



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**Caracterización litoestratigráfica de la
Caliza Chimeco y la Formación Mapache en
el Cerro Boludo, Municipio de Chila de las
Flores, Puebla.**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Geólogo

P R E S E N T A

Alex Altamirano Cabello

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Mayumy Amparo Cabrera Ramírez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2020

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló en el marco del Programa de Apoyo a Proyectos de la Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Proyecto IN118619: “La inundación marina del Jurásico – Cretácico en la región de Huajuapán de León: Sedimentología, estratigrafía y paleogeografía.” Cuya responsable académica es la Dra. Claudia Cristina Mendoza Rosales con la participación de la Dra. Mayumy Amparo Cabrera Ramírez corresponsable del proyecto. Agradezco a la dirección de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México la oportunidad de realizar el trabajo de campo, con base en una estancia de Investigación en el Proyecto PAPIIT.

Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación tecnológica (PAPIIT) de la UNAM IN118619. Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida.

De manera especial, agradezco la disposición y el apoyo recibido por parte de la Dra. Blanca Estela Margarita Buitrón Sánchez y al M. C. José Carlos Jiménez López por haberme apoyado con el Informe Paleontológico de las muestras de mano M-54, M-55 y M-67 y de las secciones delgadas M-53, M-67, M-67-2, M-73, M-116 y M-130; por resolver innumerables dudas, los datos curiosos, las historias de vida y por sus conocimientos que fungieron como motivantes para terminar este trabajo.

Al Ing. Alfredo Victoria Morales, al M. C. Emiliano Campos Madrigal y al Ing. Orestes A. de la Rosa Mora por sus valiosas enseñanzas e indispensables aportes, cómo material de apoyo, charlas enriquecedoras e inversión de su tiempo para resolver dudas de toda índole.

Al jurado integrado por la Dra. Claudia C. Mendoza Rosales, el Dr. Gilberto Silva Romo, el M. C. Emiliano Campos Madrigal y a la M. C. Yoalli B. Hernández Marmolejo por hacer posible la realización del presente texto y por sus precisas observaciones.

A mis familiares, compañeros y amigos, no solo de la facultad, sino, de todo el entorno universitario por alentarme y ayudarme a disfrutar de este trayecto, por los chistes malos, las risas, las charlas interminables, las canciones y los abrazos. Gracias.

Altamirano Cabello Alex

Dedicatoria

Yuki.

Vida de mi vida.

- **Alex**

Resumen

El área de estudio se localiza en el municipio Chila de las Flores, definido entre los límites sur de Puebla y norte de Oaxaca, es parte de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur y de la Subprovincia Cordillera Costera del Sur. Se realizó un estudio estratigráfico, sedimentológico y petrográfico de la Caliza Chimeco (Oxfordiano) y la Formación Mapache (Kimmeridgiano-Titoniano), ambas expuestas en la periferia del Cerro Boludo, el cual es parte del poblado Santa Ana Los Vázquez.

Los estudios estratigráficos, sedimentológicos y petrográficos de las unidades consisten en el análisis de características litológicas, estudio de sus respectivas estructuras sedimentarias, el análisis de secciones delgadas, elaboración de secciones sedimentarias (una por unidad estratigráfica) e interpretación de ambientes de depósito de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache.

La Caliza Chimeco se encuentra constituida por margas, margas con ooides, limolita calcárea y, según la clasificación de Dunham (1962) calizas grainstone con ooides y, según la clasificación de Folk (1959) oomicrita. En conjunto, estas litologías forman un total de 63.15 m de sección sedimentaria expuesta en la periferia del Cerro Boludo.

Por otra parte, la Formación Mapache está constituida según la clasificación de Dunham (1962) por calizas grainstone con ooides, calizas grainstone con bioclastos y calizas grainstone con pellets; calizas packstone con ooides, calizas packstone con bioclastos y calizas packstone con pellets y, según la clasificación de Folk (1959): ooesparita, bioesparita, pelesparita, oomicrita, biomicrita y pelesparita, respectivamente. Las calizas conforman un total de 132 m de sección sedimentaria expuesta en la periferia del Cerro Boludo. Lo que resulta en un total de 195.15 m.

Las características litoestratigráficas de la Caliza Chimeco indica un ambiente de depósito de aguas someras áridas–semiáridas, es decir, un ambiente litoral, específicamente en subambientes *backshore*, *berma*, *foreshore* y *shoreface*. Respecto a la Formación Mapache, sus características litoestratigráficas indican un ambiente de depósito *shoreface* o sublitoral con comunicación intermitente al mar abierto (iniciada en la sección superior de la Caliza Chimeco) que permitía el desarrollo de abundante fauna marina (pelecípodos, gasterópodos, equinodermos, foraminíferos y braquiópodos).

Contenido

Resumen	I
Índice de figuras	X
Capítulo 1. Introducción	11
1.1 Antecedentes y planteamiento del problema	11
1.2 Objetivos	11
1.3 Localización y vías de acceso	12
Capítulo 2. Marco Geológico regional	13
2.1 Estratigrafía	13
2.2 Basamento: Complejo Acatlán	13
2.3 Formación Ayuquila	14
2.4 Formación Tecomazúchil	14
2.5 Caliza Chimeco	14
2.6 Formación Mapache	15
Capítulo 3. Metodología de trabajo	16
3.1 Trabajo de gabinete previo al trabajo de campo	16
3.2 Trabajo de campo	16
3.3 Trabajo de gabinete posterior a campo	18
Capítulo 4. Litoestratigrafía de la Caliza Chimeco	21
4.1 Definición	21
4.2 Descripción de la sección sedimentaria en el Cerro Boludo	22
4.3 Ambiente de depósito	27
4.3.1 Interpretación del miembro inferior de la Caliza Chimeco	27
4.3.2 Interpretación del miembro superior de la Caliza Chimeco	28
Capítulo 5. Litoestratigrafía de la Formación Mapache	31
5.1 Definición	31

5.2 Descripción de la sección sedimentaria en el Cerro Boludo _____	31
5.3 Ambiente de depósito _____	39
6. Conclusiones _____	42
Referencias _____	43
Apéndice _____	47
Descripciones petrográficas de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache _____	47
Informe Paleontológico _____	65
Muestras de mano _____	65
Secciones delgadas _____	65

Índice de figuras

<i>Figura 1. Ubicación del área de estudio.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2. Mapa que muestra la ruta de la Ciudad de Huajuapán de León al área de estudio</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3. Mapa topográfico del área de estudio.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Instrumentos utilizados en campo.</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5. Clasificación de rocas sedimentarias clásticas. Pettijohn (1954).</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6. Clasificación de rocas carbonatadas. Dunham (1962).</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7. Clasificación de para rocas carbonatadas. Folk (1959).</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8. Clasificación de tamaño de grano de sedimentos terrígenos.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9. Microscopio petrográfico.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 10. Ubicación de puntos utilizados para la Caliza Chimeco.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 11. Estratos de margas de la Caliza Chimeco.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 12. Estructuras sedimentarias en margas.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 13. Ejemplar de radiola en material limoso.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 14. Sección sedimentaria de la Caliza Chimeco en el Cerro Boludo.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 15. Zona intermareal y supramareal de la plataforma continental.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 16. Ambientes y subambientes sedimentarios marinos la Caliza Chimeco.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 17. Controles ambientales de la formación de ooides.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 18. Ubicación de puntos utilizados para la Formación Mapache.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 19. Fotografía de caliza grainstone con ooides en campo.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 20. Fragmento de esponja en caliza packstone con ooides.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 21. Caliza packstone con bioclastos.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 22. Moldes visibles de pelecípodos.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 23. Rastros de oxidación sobre caliza grainstone con bioclastos.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 24. Moldes de pelecípodos sueltos sobre caliza packstone con bioclastos.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 25. Sección sedimentaria de la Formación Mapache en el Cerro Boludo.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 26. Modelo del ambiente de depósito de las formaciones Chimeco y Mapache.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 27. Esquema de descripción petrográfica.</i>	<i>47</i>

