien oxigenados; mientras que los ejemplares bentónicos consistieron en placas de equinodermos, inoceramidos, así como foraminíferos tales como *Ammobaculites pyriformis* Gustschick y Treckman, *Lenticulina*

sp. Lamarck, *Planulina austiniana* D'Orbigny, *Robulus münsteri* Roemer, *Spiroplectamina sp* Cushman y *Textularia sp.* DeFrance.

Por otra parte, la presencia de óxido de hierro es un mineral muy común en la marga de la Formación Eagle Ford en las áreas de estudio, sobre todo en aquellas capas que presentan laminación. Éste mineral, está dispuesto en láminas milimétricas de forma paralela al plano de estratificación, así como en nódulos o cristales diseminados. De acuerdo a estudios previos realizados por Blanco et al. (2013a), la presencia de estructuras framboidales y estructuras biomórficas en este óxido sugiere que el origen del mismo pudo ser resultado de la oxidación de sulfuros de hierro, como pirita sedimentaria, durante la diagénesis o bien, asociado a algún evento hidrotermal ocurrido durante el Terciario (Cenozoico). Dicho evento hidrotermal está evidenciado por la presencia de horizontes de fluorita presentes en las capas de la Formación Eagle Ford en el área de estudio, entre otros elementos reportados por González-Partida (2008).

La presencia de laminación paralela fina en algunas capas, la existencia de peces fósiles bien preservados así como la presencia de framboides en óxidos de hierro (lo que indica la presencia pirita sedimentaria primaria), sugiere que condiciones con concentraciones deficientes de oxígeno prevalecieron durante la acumulación de estas capas (Blanco-Piñón et al., 2013a). Sin embargo, dichas condiciones no fueron estables siendo interrumpidas de forma intermitente por condiciones de oxigenación alta, lo cual se ve evidenciado por la presencia de marga no laminada con paleobiota bentónica y bioturbación.

Oschmann (1991) propone una zonificación en la columna de agua con base en la concentración de O_2 disuelto en la columna de agua en un ambiente de depósito determinado (Figura 53). La zona anaerobia (anóxica), presenta una concentración de O_2 menor de 0.1ml/l y se caracteriza por presentar laminación fina paralela, pirita y ausencia de bentos. La zona disaeróbica (disóxica), presenta una concentración que varía entre 0.1 y 1.0 ml/l y se caracteriza por presentar sedimentos ligeramente laminados con pobre diversidad y cantidad de fauna bentónica. Por último, la zona aeróbica (óxica) presenta concentraciones mayores a 1ml/l, con diversidad alta de fauna bentónica en sedimentos claros sin laminación.

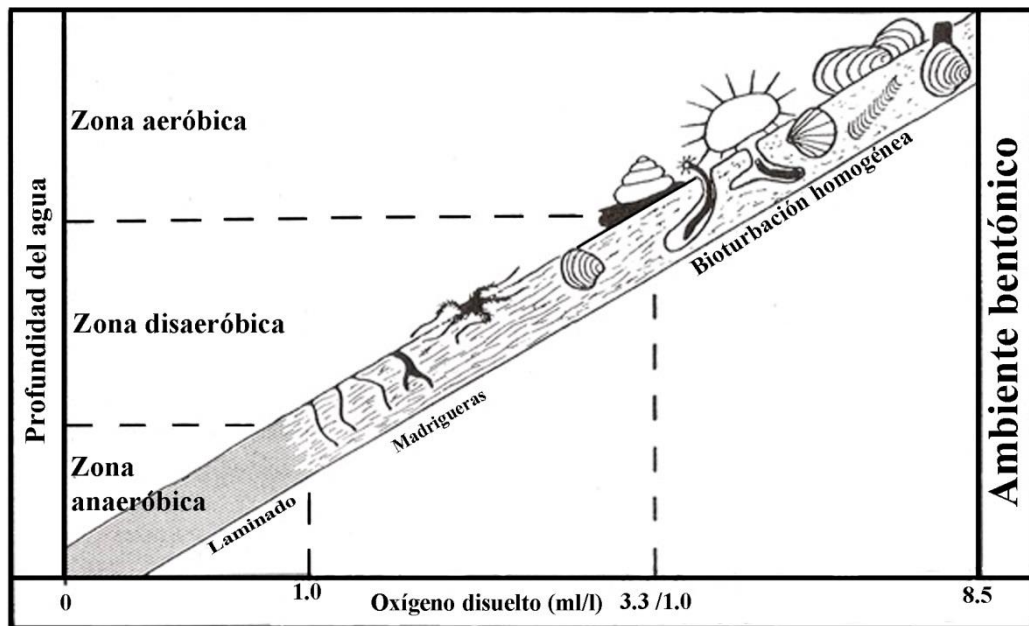


Figura 53 Zonificación dentro de la columna de agua basada en la concentración de oxígeno disuelto (modificada de Oschman, 1991).

Con base a lo anterior, es posible que condiciones óxicas y deficientes de oxígeno en la columna de agua hayan estado alternando de forma intermitente en el área

de estudio durante la acumulación de la Formación Eagle Ford. Durante los eventos de mayor oxigenación, se dio el establecimiento de fauna bentónica y bioturbadores del sedimento, borrando evidencias texturales como la laminación, mientras que durante los eventos deficientes de oxígeno, la presencia de bioturbadores y biota bentónica fue inhibida, lo que permitió la preservación de texturas laminares, así como la preservación de excelente fauna fósil reportada por Blanco et al. 2005; Blanco et al., 2006; Alvarado-Ortega y Blanco-Piñón 2006 entre otros autores. Sin embargo, la presencia de biota neotónica y planctónica en las capas laminadas indican que, pese a la existencia de condiciones deficientes de oxígeno en el fondo marino, al menos en la zona de interfase de sedimento y columna de agua, condiciones bien oxigenadas fueron establecidas en la columna de agua, al menos en la zona eufótica.

Por otro lado, Savdra y Botjer (1987) proponen una zona adicional a las anteriores, conocida como zona exaeróbica, la cual se caracteriza por la asociación simbiótica de bacterias sulforeductoras con ciertos bivalvos en la transición anaeróbica disaeróbica. Esto podría explicar la presencia de bivalvos inocerámidos en las margas laminadas de la Formación Eagle Ford en el área de estudio. Es conocido que bivalvos inocerámicos presentan una relación simbiótica con bacterias quimiosintéticas que les permiten establecerse a condiciones deficientes de oxígeno (Blanco 2003), por lo que la presencia de *Inoceramus labiatus* en capas laminadas y aparentemente anóxicas es consistente con lo reportado por Savdra y Botjer (1987).

La presencia de capas anaranjadas de limolitas con bioturbación planar, indican una proximidad a una fuente de aporte de material continental, como por ejemplo un delta bajo condiciones regulares de oxígeno. Además de la biota reportada, se han

rescatado de las canteras estudiadas fragmentos de tallos de plantas continentales no determinadas (Porrás-Múzquiz, comunicación personal), lo que refuerza la hipótesis del aporte continental. Sin embargo, más evidencias deben ser obtenidas para colaborar esta hipótesis.

En cuanto al contenido paleontológico y edad de las capas de la Formación Eagle Ford en las áreas estudiadas, diversas formas de foraminíferos planctónicos, y la presencia de bivalvos inocerámidos permiten ubicar a esta unidad dentro de Turoniano tentativamente. Por una parte, la presencia de los géneros de foraminíferos planctónicos como *Dicarinella* sp., *Whiteinella* sp., *Marginotruncana* sp., *Globotruncana* sp., son comunes en pisos del Cretácico superior y todas ellas están reportadas en el Turoniano (Bolli et al. 1985). Sin embargo, más significativa es la presencia del género *Helvetoglobotruncana*, cuyo alcance estratigráfico es conocido específicamente para el Turoniano (Bolli et al. 1985). La presencia de las características como la apertura umbilical-extraumbilical, presencia de cuatro a siete cámaras espirales, ombligo con un diámetro máximo de 1/3 aproximadamente, forma de la testa trocospiral baja, que resulta en una forma plano-convexo. Presenta además una quilla periférica a lo largo de la espiral final, estas características han permitido asignar de forma tentativa a algunos ejemplares tanto de la cantera de la Mula como de los Temporales a *Helvetoglobotruncana helvetica*, lo que permite asignar a la Formación Eagle Ford en el área estudiada al Turoniano Inferior-Medio, es decir, entre 93.29 y 91.31 millones de años de acuerdo a Sari (2006). Este rango de edad es coincidente con la presencia del bivalvo *Inoceramus labiatus* en diversas partes de las secciones estudiadas, la cual de acuerdo a Walaszczyk (1992), presenta un alcance estratigráfico de Turoniano Inferior a

Medio. Sin embargo, un estudio bioestratigráfico de alta resolución es necesario para precisar la edad de la Formación Eagle Ford en las cercanías de Múzquiz.

Basado en esta información, es posible asociar la posible relación o no con eventos de anoxia oceánica, en particular el OAE 2, con las capas de la Formación Eagle Ford en las cercanías de Múzquiz, Coahuila. Este evento ha sido ampliamente estudiado en varias partes del mundo. Se conocen sedimentos asociados al OAE 2 en el Cenomaniano de Venezuela; C/T de España, Italia, Marruecos y el Mar Interior del Oeste de los Estados Unidos; del Turoniano de Suiza, Túnez, Nigeria e Inglaterra (Jenkyns, 1980); entre otras. Grandstein et al. (1999) sitúa al OAE 2 ó evento Bonarelli sobre el límite Cenomaniano/Turoniano, específicamente en la biozona de *Whiteninella archaeocretacea*, hace aproximadamente 93.9 millones de años. La presencia del Evento de Anoxia Oceánica ha sido documentado en diferentes litologías de varias localidades de México, tales como la Formación Agua Nueva en Vallecillo, Nuevo León (Blanco et al., 2006), diversos afloramientos en Xilitla San Luis Potosí (Blanco-Piñón et al., 2006; 2008, 2009; 2011, 2013, 2014 en prensa) así como en la Formación Mexcala en la localidad de Taxco, Guerrero (Meléndez-Paniagua, 2013).

En cuanto a la Formación Eagle Ford en Múzquiz, Coahuila, Blanco et al. 2006 sugiere en un reporte preliminar presentado en la Sociedad Geológica Americana, que las capas fosilíferas de esta unidad litológica en esta localidad podrían estar formadas como consecuencia del OAE 2. Aunque la presencia de capas ricas en materia orgánica no ha sido reportada en estas capas y hasta la fecha no existe alguna evidencia geoquímica que sugiera una relación entre las capas estudiadas y Eventos de Anoxia Oceánica Global, la presencia de *Helvetoblobo truncana helvética* permite asignar a las

secciones estudiadas a la biozona del mismo nombre (biozona de *Helvetoblobo truncana helvética* del Turoniano Inferior-Medio), la cual está situada por encima de la biozona de *Whiteninella archaeocretacea*, en la cual se reporta este evento. Por lo tanto, hasta la fecha y basado en los presentes datos, es posible argumentar que la génesis de las margas fosilíferas de la Formación Eagle Ford en la localidad de Múzquiz, Coahuila, no está relacionada al menos con el OAE 2, por lo que las causas del establecimiento de condiciones deficientes de oxígenos en esta formación debe estar asociado a fenómenos planetarios posteriores a este evento.

10.2. Conclusión

1.-Las secciones estudiadas de la Formación Eagle Ford consisten en capas decimétricas de marga color crema laminada alternando con marga crema no laminada depositadas en ambiente marino de plataforma. La presencia capas centimétricas e limo color anaranjado y paleobiota como restos de plantas sugieren un aporte continental, lo que posiciona el ambiente de depósito a plataforma interna.

2.-La alternancia de marga con laminación paralela a escala milimétrica y marga no laminada con bioturbación indica la alternancia de condiciones óxicas y anóxicas en el ambiente de depósito.

3.-La presencia de óxidos de hierro con estructura cristalina y framboidal, sugiere que éste es consecuencia de oxidación de pirita sedimentaria por procesos diagenéticos o hidrotermales del Terciario. Esto se ve respaldado por la presencia de fluorita y otros minerales asociados a hidrotermalismo.

4.-La presencia del foraminifero planctónico *Helvetoglobotruncana helvetica* permite asignar a las secciones estudiadas de la Formación Eagle Ford a la biozona de *Helvetoglobotruncana helvetica* , del Turoniano Inferior a Medio, lo cual es consistente con la presencia del bivalvo *Inoceramis labiatus*, del Turoniano Inferior a Medio. Dado que el OAE 2 reportado mundialmente corresponde a la biozona de *Whiteinella archaeocretacea* del límite Cenomaniano Superior/Turoniano Inferior, las condiciones de anóxia determinadas en las capas de la Formación Eagle Ford no fueron coetáneas al OAE 2 o Evento Bonarelli.

11. BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO-ORTEGA, J., BLANCO-PIÑÓN, A, PORRAS-MÚZQUIZ, H. G. (2006). Primer registro de *Saurodon* (Teleostei: Ichthyodectiformes) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Vol 23. No.1. 107-112.
- BELLIER J. P., MATHIEU R., GRANIER B. 2010. Short Teatrise on Foraminiferology (Essential on modern and Fossil Foraminifera). Manuscript on line since 1st, July 2010.
- BOLLI H., SAUNDERS J., PERCH-NIELSEN K. (1985). *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press.
- BLANCO, A. (2001). Late Cretaceous (Turonian) Fish Assemblage from Vallecillo, northeastern Mexico. *Colloque sur le Cénomanién*. Rouen, France. 20-21 October.
- BLANCO, A. (2003). Lithographic marls from Vallecillo, N.L. Mexico: Agua Nueva Formation or a new lithologic unit? *GSA Abstracts with Programs* Vol.35, No. 6.
- BLANCO, A. Y FREY, E. (2001a). A new Ichthyodectoidei from the Agua Nueva Formation (Late Cretaceous), Vallecillo, NE. Mexico. III International Meeting on Mesozoic Fishes-Systematics, Paleoenvironments and Biodiversity. Serpiano-Monte San Giorgio (TI-CH). 26 – 31 August.
- BLANCO, A. & FREY, E. (2001b). First occurrence of *Nursallia* (Pycnodontoidei) in the marine sediments of the Agua Nueva Formation (Turonian), Vallecillo, NE Mexico and its significance. III International Meeting on

Mesozoic Fishes-Systematics, Paleoenvironments and Biodiversity.
Serpiano-Monte San Giorgio (TI-CH). 26 – 31 August.

BLANCO, A. & CAVIN, L. (2003). New Teleostei from the Agua Nueva Formation (Turonian), Vallecillo (NE Mexico). *Comp. Rend. Palevol* 2: 299-306.

BLANCO, A. & ALVARADO-ORTEGA, J. (2006). *Rhynchodercetis regio* sp. nov. A dercetid fish (Teleostei:Aulopiformes) from Vallecillo, Nuevo León State, Northeastern Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*. Vol. 26, No.3 :552-558.

BLANCO, A., FREY, E. & STINNESBECK, W. (2000a). Eine neue Wirbeltierfauna von Vallecillo, N.L. “Fossilagerstätten” in der Oberkreide NO-Mexikos. 5th. European Workshop on Vertebrate Paleontology. Karlsruhe, 27.06 – 01.07.

BLANCO, A., STINNESBECK, W. & FREY, E. (2000b). Peces fósiles de Vallecillo, Nuevo León: nuevo “Fossil-Lagerstätten” del Noreste de México. 17. Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium. Stuttgart. 11 –13 Oktober.

BLANCO, A., SHIMADA, K., & GONZALEZ-BARBA, (2005). Lamnoid vertebrae from the Agua Nueva Formation (Upper Cretaceous: Lower Turonian), Northeastern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 2 (1): 19-23.

BLANCO, A., STINNESBECK, W., LÓPEZ-OLIVA, J. G., FREY, E., ADATTE, T., GONZÁLEZ, A. H. (2001). “Vallecillo, Nuevo León: un nuevo yacimiento fosilífero del Cretácico tardío en el Noreste de México”. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 18 (2):186-199. México.

- BLANCO-PIÑÓN, A. (1998). Vallecillo, Nuevo León: yacimiento fosilífero del Noreste de México. Tesis-Maestría. Facultad de Ciencias de la Tierra (UANL), Linares: 1-148.
- BLANCO-PIÑÓN, A. (2002). Primer registro de *Araripichthys* Silva Santos 1985 (Teleostei: Araripichthyidae) en sedimentos cretácicos (Turoniano) del noreste de México. VIII Congreso Nacional de Paleontología. Guadalajara, México: 43.
- BLANCO-PIÑÓN, A. (2003). Peces fósiles de la Formación Agua Nueva (Turoniano) en el Municipio de Vallecillo, Nuevo León, NE-México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias de la Tierra (UANL), Linares: 1-345.
- BLANCO-PIÑÓN, A. (2004). First Mexican record of *Rhynchodercetis* Aulopiformes: Dercetidae) from the Turonian of Vallecillo, NE Mexico. IX Congreso Nacional de Paleontología. Tuxtla Gutierrez, México. Octubre 2004. p.22.
- BLANCO-PIÑÓN, A., AND ALVARADO-ORTEGA, J. (2005a). New Dercetid Fish (Alopiformes: Teleostei) from the Early Turonian of Vallecillo, NE Mexico. Fourth Internacional Meeting on Mesozoic Fishes-Systematics, Homology, and Nomenclature. Miraflores de la Sierra, Madrid, Spain, August 8th-14th, 2005: 43-46.
- BLANCO-PIÑÓN, A., AND ALVARADO-ORTEGA, J. (2005b). Fishes from La Mula Quarries, a new Late Cretaceous locality from the vicinity of Muzquiz, Coahuila, NE Mexico. Fourth Internacional Meeting on Mesozoic Fishes-Systematics, Homology, and Nomenclature. Miraflores de la Sierra, Madrid, Spain, August 8th-14th, 2005: 37-41.

- BLANCO-PIÑÓN, A., FREY, E., STINNESBECK, W. & LÓPEZ-OLIVA, J. G. (2002).
“Late Cretaceous (Turonian) fish assemblage from Vallecillo, Northeastern
México. Neues Jahrsrbuch für Geologie und Paläontologie. 225 (1): 39-54.
Stuttgart.
- BLANCO-PIÑÓN, A., ALVARADO-ORTEGA, J. & PORRAS-MÚZQUIZ, H. (2004a). A
new fish assemblage from Upper Cretaceous Múzquiz Lagerstätte,
Coahuila, NE Mexico. IV Reunión Nacional en Ciencias de la Tierra.
Juriquilla, México: Octubre-Noviembre.p. 114.
- BLANCO-PIÑÓN, A., GARIBAY-ROMERO, L.M. & ALVARADO-ORTEGA, J. (EN
PRENSA). The oldest stratigraphic record of the Late Cretaceous shark,
Ptychodus mortoni Agassiz, from Vallecillo, Nuevo León, northeastern
Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.
- BLANCO-PIÑÓN, A., PORRAS-MÚZQUIZ, H., VEGA-VERA, F., GONZÁLEZ-
RODRÍGUEZ, K. A. & ALVARADO-ORTEGA, J. (2004b). Múzquiz, Coahuila:
a new fossiliferous locality, northeastern Mexico. IX Congreso Nacional de
Paleontología. Tuxtla Gutierrez, México. Octubre. p.23.
- BLANCO A., DUQUE-BOTERO, F., ALVARADO-ORTEGA, J. 2006. Lower
Turonian Fossil-Lagerstätten in Mexico: their relationship to OAE2.
Geological Society of America. Abstracts with programs. 38(7):148.
- BLANCO-PIÑÓN, A., MAURRASSE, F. J-M.R., DUQUE-BOTERO, F. 2008.
Cyanobacteria/Foraminifera association from anoxic/disoxic beds of the
Agua Nueva Formation (Upper Cretaceous-Cenomanian/Turonian) at
Xilitla, San Luis Potosí, Central, Mexico. Abstract pp 24^a-04.

- BLANCO A, MAURRASSE, F., DUQUE-BOTERO, F., DELGADO-ANGELES,A. 2011. Anoxic-dysoxic-oxic conditions in the Cenomanian Agua Nueva Formation (Upper Cretaceous) in Central Mexico, and their relation to Oceanic Anoxic Event 2 (OAE2). GSA Abstracts with Programs 43C5).
- BLANCO-PIÑÓN, A., MAURRASSE, F., J-M-R, AMBROCIO-CRUZ, S.P., DELGADO-ANGELES, A. 2013B. Eventos de Anoxia Oceánica en la Formación Agua Nueva (Cenomaniano/Turoniano: Cretácico Superior) en México Central. Memorias del VI Encuentro de Investigaciones del Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 19-28 p.
- BLANCO, A., BOLAÑOS-SÁNCHEZ, U., LIZÁRRAGA-MENDIOLA, L., HERNANDEZ-ÁVILA, J., ANGELES TRIGUEROS, J., AMBROCIO-CRUZ, S.P., GONZÁLEZ-SANDOVAL, M.R, 2013^a. Microscopic evidences of replacement of iron sulfide by oxide macro fossils: a use full tool for the search of life in Mars. Lunar and Planetary Science Conference 2956.
- BRETT, C. E. & SEILACHER, A. (1991). Fossil-Lagerstätten: a taphonomic consequence of event sedimentation. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 508-523.
- BROOKS F., MESSINA A., CHARMATZ R. AND RONAI L. 1968. Catalogue of Index Smaller Foraminifera. Vol. 1 Cretaceous Planktonic and Paleozoic Foraminifera.

- CAVIN, L. (1997). Les Actinopterygiens du Turonien de Goulmima (Maroc) et L'évolution des Ichthyofaunes actinopterygiennes entre le Jurassique Supérieur et le Paléocène. These de Doctorat de L'Université Paris 6. Paris: p.218.
- COMPTON R. 1983. Geología de Campo. 1ra. Edición. Español. Editorial Pax-México, México. Pp. 27- 63.
- CUSHMAN J.A. 1995. Foraminifera. Their Classification and Economic Use. Harvard University Press. U.S.A.
- DE BOER, P.L. (1991). Pelagic black shale-carbonate rhythms: orbital forcing and oceanographic response. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 63-78.
- DOMINGUEZ GARCIA. 2007. Estudio Bioestratigráfico del Cretácico Superior (Santoniano Tardío-Campaniano Temprano) en localidades de los Arroyos El Freno y Tecolote, Jiménez, Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. FCB, UANL.
- DUNHAM, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Classification of Carbonate Rocks. American Association of Petroleum Geologists, Mem. 1. Pp. 108-121.
- EICHER, D. L. & DINER, R. (1991). Environmental factors controlling Cretaceous Limestone-Marlstone rhythms. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 79-93.

- EINSELE, G. & RICKEN, W. (1991). Limestone-marl alternation- an overview. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A . Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 23-47.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1995). Taphonomie et Interprétation des paléoenvironments. *Geobios*, M. S. 18: 137-154.
- FOLK, R. L. 1984. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company Austin, Texas 78703. Pp. 1-190.
- FLORES HERRERA. 1995. Estudios Bioestratigráficos y de Microfacies del Cretácico de la parte Norte del Cañón La Boca, Santiago, Nuevo León, México. Tesis de Licenciatura. FCB, UANL.
- FLÜGUEL, E. 1982. Microfacies analysis of limestones: Heidelberg, Springer-Verlag, Berlin.
- FLÜGUEL, E. 2004. Microfacies of carbonate rocks. Editorial Springer.
- FREGENAL-MARTÍNEZ M.& MELÉNDEZ, N. (1993). Sedimentología y evolución paleogeográfica de la cubeta de Las Hoyas (Cretácico Inferior, Serranía de Cuenca). *Cuad. Geol. Iberica* 17: 231-256.
- FREGENAL-MARTÍNEZ M.& MELÉNDEZ, N. (1995a). Chapter 2: Geological Setting-Lithographic limestones of El Montsec (Lleida Province). In: MARTÍNEZ-DELCLÓS, X. Alcover, two Konservat-Lagerstätten. Catalonia. Spain. Field trip guide book. International Symposium on Lithographic Limestones. Edición Universidad Complutense de Madrid, Madrid: 12-24.
- FREGENAL-MARTÍNEZ M. & MELÉNDEZ, N. (1995b). Chapter 1. Geology: Stratigraphy, basin evolution and geochemistry. In: Meléndez, N. Las

Hoyas: A lacustrine Konservat-Lagerstätte. Cuenca, Spain, Field trip guide book. II International Symposium on Lithographic Limestones: 43-50.

GAMPER, M. A. 1977. Estratigrafía y Microfacies Cretácicas del Anticlinorio Huizachal- Peregrina (Sierra Madre Oriental). Sociedad Geológica Mexicana.

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, K. A. AND S. P. APPLGATE. (2000). Muhi quarry, a new Cretaceous fish locality in Central Mexico. Journal of Vertebrate Paleontology, 60th Annual Meeting, Society of Vertebrate Paleontology, Mexico, pp. 45a.

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, K. A., R. MORENO-TOVAR, AND F. VEGA-VERA, (2000). Zimapán, una nueva localidad cretácica marina en el estado de Hidalgo, México. VII Congreso Nacional de Paleontología y I Simposio Geológico en el noreste de México, México, pp. 35-36.

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, K. A., FIELITZ, C., BRAVO-CUEVAS, V. M. (2004). Los peces Aulopiformes de la Cantera Muhi de Zimapán, Hidalgo. IX Congreso Nacional de Paleontología. Tuxtla Gutierrez, México. Octubre. p.40.

HEMLEBEN, C. (1977). Rote tiden und die oberkretazischen Plattenkalke im Libanon. N. Jb. Geol. Paläont. Mh. H.4: 239-255.

