

Universidad de Sonora

División de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Geología

Microfacies de una sección cretácica en
el noroeste de la Sierra Las Mitras,
Nuevo León, México.



Tesis Profesional
Que para obtener el Título de
Geóloga



Presenta:
Dalia Chávez Meraz

Hermosillo, Sonora, México, Diciembre del 2017

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

DEDICATORIA

A mis padres Oscar Rene Chávez Corrales y María del Socorro Meraz Paco por el apoyo incondicional que me han brindado siempre, por ser el pilar fundamental de mi vida mostrándome lo bueno y malo, pero sobre todo a luchar y trabajar para llegar justo al lugar donde quiero estar, gracias. A mis hermanas Verónica Chávez Meraz e Isabel Chávez Meraz, por brindarme las palabras exactas para continuar, por su apoyo y su cariño, gracias, esto también se los debo a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora y al Departamento de Geología, quienes contribuyeron a mi formación académica.

A mi director de tesis, el Dr. Rogelio Monreal, por su supervisión, consejos, tiempo y acertadas observaciones que contribuyeron a culminar , así como al Dr. José F. Longoria por la identificación de fósiles, que en conjunto con el Dr. Rogelio Monreal realizaron el levantamiento de campo para este trabajo.

A la M.C. Alejandra Montijo y al Dr. Francisco J. Grijalva por su orientación y apoyo en lo necesario para concluir satisfactoriamente este trabajo.

Quiero agradecer a Diego Rodríguez Ruiz por su comprensión y cariño, a los que han estado apoyándome en gran parte de mi vida, Víctor Hinojosa Soto y David Huerigo Romero, por su sincera amistad y paciencia, a todos los compañeros y grandes personas que conocí a lo largo de la licenciatura, los recordare siempre.

Por último, pero no menos importante, a mis sobrinos Oscar Duarte Chávez, Itzel Gutiérrez Chávez y Christian Duarte Chávez, que me brindan su cariño más sincero, son y siempre serán un motor en mi vida.

RESUMEN

En el noreste de México, se encuentran afloramientos de rocas cretácicas que corresponden a facies marinas, mismas que registran una serie de procesos sedimentarios que evidencian fenómenos de transgresiones y regresiones, debido a una paleogeografía dinámica durante el Cretácico medio.

Hace aproximadamente entre 90 y 100 millones de años, durante el Período Cretácico, aumentó el nivel del mar, propiciando las condiciones para el desarrollo de una gran plataforma carbonatada sobre esta área.

En este estudio se presentan datos que aportan conocimientos estratigráficos adicionales a los ya registrados para este intervalo de tiempo en el noreste de México.

La secuencia estratigráfica expuesta en la porción noroeste de la Sierra de Las Mitras consiste en una secuencia compuesta de caliza de estratificación gruesa con pedernal, calizas y margas medianas a delgadas y capas delgadas de pedernal negro, que corresponden a la

Caliza Tamaulipas

En la sección estudiada se identificaron 4 microfacies con texturas desde mudstone a packstone pero principalmente wackestone, además, se reconocieron grupo de fósiles como, foraminíferos planctónicos y bentónicos, calciesferas, ostrácodos, moluscos y bivalvos.

Específicamente se representan los resultados del análisis de microfacies de dicha sección, que representan un ritmo de sedimentación marina que fluctúa desde ambiente marino nerítico exterior a talud con corrientes de turbidez.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. GENERALIDADES.....	9
2.1. Objetivo.....	9
2.2. Antecedentes y trabajos previos.....	9
2.3. Provincia fisiográfica y geomorfología.....	11
3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
4. METODOLOGIA	14
5. MARCO GEOLOGICO REGIONAL.....	19
5.1. Caliza Tamaulipas.....	23
5.2. Paleogeografía.....	25
6. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	28
7. ANALISIS DE MICROFACIES	30
7.2. Descripción de microfacies de la sección en la Sierra de Las Mítas	32
8. CORRELACION Y POSICION CRONOESTRATIGRAFIA	43
9. CONCLUSIONES	48
10. REFERENCIAS CITADAS.....	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Cordillera Mexicana (Longoria, 1998) y localización del área de estudio.	13
Figura 2. Mapa de localización del área de estudio	13
Figura 3. Gráfica que muestra la planta del levantamiento estratigráfico a lo largo de la sección noroeste de la Sierra Las Mitras, mostrando las estaciones (E1 a E15) además del número y ubicación de muestras (LM)	17
Figura 4. Gráfica que muestra el procedimiento del cálculo de espesores con la planta del levantamiento estratigráfico de la Sierra Las Mitras.....	18
Figura 5. Mapa de geología regional. Tomado de SGM, 2008.....	21
Figura 6. Columna estratigráfica general del Mesozoico del área de Nuevo León, México. Tomado de Longoria (1998).....	22
Figura 7. Paleogeografía del Cretácico Temprano. Tomado de Longoria (1998).....	27
Figura 8. Columna estratigráfica de la sección noroeste de la Sierra Las Mitras, mostrando litología, muestras colectadas (LM) y unidades.	29
Figura 9. Microfacies 1..	34
Figura 10. Columna estratigráfica de la sección noroeste de la Sierra Las Mitras, mostrando litología, muestras colectadas (LM), microfacies y abundancia de fauna principal.....	35
Figura 11. Diagrama con zonas de facies estándar (ZF) para una plataforma carbonatada, en relación con las microfacies identificadas en la sección noroeste en la Sierra las Mitras. Modificado del modelo de Flügel (1982).	36
Figura 12. Microfacies 2.	37
Figura 13. Microfacies 3..	40
Figura 14. Microfacies 4..	42
Figura 15. 1.- <i>Caucasella tardita</i> (M1), muestra LM1+0, lente 10x. 2.- <i>Cucasella</i> sp (M1), muestra LM2+30, lente 10x. 3.- <i>Caucasella tardita</i> (M1), muestra LM2+30, lente 10x. 4.- <i>Caucasella</i> sp (M3), muestra LM5+11. 5.- <i>Gorbachikella kugleri</i> (M3), muestra LM5+11, lente 10x. 6.- <i>Caucasella hauseri</i> (M2), muestra LM10+12, lente 10x- 7.- <i>Hedbergella gorbachikae</i> (M3) , muestra LM9+13, lente 10x. 8.- <i>Blowiella maridalensis</i> (M2), muestra LM10+20, lente 10x.....	44
Figura 16. 1.- <i>Globigerinelloides ferreolensis</i> (M3), muestra LM12+11, lente 10x. 2.- <i>Blowiella maridalensis</i> (M3), muestra LM12+11, lente 10x. 3.- <i>Blowiella maridalensis</i> (M4), muestra LM12+16, lente 10x. 4.- <i>Caucasella</i> sp (M4), muestra LM13+3, lente 10x. 5.- <i>Favusella nítida</i> (M4), muestra LM13+20, lente 10x. 6.- <i>Favusella occulta</i> (M4), muestra LM13+20, lente 10x. 7.- <i>Favusella quadrata</i> (M4), muestra LM13+20, lente 10x. 8.- <i>Favusella nítida</i> (M4), muestra LM13+20, lente 10x. 9.- <i>Favusella excelsa</i> (M4), muestra LM13+20, lente 10x.....	45
Figura 17. Columna estratigráfica de la sección noroeste de la Sierra Las Mitras, mostrando litología, muestras colectadas (LM), edad, unidad, miembro y fauna identificada.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos obtenidos en campo.....	15
Tabla 2. Espesores reales obtenidos en cada estación.....	19
Tabla 3. Microfacies 1 y 2 en la sección noroeste de la Sierra de Las Mitras. Abundancia de aloquímicos. X= presencia, T = traza (0 a 5 individuos), R= raro(6 a 10 individuos), S= escaso (de 11 a 16 individuos), F= frecuente (de 17 a 25 individuos), A= abundante (más de 25 individuos).	33
Tabla 4. Microfacies 3 y 4. Abundancia de aloquimicos. X= presencia, T = traza (0 a 5 individuos), R= raro (6 a 10 individuos), S= escaso (de 11 a 16 individuos), F= frecuente (de 17 a 25 individuos), A= abundante (más de 25 individuos).....	39
Tabla 5. Relación de fosiles identificados en la sección Sierra de Las Mitras, mostrando muestras (LM), fauna y edad.....	46

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación en los estudios estratigráficos del análisis de microfacies es definitiva para obtener información de ambientes de depósito y cambios en el nivel del mar.

En el noreste de México, se encuentran afloramientos muy bien expuestos de rocas cretácicas que corresponden a facies marinas y que registran una serie de procesos sedimentarios que indican transgresiones y regresiones, debido a una paleogeografía dinámica durante el Cretácico.

Durante el inicio del Cretácico Temprano continuó la transgresión marina en el norte de México, lo cual dio lugar al depósito de una secuencia heterogénea que comprende varias formaciones en donde se acumularon depósitos calcáreos de la Formación Cupido, relacionadas a un ambiente de plataforma, la cual fue interrumpida abruptamente por el influjo de terrígenos representativas de las facies de mar abierto de la Formación La Peña (Longoria, 1975).

El estado de Nuevo León es una región montañosa de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (Moran-Zenteno, 1994). El estado está cubierto aproximadamente en un 80% por la Cordillera Nuevoleonesa la cual se caracteriza por formar relieves muy pronunciados y cañones muy profundos (Longoria, 1984). Estos últimos exponen de manera continua una sucesión estratigráfica del Mesozoico, lo que permite llevar a cabo análisis de microfacies de diferentes secuencias, como el presente estudio en la Sierra de Las Mitras.

La Sierra de Las Mitras, se encuentra al noroeste de Monterrey y al norte de Santa Catarina de Nuevo León. El objetivo del presente trabajo es obtener un estudio estratigráfico de esta sucesión del Cretácico, expuesta en el flanco norte del anticlinal que forma la Sierra, para determinar las microfacies y obtener los ambientes de depósito.

2. GENERALIDADES

2.1. Objetivo

El Objetivo de este trabajo es llevar a cabo el estudio de las microfacies en la seccion oeste de la Sierra de Las Mitras, para poder determinar el paleoambiente y conocer a mayor detalle el depósito de los sedimentos en esta área, además de su posición cronoestratigráfica. También se persigue elaborar una columna estratigrafica para mostrar los cambios entre litología, el contenido fosil, el comportamiento de las microfacies en la misma y conocer los espesores reales. Asi, este estudio aportará datos al conocimiento de la estratigrafia del noreste del pais.

2.2. Antecedentes y trabajos previos

Los primeros trabajos en la Sierra Madre Oriental establecieron la estratigrafía y aspectos estructurales preliminares, posteriormente fue el conocimiento geodinámico de los sectores que conforman la provincia, y después se enfocaron en la realización de modelos paleogeográficos. Es considerada por geólogos y paleontólogos, nacionales e internacionales, un área bastante interesante por las características tectónicas y estratigráficas que presenta.

El primer estudio que se tiene registrado en el estado de Nuevo León fue realizado en 1883 por White, y el primer trabajo petrográfico data de 1893, realizado por Whitman (citados por Mullerried, 1944).

Bonet (1956) con su estudio sobre la zonificación de las calizas cretácicas del este de México, se considera como un trabajo pionero y muy importante sobre la micropaleontología y microfacies.

Sánchez (1967) describe las formaciones Cupido, Aurora, Cuesta de Cura, Agua Nueva y San Felipe en el área del Anticlinal de los Muertos de la Cordillera Mexicana.

Longoria (1975) estableció la estratigrafía de la Serie Comancheana en el norte de México y dio a conocer los eventos estratigráficos para ese intervalo, haciendo resaltar la transgresión marina del Aptiano. Así mismo, dicho autor (Longoria, 1977; 1984)

estableció las bases biocronológicas para el Cretácico mexicano con base en microfósiles en láminas delgadas.

Conklin y Moore (1977) indican que la plataforma carbonatada Cupido se desarrolló durante una transgresión marina, debido a la proliferación de bivalvos rudistas, junto con corales dendroides, algas rojas y estromatopóridos. Posteriormente ocurrió una regresión marina local y el arrecife con sus facies asociadas progradaron sobre las facies de cuenca.

Padilla & Sánchez (1978) reportan las formaciones Agua Nueva y San Felipe, para el límite suroeste del estado de Nuevo León, y el cambio de facies existentes en los depósitos marinos de edad post-Cenomaniano; también asignan edades desde el Jurásico hasta el Campaniano-Maastrichtiano.

Zwanzinger (1978) estudió el sistema sedimentario de la Formación Cupido en el noroeste de México, incluyendo la Cordillera Nuevoleonesa en Monterrey, y propuso una reconstrucción de la paleogeografía para el Jurásico y Cretácico Tardío, así como un marco geológico regional.

De la Cruz-Martínez (1979) describe la litología, posición estratigráfica y ambiente de depósito de las formaciones, Cupido, La Peña, Aurora, Cuesta del Cura, Agua Nueva y San Felipe, entre otras, las cuales son reconocibles en el anticlinorio de Arteaga, en Coahuila y en el Cerro de la Silla en Nuevo León.

Longoria y Dávila (1979) estudiaron la estratigrafía y microfacies del Cerro de la Silla, concluyendo que es un anticlinal con edades desde el Jurásico medio hasta el Cretácico Tardío.

Smith (1981), refiere que hay tres factores principales que controlaron la distribución de facies del Cretácico Inferior en el noreste de México: 1) una subsidencia general; 2) eventos tectónicos-sedimentarios, caracterizados por el levantamiento en las áreas emergidas al norte y oeste lo cual incrementó el aporte de sedimentos terrígenos, simultáneamente con una subsidencia de la cuenca; y 3) perturbaciones de este esquema general causadas por el extremo sur de la península de Coahuila, tectónicamente positivo.

Goldhammer et al. (1991) hacen un análisis de la estratigrafía en las secuencias de la Cordillera Mexicana y subdividen la estratigrafía del Jurásico medio al Cretácico Inferior del noreste de México.

Longoria y Monreal (1991) en su estudio de litoestratigrafía, microfacies y ambientes deposicionales del Mesozoico en la sierra La Nieve, en Coahuila, describen una sucesión estratigráfica de rocas sedimentarias marinas, predominantemente carbonatadas con intercalaciones de margas y sedimentos siliciclásticos, la cual dividen en 6 unidades líticas, en base a sus características físicas. El análisis de microfacies reveló que los ambientes sedimentarios variaron desde la rampa interna hasta la cuenca, lo cual indica que la historia evolutiva de la secuencia inició con depósitos de abanico deltaico y pasó a un ambiente de rampa carbonatada en el Aptiano temprano, la cual sufrió una rápida subsidencia acompañada de un evento transgresivo en el que predominaron depósitos marinos de aguas profundas hasta el Turoniano.