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes y planteamiento del problema

Actualmente la paleogeografía del sur de México es controversial. Morán-Zenteno *et al.* (1993) hablan sobre eventos tectónicos que abarcan el lapso del Jurásico, donde ocurrió un cambio de régimen tectónico de levantamiento a un régimen tensional con hundimiento que implicó la formación de un grupo de cuencas tectónicas, seguido de transgresiones marinas de corta duración provenientes del Pacífico (Bajociano-Bathoniano) formando una bahía somera conocida como Bahía de Tlaxiaco (Calloviano-Huateriviano) donde dominaron condiciones de sedimentación someras con depósitos calcáreos y clásticos.

Sin embargo, no existen estudios litoestratigráficos sobre las todas las unidades geológicas del sur de México durante la transición del Jurásico tardío – Cretácico Temprano que soporten dicha propuesta, en especial para hablar de condiciones particulares de sus respectivos ambientes de depósito. Entre estas unidades, destacan la Caliza Chimeco y la Formación Mapache que fueron estudiadas por Pérez-Ibargüengoitia *et al.* (1965), donde, basados en el contenido paleontológico (Alencaster y Buitron, 1965) y en correlaciones estratigráficas, sugirieron que se trataba de un ambiente litoral-marino somero, es decir, una zona de playa que se originó como resultado de una serie de transgresiones provenientes del Pacífico. Caballero-Miranda (1990) determina que ambas formaciones constituyen una secuencia continua y que implican una zona de plataforma que persistió, por lo menos, hasta inicios del Cretácico en el área noreste de Huajuapán de León.

Finalmente, debido a la ausencia de estudios que determinen la naturaleza litológica específica de estas dos formaciones, el presente trabajo pretende aportar información litoestratigráfica y petrográfica de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache para poder realizar una interpretación de sus ambientes de depósito. Así, los resultados obtenidos aportarán información para la reconstrucción paleogeográfica del sur de México (Puebla) durante el límite entre el Jurásico tardío y el Cretácico temprano.

1.2 Objetivos

Objetivo General

- Determinar las características litoestratigráficas de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache expuestas en el Cerro Boludo, Chila de las Flores, por medio de su estudio estratigráfico y, así, aportar información sobre su naturaleza geológica y ambiente de depósito.

Objetivos Particulares

- Determinar la naturaleza específica de los paquetes rocosos que conforman a la Caliza Chimeco y a la Formación Mapache.
- Representar los datos litoestratigráficos y petrográficos de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache en dos columnas estratigráficas.

1.3 Localización y vías de acceso

El área de estudio se ubica en el sur del estado de Puebla y al norte de Oaxaca, en el municipio de Chila de las Flores, sus coordenadas geográficas son los paralelos $17^{\circ} 54' 06''$ y $18^{\circ} 01' 30''$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 57' 00''$ y $97^{\circ} 49' 18''$ de longitud oeste y posee una altitud que fluctúa entre 1,400 y 2,100 metros sobre el nivel del mar. El Cerro Boludo se encuentra alrededor de 1860 msnm.

El municipio de Chila de las Flores colinda al norte con los municipios de Petlalcingo y San Miguel Ixtlán; al este y sur con el municipio oaxaqueño de Zapotitlán Palmas y al oeste colinda con el municipio oaxaqueño de Santiago Ayuquililla (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del área de estudio respecto a la división estatal y municipal. Adaptado de Biblioteca digital de mapas, Editado de Google Earth.

La vía de acceso desde Huajuapán de León, Oaxaca a la zona sur de Chila de las Flores es por la carretera Internacional No. 190 dirección México, donde aproximadamente a 21 km se encuentra la localidad Yucunduchi (Figura 2), de ahí se avanza hacia el poniente aproximadamente 3 km sobre un camino de terracería con rumbo al poblado Santa Ana Los Vázquez donde se llega al Cerro Boludo; punto intermedio entre Yucunduchi y Santa Ana Los Vázquez.

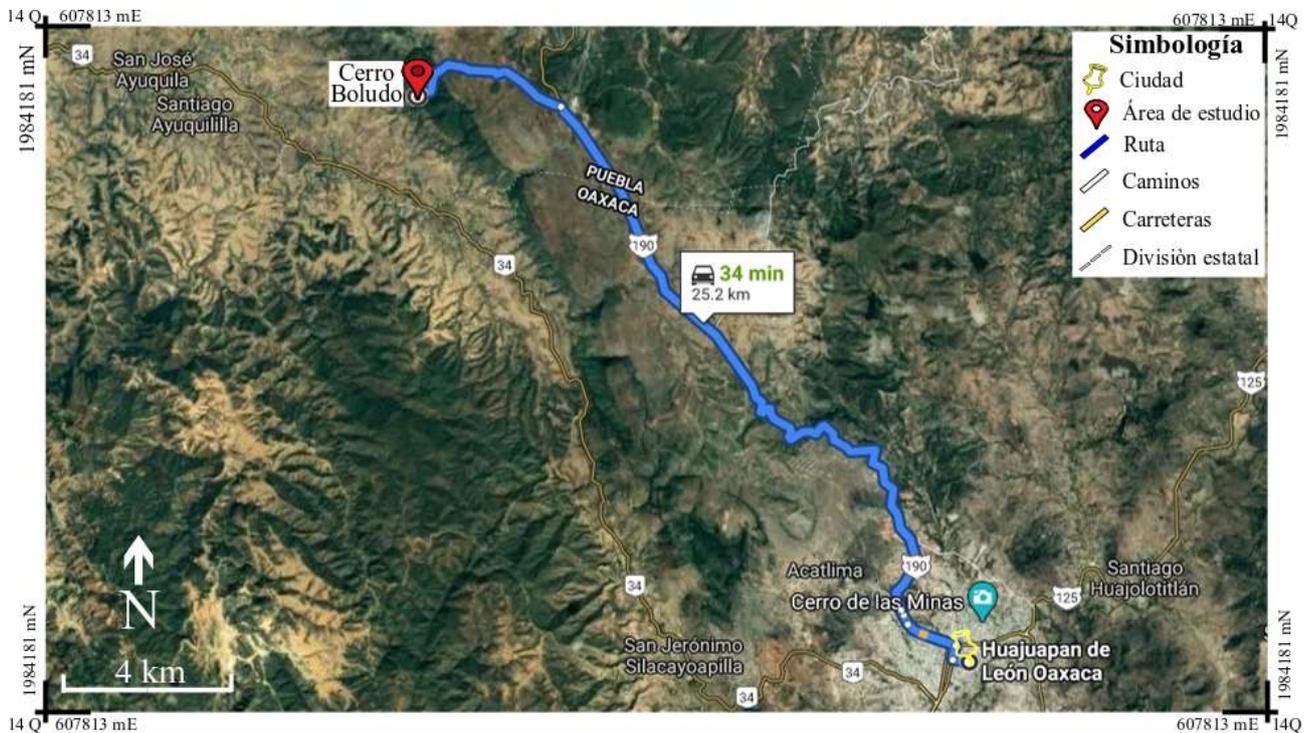


Figura 2. Mapa que muestra la ruta de la Ciudad de Huajuapán de León al área de estudio. Adaptado de Google Earth.