HEMLEBEN, C. & SWINBURME, N. H. M. (1991). Cyclical deposition of the plattenkalk facies. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 572-591.

- MALDONADO-KOERDELL, M. (1956): Peces fósiles de México III. Nota preliminar sobre los peces del Turoniano Superior de Xilitla, San Luis Potosí, México. *Ciencia*, 16(13): 31-35.
- MARKS, P. 1984. Proposal for the recognition of boundaries between Cretaceous stages by means of planktonic foraminiferal biostratigraphy. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, vol. 33, pp. 163-169, Copenhagen, September, 11th, 1984.
- MELLENDEZ B. 1982. Paleontología Tomo I Parte general de los Invertebrados. Tercera Edición. Editorial Paraninfo. Madrid, España.
- MUNSELL A. H. 2009. Geological Rock-Color. Geological Society of America (GSA).
- LOEBLICH JR. A. & TAPPAN H. (1964) Foraminiferal Genera Their Classification. Van Nostrand Reynold, New York, Pp. 7-731.
- LOEBLICH JR., A. R. & TAPPAN, H. (Moore, Raymond C., Editor). 1964. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part C. Protista 2. Sarcodina Chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida. Volume 1 y 2. The Geological Society of America. University of Kansas.
- LÓPEZ RAMOS, E. 1980. Geología de México. Tomo II. Segunda Edición. Impreso en Tesis Resendiz, S.A. México, D. F.
- OSCHMANN, W. (1991). Anaerobic-Poikiloaerobic-Aerobic: a new facies zonation for modern and ancient neritic redox facies. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 565-571.

- PADILLA Y SANCHEZ. 1982. Geologic Evolution of the Sierra Madre Oriental, between Linares, Concepcion el Oro, Saltillo and Monterrey, México. Tesis Doctoral. University of Texas at Austin.
- SÁNCHEZ, B., G., JIMÉNEZ, H. A., CABALLERO M. J.A., 2002, Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera Manuel Benavides, H13-9, Escala 1:250,000 Estados de Coahuila y Chihuahua. Informe técnico, inédito.
- SEILACHER, A. REIF, W.E. & WESTPHAL, F. (1985). Sedimentological, ecological and temporal patterns of *Fossil-Lagerstätten*. Proc. R. Soc. London 311B: 5-23.
- SCHOLLE, P. A., & ULMER-SCHOLLE, D.S., 2003. A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. AAPG Memoir 77, 459 pp. Tulsa, Oklahoma, U.S.A.
- SILVA MARTINEZ, L. E 2005. Equinoideos y Ammonoideos de las Formaciones Tecolote y Dessau (Cretácico Superior) de Jiménez, Coahuila, México. Tesis de Maestría en Ciencias. FCB, UANL.
- TINTORI, A. (1991). Fish taphonomy and Triassic anoxic basins from the Alps: a case history. Riv. It. Paleont. Strati. 97(3-4): 393-408.
- VEGA, F. J., TORREY, N.; ALVARADO-ORTEGA, J., BLANCO, A. 2005. Taphonomy of fish preserved within ammonite chamber from the Upper Cretaceous Austin Group, Coahuila, Mexico. GSA Annual Meeting and Exposition. Salt Lake City, Utah. 16-19 October 2005.

RESUMEN BIBLIOGRÁFICO

Luis Encarnación Silva Martínez

Candidato para el Grado de Doctor en Ciencias

con acentuación en Vida Silvestre y Desarrollo Sustentable.

Tesis: ESTRATIGRAFÍA Y MICROFACIES DE LAS CAPAS DE LA FORMACIÓN EAGLE FORD (CENOMANIANO/TURONIANO) EN EL NORESTE DE MÉXICO: IMPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS Y PALEOGEOGRÁFICAS.

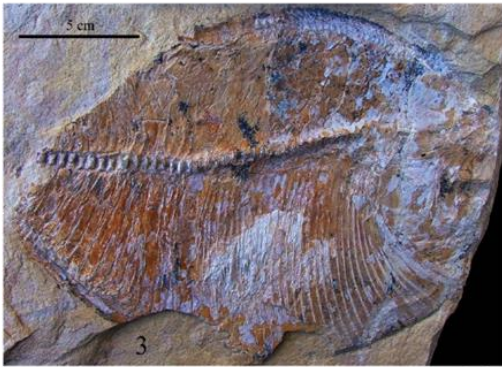
Campo de Estudio: Ciencias de la Tierra (Paleobiología).

Datos Personales: Nacido en Celaya, Guanajuato el 18 de Septiembre de 1955, hijo de Fausto Silva Chavez y Lugarda Martínez Vega.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido de Biólogo en 1984.

Experiencia Profesional: Maestro de Tiempo Completo de la Universidad Autónoma de Nuevo León desde 2007, Responsable del Laboratorio de Paleobiología desde 2004.

ANEXO I: Láminas de la Cantera Los Temporales



LAMINA I

Figura 1. Llegada a la localidad.

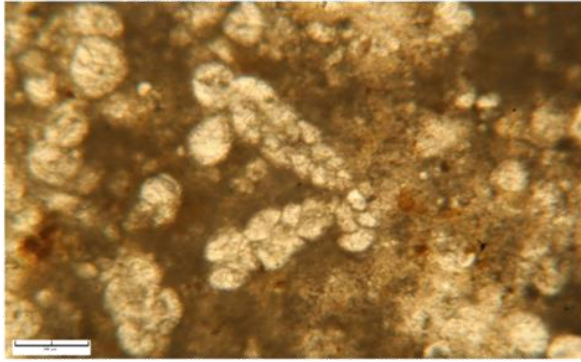
Figura 2. Afloramiento Los Temporales.

Figura 3. Macro fauna asociada, *Nursullia sp.*

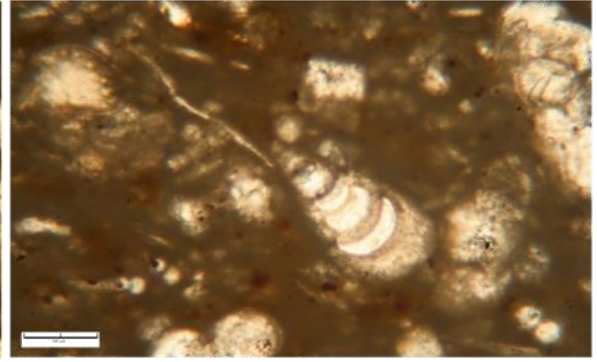
Figura 4. Macro fauna asociada, pez indeterminado.

Figura 5. Macro fauna asociada, *Inoceramus labiatus*.

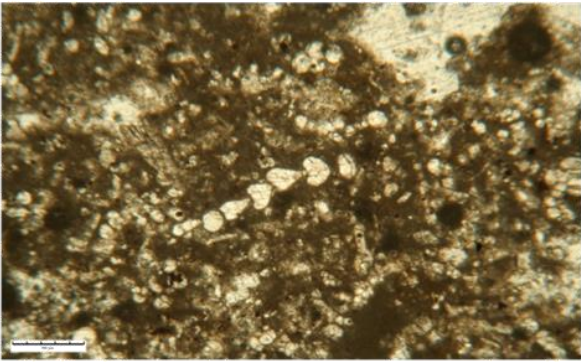
Figura 6. Oxido de hierro.



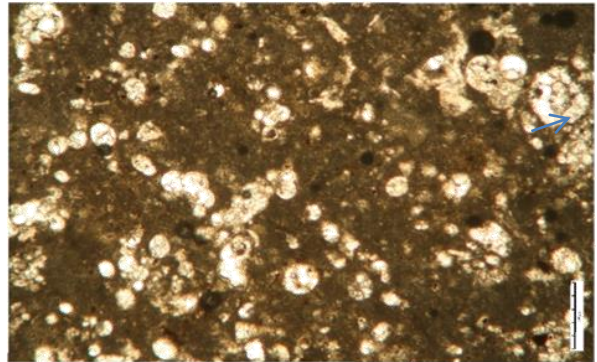
1



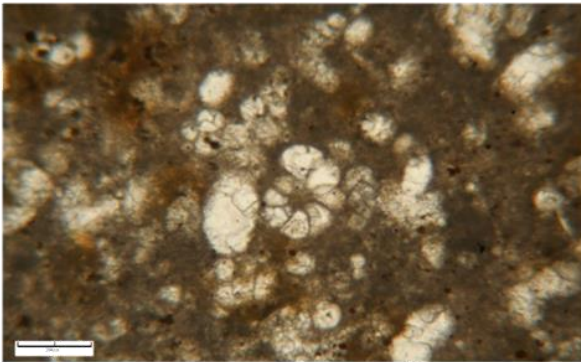
2



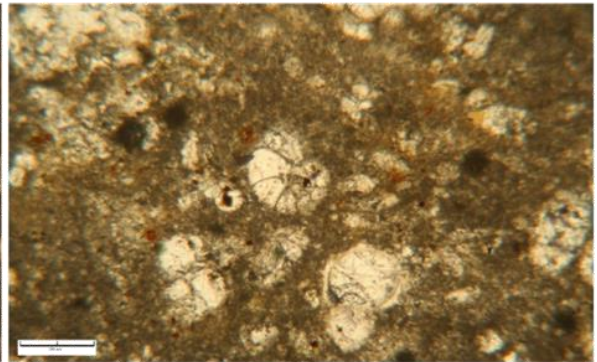
3



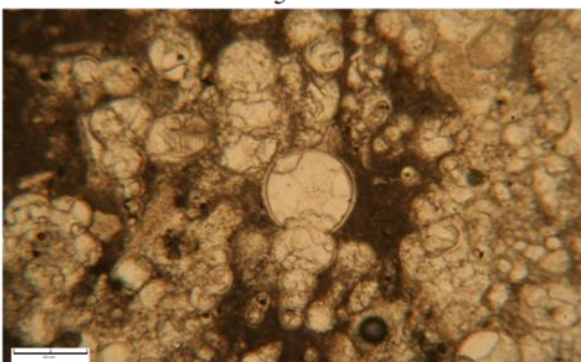
4



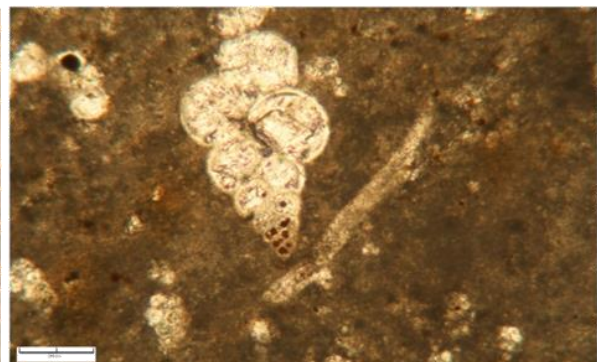
5



6



7



8

LAMINA II

Figura 1. *Spiroplectamina sp* (Cushman, 1927)

Figura 2. *Textularia sp.* (Defrance, Blaneville, 1824)

Figura 3. *Ammobaculites sp.* (Gustschick & Treckman, 1959)

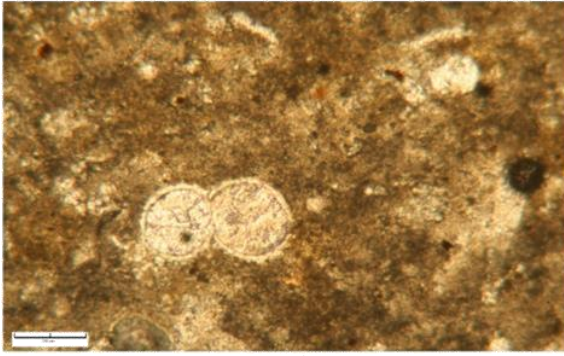
Figura 4. *Lenticulina sp.* (Lamarck, 1804)

Figura 5. *Robulus sp.* (Roemer, 1839)

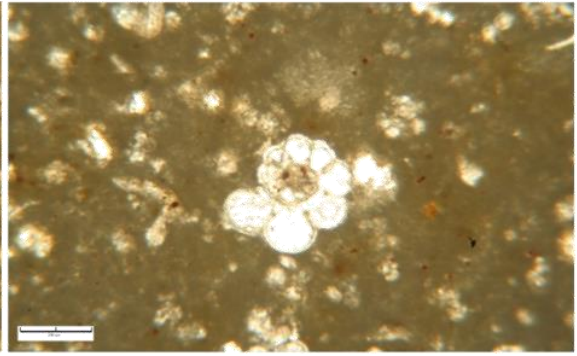
Figura 6. *Planulina sp.*(Cushman, 1940)

Figura 7. *Heterohelix sp.*(Ehrenberg, 1843)