Para la parte norte del Cañón La Boca en la Sierra San Juan Bautista,

Flores-Herrera (1995) reconoció cuatro paquetes litológicos correlacionales con la Caliza Cupido, Caliza Tamaulipas, Formación Cuesta del Cura y Formación Agua Nueva, asignando una posición cronoestratigráfica a esta secuencia entre el Aptiano medio y el Santoniano, ubicando el ambiente de depósito de las formaciones desde línea de costa hasta cuenca o mar abierto.

2.3. Provincia fisiográfica y geomorfología

El área estudiada se ubicada en la porción noreste de México (Figura 1). Según El Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática, ha dividido el territorio mexicano en 15 provincias Fisiográficas y el área estudiada la ubica dentro de la Sierra Madre Oriental (INEGI, 2008).

La provincia de la Sierra Madre Oriental, tiene una dirección noroeste-sureste, inicia en el sur de Texas (EUA) y en el norte de la ciudad de Monterrey, tiene un giro hacia el oeste y después hacia el norte, continua hacia el sur a Veracruz hasta que tiene contacto con el Eje

Neovolcánico. La Sierra Madre Oriental es una unidad fisiográfica, con más de 800 km de longitud y de 80 a 100 km de amplitud (INEGI, 2008).

Sin embargo, Longoria (1998), establece que esa clasificación de las provincias fisiográficas de México está muy apartada de la realidad geológica y del estado de Nuevo León en particular. Por lo mismo aquí se sigue la recomendación de evitar su uso y de sustituirlo por el término más técnico que es Cordillera, ya que se trata de una larga cadena montañosa formada por un conjunto de sierras que forma una verdadera cuerda o cordón montañoso a lo largo del país. Al pasar por el estado de Nuevo León ese cinturón plegado se conoce como la Cordillera Nuevoleonesa, que forma parte de la gran morfoestructura conocida como la Cordillera Mexicana (Longoria, 1998). Está formada por rocas predominantemente mesozoicas sedimentarias marinas; es también evidente que en toda su extensión, desde el sur al norte de México, esa pila sedimentaria presenta características paleogeográficas, estratigráficas y estructurales muy contrastantes, cuyo asentamiento paleogeográfico corresponde al Mar Mexicano de la Era mesozoica. Longoria (1998) sugiere el evitar el uso del término “sierra madre oriental” para dar mejor uso a la terminología geomorfológica y geológica.

3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Sierra de Las Mitras está ubicada en los municipios de Monterrey, Santa Catarina y García en el estado de Nuevo León, al noreste de la Republica Mexicana.

El área de estudio se ubica en la parte oeste de la sierra, en donde se encuentran obras formadas por la extracción de materia prima, donde se llevan a cabo grandes explotaciones de caliza (Figura 2).



Figura 1. Localización de la Cordillera Mexicana (Longoria, 1998) y localización del área de estudio.

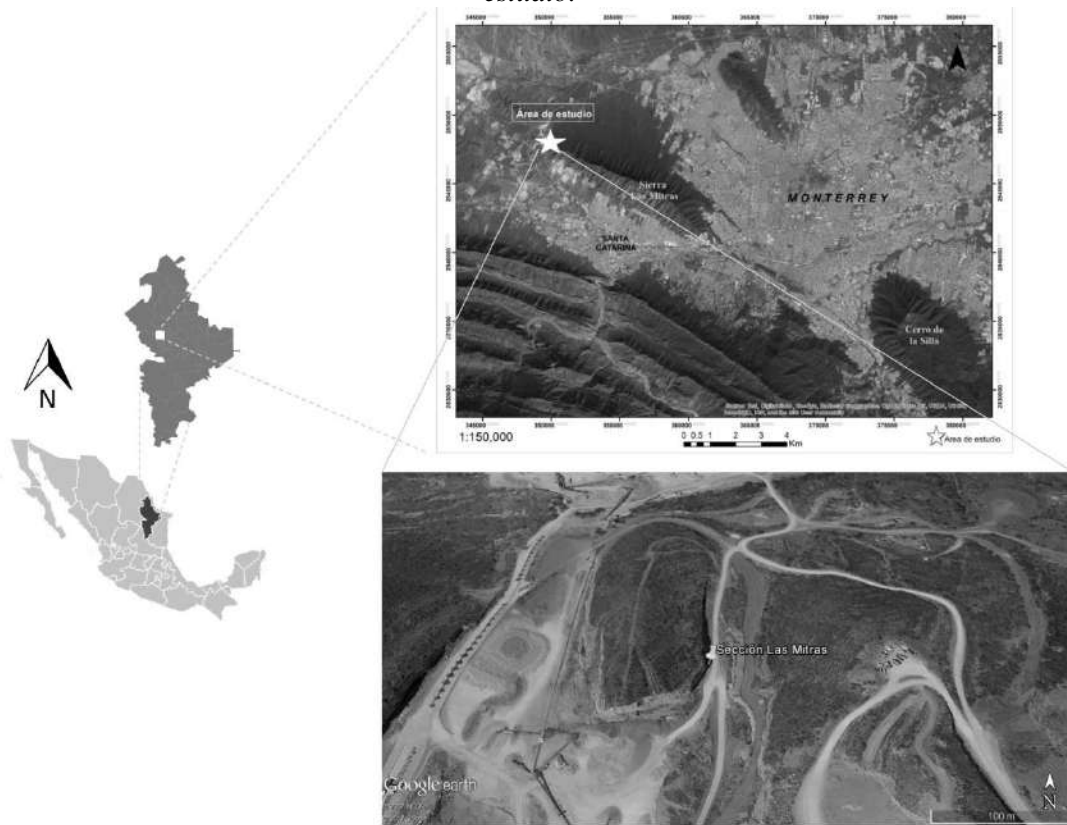


Figura 2. Mapa de localización del área de estudio

4. METODOLOGIA

Para cumplir el objetivo de este trabajo, se llevaron a cabo diferentes actividades, las que comenzaron realizando una consulta bibliográfica para conocer los estudios geológicos que se han realizado en el área.

El trabajo de campo se efectuó realizando una visita al área de estudio y hacer una recolección de muestras, la cual fue previamente llevada a cabo por los investigadores Dr. Rogelio Monreal y Dr. José Longoria. La sección fue dividida en unidades estratigráficas fundadas en sus propiedades físicas.

Los paquetes litológicos se establecieron con base en la observación de los afloramientos, considerando las unidades dependiendo de su tipo de roca. Durante el trabajo se reconocieron 3 unidades, las cuales se identificaron como A, B y C: ya que de acuerdo con los preceptos establecidos por el Código de Nomenclatura Estratigráfica (2005), las unidades litoestratigráficas, deben de establecerse de forma independiente al criterio biocronológico o de edad.

Para obtener el espesor de la sección, se utilizó el método de cinta y brújula, midiendo tramos rectos, donde cada vértice corresponde a una estación, con una distancia entre 15 y 30 metros. Se tomaron sucesivamente 42 muestras de mano, donde predominaban las rocas carbonatadas. Se hizo énfasis en hacer la recolección en lugares de cambio litológico. Las muestras fueron designadas por un código alfabético numérico. Por ejemplo LM5+20, el cual representa: LM = la localidad geográfica (Las Mitras), 5 = numero consecutivo de estación, mientras que los dígitos que siguen el signo de mas (+) significan la distancia horizontal medida en el campo a partir de la base de cada estación (Tabla 1).

Para realizar el trabajo de laboratorio, se elaboraron 87 láminas delgadas para obtener el análisis de microfacies (estudio en láminas delgada de rocas carbonatadas y la identificación de todos los componentes biológicos), se utilizó un microscopio petrográfico, para determinar los componentes aloquímicos y características textuales, así como para clasificarlas bajo el esquema de Dunham (1962), además, se consideró la abundancia relativa de los microorganismos.

Los grupos microfósiles identificados fueron: foraminíferos planctónicos y bentónicos, así como también, calciesferas, ostrácodos, moluscos, equinodermos, crinoideos plantónicos y gasterópodos. Estos grupos son importantes para la determinación paleobatimétrica y edad relativa de la roca.

Para definir las microfacies se tomó en cuenta la presencia de fósiles, tipo de textura, características petrográficas particulares y presencia de partículas no biogénicas. Además, para este mismo estudio de las microfacies, se consideró la técnica de Flügel (1982), siguiendo la metodología de Longoria & Monreal (1991).

Las microfacies fueron descritas independientemente de los criterios líticos; es decir las microfacies se establecieron en base a los criterios antes mencionados independientemente de la unidad lítica establecida en campo. Por lo mismo, se hace hincapié en que el estudio de las microfacies es una herramienta independiente de la litoestratigrafía (Longoria, 1996).

Tabla 1. Datos obtenidos en campo

ESTACION	DISTANCIA(m)	DIRECCION	RUMBO	ECHADO	UNIDAD
01-02	15	14 NE	77 NW	28 NE	A
02-03	30	19 NW			
03-04	30	4 NW			
04-05	23	5 NE			
05-06	30	11 NE			
06-07	29	15 NE	82 NW	33 NE	B
07-08	29	14 NE			
08-09	17	38 NE			
09-10	16	0 N			
10-11	25	29 NE			
11-12	30	25 NE			
12-13	18	36 NE	90 EO	25 NE	C
13-14	30	0 N			
14-15	17	10 NE			

En gabinete, con los datos estructurales y longitudinales se realizó la planta horizontal del levantamiento estratigráfico (Figura 3), con una distancia total de 339 metros, por medio de 15 estaciones y ubicando respectivamente las muestras que se obtuvieron. Lo anterior se

utilizó como base para obtener la columna estratigráfica y poder calcular los espesores reales de la secuencia medida en los intervalos (Figura 4).

Para obtener los espesores y elaborar la columna estratigráfica de la sección, se graficaron los datos de orientación y distancia, considerando las estaciones y las muestras, posteriormente, debido a la similitud de los rumbos (77° , 82° y 90°) con dirección noroeste-sureste y echados (28° , 33° y 25°) con dirección noreste, se obtuvo un promedio de cada uno (rumbo promedio de 83° con dirección al noroeste-sureste y un echado promedio de 28.6° al noreste). Se obtuvo el espesor independiente de cada conjunto de estaciones (Tabla 2), para posteriormente tener como resultado el espesor total real de la columna que fue de 160 metros.

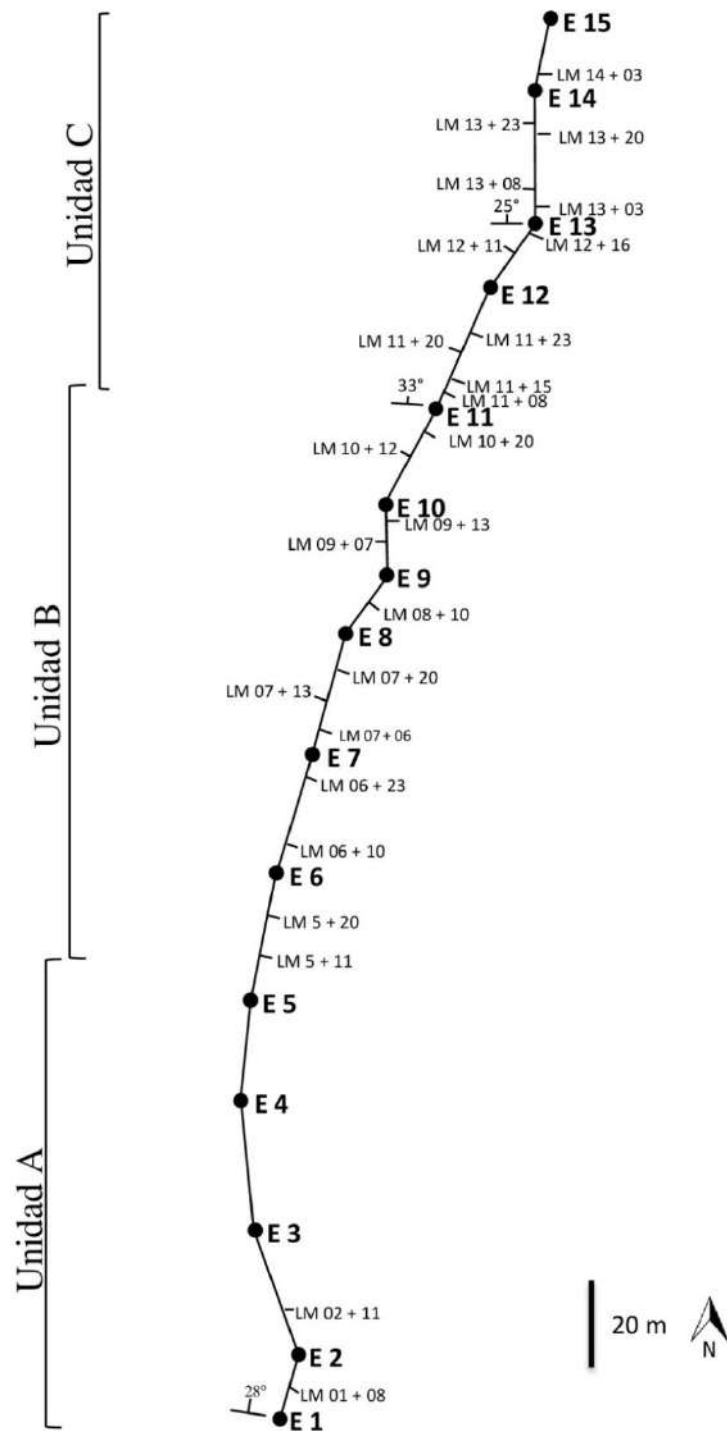


Figura 3. Grafica que muestra la planta del levantamiento estratigráfico a lo largo de la sección noroeste de la Sierra Las Mitras, mostrando las estaciones (E1 a E15) además del número y ubicación de muestras (LM)