Capítulo 2. Marco Geológico regional

2.1 Estratigrafía

La estratigrafía en el sur de Puebla y norte de Oaxaca del área de estudio está compuesta de diversas unidades litoestratigráficas que en conjunto comprenden edades desde el Paleozoico hasta el Reciente.

2.2 Basamento: Complejo Acatlán

Desde inicios del siglo XX el material metamórfico del sur de Puebla y norte de Oaxaca se convirtió en tema de interés geológico, donde destacaron estudios como los de Ordóñez (1906), Salas (1949), Fries *et al.* (1966), entre otros, para discutir sobre su edad y composición litológica. En estudios pioneros Ortega-Gutiérrez (1978, 1981) por medio de geocronología, paleontología y estratigrafía, propuso una edad que abarca desde Paleozoico Temprano hasta el Pérmico; la mayoría de las unidades que componen el complejo metamórfico se encuentran en el rango Cámbrico-Devónico

(Ortega-Gutiérrez, 1978). Debido a la complejidad litológica y estructural, Ortega-Gutiérrez (1981) propone formalmente subdividir al complejo en dos subgrupos: Acateco y Petlalcingo, compuestos por seis formaciones: Formación Chazumba, Formación Cosoltepec, Formación Tecomate, la Migmatita Magdalena, Formación Xayacatlán y Granitoides Esperanza. Más tarde Sánchez-Zavala (2008) redefiniría los nombres de estas formaciones, entre ellas incluido el “Litodema Cosoltepec”, que es la unidad metamórfica del basamento en el área de estudio, aflora en el sector suroeste del área de estudio, está constituido por filitas, esquistos pelíticos, cuarcitas, metapedernal y esporádicos horizontes de metareniscas, metacalizas y cuerpos de roca verde intercalados.

2.3 Formación Ayuquila

Ortega-Gutiérrez (1978) reconoció al sur del Río Petlalcingo en el área de Ayuquila, Puebla, una sucesión diferente a la Formación Tecomazúchil por su litología, menor espesor de estratos y contenido fosilífero (anteriormente descrita por Pérez-Ibargüengoitia y colaboradores en 1965 como un “conglomerado cuarzoso”). Como resultado, Ortega-Gutiérrez (1978) propuso de manera informal el nombre de Formación Ayuquila. Posteriormente Campos-Madrigal *et al.* (2013) proponen formalmente la denominación de Formación Ayuquila para la sucesión clástica que sobreyace a las rocas del basamento, las cuales se encuentran separadas de la Formación Tecomazúchil por una discordancia angular, expuesta al poniente de Petlalcingo, Pue., con aproximadamente 45 km de longitud. Está constituida por conglomerados monomícticos de arenisca, conglomerados polimícticos de clastos de arenisca, cuarzo, gneis, esquistos y clastos volcánicos escasos en una matriz de arena gruesa, intercalados con grauvaca lítica-feldespática y lodolita (Campos-Madrigal *et al.*, 2013).

2.4 Formación Tecomazúchil

Su nombre se debe a la descripción hecha por Pérez-Ibargüengoitia *et al.* (1965) en el Arroyo Tecomazúchil, Petlalcingo, Puebla. Sobreyace a la Formación Ayuquila en discordancia angular y subyace a la Caliza Chimeco de manera concordante y mayormente transicional (Campos-Madrigal *et al.* 2013). Los autores previamente mencionados, sugieren que está compuesta por sublitarenitas y subarcosas con estratificación cruzada, acumuladas en estratos gruesos y con lentes de conglomerado de cuarzo.

2.5 Caliza Chimeco

Pérez-Ibargüengoitia *et al.* (1965) fueron los primeros en estudiar la Caliza Chimeco, los afloramientos que describieron se ubican sobre el camino que va de Petlalcingo a Texcalapa y sobre el Arroyo Tecomazúchil en la falda meridional del Cerro Chimeco a 5.6 km de Petlalcingo; donde

describieron un par de columnas estratigráficas de 99.6 y 92 m de espesor compuestas por caliza arcillosa marina, y calcarenitas “compactas y sucias” interestratificadas con limolita y abundante contenido fósil en las calizas de la sección superior de la formación: equinoides, radiolas, pelecípodos y huellas o rellenos de gusanos. La fauna colectada en el área Petlalcingo- Texcalapa indica una edad oxfordiana (Alencaster y Buitrón, 1965) para la mitad superior.

Caballero-Miranda (1990) propuso que sus características sugieren un ambiente litoral de alta energía con aporte de corrientes fluviales, donde la energía disminuyó progresivamente con influencia de agua dulce, lo que aportó material fino a la parte superior de la unidad; la presencia de organismos plantónicos y una relativa ausencia de amonitas pueden ser indicativos de una restringida comunicación con el mar abierto.

La misma autora infiere que la Caliza Chimeco presenta un cambio de facies hacia el sur con la unidad Solano. Sin embargo, la zona de transición inferida no está expuesta, debido a la erosión pre-acumulación cretácica (Campos-Madrigal *et al.*, 2013).

2.6 Formación Mapache

El nombre de la formación se origina de la Barranca del Mapache que se designa como localidad tipo, constituida por paquetes calcáreo-arcillosos en su parte media y superior intercalada con limolitas y lutitas calcáreas con abundantes moldes internos de pelecípodos formando una biomicrita (Pérez-Ibargüengoitia *et al.*, 1965).

Alencaster y Buitrón (1965) en el área de Petlalcingo- Texcalapa reportaron una fauna indicativa de edad oxfordiana (parte inferior de la formación) y kimmeridgiana–titoniana (parte superior de la formación): entre ellos los pelecípodos *Tancreida autissioderensis*, *Arctica coteri*, *Lucina potosina*, *Unicardium excentricum*, *Pleuromya inconstans* y *Anatina sp.*, el braquiópodo *Rhynconella arellanoi*, los gasterópodos *Trachynerita nodilirata*, *Purpuroidea acatlana* y *Harpagodes oceani*, el coral *Isastrea sp.* y las amonitas *Idoceras sp.* y *Decipia sp.* Por lo que, según Pérez-Ibargüengoitia *et al.* (1965) estos organismos podrían indicar aguas someras cercanas a la costa, en conjunto con la litología sugiere una génesis relacionada con un ambiente de mar somero cercano a la costa, de aguas tranquilas (laguna litoral) con comunicación intermitente al mar abierto y con flujos fluviales que aportaban material fino.

En el área de Petlalcingo- Texcalapa Pérez-Ibargüengoitia *et al.* (1965) reportaron que le sobreyacían paquetes de calizas y conglomerados, que Caballero Miranda (1990) definió Formación Teposcolula (Albiano-Turoniano).