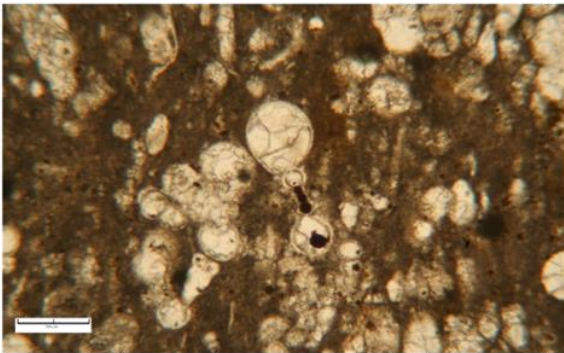
Figura 8. *Heterohelix sp.*(Cushman, 1938)



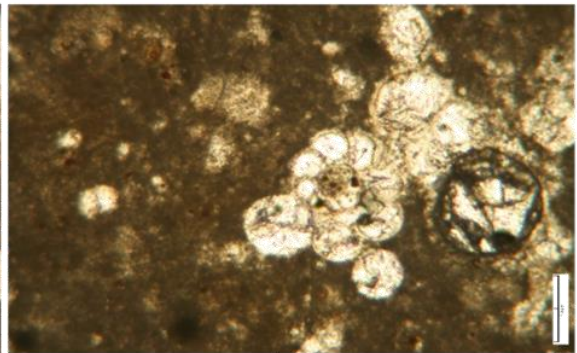
1



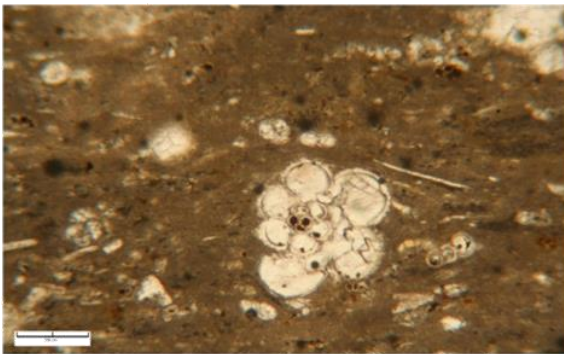
2



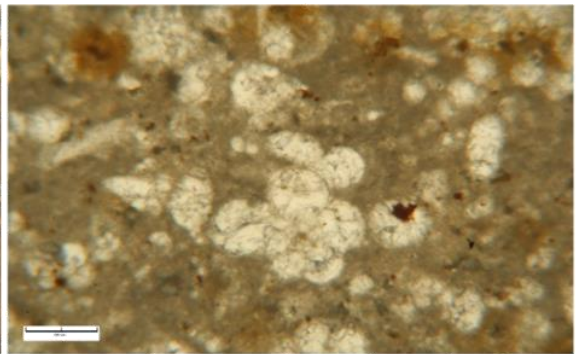
3



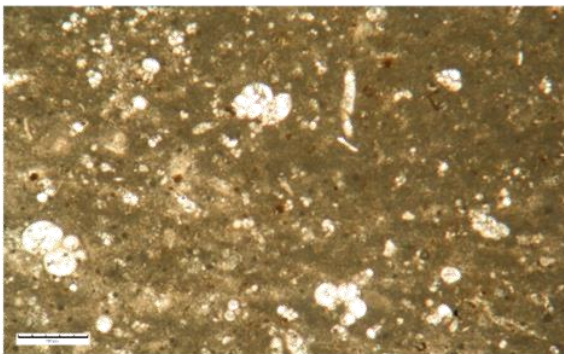
4



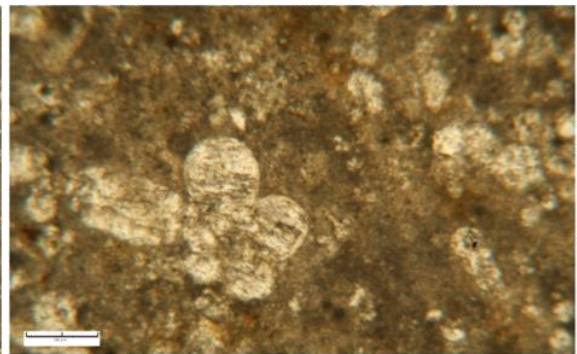
5



6



7



8

LAMINA III

Figura 1. *Heterohelix striata* (Ehrenberg, 1840)

Figura 2. *Globigerinelloides sp* (Cushman & Ten Dam, 1948)

Figura 3. *Globigerinelloides sp* (Cushman & Ten Dam, 1948)

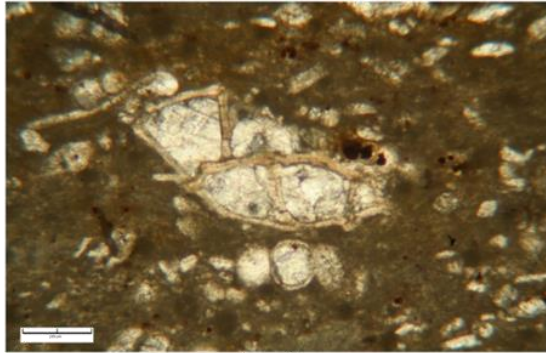
Figura 4. *Hedbergella sp* (Brönnimann & Brow, 1958)

Figura 5. *Hedbergella amabilis* (Brönnimann & Brow, 1968)

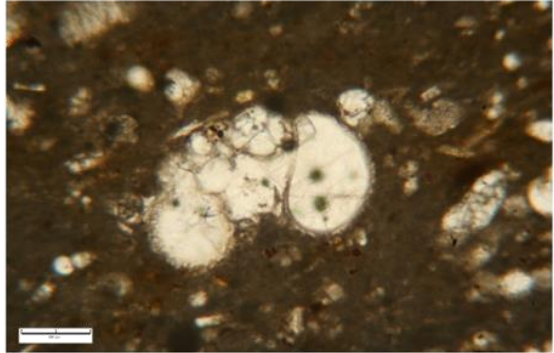
Figura 6. *Hedbergella simplex* (Morrow, 1934)

Figura 7. *Clavihedbergella sp.* (Banner & Blow, 1959)

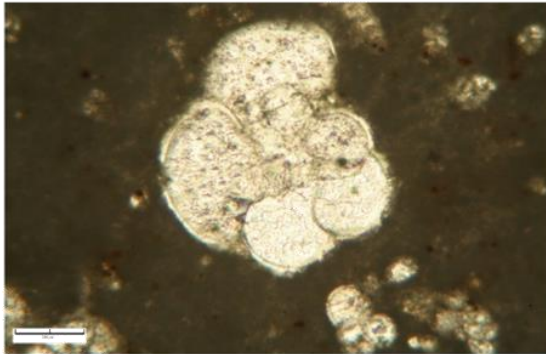
Figura 8. *Clavihedbergella simplex* (Morrow, 1934)



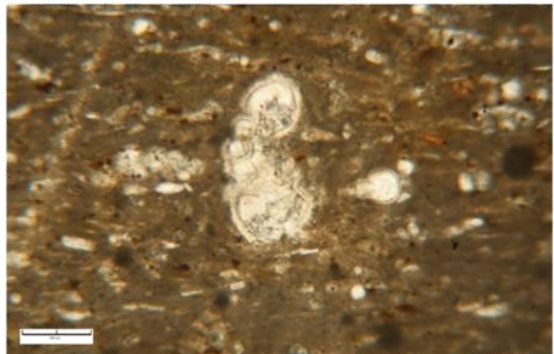
1



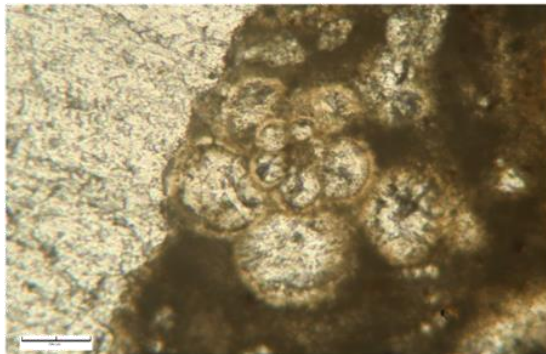
2



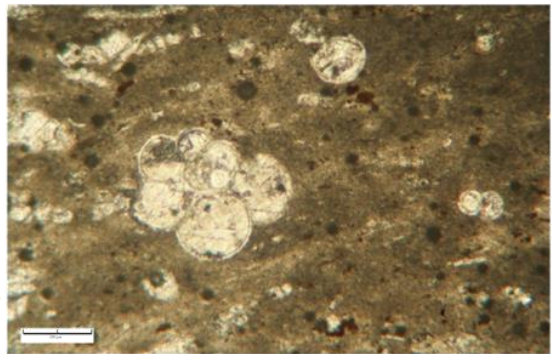
3



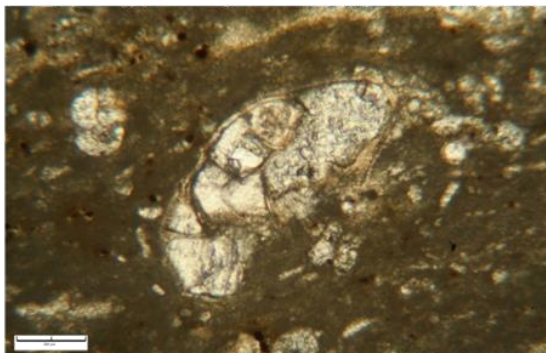
4



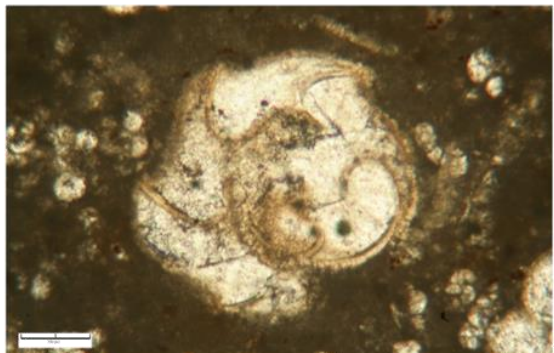
5



6



7



8

LAMINA IV

Figura 1. *Thalmaninella* sp. (Renz, 1936)

Figura 2. *Ticinella* sp. (Gandolfi, 1942)

Figura 3. *Rotalipora* sp. (Brotzen, 1942)

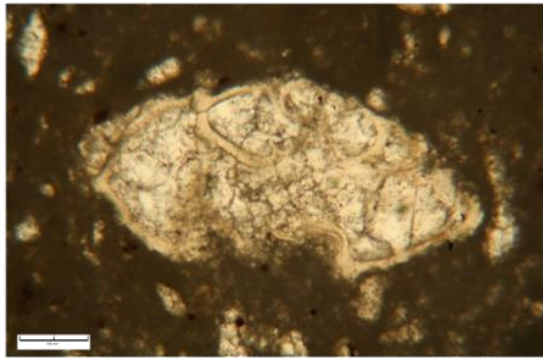
Figura 4. *Archaeoglobigerina* sp. (Pessagno, 1967)

Figura 5. *Archaeoglobigerina* sp. (D'Orbigny, 1840)

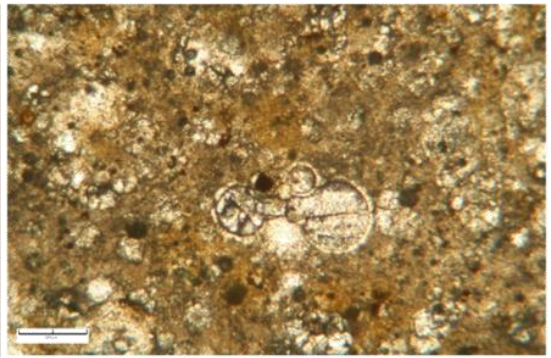
Figura 6. *Archaeoglobigerina* sp. (Pessagno, 1967)

Figura 7. *Globotruncana* sp. (Cushman, 1927)

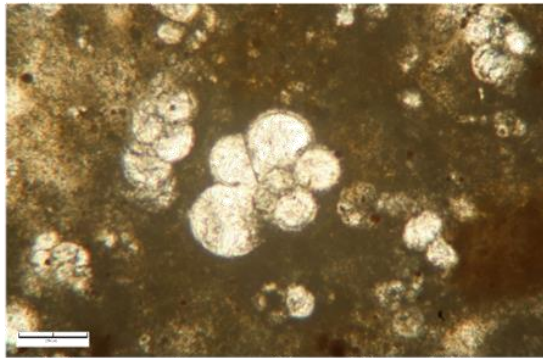
Figura 8. *Globotruncana* sp. (Cushman, 1927)