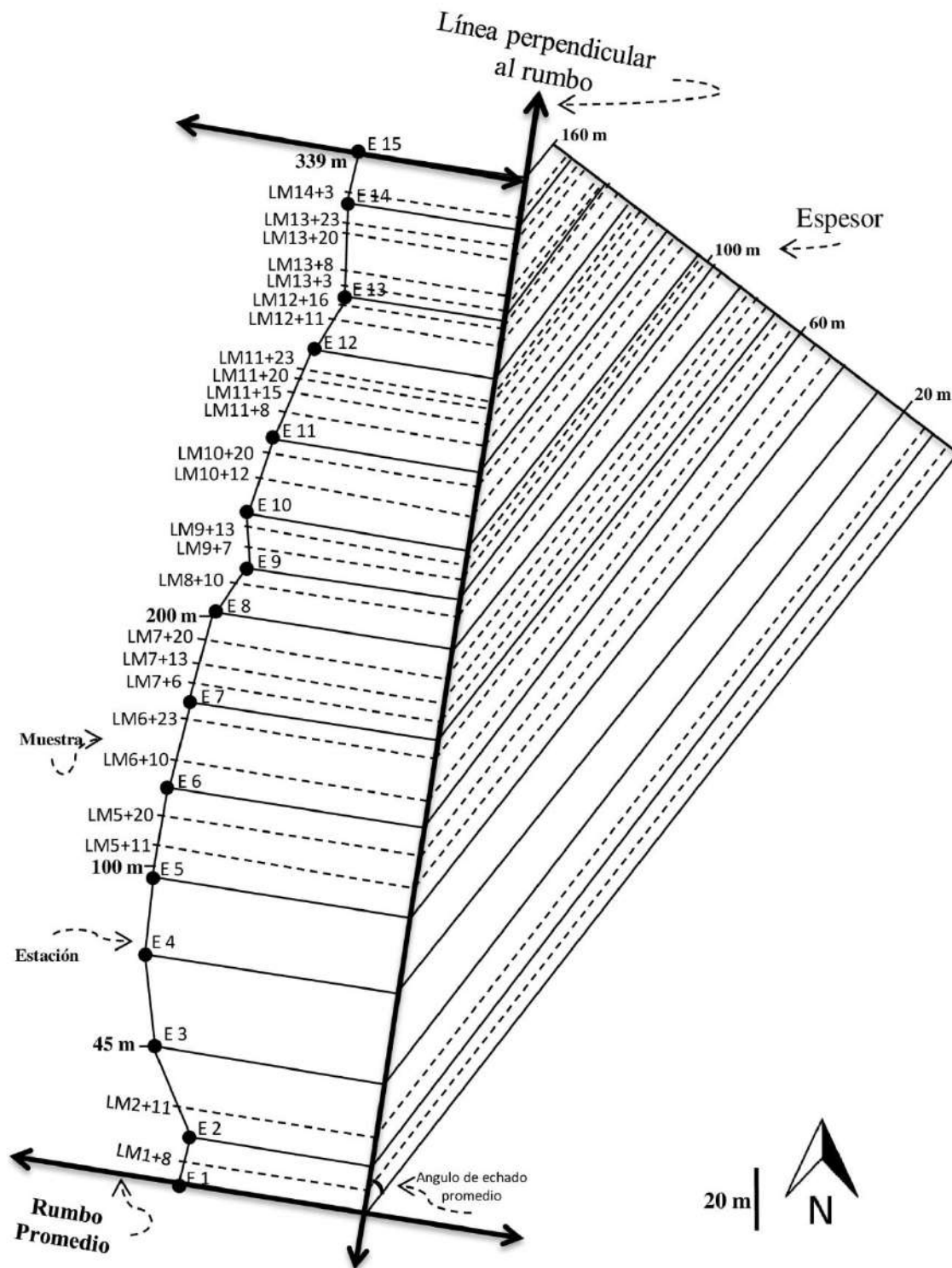


Figura 4. Gráfica que muestra el procedimiento del cálculo de espesores con la planta del levantamiento estratigráfico de la Sierra Las Mitras.

Tabla 2. *Espesores reales obtenidos en cada estación de la secuencia medida*

Estaciones	Espesores (m)
1 a 2	8
2 a 3	12
3 a 4	14
4 a 5	12
5 a 6	14
6 a 7	10
7 a 8	14
8 a 9	12
9 a 10	6
10 a 11	12
11 a 12	14
12 a 13	10
13 a 14	14
14 a 15	8

5. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El estado de Nuevo León es una región montañosa de la provincia geológica de la Sierra Madre Oriental. Aproximadamente un 80% del estado está cubierto por la Cordillera Mexicana que forma relieves muy pronunciados y cañones muy profundos (Longoria, 1994).

La Cordillera Mexicana está compuesta principalmente por una gruesa secuencia de rocas carbonatadas y terrígenas del Mesozoico, que fueron plegadas y cabalgadas por los esfuerzos máximos de la Orogenia Laramide durante el Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano. Esta cordillera presenta dos flexiones importantes en su estructura: una en las cercanías de Torreón, Coahuila y otra en la vecindad de Monterrey, Nuevo León. Esta última es la que se denomina Curvatura de Monterrey, término que es empleado para describir la región en donde la Sierra Madre Oriental cambia su tren estructural de una dirección este-oeste, cerca de Saltillo a una dirección noreste, al noreste de Saltillo; y una dirección este-oeste cerca de Monterrey, a una dirección sureste, al oeste de Linares. La

curvatura de Monterrey, tal como es definida aquí, incluye todos los pliegues en el área comprendida entre las ciudades de Saltillo, Monterrey, Linares y Concepción del Oro. (Padilla-Sánchez, 1985)

El sistema montañoso del estado de Nuevo León es parte de la gran morfoestructura conocida como la Cordillera Mexicana. La parte de dicha cordillera ubicada en el estado de Nuevo León se conoce como la Cordillera Nuevoleonesa (Longoria *et al.* 1998).

De acuerdo con las divisiones de provincias geológicas propuestas por López Ramos (1979) el Estado de Nuevo León incluye: al noroeste parte de la plataforma de Burro-Picachos; al norte-noreste la Cuenca de Burgos, en el norte-centro las Sierras Tamaulipecas, al Sur la Sierra Madre Oriental y en el extremo suroeste el Altiplano o Mesa Central.

A la provincia geológica de Sierras Tamaulipecas también se le conoce como sierras aisladas (*isolated ranges*), se extiende desde el estado de Tamaulipas en el sureste, cerca del Golfo de México, hasta los estados de Nuevo León y Coahuila al noroeste (Longoria, 1998).

Los pliegues de Monterrey pueden ser divididos, en cinco áreas dependiendo del estilo de plegamiento. La Sierra de Las Mitras corresponde al área norte, donde los pliegues son simétricos, casi siempre arqueados, y cuyos planos axiales son casi verticales.

La Sierra de Las Mitras es un anticlinal alargado de 12 km de largo y 2,5 km de ancho y representa la primera estructura aislada inmediatamente al norte de las cordilleras frontales de la Cordillera Mexicana (Figura 5).

Según la carta geológico-minera Monterrey G14-7 (SGM, 2008) (Figura 5), en la región afloran la Formación Cupido (KhapCz), constituida por caliza micrítica de textura mudstone-wackestone con nódulos de hierro, subyace concordantemente con la Formación La Peña (KapCz-Lu), que consiste de caliza y lutita arcillosa con bandas de pedernal, de edad Aptiano, el contacto superior es concordante con La Formación Aurora (KaCz-Do) que consiste de caliza micrítica y dolomía con nódulos y bandas de pedernal, del Albiano inferior-medio, y que a su vez es concordante con la Formación Cuesta del Cura (KaceCz-

Ped), constituida por caliza con bandas de pedernal, las formaciones Indidura y Agua Nueva (KcetCz-Lu), del Albiano medio al Cenomaniano superior.

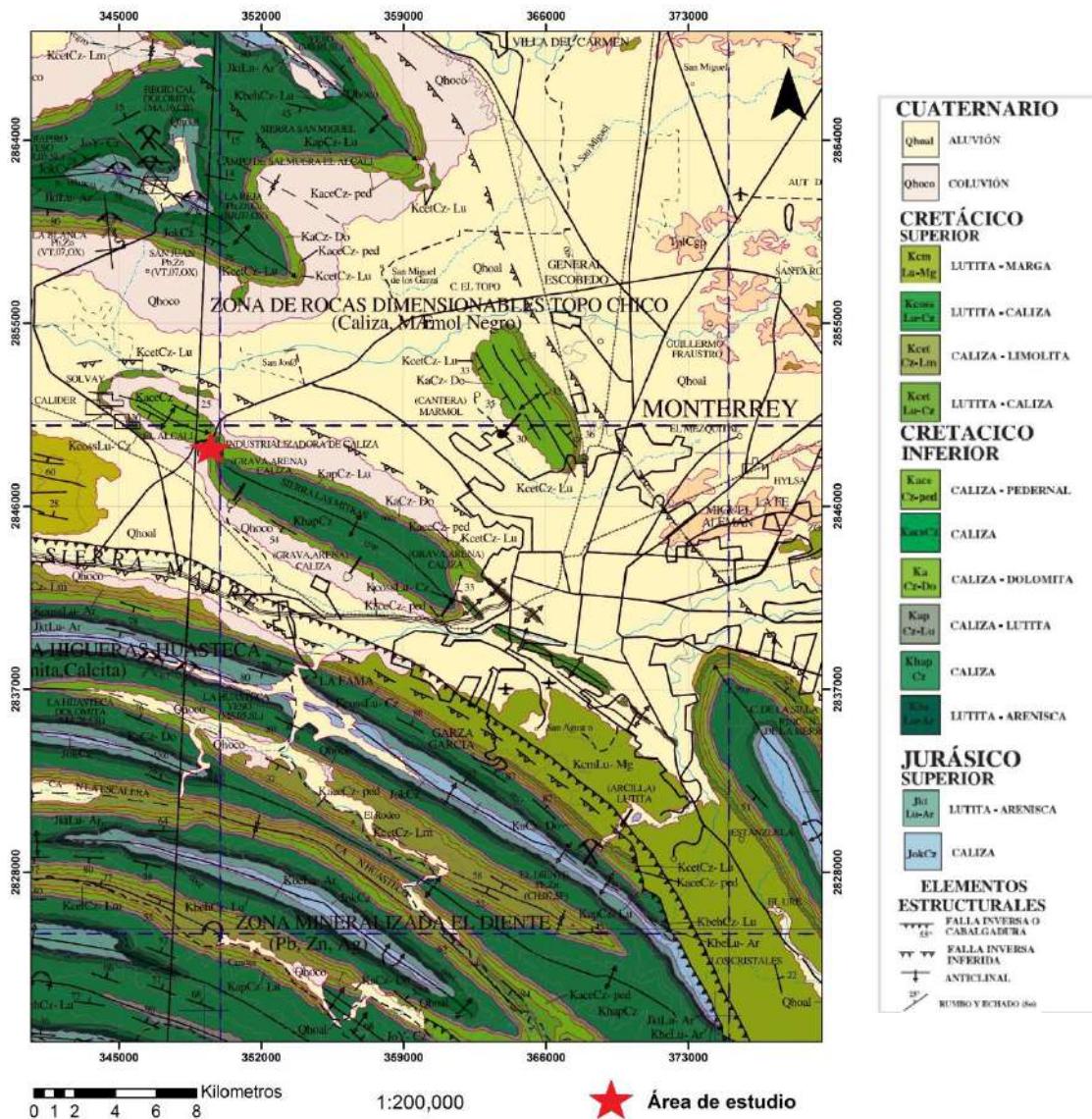


Figura 5. Mapa de geología regional. Tomado de SGM, 2008.

Para el área de Nuevo León, México, se ha manejado la columna estratigráfica general descrita por Longoria *et al*, (1998), la cual ubica esta región dentro del Mesozoico (Figura 6).










FORMACIÓN/ MIEMBRO	PISO
 Formación Difunta	Maastrichtiano
 Pizarra Parras	Campaniano
 Fm San Felipe/ Indidura Fm Agua Nueva/ Indidura	Santoniano Coniaciano
 Cuesta del Cura	Turoniano
 Caliza Tamaulipas	Cenomaniano
 Formación La Peña	Albiano
 Caliza Cupido	Aptiano Barremiano
 Taraises	Hauteriviano Valanginiano Berriasiano
 La Casita	Tithoniano Kimmeridgiano

Figura 6. Columna estratigráfica general del Mesozoico del área de Nuevo León, México. Tomado de Longoria (1998).

A continuación se describe la Caliza Tamaulipas y sus miembros que se identificaron en la sección del noroeste de la Sierra de Las Mitras.

5.1. Caliza Tamaulipas

La Caliza Tamaulipas tiene una historia y nomenclatura bastante complicada. Aparentemente el término se puso en circulación sin referirse a una localidad tipo por Muir (1936) y en la que según el término fue creado por Stephenson en 1921 en un informe privado para la *Mexican Gulf Oil Company*. Sin embargo, la primera cita publicada sobre el término se debe a Belt (1925). Posteriormente, Muir (1936) da una definición más completa de esta unidad. De acuerdo con la definición dada por ese autor todas las rocas que infrayacen a la Formación Agua Nueva en la Sierra de Tamaulipas, quedarían incluidas en la Caliza Tamaulipas. Al mismo tiempo, Muir dividió esta formación en tres unidades: 1) la Tamaulipas Inferior, 2) el Horizonte Otates, y 3) la Tamaulipas superior. Muir (1936) incluyó en su definición de Tamaulipas Superior lo que en la actualidad se conoce como Formación Cuesta del Cura que Imlay (1936) había definido de la Sierra de Parras.

Humphrey y Díaz (1953) restringieron el uso del término Caliza Tamaulipas para solamente incluir la secuencia de calizas, expuestas en el Cañón de la Borrega, que sobreyacen al Horizonte Otates de Muir; en tanto que la secuencia inferior, la Tamaulipas Inferior de Muir, la consideraron como equivalente a la Caliza Cupido.

Aunque la mayoría de los geólogos que han escrito sobre la unidad en cuestión se refiere a ella como “Formación Tamaulipas”, el nombre formal propuesto por Belt (1925) y por Muir (1936) en su redefinición es Caliza Tamaulipas.

La Caliza Tamaulipas se caracteriza por la presencia de calizas de estratificación uniforme mediana a gruesas muy compactas, color gris a crema, con pedernal en nódulos, y localmente formando una alternancia de lutitas y calizas en la parte superior (Longoria, 1975).

Longoria (1975) propone formalmente que para resolver este problema de nomenclatura errónea la Caliza Tamaulipas sea dividida en tres miembros: para el miembro inferior, denominado anteriormente “Formación Tamaulipas Inferior”, propone el término *Miembro*

Caliza La Borrega; para la parte media, denominada Horizonte Otates, propone *Miembro Caliza Otates*; y para la parte superior, denominada “Formación Tamaulipas Superior”, propone *Miembro Caliza Nacimiento*.

Miembro Caliza La Borrega

Se caracteriza por la presencia de calizas de estratificación mediana, de 25 a 30 cm, hasta de medio metro de espesor, con nódulos y lentes de pedernal color crema y con estilolitos gruesos, generalmente paralelos a los planos de estratificación (Longoria, 1975). Este miembro inferior es relativamente rico en foraminíferos planctónicos y se caracteriza por la presencia de *Caucasella hauterivica*, y refiere a la unidad al Hauterivense. Por otra parte, la presencia de *Globigerinelloides ferreolensis*, en las capas más superiores ubica a la unidad en el Aptiano superior (Longoria, 1975).