Capítulo 3. Metodología de trabajo

El presente trabajo se realizó en tres fases, donde se llevaron a cabo distintas actividades que se desglosan en los siguientes puntos:

3.1 Trabajo de gabinete previo al trabajo de campo

- Recopilación de información sobre la zona de estudio: Consistió en la búsqueda y el análisis de aspectos geológicos del área, particularmente se analizaron los trabajos de Campos-Madrigal *et al* (2013) y Pérez-Ibargüengoitia *et al* (1965).
- Interpretación de mapas: Se analizó el Mapa Geológico Huajuapán de León Oaxaca, escala 1:50,000, elaborado por Gutiérrez-Navarro (2010) y la Carta Topográfica E14D14 Huajuapán de León, escala 1:50,000, elaborada por INEGI (2014).

3.2 Trabajo de campo

El trabajo de campo se desarrolló en dos salidas, cada una con duración de cinco días. Aquí se registraron a detalle las características geológicas de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache.

- Selección de la zona de estudio e identificación de las unidades litológicas expuestas del área (Figura 3).
- Descripción de rasgos estratigráficos, litológicos, obtención de datos estructurales y recolección de muestras paleontológicas. Los datos estructurales se tomaron con una brújula tipo Brunton y las coordenadas en puntos establecidos se obtuvieron por medio de un receptor GPS Garmin Oregon 650t (Figura 4) con coordenadas establecidas en el Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM) y datum WGS-84.
- Colecta y descripción *in situ* de 27 muestras de roca de la Caliza Chimeco y 26 muestras de la Formación Mapache.
- Medición de columnas estratigráficas en el Cerro Boludo: Se realizó utilizando el Báculo de Jacob, en los puntos donde la medición se complicaba por este método se utilizó brújula y cinta métrica. La columna estratigráfica de la Caliza Chimeco posee un espesor total de 63.15 m y la columna estratigráfica de la Formación Mapache tiene un espesor total de 133.5 m, lo que resulta en un espesor total medido de 196.65 m.

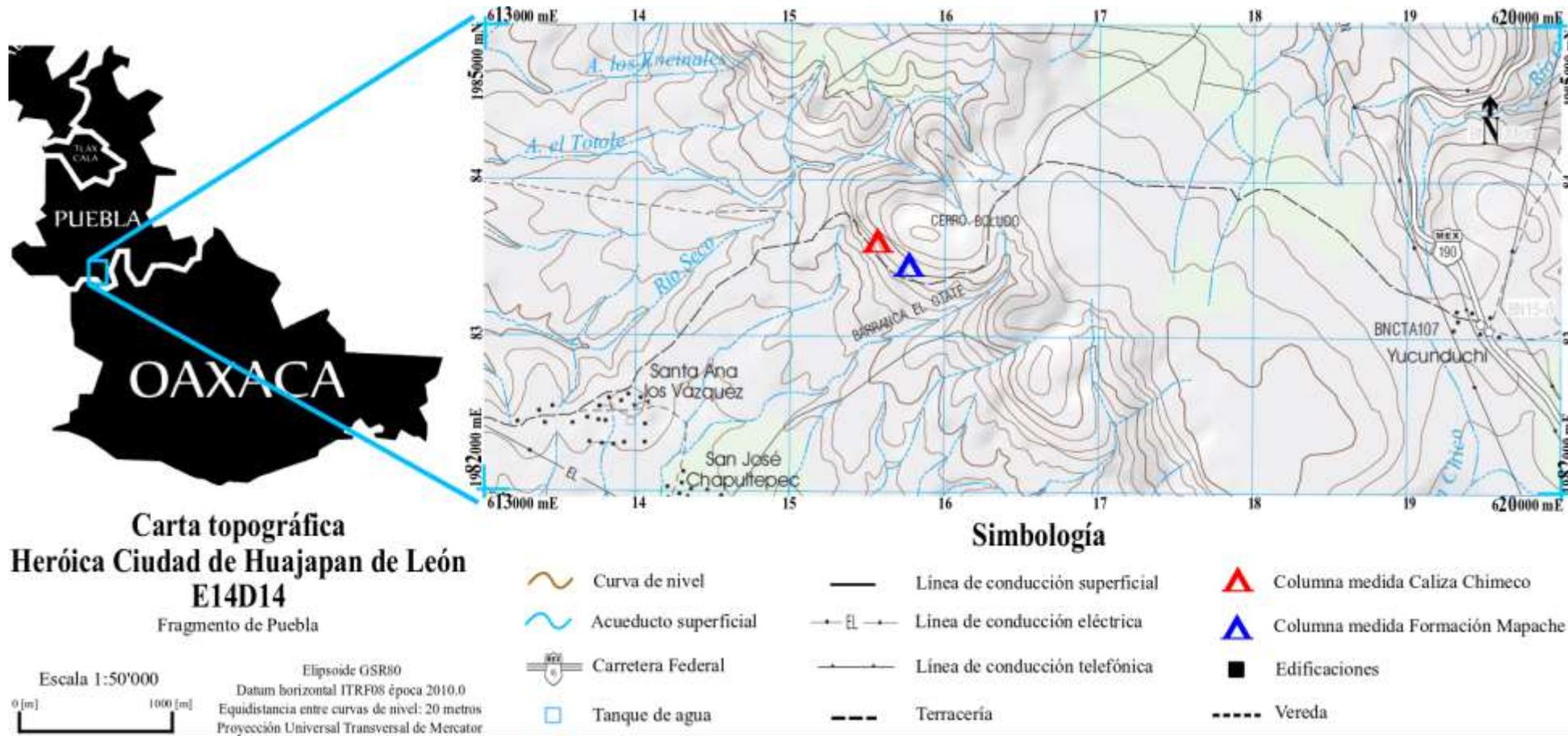


Figura 3. Mapa topográfico del área de estudio. Tomado y modificado de la Carta Topográfica Huajuapán de León E14D14 Oaxaca y Puebla, INEGI (2014).



Figura 4. Instrumentos utilizados en campo. A la izquierda receptor GPS Garmin Oregon 650t y a la derecha Báculo de Jacob.

3.3 Trabajo de gabinete posterior a campo

- La clasificación de las muestras sedimentarias clásticas se realizó con base en los esquemas propuestos por Pettijhon (1954) (Figura 5) y para muestras no clásticas se utilizaron las clasificaciones propuestas por Dunham (1962) (a) (Figura 6) y Folk (1959) (b) (Figura 7).
- La descripción de los tamaños de granos tanto de muestras de mano como en secciones delgadas se basó en la clasificación propuesta por Wentworth (1922) (Figura 8).
- Elaboración de secciones delgadas de las muestras de campo e interpretación: Las secciones delgadas fueron elaboradas por la empresa Petroanálisis S. A. y la interpretación se elaboró con el uso de un microscopio petrográfico (Figura 9).