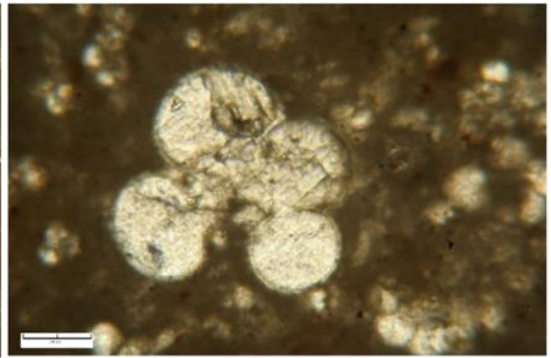
1



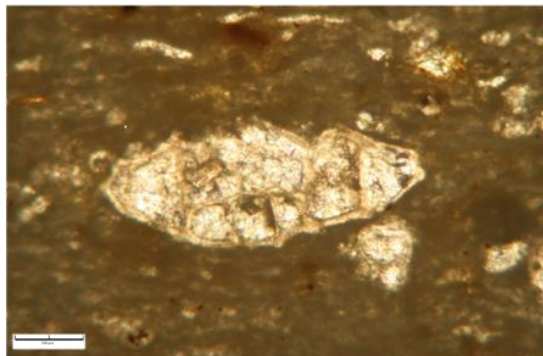
2



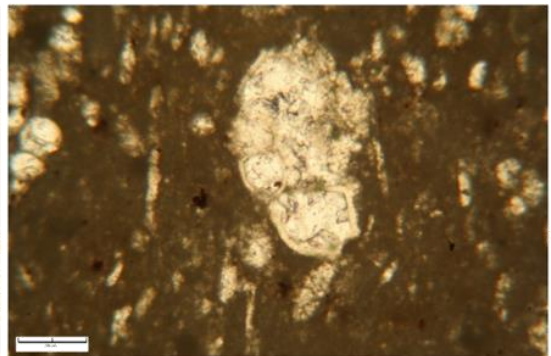
3



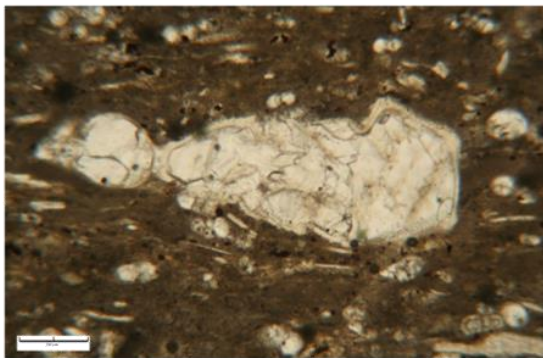
4



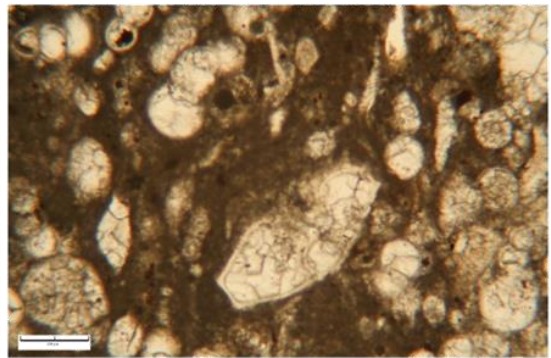
5



6



7



8

LAMINA V

Figura 1. *Globotruncana* (De Laperent, (1918)

Figura 2. *Helvetoglobotruncana sp.*(Loeblich & Tappan, 1980)

Figura 3. *Globotruncanella sp.*(Gandolfi, 1955)

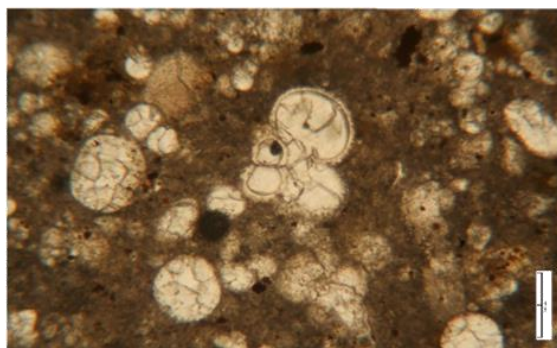
Figura 4. *Marginotruncana sp.* (Hofker, 1956)

Figura 5. *Marginotruncana sp.*(Gandolfi, 1955)

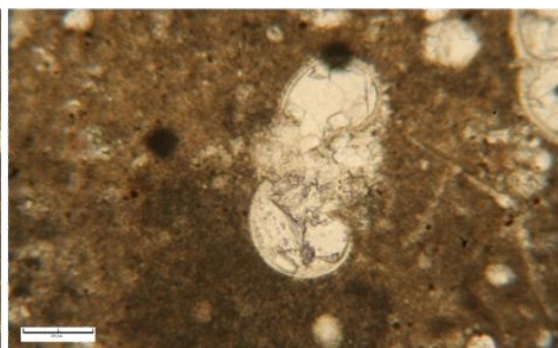
Figura 6. *Dicarinella sp.* (Porthault, 1970)

Figura 7. *Dicarinella sp.*(Dalbiez)

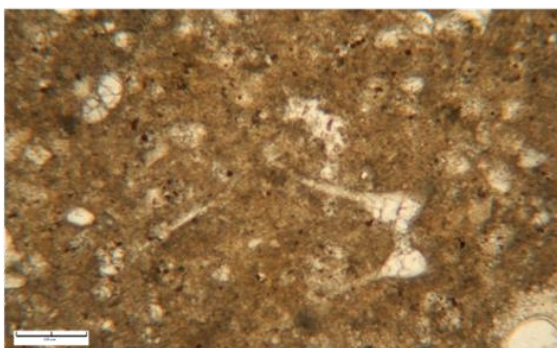
Figura 8. *Dicarinella sp.*(Jacob &Sastry, 1950)



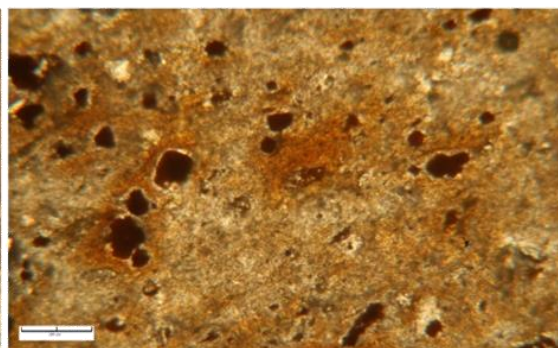
1



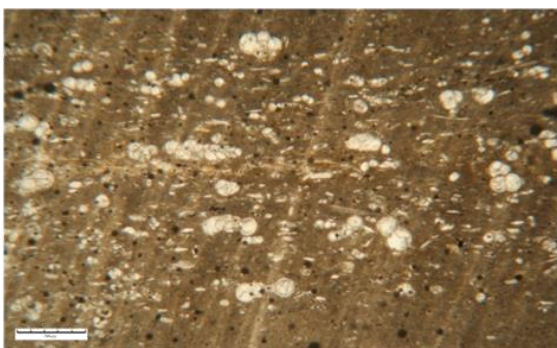
2



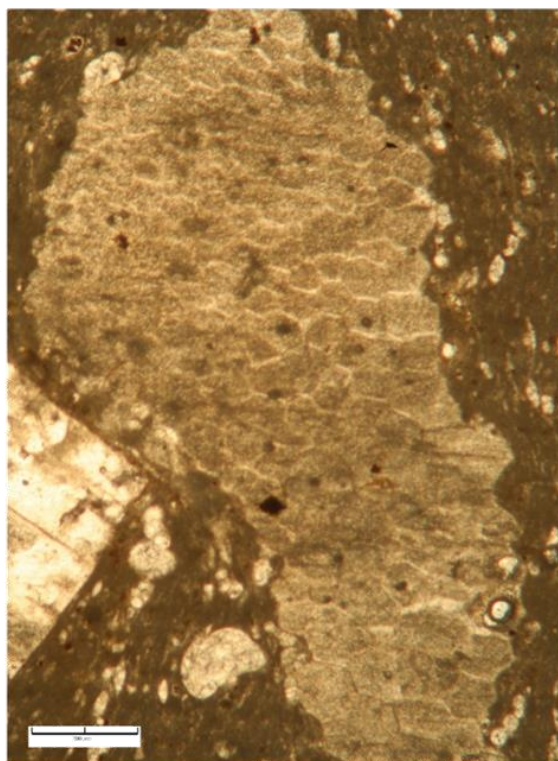
3



4



5



6

LAMINA VI

Figura 1. *Whiteinella* sp. (Pessagno, 1967)

Figura 2. *Whiteinella* sp.(Pessagno ,1967)

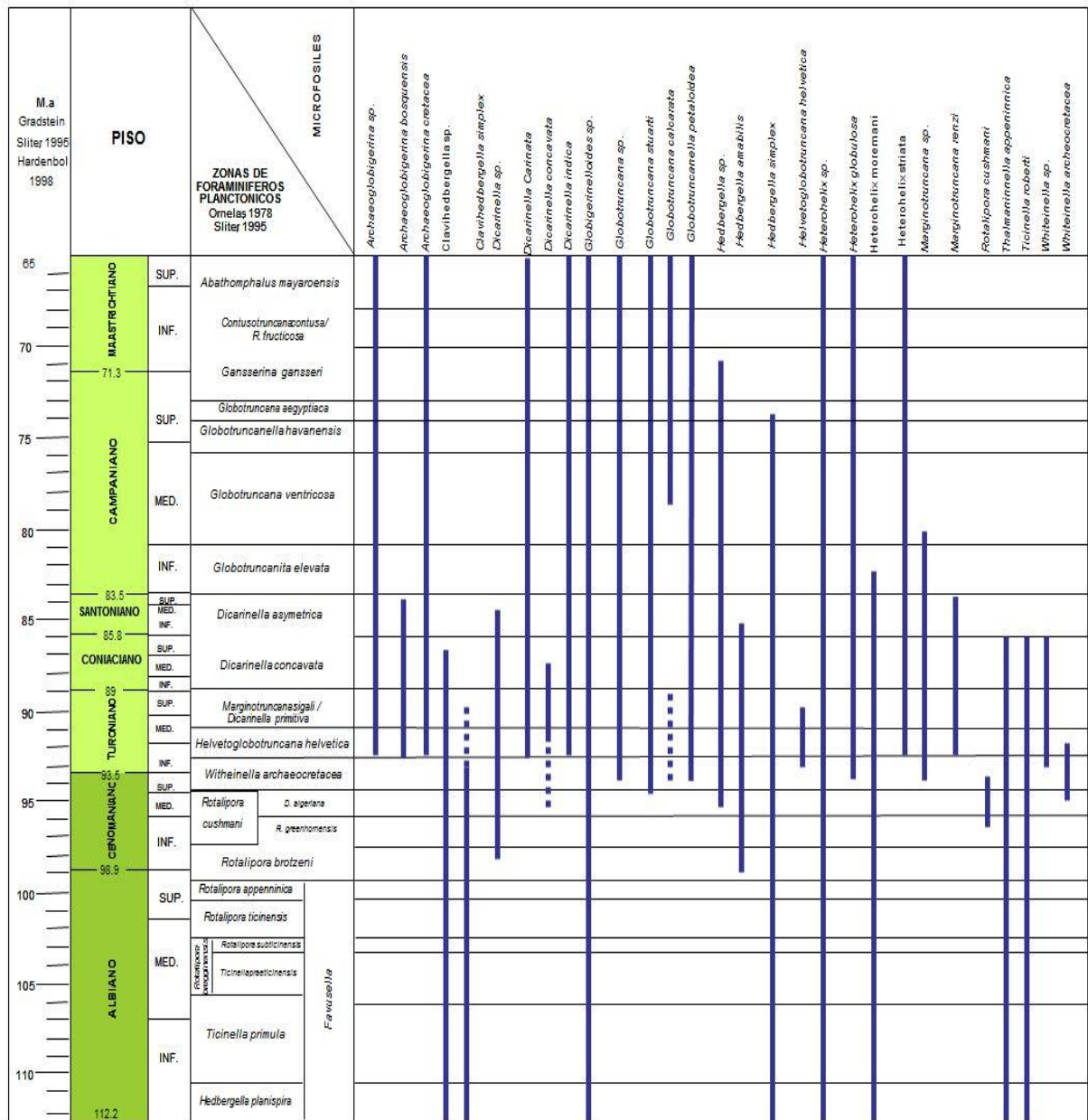
Figura 3. *Schackoina* sp.(Schacko, 1897)

Figura 4. Microfacies: Wackestone

Figura 5. Microfacies wackestone

Figura 6. Recristalizaciones

Tablas de la Cantera Los Temporales



..... En este trabajo.

Basada en la Tabla Cronoestratigráfica: Integración de Bases y Climas del Mesozoico (María Ornelas *et al.* 2001)

Tabla 5. Tabla Cronoestratigráfica de foraminíferos planctónicos en la localidad de estudio.

PERIODO		PISO	FORMACIONES	FORAMINIFERS BENTONICOS		
CRETACICO SUPERIOR		MAESTRICHTIANO	ESCONDIDO OL MOS	<i>Ammobaculites pyriformis</i>		
		CAMPANIANO		SAN MIGUEL UPSON CLAY	<i>Lenticulina sp.</i>	
		SANTONIANO	S	AUSTIN		<i>Planulina austiniana</i>
			C			
		TURONIANO		EAGLE FORD		<i>Robulus munsteri</i>
		CENOMANIANO	S			
			I	BUDA		<i>Spiroplectamina sp.</i>
						<i>Textularia sp.</i>

Basada en Casey (1926), Cushman (1927), Marrow (1934), Cushman y Parker (1936) y Cushman (1940).