Miembro Caliza Otates

Muy poco es lo que se conoce acerca del “Horizonte Otates”. Sin embargo, se sabe que este horizonte había llamado la atención de algunos investigadores (Sellards, Barker, In Muir, 1936) dado que representa un quiebre litológico que contrasta con las calizas de los miembros La Borrega y Nacimiento que lo encajonan (Longoria, 1975).

No fue sino hasta 1936 que Muir propuso la separación “formal” tripartita de la Caliza Tamaulipas con la cual separa esta unidad, para designar con ella a un pequeño paquete de calizas muy bien expuesto en el Cañón de Otates de la Sierra de Tamaulipas, asignando ese cañón como localidad tipo (Muir, 1936).

Este miembro se identifica como una secuencia de calizas delgadas, de 10 a 25 centímetros de espesor, color café a negro, localmente muy carbonizadas.

El límite inferior del Miembro Caliza Otates con el Miembro Caliza La Borrega es bastante abrupto y fácil de reconocer en el terreno, ya que las calizas micríticas, gris, medianas a gruesas del Miembro La Borrega pasan a calizas negras carbonosas. El límite superior es menos marcado, un tanto transicional, habiéndose delimitado inmediatamente debajo de la aparición de las calizas micríticas no carbonosas, de espesor mediano de las calizas del Miembro Caliza Nacimiento (Longoria, 1975).

El contenido faunístico de foraminíferos planctónicos permite atribuir esta unidad, en su localidad tipo, el Aptense Superior: Zona *Globigerinelloides algerianus* (Longoria, 1975).

Miembro Caliza Nacimiento

Se caracteriza por la presencia de calizas en estratos de espesor mediano a masivo con nódulos de pedernal, color gris claro a crema. Longoria (1975) documenta que este miembro tiene una variación litológica considerable dentro del área en estudio: En su localidad tipo, se presenta como una secuencia muy uniforme de calizas café a gris, en capas de 35 cm a un metro de espesor, con escasos lentes de pedernal crema, siendo muy notable la carencia de lutitas interestratificadas. En el sureste de Monterrey, los sedimentos están formados por una secuencia muy uniforme de calizas masivas de color gris y con abundantes nódulos de pedernal. En la Sierra de Picachos, la secuencia expuesta consiste de una alternancia de calizas de estratificación mediana, color gris oscuro, en capas de hasta 35 cm de espesor y capas de lutita café amarillenta a gris en capas de hasta de 30 cm de espesor. En la Sierra de Papayos la secuencia tiene aproximadamente 120 metros de espesor, en la base de la sección se encuentran calizas micríticas de estratificación mediana con abundantes nódulos de pedernal. En la parte superior del Miembro se presenta una alternancia casi rítmica de calizas y lutitas, las primeras en capas medianas de color gris oscuro y las lutitas de color café en capas delgadas.

El contenido faunístico de foraminíferos planctónicos en la Sierra de Tamaulipas, donde la formación está muy bien expuesta, se encontró que la base del Miembro Caliza Nacimiento es asignable al Aptiano superior ya que contienen fauna referible a la Zona *Hedbergella gorbachikae* (Longoria, 1975).

5.2. Paleogeografía

Alrededor del 50% de los suelos oceánicos recientes están cubiertos por sedimentos carbonatados (Lisitzin, 1971). Durante el Jurásico Tardío el Mar Tethisiano inundo áreas bajas, extensas y planas, donde se depositaron primero, evaporitas, terrígenos y carbonatos, que formaron amplias plataformas interconectadas entre sí a través de canales, separadas

por elementos insulares, plataformas de relieve bajo y cuencas marinas (Enos, 1983); posteriormente, estas plataformas evolucionaron y fueron cubiertas por terrígenos con variaciones de ambientes deposicionales. La distribución de facies y límites entre mares y continentes durante este tiempo, marcan la distribución paleogeográfica, que definió a las paleoislas de Coahuila y de Miquihuana (Tamaulipas), las cuales separaron a las cuencas de Sabinas, Magiscaltzin y de Tampico Misantla de la Cuenca del Centro de México (Carrillo, 1990), inicialmente llamada Mar Mexicano (Humphrey, 1956).

Durante el Oxfordiano (Jurásico Tardío) la Cuenca de Sabinas actuó primero como un paleogolfo, limitado por tierras altas y posteriormente para el Titoniano, quedó comunicada con la cuenca de Chihuahua y flanqueada por plataformas cretácicas (Eguiluz, 2000).

Durante este periodo de tiempo, los sitios aledaños al Golfo de México fueron invadidos por grandes cantidades de depósitos sedimentarios carbonatados de cuenca ampliamente distribuidos, como consecuencia de una transgresión a finales del Cretácico Temprano (Eguiluz, 2000).

Existen en el noreste del país numerosos afloramientos los cuales evidencian un conjunto de eventos y procesos que dieron lugar a una paleogeografía dinámica durante este tiempo.

El control sedimentario y estructural de los bloques paleotectónicos altos del Jurásico, fue heredado al Cretácico Temprano, donde las áreas continentales que existieron, al ser cubiertas por el mar en diferentes tiempos, desarrollaron bancos y plataformas evaporítico carbonatadas, como la de Coahuila (Garza, 1973), San Luis- Valles, (Carrillo, 1971), Monclova (Alfonso, 1978), Maveric (Smith, 1981).

Según Longoria (1998) el Cretácico Temprano corresponde a la máxima expansión del océano resultando en el desarrollo del Mar Mexicano en la mayor parte de México. La geodinámica está dominada por la subducción oblicua de la placa Kula-Farallon en el margen occidental convergente de la placa norteamericana (NOAM). De acuerdo con Longoria (1998), las características paleogeográficas importantes incluyen: (1) el desarrollo de una amplia masa de tierra al norte, conocida como el Macizo Burro-Picachos; (2) la masa continental occidental (Continente Occidental), que incluía un arco isleño al norte (paleo-Sonora) y un arco magmático; y (3) el Bloque de Yucatán que se ha traducido a su

ubicación actual como resultado de la propagación activa del lecho marino durante el Jurásico Tardío en el Golfo de México. Las áreas positivas antes mencionadas fueron separadas la gran masa de agua del denominado Mar Mexicano. De acuerdo con Longoria (1998), el área ocupada por Ciudad Victoria (V), Tamaulipas, representa la parte más profunda del Mar Mexicano; mientras que hacia el noreste hasta Monterrey (M) la paleobatimetría se volvió más superficial, por lo que se desarrollaron dos fajas: (a) una plataforma de carbonato abierta, y (b) una zona clástica paralela al paleocosta. Las flechas indican el movimiento relativo de las placas de Kula-Farallon y Norteamérica (Figura 7).

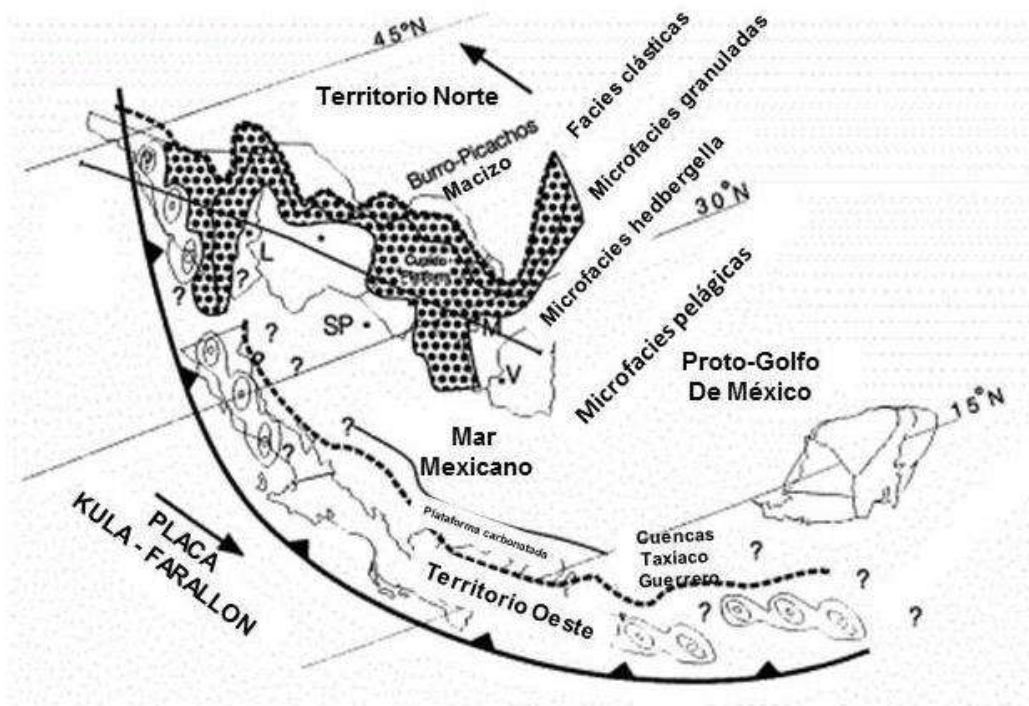


Figura 7. Paleogeografía del Cretácico Temprano. Tomado de Longoria (1998).

6. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

A continuación se describen de manera general las unidades identificadas a lo largo de la sección estudiada en la Sierra Las Mitras (Figura 8).

Unidad A

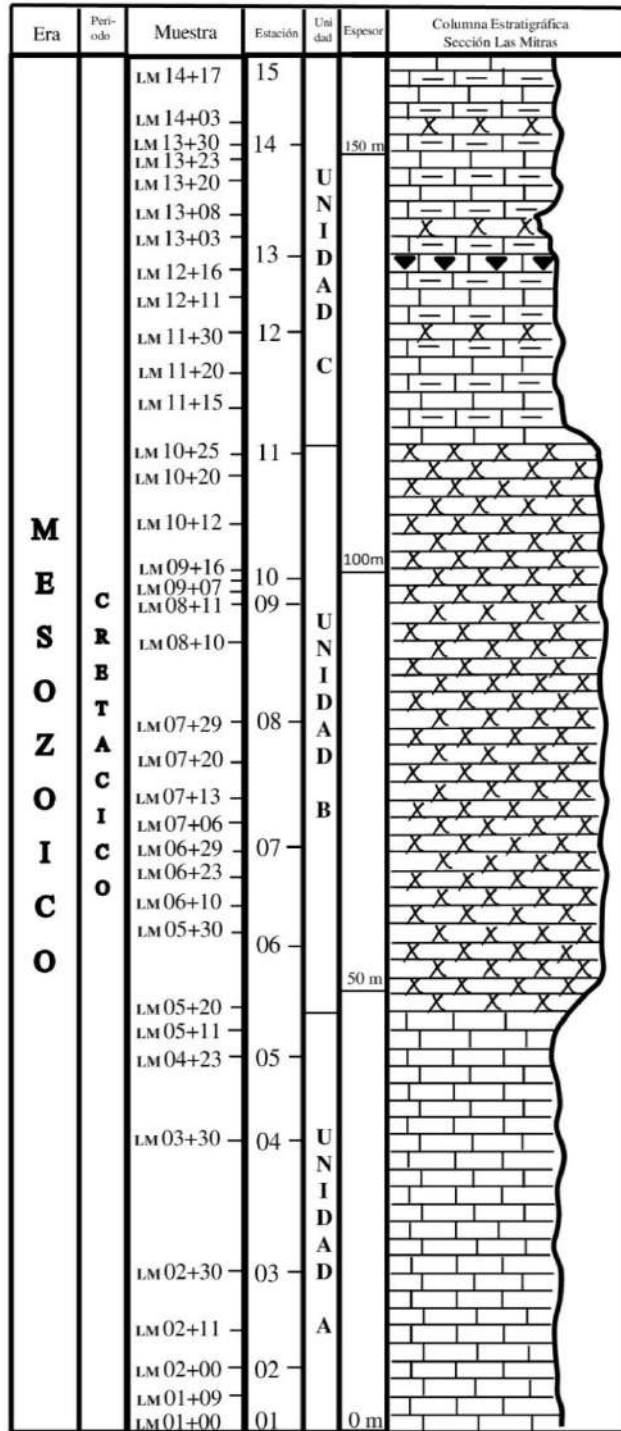
Su litología consiste en capas de caliza masiva gris oscuro, con un rumbo de NW 77° SE y un echado de 28°NE, se llevaron a cabo 6 estaciones (de 1 a la 6) en las que se tomaron 9 muestras, LM 1+0 , LM1+8, LM2+0, LM2+11, LM2+30, LM3+0, LM3+30 y LM5+11.

Unidad B

Esta unidad consiste en capas de caliza gruesa con pedernal, el rumbo es de NW 82° SE y un echado de 33° NE, se llevaron a cabo 6 estaciones (de 6 a la 12), en las que se tomaron 16 muestras, LM5+20, LM5+30, LM6+10, LM6+23, LM6+29, LM7+6, LM7+13, LM7+20, LM7+29, LM8+10, LM8+7, LM9+13, LM10+12, LM10+20, LM10+25, LM11+4. Entre las estaciones 7 y 8 se observaron intervalos con pirita.

Unidad C

La litología que predomina en esta unidad es la alternancia de calizas y margas medianas a delgadas con pequeños nódulos con pirita y locales capas de pedernal negro, tiene un rumbo de este a oeste, con un echado de 25° con dirección al noreste, se obtuvieron las estaciones del 12 al 15, se tomaron 14 muestras, LM11+8, LM11+15, LM11+20, LM11+30, LM12+4, LM12+11, LM12+16, LM13+3, LM13+8, LM13+8^a, LM13+20, LM13+23, LM14+3. En el intervalo entre las estaciones 12 y 13 se observaron belemnites.



EXPLICACIÓN			
	Caliza Masiva		Caliza con Belemnites
	Caliza con pedernal		Margas

Figura 8. Columna estratigráfica de la sección noroeste de la Sierra Las Mitras, mostrando litología, muestras colectadas (LM) y unidades.

7. ANALISIS DE MICROFACIES

Para poder realizar el análisis de microfacies del área estudiada se consideraron varios elementos, los cuales incluyen la matriz o cementante (ortoquímicos), las partículas esqueléticas (biogénicos) y las partículas no esqueléticas (no biogénicos), conocidos estos dos últimos como aloquímicos. Para obtener una clasificación más precisa, se utilizó el sistema de clasificación de Dunham (1982), en la que según Flugel (1982) es el que menos desventajas presenta.

Los ortoquímicos son producto de la precipitación química directa del agua ya sea marina o meteórica, al momento de la sedimentación o durante la diagénesis. En las láminas delgadas observadas se identificó que todas presentaban matriz de grano muy fino, la cual se conoce como micrita y que se define como “la parte de la roca en donde todos los sedimentos aloquímicos y terrígenos se encuentran contenidos” (Montijo *et al*, 2004).