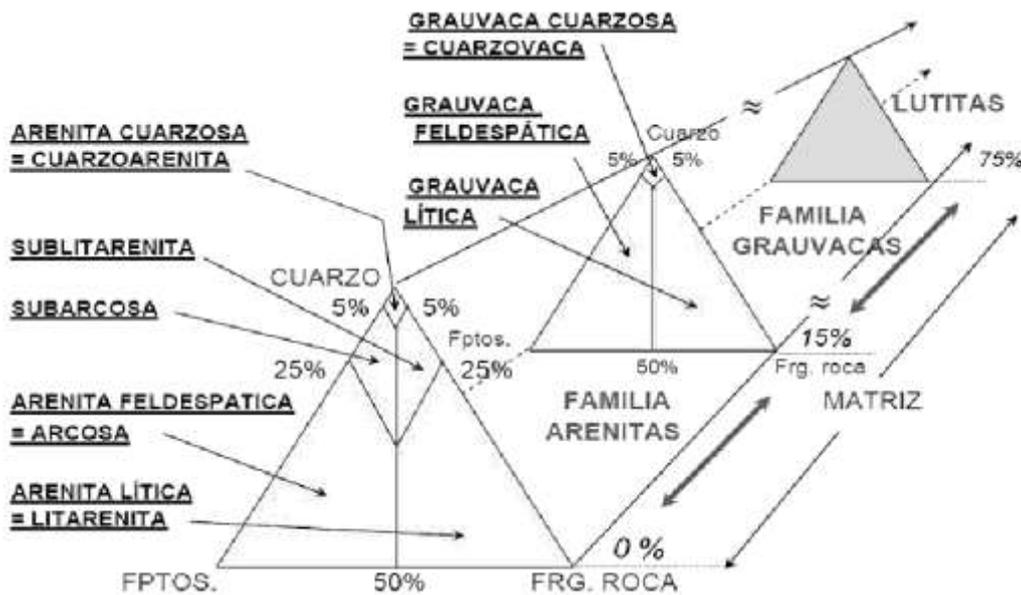


Figura 5. Clasificación de rocas sedimentarias clásticas. Pettijohn (1954).

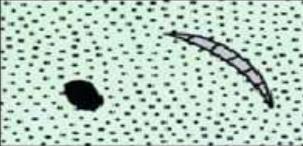
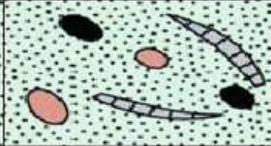
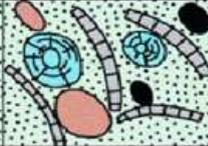
Textura de depósito reconocible				Textura de depósito no reconocible	
Componentes originales no unidos durante la sedimentación		Esqueleto soportado por clastos con micrita	Componentes originales unidos durante el desarrollo de una bioconstrucción		
Soportado por matriz	Soportado por granos			Packstone	Grainstone
< 10% granos	> 10% granos	Mudstone	Wackestone		
		Packstone	Grainstone	Cristalina	
					

Figura 6. Clasificación de rocas carbonatadas. Dunham (1962). Tomado y modificado de Clasificación de rocas carbonáticas (UA), 2019.

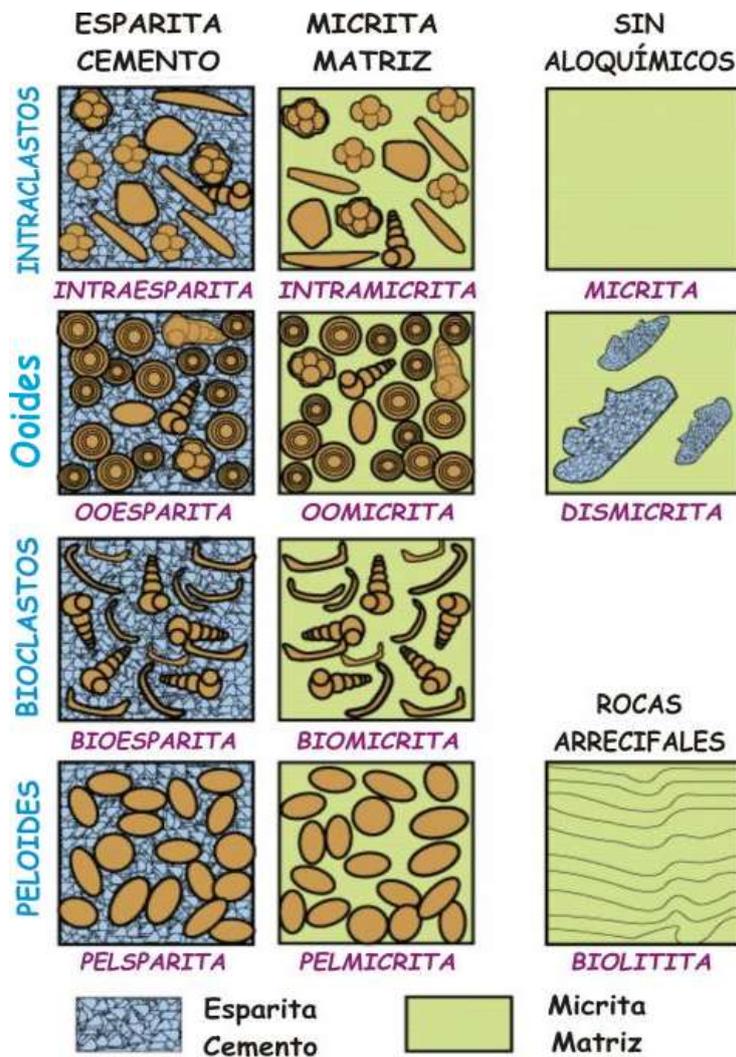


Figura 7. Clasificación de para rocas carbonatadas. Folk (1959). Tomado y modificado de Benavente et al. (2019).

Milímetros [mm]	Micrómetros [μm]	Phi (φ)	Clastos Sedimentarios	Tipo de roca
4096		-12.0	Grava	Conglomerado / Brecha
256		-8.0		
64		-6.0		
4		-2.0		
2.00		-1.0	Arena	Arenisca
1.00		0.0		
1/2	500	1.0		
1/4	250	2.0		
1/6	125	3.0		
1/16	63	4.0	Limo	Limo
1/32	31	5.0		
1/64	15.6	6.0		
1/128	7.8	7.0		
1/256	3.9	8.0		
0.00006	0.06	14.0	Lodo	Arcilla

Figura 8. Clasificación de tamaño de grano de sedimentos terrígenos. Tomada y modificada de Wentworth (1922).



Figura 9. Microscopio petrográfico.

- Los colores descritos en las muestras se basaron en la tabla de colores *Munsell® Soil Color Chart* (1994). La tabla de colores está basada en el tono, la luminosidad o claridad (en inglés *value*) y la saturación (en inglés *chroma*) del rango visible del espectro electromagnético de manera cuantitativa, por lo que existe una nomenclatura referente a estos aspectos. Dicha nomenclatura se presenta abreviada y en inglés:

HUE 5YR 5/3

- HUE: Matiz
- 5YR: El tono es 5 Yellow-Red (Amarillo-Rojo)
- 5/3: La luminosidad es 5 y la saturación 3

Capítulo 4. Litoestratigrafía de la Caliza Chimeco

4.1 Definición

Inicialmente se denominó como Caliza Chimeco al conjunto de litologías de caliza arcillosa marina y calcarenitas interestratificadas con limolita y abundante contenido fósil por Pérez Ibarguengoitia *et al.* (1965) en la falda meridional del Cerro Chimeco a 5.6 km al oeste de Petlalcingo, Puebla; la fauna recolectada fungió como indicativo de una edad oxfordiana (Alencaster y Buitrón, 1965). Posteriormente Caballero-Miranda (1990) sugirió un ambiente de depósito litoral con una intermitente conexión al mar abierto para generar un ambiente propicio para el desarrollo de la fauna observada (equinoides, pelecípodos y otros organismos plantónicos). Tanto en la localidad tipo como en la periferia del Cerro Boludo la Caliza Chimeco sobreyace a la Formación Tecamazúchil de manera transicional y subyace concordantemente a la Formación Mapache (Pérez-Ibarguengoitia, 1965), posee abundante contenido fósil especialmente en los últimos 20 m de depósito: fragmentos de pelecípodos y esponjas en conjunto con aloquímicos escasos como ooides, intraclastos y pellets.