En este trabajo

Tabla 6. Cronoestratigráfica de foraminíferos bentónicos de la localidad de estudio.

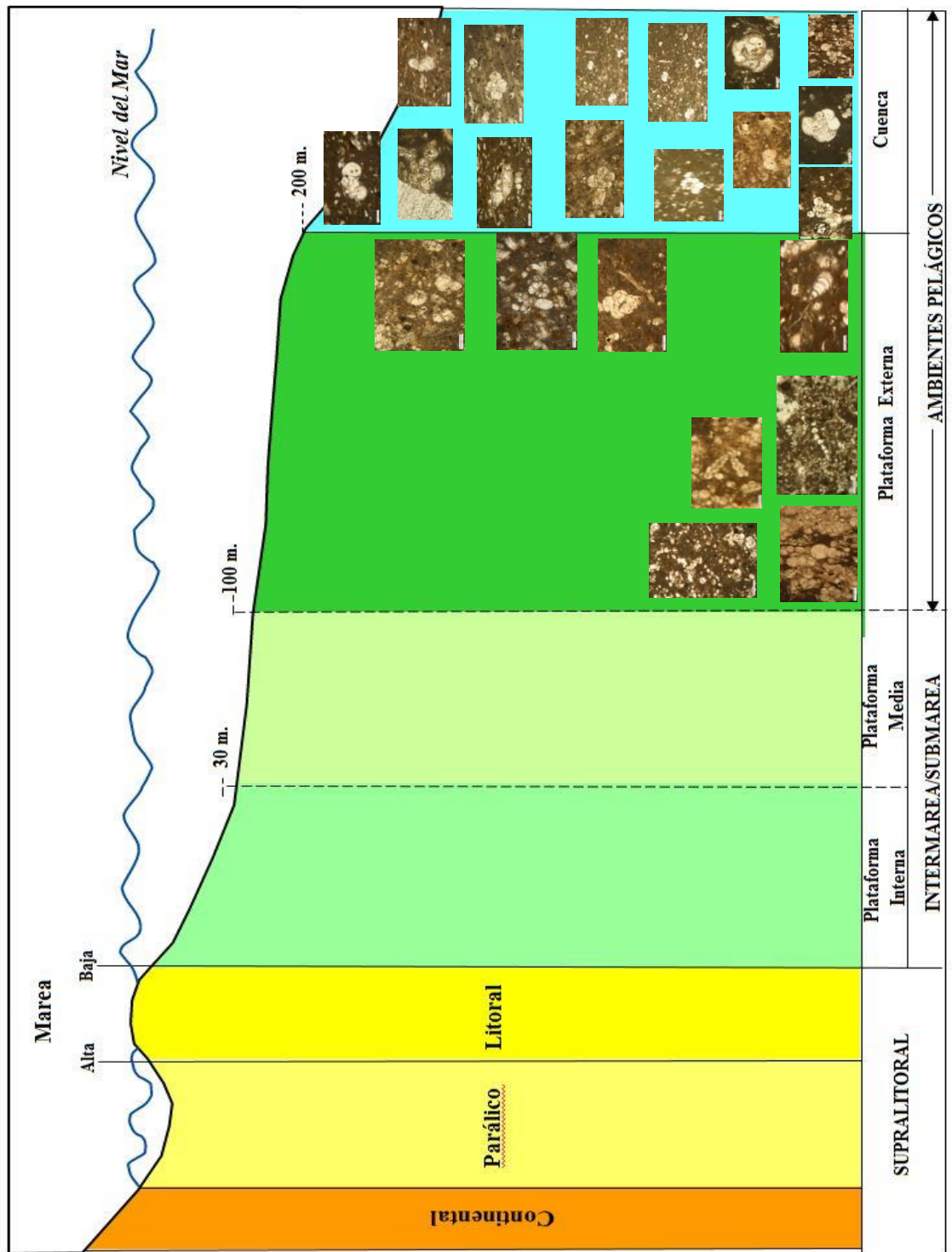


Tabla 8. Perfil Batimétrico.

Cantera La Mula

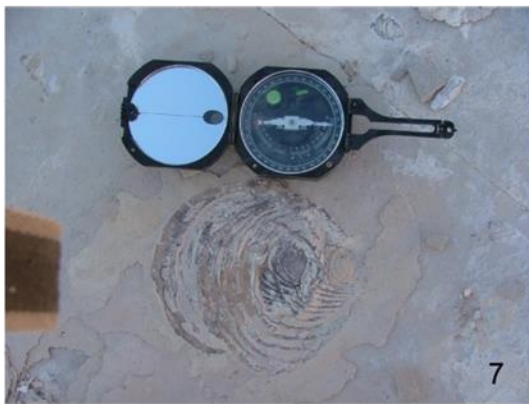


Lámina I

Figura 1. Llegada a la localidad.

Figura 2. Llegada a la localidad.

Figura 3. Afloramiento La Mula.

Figura 4. Afloramiento La Mula.

Figura 5. Afloramiento La Mula.

Figura 6. Macro fauna asociada, bivalvos con diferente orientación.

Figura 7. Macro fauna asociada, bivalvos.

Figura 8. Macro fauna asociada, *Mammites nodosoides*.

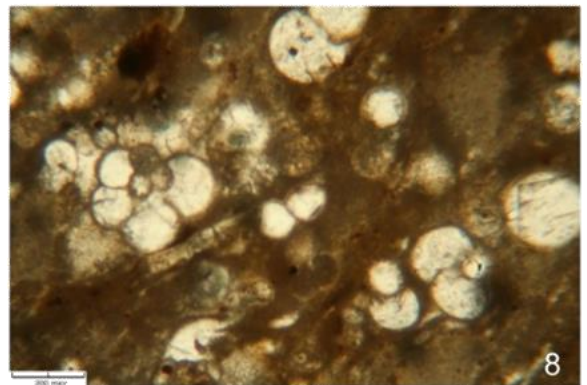
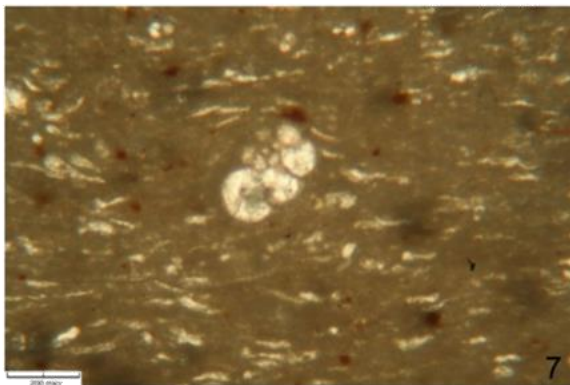
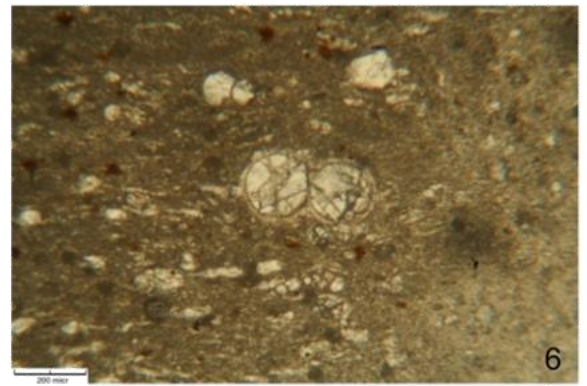
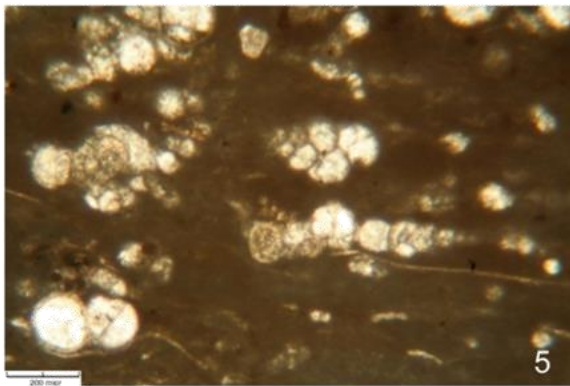
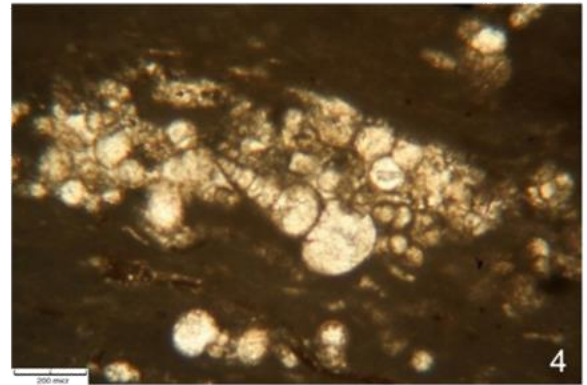
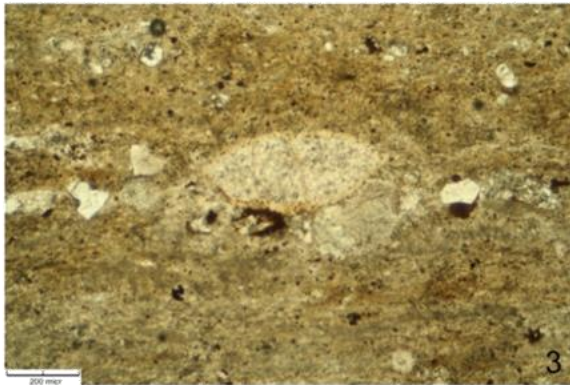
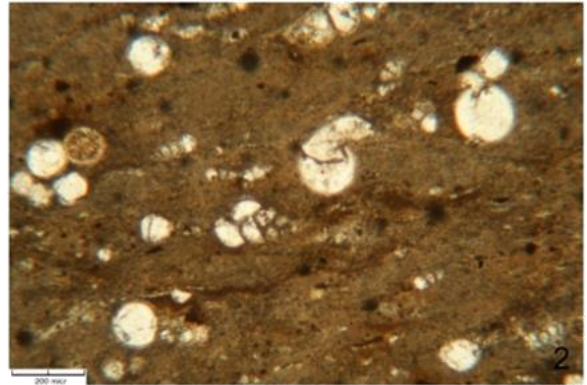
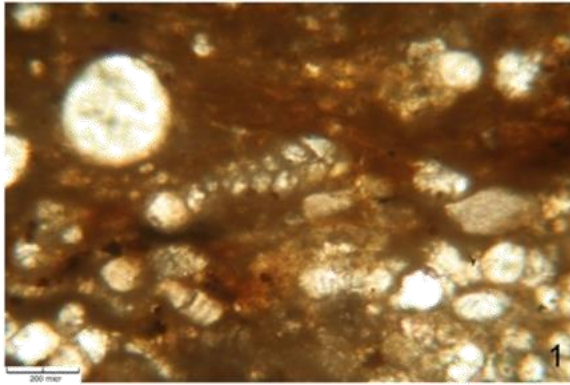


Lámina II

Figura 1 *Spiroplectamina* sp.

Figura 2 *Textularia* sp.

Figura 3 *Lenticulina* sp.

Figura 4 *Heterohelix* sp.

Figura 5 *Heterohelix* sp.

Figura 6 *Heterohelix* sp.

Figura 7 *Globigerinelloides* sp.

Figura 8 *Hedbergella* sp.