Los aloquímicos son todas las partículas formadas dentro de la cuenca de sedimentación, que no son producto de la precipitación química en el agua, sino que son principalmente microorganismos o fragmentos de organismos que vivieron durante la sedimentación, o partículas producidas mecánicamente, se dividen en biogénicos y no biogénicos (Montijo *et al*, 2004).

A continuación se describen los componentes biogénicos y no biogénicos encontrados en las láminas delgadas estudiadas en la sección Las Mitras.

Biogénicos o esquelétales:

Son producto de la fragmentación de macro o microorganismos, e inclusive pueden ser especímenes completos. Para este estudio se consideraron 3 microfósiles, como principales indicadores para la determinación de las microfacies:

Foraminíferos planctónicos. Se ha reconocido su valor indudable como fósiles índice en la mayoría de estos, ya que ofrecen excelentes bases para correlacionar áreas locales e intercontinentales, debido a que presentan una evolución rápida, dispersión horizontal muy grande y un alcance vertical restringido.

Generalmente habitan en o cerca de la superficie de los cuerpos de agua, en ambientes pelágicos (en los primeros 300 m de la columna de agua).

Los primeros registros son del Jurásico Medio y básicamente son formas simples y pequeñas.

En el Cretácico sufren una radiación evolutiva, convirtiéndose a partir de ese momento en un importante componente del plancton. Los foraminíferos planctónicos viven en ambientes desde nerítico medio al abisal (Montijo *et al*, 2004).

Calciesferas. Son organismos esféricos, de tamaño menor de 500 micras, que están hechas de calcita, sin ornamentación. Tienen una pared de carbonato de calcio variablemente preservada. La diferencia con los foraminíferos, es que la pared de calcita, con contenido bajo en magnesio, es más gruesa y con estructuras radiales, y al observarse en luz polarizada se presenta como una cruz de interferencia. Las calciesferas son organismos que existieron desde el Paleozoico hasta el Mesozoico y habitaron en aguas someras neríticas (Brasier, 1980).

Ostrácodos. Son organismos que consisten de dos valvas, que pueden ser lisas u ornamentadas y se mantienen unidas mediante una charnela. Muchas formas son inferiores a un milímetro en diámetro máximo, aunque existen organismos mayores a los 3 cm. Muchos de los rasgos de ornamentación de la superficie exterior de la concha son visibles en sección delgada. Los ostrácodos son organismos de ambientes marinos y de aguas dulces (Brasier, 1980).

No biogénicos:

Son originados ya sea por la abrasión mecánica del sedimento o producidos durante la sedimentación por procesos físicos y/o químicos (Montijo *et al*, 2004).

Intraclastos. Tienen un tamaño que varía desde menores a 0.5 mm hasta varios centímetros, no están bien redondeados, y fueron identificados como plasticlastos, ya que son de un tamaño inferior a 0.5 mm, y presentan una composición muy similar a la de la matriz (Montijo *et al*, 2004).

7.2. Descripción de microfacies de la sección en la Sierra de Las Mitras

En la sección oeste de la Sierra de las Mitras, se identificaron 4 microfacies, con los elementos que se detallaron anteriormente, considerando petrográficamente los aspectos texturales y la abundancia de los componentes aloquímicos en las láminas delgadas.

Para definir las microfacies, además de considerar, la presencia de fósiles, el tipo de textura, las características petrográficas particulares y presencia de partículas no biogénicas, se basó en la técnica de Flügel (1982), siguiendo la metodología de Longoria y Monreal (1991).

Microfacies 1:

Esta microfacies (Tabla 3) se caracteriza por presentar texturas de mudstone y wackestone y su contenido microfósil es principalmente de foraminíferos planctónicos (Figura 9; fotos 5 y 7) mientras que como elementos no biogénicos se presentan intraclastos de tipo plastoclastos (Figura 9; fotos 1 y 9). También se identificaron frecuentes a escasos ostrácodos de valvas delgadas (Figura 9; fotos 3 y 9), algunos de los cuales tienen orificios ocupados por micrita que indican que estos organismos soportan más profundidades por ser más ligeros (Figura 9; foto 2). Además se observaron raras calciesferas y trazas de foraminíferos bentónicos de género *Lenticulina* (Figura 9; foto 6), también se encontraron trazas de fragmentos de macrofósiles como equinodermos y bivalvos.

La microfacies 1 se repite en 2 intervalos, en las muestras: LM1+0, LM1+8, LM2+0, LM2+30, LM3+0 y LM3+30 (Figura 10).

Analizando los datos obtenidos se determina que, esta microfacies representa un ambiente marino de plataforma externa a talud (Figura 11).

Tabla 3. Microfacies 1 y 2 en la sección noroeste de la Sierra de Las Mitras. Abundancia de aloquímicos. X= presencia, T = traza (0 a 5 individuos), R= raro (6 a 10 individuos), S= escaso (de 11 a 16 individuos), F= frecuente (de 17 a 25 individuos), A= abundante (más de 25 individuos).

MICROFACIE		1						2														
Numero de muestra		1+0	1+8	2+0	2+30	3+0	3+30	2+11	5+30	6+10	6+23	7+6	7+13	7+29	8+10	8+11	9+16	10+12	10+20	10+25	11+15	
textura	Mudstone			X																		
	Wackstone	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X	X	X	X	X	
	Floatstone																					
	Packstone							x	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Grainstone																					
	Rudstone																					
	Framestone																					
Aloquímicos	Intraclastos	R	S	F	T	A	T	T		T												
	Calciferulidos	T	S	R	R	T	R	S	A	S	S	F	F	F	F	F	S	A	F	A	A	
	Equinodermos	T	R	R	R	S	R	S	R	T	S	S	F	F	R	F	R	S	F	S	S	
	crin plan	T	T	T	S	S	S	R	T	R	T	R	R	R	R	S	T	S	R	S	F	
	FOR	Rot PK	S	A	S	A	S	A	R	F	A	F	A	S	F	F	A	F	A	A	F	A
		Rot BT	T	T	T	T	T	T					T	T	T	T					T	
	Ostracodos	F	S	T	F	T	A	S	R	R	T	S	A	F	F	R		S	S	S	S	
	Moluscos									T	T											
	Bivalvos	T	T				T	T	T	T	T	T	T	T	T							

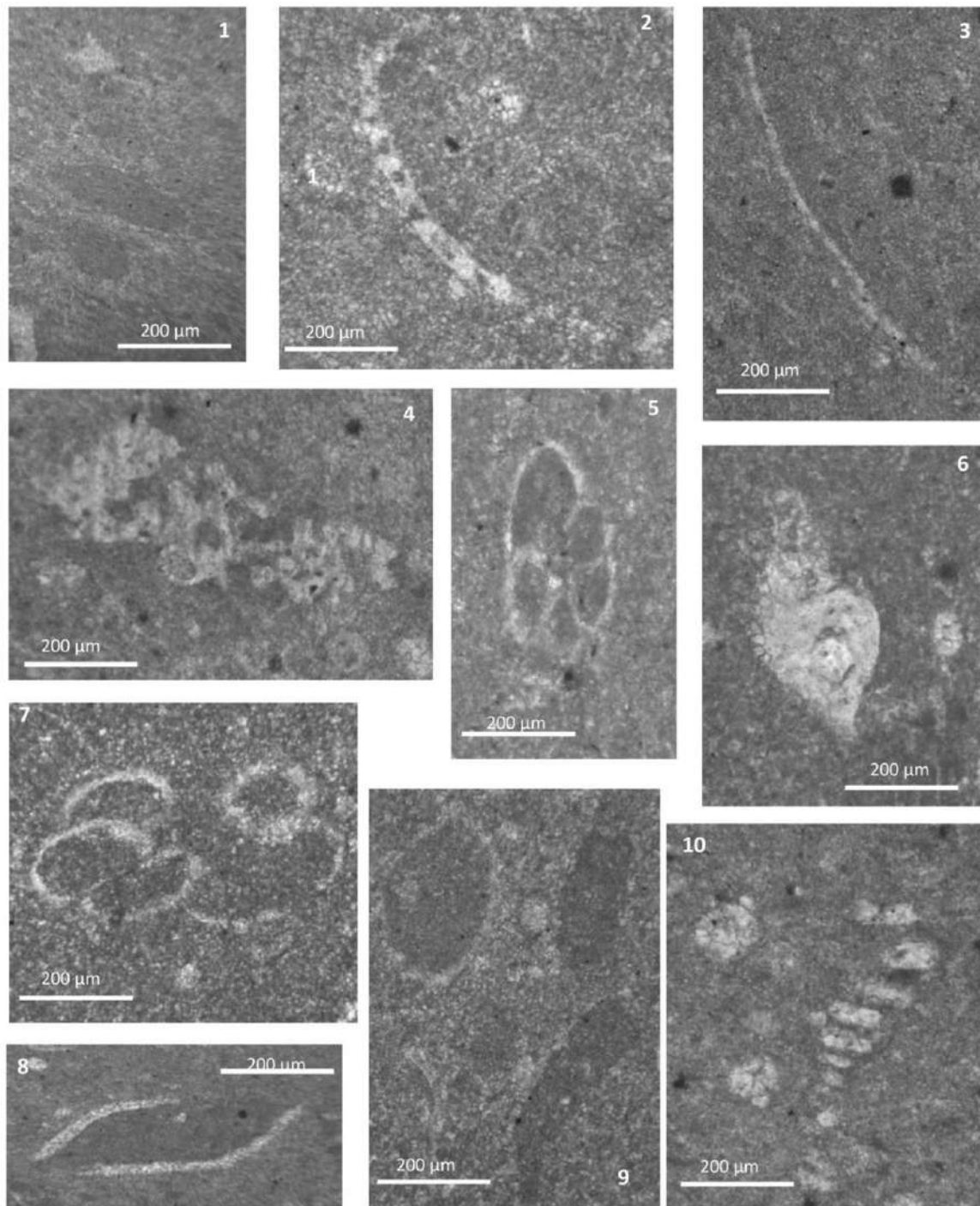


Figura 9. Microfacies 1. 1.- Intraclastos (plasticlastos), muestra LM-1, luz natural, lente 10X. 2.- Ostrácodo, muestra LM1+0, lente 10X. 3.- Ostrácodo, muestra LM2+0, lente 10X. 4. Equinodermo, muestra LM1+9, lente 10X 5.- Foraminífero planctónico, muestra LM1+9, lente 10X. 6.- Foraminífero bentónico (Lenticulina), muestra LM2+30, lente 10x. 7.- Foraminífero planctónico, muestra LM1+9, lente 10X.. 8.- Ostrácodos, muestra LM3+0, lente 10X 9.- Intraclastos y ostrácodos, muestra LM2+30, lente 10X. 10.- Calciesferas, foraminífero, muestra LM3+30, lente 10X.

Era	Período	Muestra	Estación	Unidad	Espesor	Columna Estratigráfica Sección Las Mitras	Microfósiles			Microfacie
							PK	CI	Ost	
MESOZOICO	CRETACICO	LM 14+17	15	UNIDAD C	150 m	[Brick pattern]	A	F	T	M4
		LM 14+03	14			[Brick pattern with X's]	A	F	T	
		LM 13+30				[Brick pattern with X's]	A	F	T	
		LM 13+23				[Brick pattern with X's]	A	F	T	
		LM 13+20				[Brick pattern with X's]	A	F	T	
		LM 13+08	13			[Brick pattern with X's]	A	F	T	
		LM 13+03				[Brick pattern with X's]	A	F	T	
		LM 12+16				[Brick pattern with X's]	A	F	T	
		LM 12+11	12			[Brick pattern with X's]	A	F	T	
		LM 11+30				[Brick pattern with X's]	F	A	R	
		LM 11+20				[Brick pattern with X's]	F	A	F	
		LM 11+15	11			[Brick pattern with X's]	A	A	F	
		LM 10+25				[Brick pattern with X's]	F	A	S	
		LM 10+20				[Brick pattern with X's]	A	F	S	
		LM 10+12	10			[Brick pattern with X's]	A	A	S	
		LM 09+16		[Brick pattern with X's]	F	S	S			
		LM 09+07		[Brick pattern with X's]	F	A	R			
		LM 08+11	09	[Brick pattern with X's]	F	A	R			
		LM 08+10		[Brick pattern with X's]	F	F	F			
		LM 07+29		[Brick pattern with X's]	F	F	F			
		LM 07+20	08	[Brick pattern with X's]	F	A	A			
LM 07+13	[Brick pattern with X's]	S		F	A					
LM 07+06	[Brick pattern with X's]	A		F	S					
LM 06+29	07	[Brick pattern with X's]	F	A	S					
LM 06+23		[Brick pattern with X's]	F	S	T					
LM 06+10		[Brick pattern with X's]	A	S	R					
LM 05+30	06	[Brick pattern with X's]	F	A	R					
LM 05+20		[Brick pattern with X's]	F	A	R					
LM 05+11		[Brick pattern with X's]	F	A	R					
LM 04+23	05	[Brick pattern with X's]	F	A	R					
LM 03+30		04	[Brick pattern with X's]	A	R	A				
LM 02+30			[Brick pattern with X's]	S	T	T				
LM 02+11	03		[Brick pattern with X's]	R	S	S				
LM 02+00		02	[Brick pattern with X's]	S	R	T				
LM 01+09			[Brick pattern with X's]	A	S	S				
LM 01+00	01	[Brick pattern with X's]	S	T	F	M1				

EXPLICACIÓN		
SIMBOLOGÍA		ABUNDANCIA DE MICROFOSILES
[Brick pattern]	Caliza Masiva	PK = Foraminíferos Plantónicos
[Brick pattern with inverted triangles]	Caliza con Belemnites	CI = Calciesferas
[Brick pattern with X's]	Caliza con pedernal	Ost = Ostracodos
[Brick pattern with horizontal lines]	Margas	M1 = Microfacie uno
		A = Abundante (mas de 25 individuos)
		F = Frecuente (17 a 25 individuos)
		S = Escaso (11 a 16 individuos)
		R = Raro (6 a 10 individuos)
		T = Trazo(0 a 5 individuos)

Figura 10. Columna estratigráfica de la sección noroeste de la Sierra Las Mitras, mostrando litología, muestras colectadas (LM), microfacies y abundancia de fauna principal.