La naturaleza geológica de la Caliza Chimeco en el Cerro Boludo se caracteriza por contener margas generalmente de colores al fresco gris rosado (HUE 7.5YR 6/2) y amarillo rojizo (HUE 7.5YR 6/5), la estratificación es difusa, paralela y discontinua (al igual que en el resto de litologías), sobre los estratos de marga se observa la mayor parte de las estructuras sedimentarias: laminación paralela, ondulada, *herringbone*, *flaser* y cruzada, bioturbación, grietas de desecación, *toolmarks* y una estructura de carga; margas con ooides micritizados con color al fresco gris rosado (HUE 7.5YR 6/2), con una escasa presencia de fragmentos de pelecípodos e intraclastos; limolita calcárea que presenta color al fresco café-amarillento (HUE 10YR 5/4), posee pellets, intensa bioturbación y el único ejemplar de radiola completo recolectado; caliza grainstone con ooides generalmente

micríticos, con presencia de fragmentos de esponjas e intensa bioturbación. En la sección sedimentaria propuesta en este texto, la marga posee un espesor total de 49.65 m, mientras que la marga con ooides, la limolita calcárea y la caliza grainstone con ooides poseen espesores totales de 4.5 m cada una (para una consulta más detallada acerca de la ubicación y relaciones espaciales entre litologías consultar la Figura 13).

4.2 Descripción de la sección sedimentaria en el Cerro Boludo

Para registrar de manera detallada las características litoestratigráficas en el área de estudio, se escogió una sección continua sobre la periferia del Cerro Boludo (Figura 10), donde aflora la Caliza Chimeco:

WGS84	Coordenadas UTM [14Q]		Altura [msnm]
Punto inicial	1983470 mN	615596 mE	1761
Punto final	1983376 mN	616007 mE	1813

Figura 10. Ubicación de puntos utilizados para la Caliza Chimeco.

La medición comenzó en el contacto transicional entre la Formación Tecomazúchil y la Caliza Chimeco. Posee un espesor total de 63.15 m, compuesta por marga (Ma), limolita calcárea (L), marga con ooides (Ma-Oo) y caliza grainstone (oesparita) (Cz-CH): Presenta algunos niveles de calcreta (Cal-CH) intercalada. Del mismo modo, se aprecia una constante cubierta de caliche, producto de la meteorización, cubriendo a los estratos más expuestos. Se determinó la presencia de marga (Figura 11) desde 0 hasta 46.65 m de manera continua, con intercalaciones puntuales de calcreta en los metros 10.65, 22.65, 27.15, 28.65, 30.15, 36.15, 42.15, 43.65 y 46.65. Las muestras recolectadas de las margas presentan colores al fresco gris rosado (HUE 7.5YR 6/2), marrón (HUE 7.5YR 4/2), marrón claro (HUE 7.5YR 6/3), amarillo rojizo (HUE 7.5YR 6/5) y café-amarillento (HUE 10YR 5/4). Se preservó materia orgánica escasa.

Los estratos de las margas se aprecian difusas, paralelas y discontinuas, con espesores variables y azarosos entre ocho y 37 cm. Se reconocen diversas estructuras sedimentarias como laminación cruzada (con espesor menor a 1 mm), ondulada y espina de pescado (laminación herringbone); también se observan intraclastos (<1 mm) y *toolmarks*, laminación paralela con un espesor entre 0.5 y 1 mm, así como estructuras de carga y estructuras *flaser*. Además, presenta bioturbación horizontal (Figura 12). A partir de los 7.65 m capas de caliche con espesor de 1 cm o menor, comienzan a cubrir parcial y casi ininterrumpidamente las cimas de los estratos.

Aunada a la información del estudio petrográfico (Apéndice petrográfico), las muestras de marga poseen una matriz (35-45%) compuesta por micrita [40-60%], óxido de hierro [40-50%] y

ocasional clorita [2-20%]; parches de calcita (15-63%) redondeados a subangulosos, variables en tamaño: 10 a 50 micras; minerales opacos muy finos (1-3%); ocasionales clastos tamaño arena muy fina a media de cuarzo, mica, líticos y feldespatos (muy escasos), redondeados a subredondeados, a veces alargados, que en conjunto conforman entre el 1 y 3% del contenido de las muestras. Las areniscas presentan moderada a buena selección con texturas masivas. Se aprecia la presencia de ooides micríticos esféricos (40%) entre los 10.65 y 12.15 m (CH-8).



Figura 11. Estratos de margas de la Caliza Chimeco. Báculo de Jacob como escala (1.5 m).

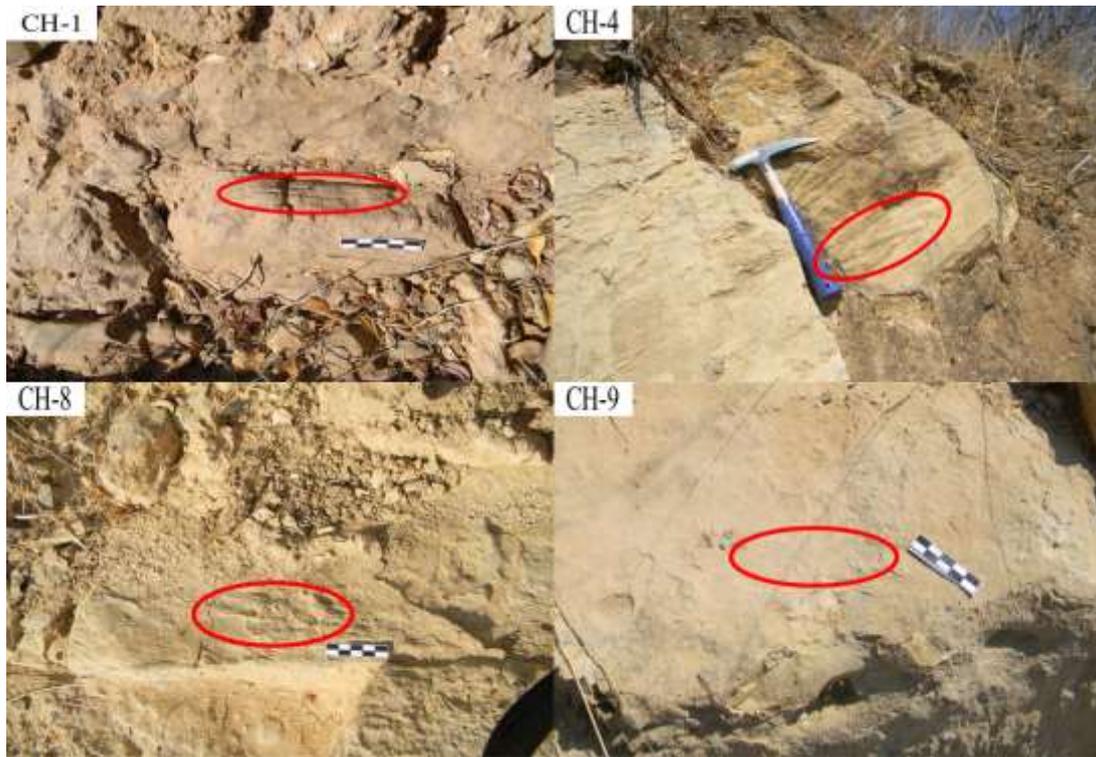


Figura 12. Estructuras sedimentarias en margas. CH-1: Laminación paralela; CH-4: Laminación Herringbone; CH-8 y CH9: Toolmarks y bioturbación.