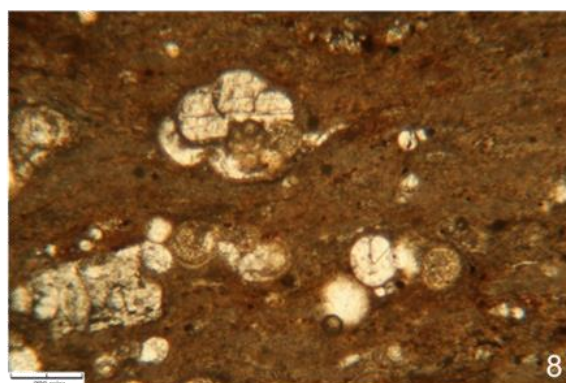
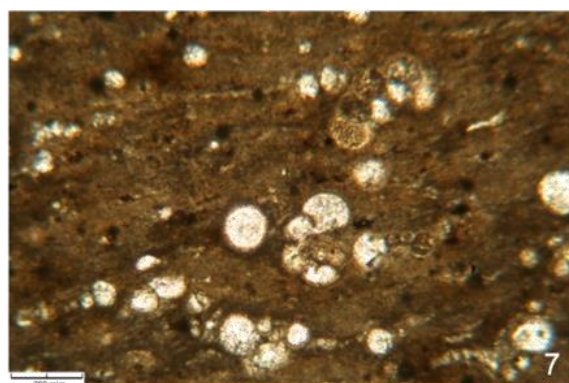
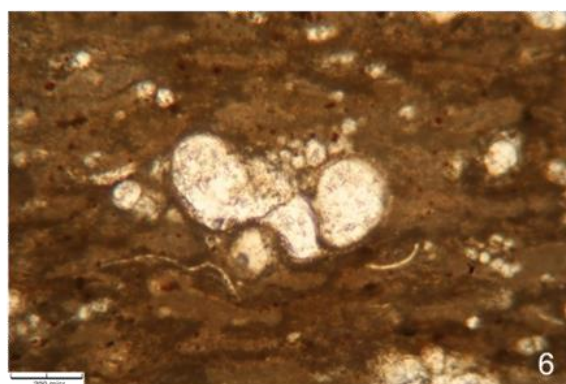
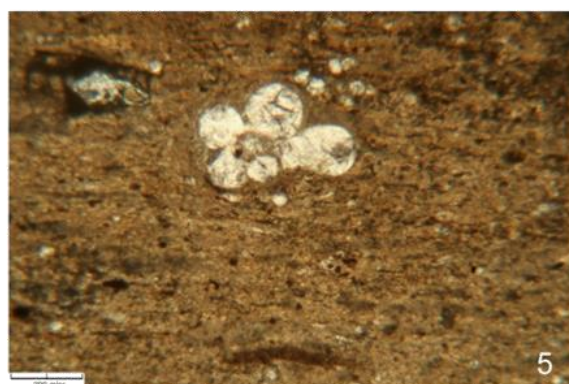
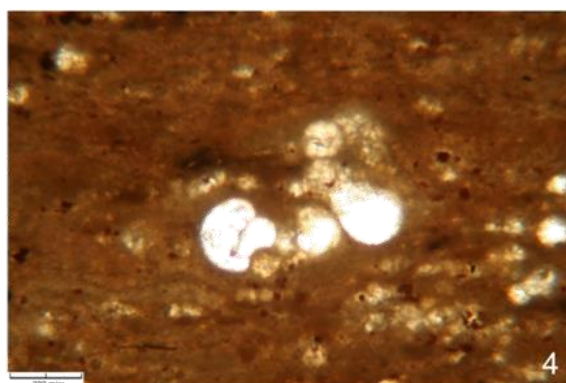
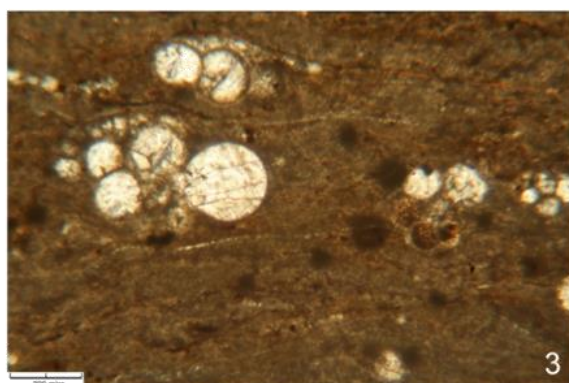
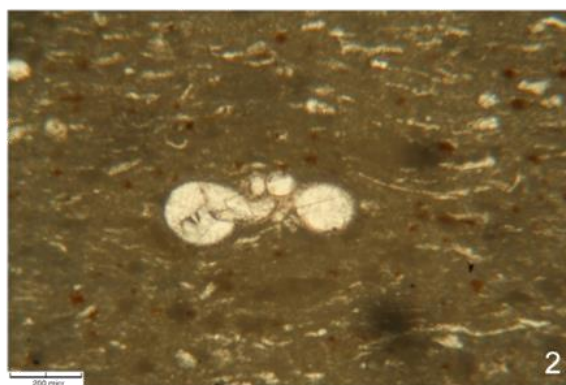
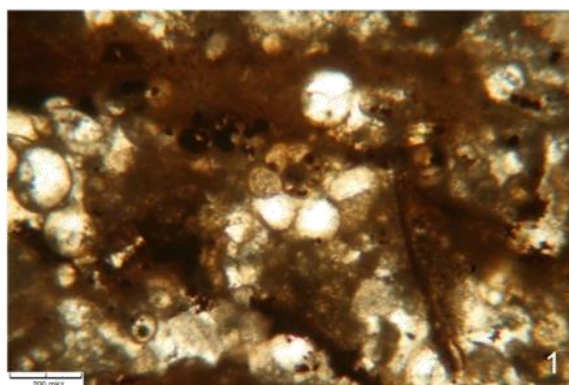


Lámina III

Figura 1 *Hedbergella* sp.

Figura 2 *Hedbergella* sp.

Figura 3 *Hedbergella* sp.

Figura 4 *Clavihedbergella* sp.

Figura 5 *Clavihedbergella* sp.

Figura 6 *Ticinella* sp.

Figura 7 *Rotalipora* sp.

Figura 8 *Rotalipora* sp.

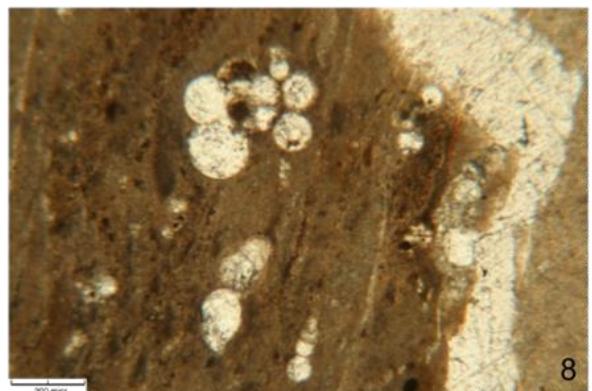
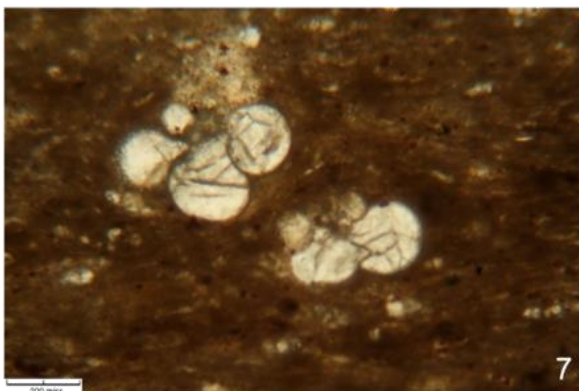
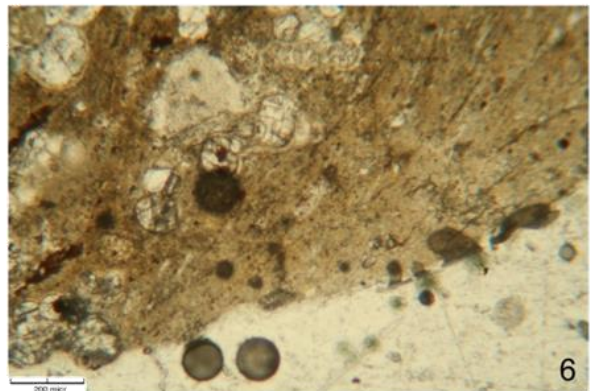
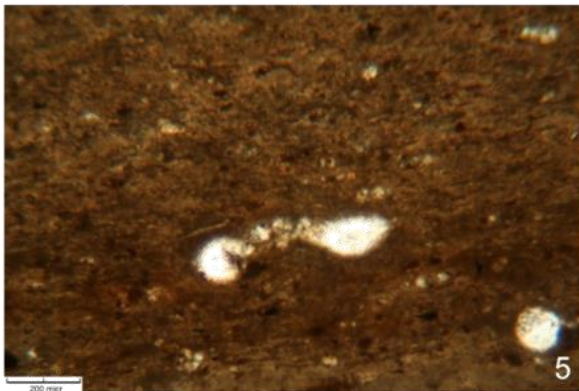
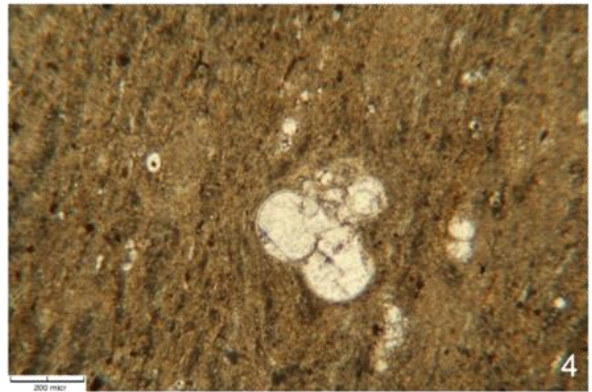
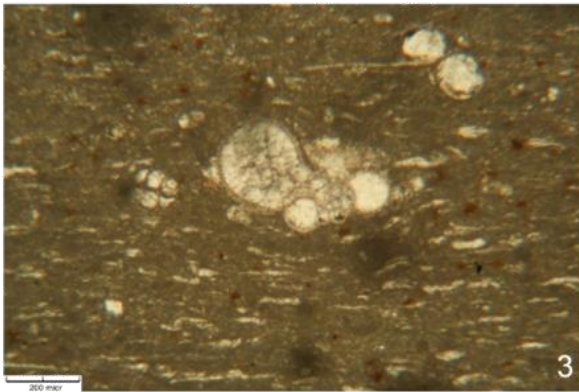
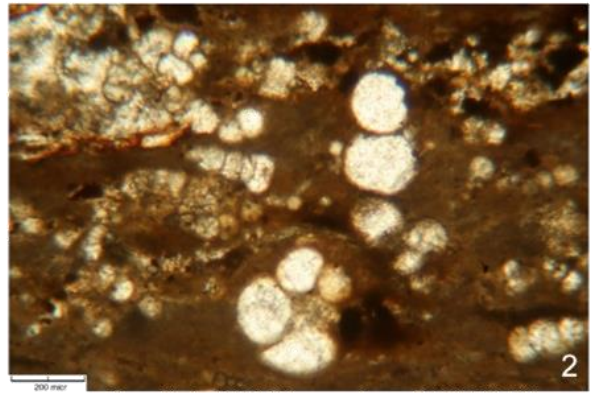
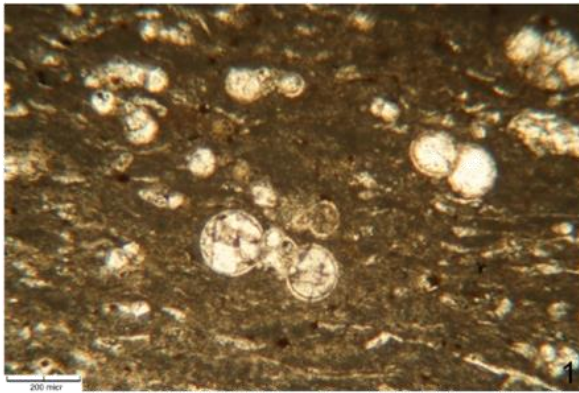


Lámina IV

Figura 1 *Helvetoglobotruncana* sp.

Figura 2 *Archaeoglobigerina* sp.

Figura 3 *Archaeoglobigerina* sp.

Figura 4 *Archaeoglobigerina* sp.

Figura 5 *Globotruncana* sp.

Figura 6 *Archaeoglobigerina* sp.

Figura 7 *Globotruncanella* sp.

Figura 8 *Marginotruncana* sp.