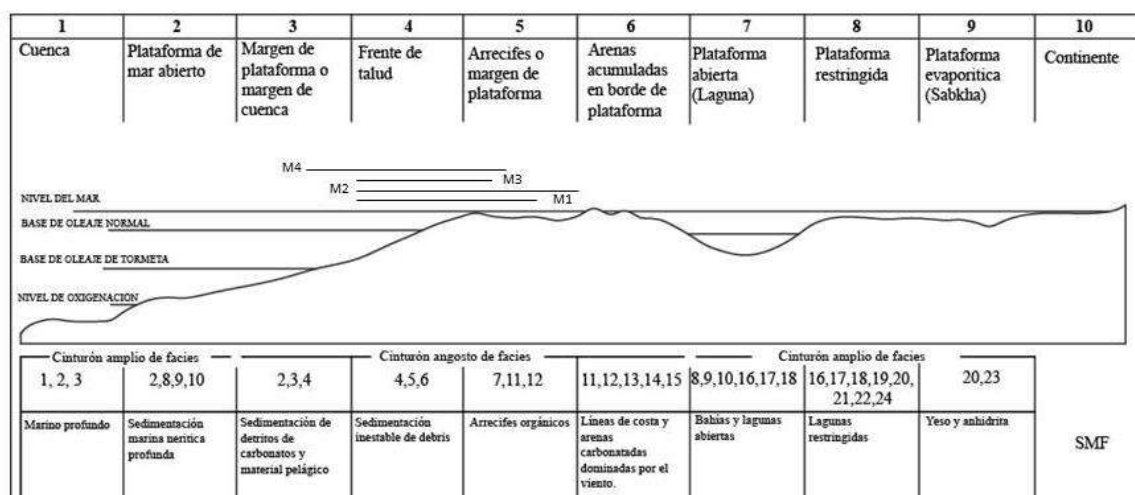


Figura 11. Diagrama con zonas de facies estándar (ZF) para una plataforma carbonatada, en relación con las microfacies identificadas en la sección noroeste en la Sierra las Mitras. Modificado del modelo de Flügel (1982).

Microfacies 2:

Esta microfacies (Tabla 3) se caracteriza principalmente por presentar texturas mixtas de wackestone-packstone (Figura 12; foto 1), con abundantes a frecuentes foraminíferos planctónicos (Figura 12; fotos 5, 6, 7, 8, 12, 13 y 14), frecuentes calciesferas (Figura 12; foto 4), de frecuentes a escasos equinodermos y ostrácodos (Figura 12; foto 3), raros crinoides, y traza de foraminíferos bentónicos (Figura 12; foto 8), bivalvos (Figura 12; foto 2) y moluscos (Figura 12; foto 10), y en algunas muestras se pueden observar traza de intraclastos. El cambio de texturas que muestran, está representado por estadios diferenciales de energía, aunque la alineación preferencial es indicativo de un flujo importante.

La microfacies 2 se repite en 5 intervalos, en las muestras: LM2+11, LM5+30, LM6+10, LM6+23, LM7+6, LM7+13, LM7+29, LM8+10, LM8+11, LM9+16, LM10+12, LM10+20, LM10+25 y LM11+15 (Figura 10).

Analizando los datos obtenidos se determina que esta microfacies representa un ambiente nerítico exterior a talud (Figura 11).

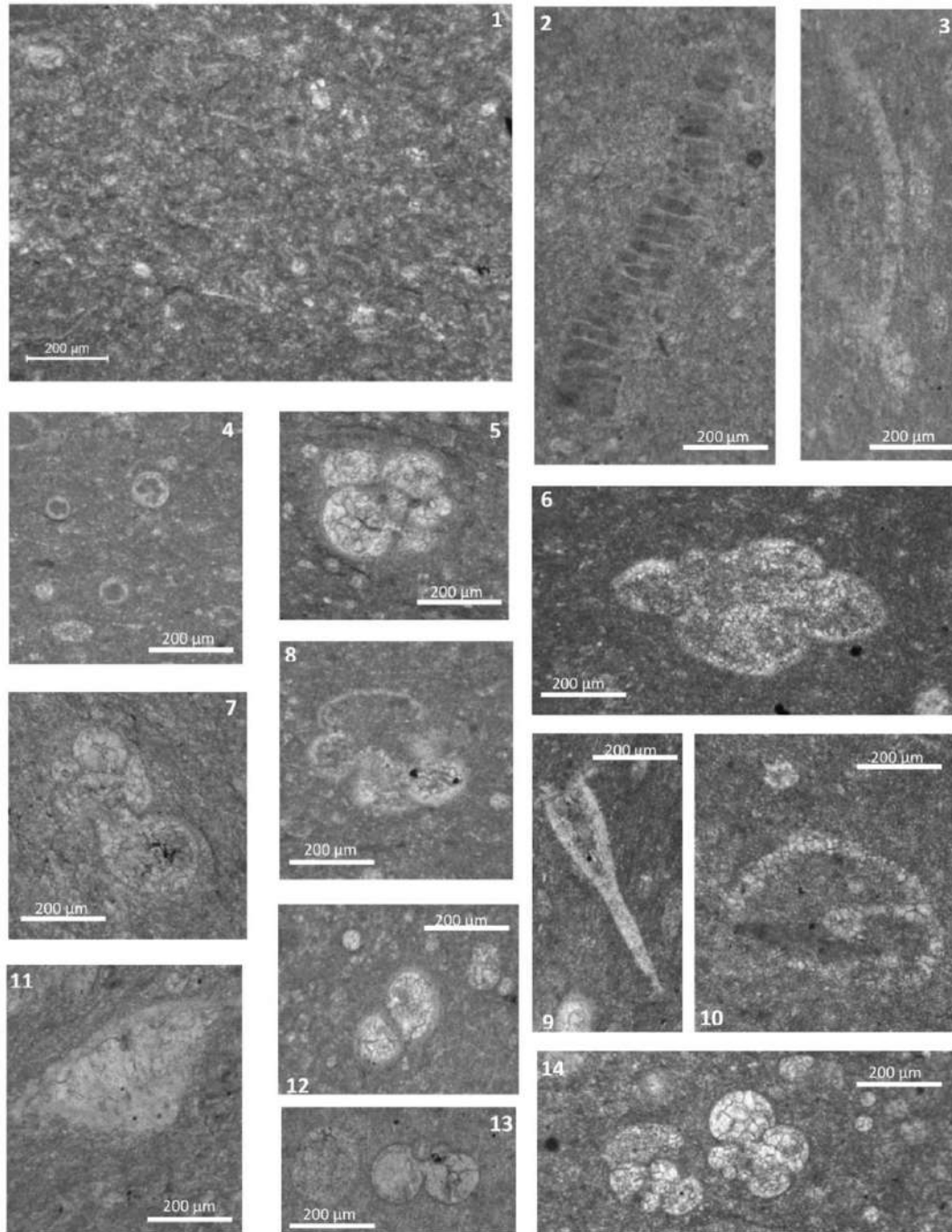


Figura 12. Microfacies 2. **1.-** Vista general de la microfacies, muestra LM6+10, lente 10X. **2.-** bivalvo (pelecípodo), muestra LLM6+23, lente 10 X. **3.-** Ostrácodo y calciesfera, muestra LM7+6, lente 10 X. **4.-** Calciesferas, muestra LM7+6, lente 10X. **5.-** Foraminífero planctónico, muestra LM8+11, lente 10X. **6.-** Foraminífero planctónico, muestra LM9+16, lente 10X. **7.-** foraminífero planctónico, muestra LM9+16, lente 10X. **8.-** Foraminífero planctónico, muestra LM7+6, lente 10X. **9.-** Crinoide plantónico, muestra LM8+30, lente 10X. **10.-** Gasterópodo, muestra LM5+10, lente 10X. **11.-** Foraminífero bentónico, muestra LM7+6, lente 10 X. **12.-** Foraminífero planctónico, muestra LM7+6, lente 10X. **13.-** Foraminífero planctónico, muestra LM10+12, lente 10X. **14.-** Foraminíferos planctónicos, muestra LM10+20, lente 10X.

Microfacies 3:

En esta microfacies (Tabla 4) predomina la textura wackestone, y las calciesferas se encuentran de manera abundante (Figura 13; fotos 1, 3 y 6), se tienen frecuentes foraminíferos planctónicos (Figura 13; fotos 4, 6, 7 y 8), de frecuentes a escasos equinodermos y raros crinoides planctónicos (Figura 13; foto 5) y ostrácodos, así como trazas de foraminíferos bentónicos y de macrofósiles como moluscos y bivalvos.

En las láminas delgadas se puede observar una ligera orientación en los granos carbonatados, lo que sugiere evidencia de transporte y es el principal factor que explica la presencia de los macrofósiles.

La microfacies 3 se repite en 5 intervalos, en las muestras: LM4+23, LM5+11, LM5+20, LM6+29, LM7+20, LM9+7, LM9+13, LM11+20, LM11+30, LM12+4 y LM12+11 (Figura 10).

Analizando los datos obtenidos se determina que esta microfacies representa un ambiente marino de margen de plataforma a talud (Figura 11).

Tabla 4. Microfacies 3 y 4. Abundancia de aloquímicos. X= presencia, T = traza (0 a 5 individuos), R= raro (6 a 10 individuos), S= escaso (de 11 a 16 individuos), F= frecuente (de 17 a 25 individuos), A= abundante (más de 25 individuos).

MICROFACIE		3											4										
Numero de muestra		4+ 23	5+ 11	5+ 20	6+ 29	7+ 20	9+ 7	9+ 13	11+ 15	11+ 20	11+ 30	12 +4	12+ 11	12+ 16	13 +3	13 +8	13+ 8A	13+ 20	13+ 23	13+ 30	14+ 3	14+ 17	
textura	Mudstone																						
	Wackstone	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Floatstone																						
	Packstone																						
	Grainstone																						
	Rudstone																						
	Framestone																						
Aloquímicos	Intraclastos	T	T																				
	Calciferulidos	S	F	A	F	F	F	F	A	A	A	F	A	F	A	F	A	A	F	F	F	F	F
	Equinodermos	R	S	S	S	F	S	F	S	F	F	F	F	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	crin plan		F	R	R	R	R	F	F	S	S	R	F	S	R	R	R	R	R	R	S	S	S
	FOR																						
	Rot PK	A	A	A	F	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Rot BT	T	T	T	T	T		T															
	Ostracodos	R		R	S	A	R	R	S	F	F	R	R	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	Moluscos					T																	
Bivalvos	S		T	R	T	T	T			T		T								T			

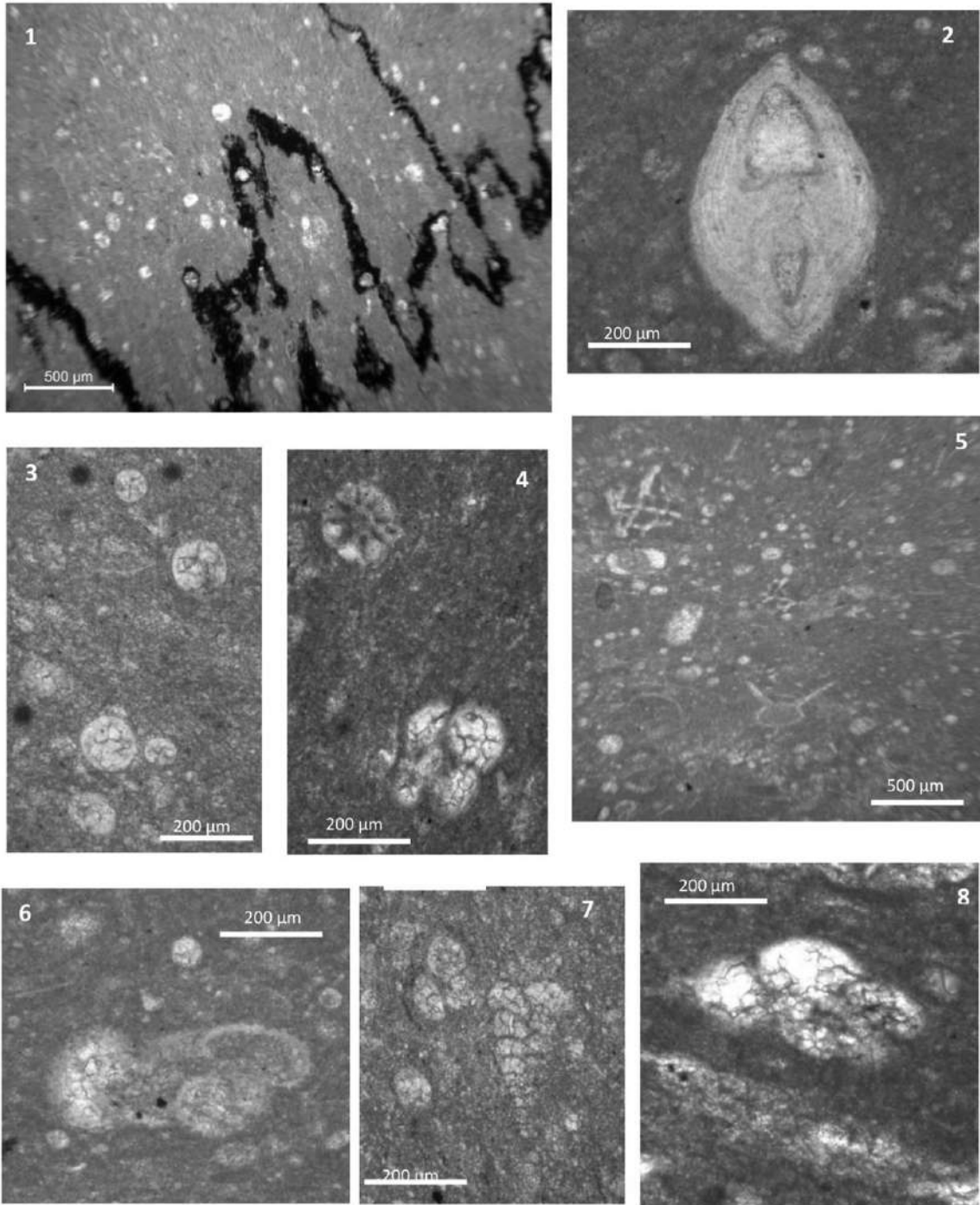


Figura 13. Microfacies 3. 1.- Calciesferas, foraminíferos plantónicos y estilolitas, muestra LM5+11, lente 10X. 2.- Foraminífero bentónico (lenticulina), muestra LM9+13, lente 10X. 3.- Calciesferas, muestra LM5+20, lente 10X. 4.- Foraminífero planctónico y espina de equinodermo, muestra LM9+13, lente 10X. 5.- Crinoides planctónicos, calciesferas y foraminíferos plantónicos, muestra LM9+13, lente 10X. 6.- Foraminífero planctónico y calciesfera, muestra LM9+13, lente 10X. 7.- Foraminífero bentónico serial, foraminífero planctónico, muestra LM11+30, lente 10X. 8.- Foraminífero planctónico, muestra LM12+4, lente 10X.