Alrededor de los 45 m se observa un cambio litológico a limolita calcárea (L) intercalada con las margas, es color café-amarillento (HUE 10YR 5/4). Se presenta en estratos bien definidos con espesores que varían entre los tres y ocho centímetros, en las bases de dichos estratos se aprecian abundantes estructuras de bioturbación de traslado. Se encontró un ejemplar de radiola completa (Figura 13). Petrográficamente (Sección CH-22) se reconoció calcita en forma de parches (65%), con tamaños entre cinco y 30 micras; una matriz (35%) compuesta por micrita [80%] y óxido de hierro [20%]; minerales opacos muy finos (2%); ocasionales clastos de mica y cuarzo muy finos, angulosos a subangulosos y alargados, en conjunto conforman el 3% de la muestra.

CH-32



Figura 13. Ejemplar de radiola en material limoso.

Se presentan margas ininterrumpidamente hasta los 54.15 m, donde se reconoce la presencia de ooides: Ma-Oo. Son de color café-amarillento (10YR 5/4), se encuentra intercalada transicionalmente con caliza grainstone con ooides (Cz-CH) de estratos bien definidos, en gran parte cubierta, lo que dificulta la observación del contacto entre la marga con ooides y la caliza grainstone con ooides, punto donde se infiere la transición entre la Caliza Chimeco y la Formación Mapache. La transición tiene un espesor de nueve metros. Sobre el intervalo de transición se puede observar laminación paralela, menor (<1 mm) sobre la marga con ooides y, fragmentos de pelecípodos y esponjas sobre la caliza grainstone con ooides. Los ooides son visibles en las muestras de mano, petrográficamente se observa la presencia de intraclastos compuestos de ooides, bioclastos (fragmentos de moluscos) y ooides de tipo concéntricos principalmente, la minoría de ooides (~ 10%) poseen estructura micrítica y radial.

Como resultado de los estudios petrográficos y de las descripciones en campo se caracterizó una columna sedimentaria de la Caliza Chimeco (Figura 14).

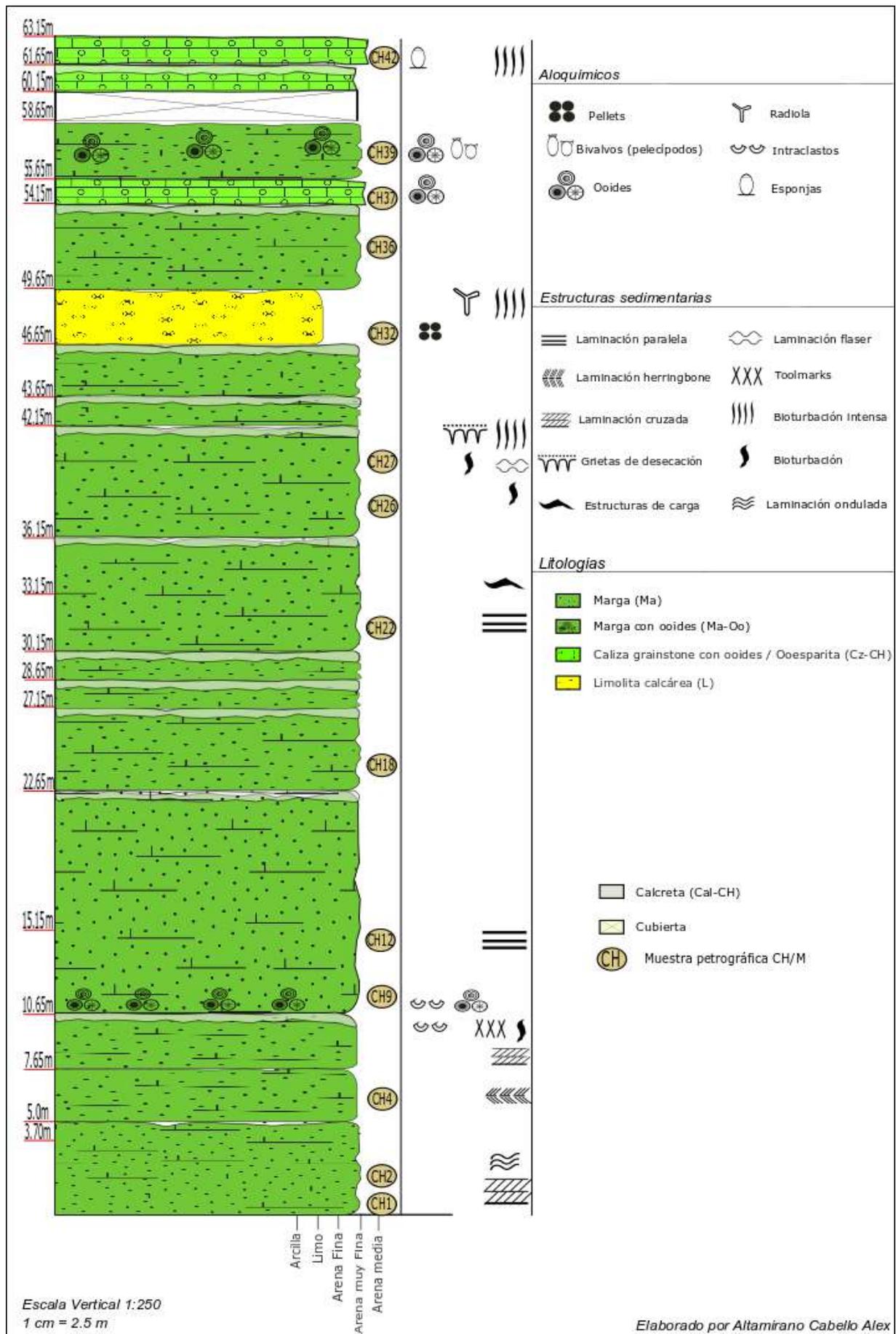


Figura 14. Sección sedimentaria de la Caliza Chimeco en el Cerro Boludo.

4.3 Ambiente de depósito

Pérez Iburgüengoitia *et al.* (1965) consideraron un ambiente de depósito marino somero para la Caliza Chimeco, debido a la fauna fósil y al contenido litológico presente, al cual se refirieron como “calcarenita compacta” con ooides en la parte inferior y como “calcarenita arcillosa” en la parte superior (donde el contenido fosilífero era mayor). Debido a que Caliza Chimeco en el Cerro Boludo presenta diferencias en el contenido litológico y principalmente fosilífero a partir de los 45.65 m, en el presente trabajo se dividió la interpretación de la Caliza Chimeco en dos miembros: inferior (0 – 46.65 m) y superior (46.65 – 63.15 m) para un análisis más claro y conciso.