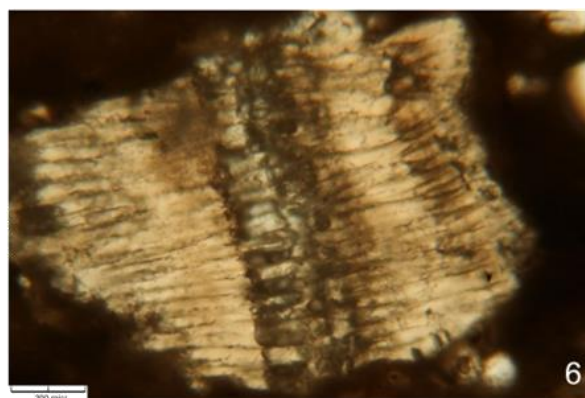
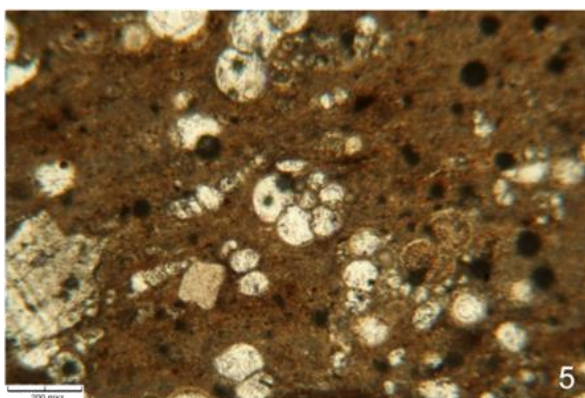
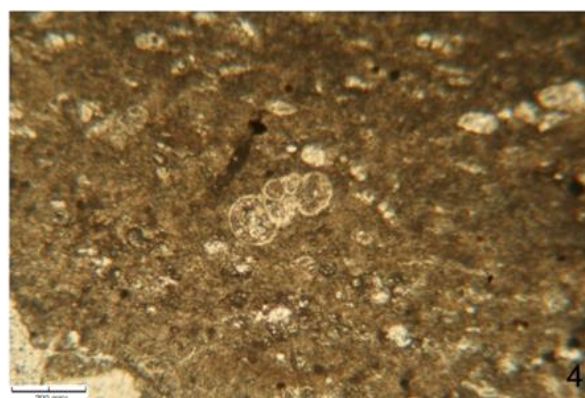
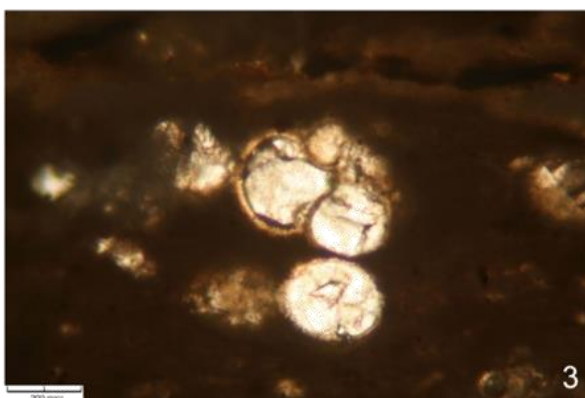
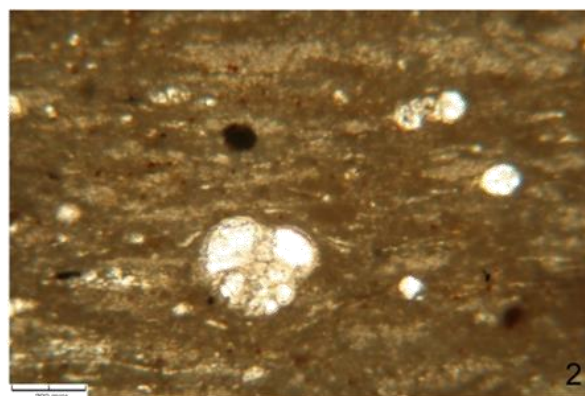
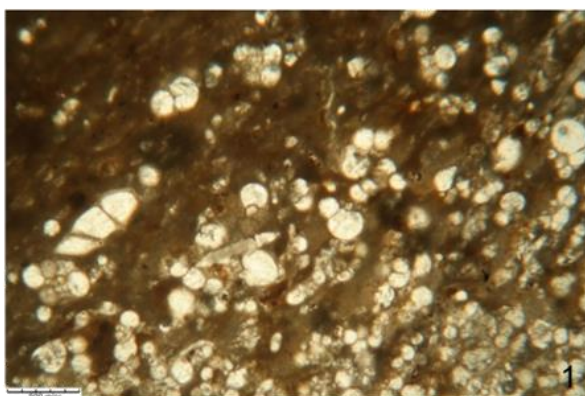


Lámina V

Figura 1 *Dicarinella* sp.

Figura 2 *Whiteinella* sp.

Figura 3 *Whiteinella* sp.

Figura 4 *Pithonella* sp.

Figura 5 *Stomiosphaera* sp.

Figura 6 *Inoceramus* sp.

Tablas de la Cantera La Mula

PERIODO	PISO		INCERTA SAEDIS	<i>Pithonella</i> sp.	<i>Stomiosphaera</i> sp.
			FORMACIÓN		
CRETÁCICO SUPERIOR	Maastrichtiano		Escondido Olmos		
	Campaniano		San Miguel Upson Clay		
	Senoniano	Santoniano	Austin		
		Conienciano			
	Turoniano		Eagle Ford		
		S			
	Cenomaniano	I	Buda		
			Del Río		
	Albiano	S	Georgetown		

En este trabajo

Tabla 9. Cronoestratigrafía de foraminíferos bentónicos de la localidad de estudio.

Ma Gradstein Siller 1995 Hardenbol 1998	PISO	ZONAS DE FORAMINIFEROS PLACTONICOS Ornelas 1978 Siller 1995	MICROFOSILES																									
			Archaeoglobbigerina sp.	Archaeoglobbigerina bowli	Archaeoglobbigerina boquensis	Archaeoglobbigerina cretacea	Claviterbergella sp.	Claviterbergella simplex	Dicarinella sp.	Globbigerinella sp.	Globotruncana sp.	Globotruncana la petaloides	Heidelbergella sp.	Heidelbergella amabilis	Heidelbergella debilis	Heidelbergella simplex	Helvetoglobotruncana helvetica	Heterohelix sp.	Heterohelix globulosa	Heterohelix moremani	Heterohelix striata	Margottruncana sp.	Rotalipora sp.	Rotalipora cushmani	Ticinella roberti	Whiteinella sp.	Whiteinella archaeocretacea	
65	MAASSRICHIANO	SUP.	Abathomphalus mayaroensis																									
		INF.	Coniostriuncina conus / R. fuscolosa																									
70	CAMPANIANO		Gansserina gansseri																									
		SUP.	Globotruncana egyptiaca																									
			Globotruncanella navanensis																									
		MED.	Globotruncana ventricosa																									
80	SANTONIANO	INF.	Globotruncanella elevata																									
85		SUB MED. INF.	Dicarinella asymetrica																									
	GDNIACIANO	SUP. MED. INF.	Dicarinella concavata																									
90		TUDICIANO	SUP. MED.	Margottruncana sigali / Dianella primitiva																								
	INF.		Helvetoglobotruncana helvetica																									
95	EDWADANIO	SUP. MED.	Whiteinella archaeocretacea																									
		INF.	Rotalipora cushmani / R. granthamensis																									
100	ALBIANO		Rotalipora brotzeni																									
		SUP.	Rotalipora apenninica																									
			Rotalipora ticinensis																									
		MED.	Rotalipora globulosa																									
		INF.	Ticinella primula																									
110			Heidelbergella planispina																									

Tabla 10. Cronoestratigrafía de foraminiferos planctonicos en la Cantera La Mula, Melchor, Múzquiz, Coahuila, México.

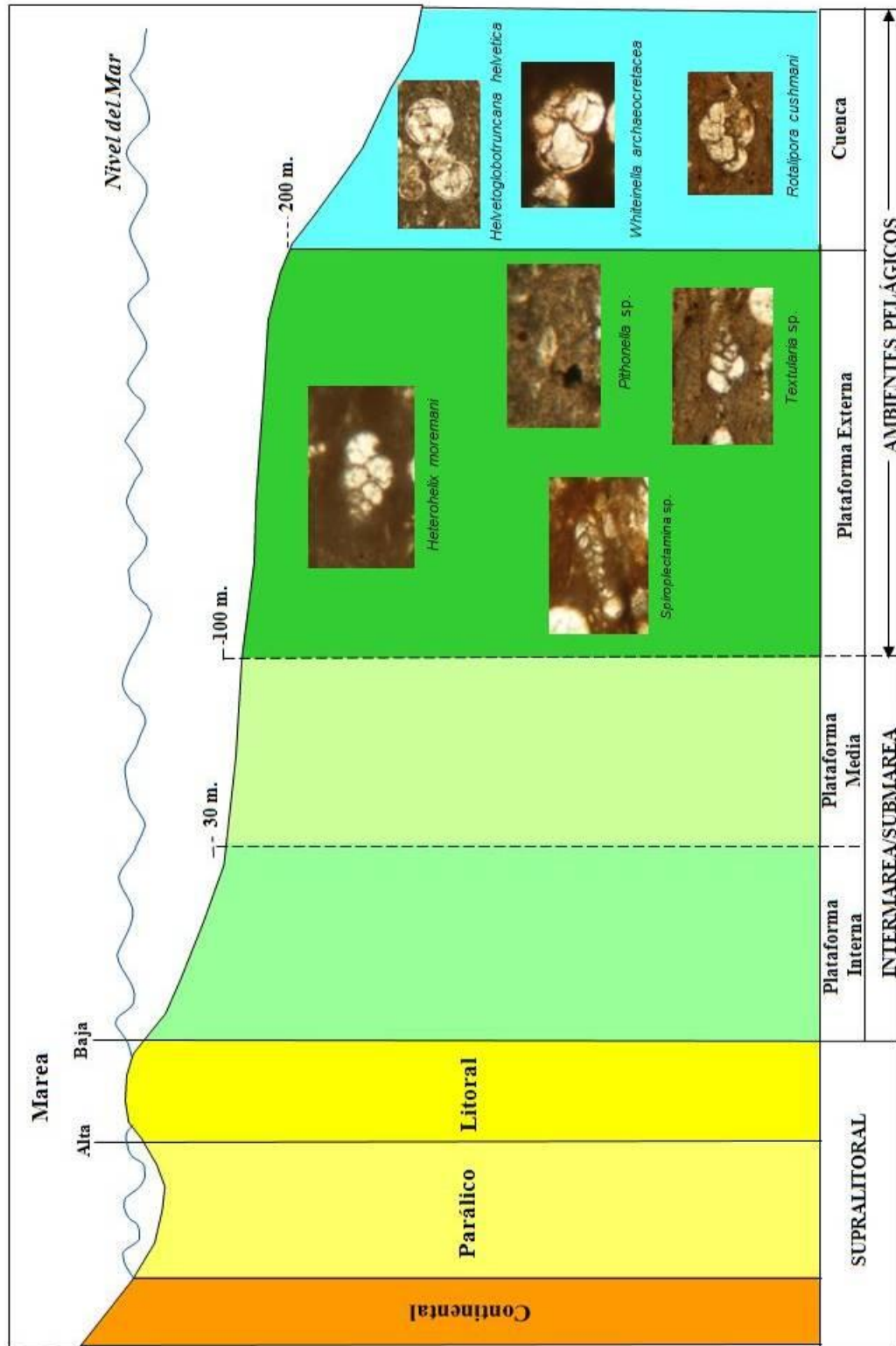
PERIODO	PISO		FORMACIÓN	INCERTA SAEDIS	<i>Pithonella</i> sp.	<i>Stomiosphaera</i> sp.	
CRETÁCICO SUPERIOR	Maastrichtiano		Escondido Olmos				
	Campaniano		San Miguel Upson Clay				
	Senoniano	Santoniano	Austin				
		Conienciano					
	Turoniano		Eagle Ford				
				S			
	Cenomaniano			I	Buda Del Río		
					Georgetown		
	Albiano			S			

En este trabajo

Tabla. 11. Tabla Cronoestratigrafica de organismos *Incerta saedis* en Cantera La Mula, Melchor, Muzquiz, Coahuila, México.

	1	2	3	4	4v5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
<i>Archaeoglobigerina</i> sp.	X		X				X		X	X			X											
<i>Archaeoglobigerina blowi</i>							X																	
<i>Archaeoglobigerina cretacea</i>						X				X								X						
<i>Archaeoglobigerina boqueris</i>	X																							
<i>Clavhedbergella</i> sp.	X													X	X									
<i>Clavhedbergella simplex</i>				X			X			X						X								
<i>Dicarinella</i> sp.		X							X															
<i>Globigerinoides</i> sp.	X	X	X				X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X		X	X
<i>Globotruncana</i> sp.														X										
<i>Globotruncanella psaloides</i>						X													X					
<i>Hedbergella</i> sp.			X			X	X		X				X	X					X		X		X	X
<i>Hedbergella amabilis</i>			X															X						X
<i>Hedbergella delrioensis</i>										X				X										
<i>Hedbergella simplex</i>									X	X					X									
<i>Helvetoglobotruncana helvetica</i>	X	X	X	X									X	X	X			X	X		X			
<i>Heterohelix</i> sp.	X	X	X	X		X	X	X		X			X		X	X		X	X		X		X	X
<i>Heterohelix globulosa</i>	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X		X		X	X		X		X	X
<i>Heterohelix morenari</i>	X	X	X			X		X										X						
<i>Heterohelix striata</i>	X	X						X	X									X			X		X	X
<i>Lenticulina</i> sp.																		X						
<i>Marginotruncana</i> sp.		X	X						X	X	X		X			X			X		X		X	X
<i>Pithonella</i> sp.	X					X								X										X
<i>Rotalipora</i> sp.						X																X		
<i>Rotalipora cushmani</i>			X	X																				
<i>Spiroplectamina</i> sp.										X														
<i>Stomiosphaera</i> sp.			X																X					
<i>Textularia</i> sp.			X												X						X		X	X
<i>Ticinella roberti</i>									X	X			X											
<i>Whiteinella</i> sp.				X					X															X
<i>Whiteinella archaocretacea</i>				X					X															

Tabla 12. Distribución de foraminíferos de la Cantera La Mula, Melchor, Muzquiz, Coahuila, México.



Tomada de Hernandez, S. B. (2007)

Tabla 13. Perfil paleobatimétrico de las localidades de estudio.