Microfacies 4:

Esta microfacies (Tabla 4) se caracteriza por presentar una textura wackestone, en la que predominan de manera abundante los foraminíferos planctónicos (Figura 14; fotos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8), que se diferencia de las microfacies anteriores debido a que en ésta se encuentran los organismos de manera más completa y con las cámaras más grandes, también se encuentran frecuentes calciesferas (Figura 14; foto 1), escasos equinodermos, raros crinoides plantónicos y traza de ostrácodos.

La microfacies 4 se encuentra solamente en 1 intervalo, en las muestras: LM12+11, LM12+16, LM13+3, LM13+8, LM13+8a, LM13+20, LM13+23, LM13+30, LM14+3 y LM14+17 (Figura 10).

Analizando los datos obtenidos, se determina que esta microfacies representa un ambiente marino que varía de nerítico exterior a batial superior (Figura 11).

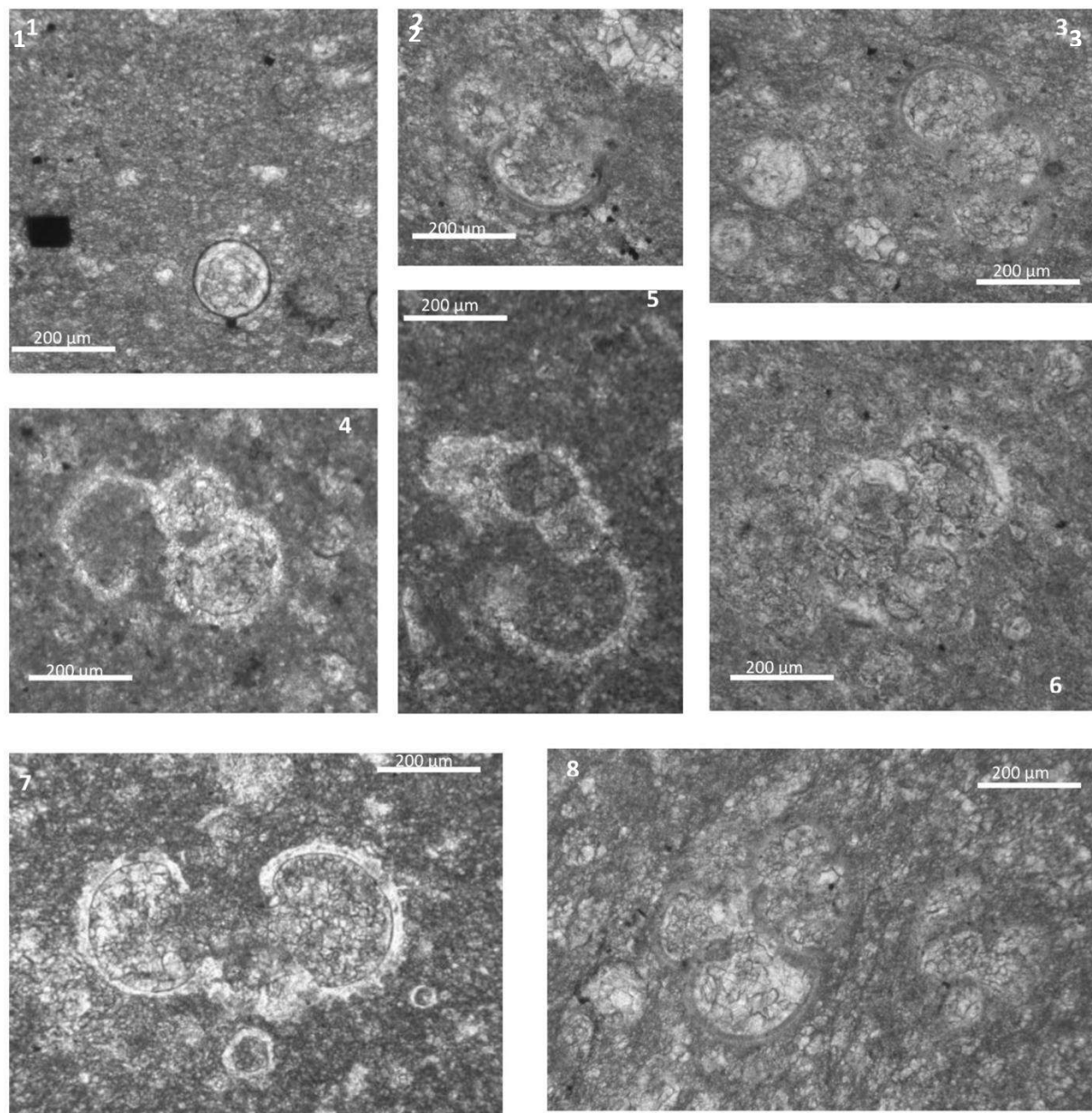


Figura 14. Microfacies 4. 1.- Calcisferas, muestra LM13+3, lente 10X. 2.- Foraminífero planctónico, muestra 12+16, lente 10X. 3.- Foraminíferos planctónicos y calcisferas, muestra LM13+3, lente 10X. 4.- Foraminífero plantónico y calcisfera, muestra LM12+20, lente 10X. 5.- Foraminífero planctónico, muestra LM12+20, lente 10X. 6.- Foraminífero planctónico, muestra LM13+8^a, lente 10X. 7.- Foraminífero plantónicos y calcisferas, muestra LM13+20, lente 10X. 8.- Foraminíferos planctónico, muestra LM12+16, lente 10 X.

8. CORRELACION Y POSICIÓN CRONOESTRATIGRAFÍA

La secuencia estratigráfica expuesta en la porción noroeste de la Sierra de las Mitras consiste en una secuencia basal compuesta de caliza masiva, que presenta un espesor de 45 metros, en la parte media de la sección se presenta una caliza de estratificación gruesa con pedernal, que presenta un espesor de 67 metros y en la cima se tiene una alternancia de calizas y margas de estratificación mediana a delgada y locales capas delgadas de pedernal negro con un espesor de 48 metros.

La fauna encontrada en las muestras tomadas en la sección Sierra de Las Mitras, fue identificada por el Dr. José F. Longoria (Tabla 5). Debido a que se identificó la presencia de microorganismos como *Cucasella tardita* (Figura 15, Fotos 1 y 3), *Gorbachikella kugleri* (Figura 15, Foto 5) y *Caucasella hauterivica* (Figura 15, Foto 6), en la parte baja de la secuencia, se sugiere que esta secuencia se depositó en el Barremiano. En la parte media-superior de la columna se encontró *Blowiella maridalensis* (Figura 15, Foto 8 y Figura 16, Foto 2 y 3) y *Globigerinelloides ferreolensis* (Figura 16, Foto 1), lo que indica que se depositó durante el Aptiano. Para la parte superior de la sección se identificaron varias especies como *Favusella nítida* (Figura 16, Foto 5 y 8), *Favusella occulta* (Figura 16, Foto 6), *Favusella quadrata* (Figura 16, Foto 7) y *Favusella excelsa* (Figura 16, Foto 9) indicativos del Albiano. Con base a lo anterior, la sucesión estratigráfica estudiada en la porción noroeste de la Sierra de las Mitras representa depositación durante el Barremiano tardío al Albiano temprano.

Con base en la litología de esta secuencia para correlacionarla con las diferentes unidades litoestratigráficas previamente establecidas, y siguiendo las reglas del Código de Nomenclatura Estratigráfica (NACSN, 2005), se concluye que la sucesión aquí descrita pertenece a la Caliza Tamaulipas. En la columna estratigráfica medida (160 metros), a partir de la muestra LM1+0 hasta la LM10+20, se identifica al Miembro Caliza La Borrega de esta unidad, mientras que hacia la cima y hasta la muestra LM14+17, se tiene el Miembro Caliza Nacimiento (Figura 17).

Sin embargo, el Miembro Caliza Otates no está presente en esta secuencia, lo que indica que no se presentaron las condiciones para la depositación de la misma.

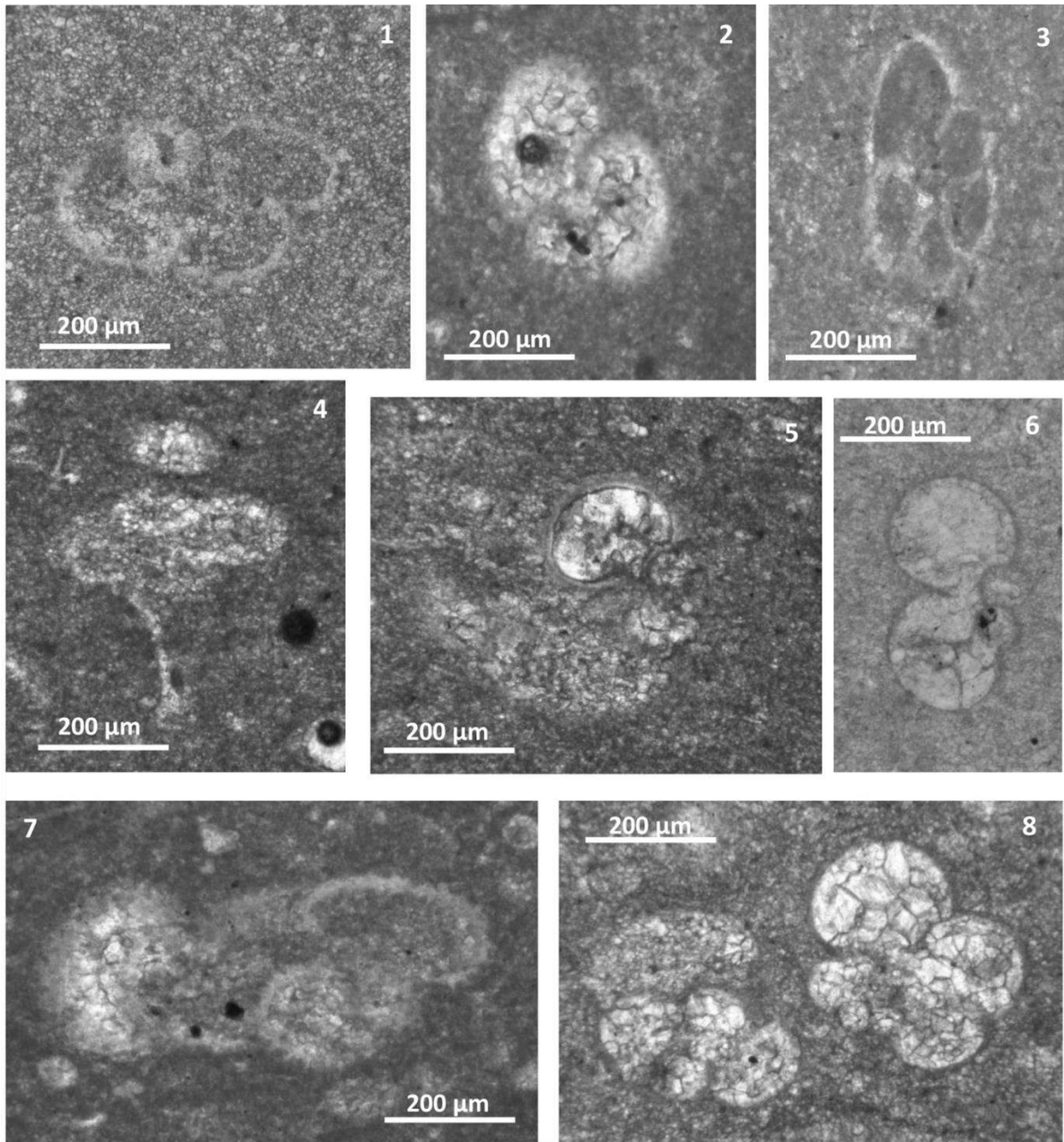


Figura 15. 1.- *Caucasella tardita* (M1), muestra LM1+0, lente 10x. 2.- *Cucasella* sp (M1), muestra LM2+30, lente 10x. 3.- *Caucasella tardita* (M1), muestra LM2+30, lente 10x. 4.- *Caucasella* sp (M3), muestra LM5+11. 5.- *Gorbachikella kugleri* (M3), muestra LM5+11, lente 10x. 6.- *Caucasella hauterivica* (M2), muestra LM10+12, lente 10x. 7.- *Hedbergella gorbachikae* (M3), muestra LM9+13, lente 10x. 8.- *Blowiella maridalensis* (M2), muestra LM10+20, lente 10x.

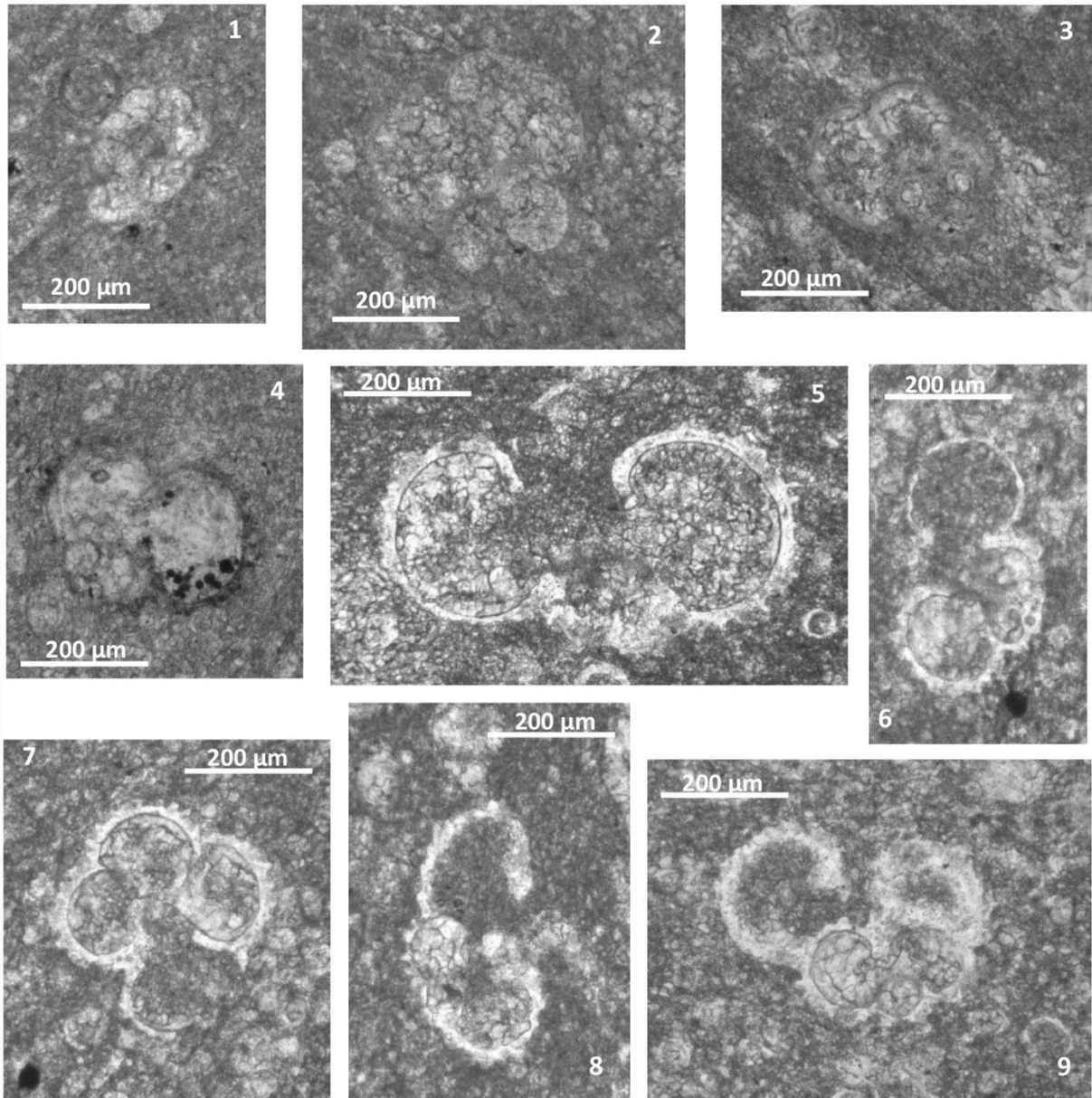


Figura 16. 1.- *Globigerinelloides ferreolensis* (M3), muestra LM12+11, lente 10x. 2.- *Blowliella maridalensis* (M3), muestra LM12+11, lente 10x. 3.- *Blowliella maridalensis* (M4), muestra LM12+16, lente 10x. 4.- *Caucasella* sp (M4), muestra LM13+3, lente 10x. 5.- *Favusella nítida* (M4), muestra LM13+20, lente 10x. 6.- *Favusella occulta* (M4), muestra LM13+20, lente 10x. 7.- *Favusella quadrata* (M4), muestra LM13+20, lente 10x. 8.- *Favusella nítida* (M4), muestra LM13+20, lente 10x. 9.- *Favusella excelsa* (M4), muestra LM13+20, lente 10x.

Tabla 5. Relación de fauna identificada en la sección Sierra de Las Mitras, mostrando muestras (LM), fauna y su rango de posición cronoestratigráfica.

Muestra	Fauna	Posición cronoestratigráfica
LM1+0	<i>Cucasella tardita</i>	Barremiano
LM2+30	<i>Cucasella sp</i>	Barremiano
	<i>Caucasella tardita</i>	Barremiano
LM5+11	<i>Caucasella sp</i>	Barreamiano
	<i>Gorbachikella kugleri</i>	Barremiano
LM9+13	<i>Hedbergella gorbachikae</i>	Barremiano superior-Aptiano
LM10+12	<i>Caucasella hauerivica</i>	Barremiano-Aptiano inferior
LM10+20	<i>Blowiella maridalensis</i>	Aptiano
LM12+11	<i>Globigerinelloides ferreolensis</i>	Aptiano Inferior
	<i>Blowiella maridalensis</i>	Aptiano
LM12+16	<i>Blowiella maridalensis</i>	Aptiano
LM13+3	<i>Caucasella sp</i>	Aptiano inferior- superior
LM13+20	<i>Favusella nítida</i>	Albiano
	<i>Favusella occulta</i>	Albiano inferior
	<i>Favusella quadrata</i>	Albiano inferior
	<i>Favusella nítida</i>	Albiano inferior
	<i>Favusella excelsa</i>	Albiano

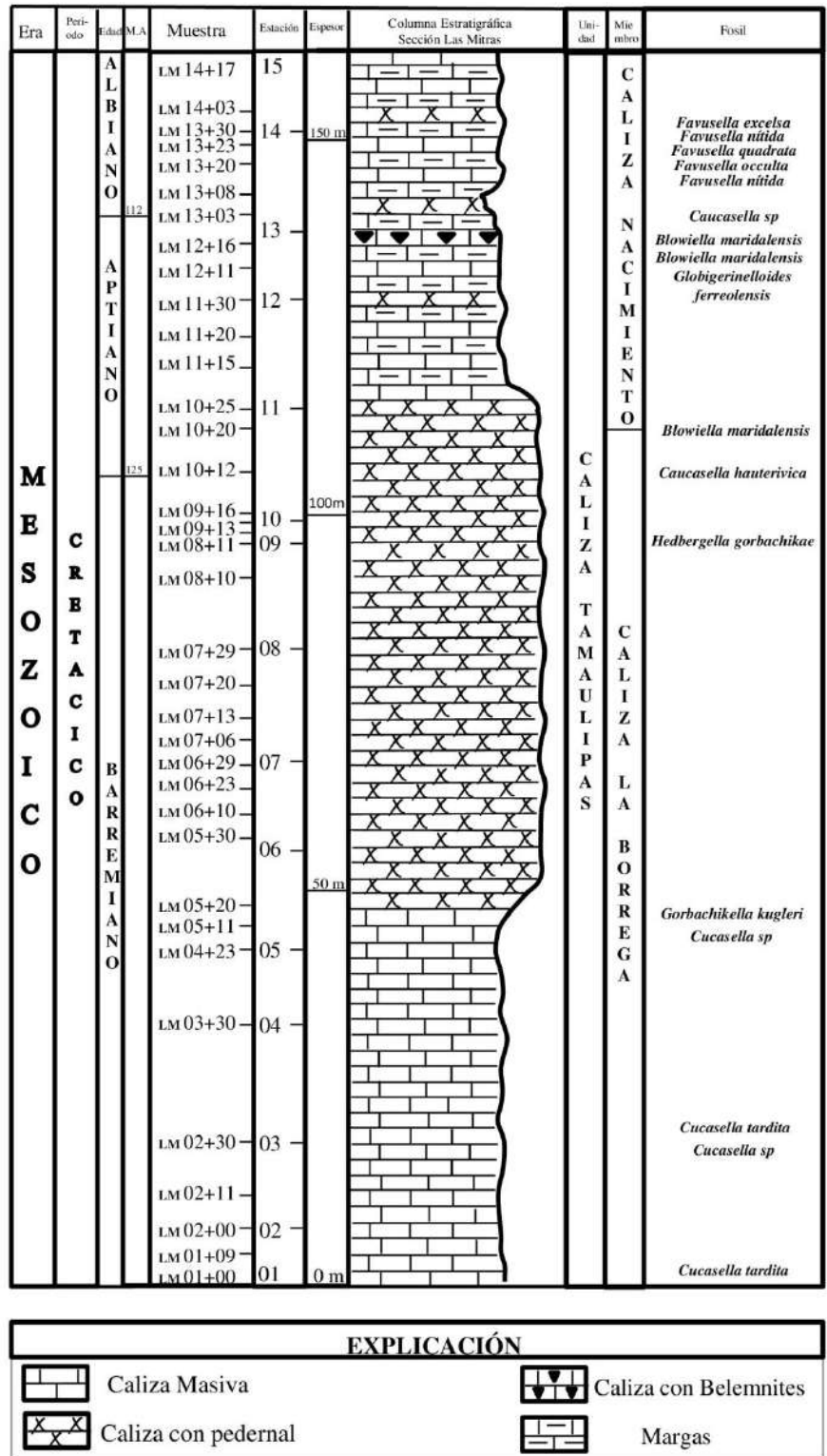


Figura 17. Columna estratigráfica de la sección noroeste de la Sierra Las Mitras, mostrando litología, muestras colectadas (LM), edades, unidades, miembros y fauna identificada

9. CONCLUSIONES

En la porción noroeste de la Sierra de Las Mitras al noroeste de Monterrey, Nuevo León, se presenta una secuencia de rocas carbonatas que se depositaron durante el Cretácico Temprano la cual representa un ritmo de sedimentación que muestra ligeras variaciones en el ambiente depositacional que va desde la plataforma externa al talud.

En la sección estudiada se identificaron 4 microfacies con texturas desde mudstone a packstone, pero principalmente wackestone, además, se reconocieron grupo de fósiles como, foraminíferos planctónicos y bentónicos, calciesferas, ostrácodos, moluscos y bivalvos.

El análisis de microfacies de las rocas sedimentarias estudiadas permitió determinar la paleobatimetría de éstas, las rocas expuestas en esta sección se depositaron desde el ambiente marino nerítico exterior hasta talud con corrientes de turbidez. Estos paleoambientes tienen su correspondiente en las zonas de microfacies estándar de Flügel (2004).

Para la microfacies 1 interpreta un ambiente marino somero, con corrientes de turbidez que fueron depositados en zonas más profundas, como evidencia se tiene la presencia de intraclastos y fragmentos de macrofósiles como equinodermo y bivalvos.

En la microfacies 2 se presentan texturas mixtas que sugieren estadios diferenciales de energía en donde la alineación preferencial es indicativo de flujo abundante, y los fósiles dominantes son foraminíferos planctónicos y las calciesferas.

En la microfacies 3 se identificó una ligera orientación de los granos que evidencia transporte de los organismos, aquí abundan las calciesferas y disminuye la presencia de ostrácodos, lo que indican un ambiente marino que va desde margen de plataforma a talud.

En la microfacies 4 domina una textura wackestone con abundantes foraminíferos planctónicos, con la diferencia de que éstos son de tamaño mayor a los que identificados en las microfacies anteriores y además se encuentran frecuentes calciesferas. Para esta

microfacies se propone un ambiente que va desde el marino nerítico exterior a batial superior.

Se determinó la edad de la sección estudiada por la presencia de microorganismos identificados por el Dr. Longoria. Con base en los fósiles identificados, la sucesión varía desde el Barremiano hasta el Albiano. En la que se tienen *Cucasella tardita*, *Gorbachikella kugleri* y *Caucasella hauterivica* (Barremiano) en la porción media superior se encontró *Blowiella maridalensis* y *Globigerinelloides ferreolensis*, (Aptiano) y en la parte superior de la sección, se identificaron varias especies como *Favusella nítida*, *Favusella occulta*, *Favusella quadrata* y *Favusella excelsa* (Albiano).

Se concluye también que la sección estudiada pertenece a la unidad Caliza Tamaulipas y que se identificaron dos de sus tres miembros en la sucesión: el Miembro Caliza La Borrega y el Miembro Caliza Nacimiento.

10.REFERENCIAS CITADAS

- Bonet, F., 1956, Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del Este de México. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros Boletín, 8, pp. 391-447.
- Conklin, J., Moore, C., 1977, Paleoenvironmental analysis of the Lower Cretaceous Cupido Formation, northeast Mexico, in Bebout, D.C., Loucks, R.G. (eds.), Cretaceous Carbonates of Texas and Mexico; Applications to subsurface exploration: University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Report of Investigations No. 89, pp 302-323.
- De la Cruz-Martínez, V., 1979, Estudio Geológico del Área de Allende, Estado de Nuevo León: México, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Ambiental, Tesis de Licenciatura, pp. 70.
- Flores-Herrera, H. E., 1995, Estudios estratigráficos y de microfacies del Cretácico de la parte norte del Cañón La Boca, Santiago, Nuevo León. México: Monterrey, N. L., México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Tesis de Licenciatura, pp.68.

- Flügel, E. 1982, *Microfacies Analysis of Limestones*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 633.
- Goldhammer, R. K., 1999, Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of northeast Mexico, en: *Mesozoic sedimentary and Tectonic History of North-Central Mexico*, Boulder, Colorado, Bartolini, C., Wilson J., L., y Lawton, T., F., (eds) Geological Society of America.
- Longoria, J. F., 1975, Estratigrafía de la Serie Comancheana del Noreste de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 38(1), pp. 31-58.
- Longoria, J. F., 1984, Cretaceous biochronology from the Gulf of México region on planktonic microfossils: *Micropaleontology*, 30, pp.225-242.
- Longoria, J. F., Dávila, V. M., 1979, Estratigrafía y microfacies del Cerro de la Silla SE de Monterrey, *Boletín del Departamento de Geología Universidad de Sonora*, 2(1), pp. 65-95.
- Longoria, J. F., y Monreal, R., 1991. Lithostratigraphy, microfacies, and depositional environments of the Mesozoic of Sierra La Nieve, Coahuila, Northeast, México. *Rev. Soc. Geol. España*, pp.1-31.
- Longoria, J. F., Krutak P. U., Gamper, M. A., 1998, *International Symposium on Foraminifera*, Sociedad Mexicana de Paleontología, A. C., Special Publication, pp. 1-40.
- Longoria, J. F., Krutak P. U., Gamper, M. A., 1998, *International Symposium on Foraminifera*, Sociedad Mexicana de Paleontología, A. C., Special Publication, pp. 1-40.
- Monreal, R., Montijo González, A., Almazán Vázquez, E., 2005, Guía para el estudio de rocas carbonatadas, Departamento de Geología división de ciencias exactas y naturales, pp. 1-99.
- Montijo González, Universidad de Sonora, Departamento de Geología, Curso de Petrología de Rocas Sedimentarias con Énfasis en Rocas Carbonatadas, <http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/>

- Montijo González, A., Monreal Saavedra, R., Grijalva Noriega, F., Pérez Ramos, O., Almazán Vázquez, E., 2004, Petrografía de Rocas Carbonatadas, Colección Textos Académicos Núm. 42, Universidad de Sonora.
- Muir, J. M., 1936, Geology of Tampico región, México. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Okla., pp. 200.
- Mullerried, F.K.G., 1944, Geología del Estado de Nuevo León. Parte I (Norte de N. L.): An. Inst. Invest. Cient. Universidad de Nuevo León, 1, pp. 67-199.
- NACSN, North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 2005, North American Stratigraphic Code: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 89, pp. 1547-1591.
- Padilla y Sánchez., R.J., 1978, Geología y estratigrafía (Cretácico Superior) del límite suroeste del Estado de Nuevo León: Universidad Nacional Autónoma de México, Revista del Instituto de Geología, 2, pp. 37-42.
- Sánchez-Vega, H. V., 1967, Vegetación de una porción del Anticlinal de Los Muertos, Sierra Madre Oriental; Anticlinal de los Muertos, Sierra Madre Oriental: Monterrey, Nuevo León. México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, tesis de licenciatura, pp. 57.
- Smith, C.I., 1981, Review of the geologic setting, stratigraphy, and facies distribution of the Lower Cretaceous in Northern Mexico, in Kats, S.M., Smith, C.I. (eds.), Lower Cretaceous Stratigraphy and Structure, Northern Mexico: West Texas Geological Society, Field Trip Guidebook, 74-84.
- Zwanziger, J. A., 1978, Geología regional del sistema sedimentario Cupido: Boletín de la Asociación de Geólogos Petroleros, 30, pp. 1-56.