4.3.1 Interpretación del miembro inferior de la Caliza Chimeco

Está constituida por margas y no por calcarenitas como en el afloramiento expuesto sobre el Arroyo Tecamazúchil (Pérez-Iburgüengoitia, 1965), una escasa presencia de ooides micríticos (10.65 m) y de una serie de estructuras sedimentarias escasas pero diversas.

La presencia de materiales arcillosos, abundante carbonato y las especulaciones acerca de un ambiente de depósito marino somero permite inferir una zona de transición tipo playa / litoral: es la zona de máxima acumulación de sedimentos. Si se trata de un litoral de bajo gradiente topográfico, es decir, somero, sufre con mayor intensidad los cambios de nivel del agua y se puede ver reflejado en exposición subaérea, transición margas-calizas micríticas con algas y moluscos como gasterópodos. Ligada a oleaje (Fregenal y Meléndez, 2010); dentro de los subambientes litorales se pueden destacar, en orden desde el más cercano hasta el más alejado de la playa: *backshore*, berma y *foreshore*.

- *Backshore* o trascosta: Zona relativamente plana, suavemente inclinada hacia tierra, su estructura interna es laminación paralela discontinua y cruzada y, suele haber bioturbación por raíces de plantas u otros organismos;
- Berma: Parte topográficamente más elevada de la playa, separa al *foreshore* del *backshore*. Frecuentemente está erosionada y tiende a ser un pequeño acantilado. Su estructura interna consiste en laminación paralela horizontal o inclinada hacia el mar.

La laminación *herringbone* se asocia a la acción mareal y, en las zonas dominadas por marea se deposita mucha arcilla, sobre todo en zona intermareal alta y supramareal; zonas divididas por la berma (Figura 15). Una gran anchura de varios kilómetros y escasa pendiente de la zona intermareal inhibe la acción de oleaje (Dabrio, 2010). La estructura de carga observada alrededor de los 35 m (estructura postsedimentaria) fue formado al hundirse capas de marga probablemente debido a la

acción de mareas que promovieron el movimiento de agua en el interior del sedimento no consolidado.

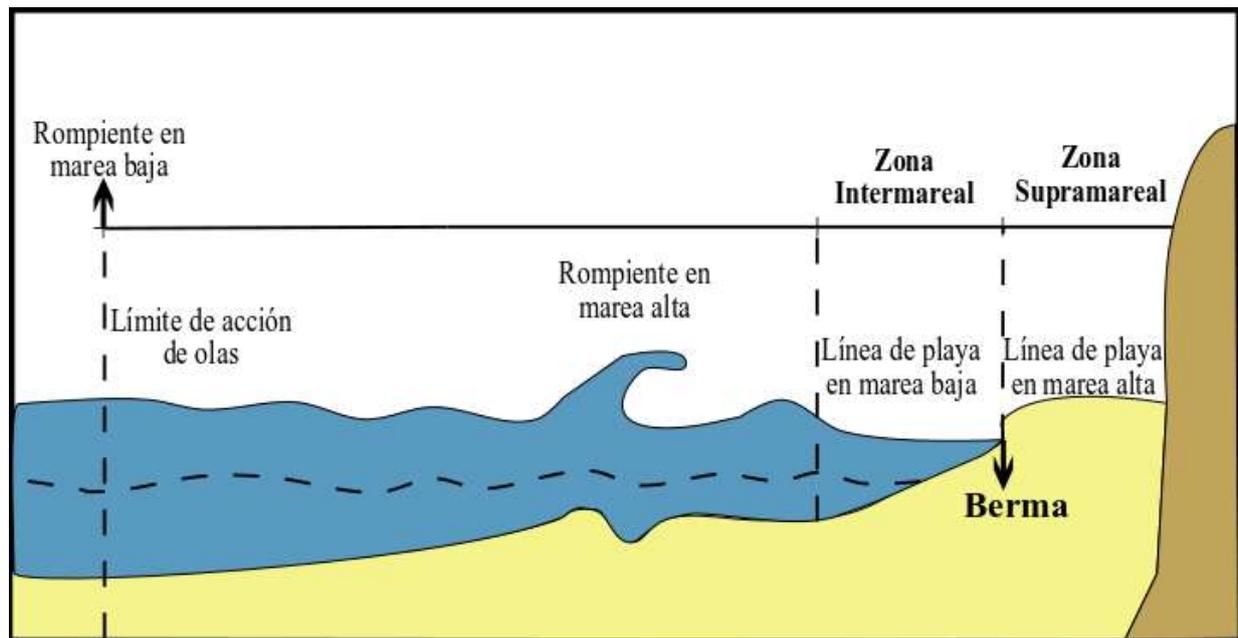


Figura 15. Zona intermareal y supramareal de la plataforma continental. Tomado y editado de Cruz-Ortíz (2012).

La calcreta, que es el reemplazamiento o crecimiento de carbonato cálcico micrítico en el perfil rocoso al momento de exposición subaérea (como las grietas de desecación) en las áreas elevadas y secas (Fregenal y Meléndez, 2010), está relacionada con las zonas litorales elevadas, (como la berm), sin embargo, su presencia a lo largo del depósito de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache indica que la exposición subaérea también se presenta en otros subambientes litorales, como la zona supralitoral, la sucesión calcreta – carbonatos (como ocurre en la parte superior de la sección) representa una paulatina elevación del tirante de agua, como en llanuras de inundación.

De la misma manera, la laminación *flaser* refleja fluctuaciones, periódicas o no, en la intensidad de la corriente, que determinan la alternancia, a escala centimétrica, de arena, limo y arcillas (Martín *et al.*, 2010). Lo que coincide que con el cambio litológico entre arcilla y limo (marga – limolita calcárea) que marca el inicio del depósito de la parte superior, por ende, condiciones nuevas de depósito.

4.3.2 Interpretación del miembro superior de la Caliza Chimeco

Está constituida por limolita calcárea, marga con ooides y caliza grainstone con ooides. Debido a las características litológicas, a presencia de determinados aloquímicos y a una bioturbación más constante, se relaciona con un ambiente los subambientes de depósito litorales (desde el más cercano hasta el más alejado de la playa) *foreshore* y *shoreface*:

- *Foreshore* o zona de batida: Parte de la playa inclinada hacia el mar, en el límite *foreshore-shoreface*, debido a la escasa pendiente se acumulan los sedimentos más gruesos disponibles en la playa y se forma un escalón, donde también se acumulan los restos de organismos como valvas y caparzones (Dabrio, 2010).
- El ambiente sublitoral o *shoreface* es la parte más distal y profunda de la playa, siempre inundada sin registros de exposición subaérea, generalmente fótica y oxigenada. Entre los sedimentos más abundantes están los limosos, margosos o micríticos. Suelen estar bioturbados, contienen restos de organismos lacustres, restos de plantas y materia orgánica. Se convierte gradualmente a plataforma interna (*offshore*), el límite entre ambas es el nivel base del oleaje (Figura 16). La parte inferior está definitivamente fuera del alcance de las olas, aunque puede ser barrido por corrientes diversas. El sedimento es arena fina a limo con laminación paralela y bioturbación variable. El oleaje de alta energía en la zona somera forma laminación paralela (Dabrio, 2010).

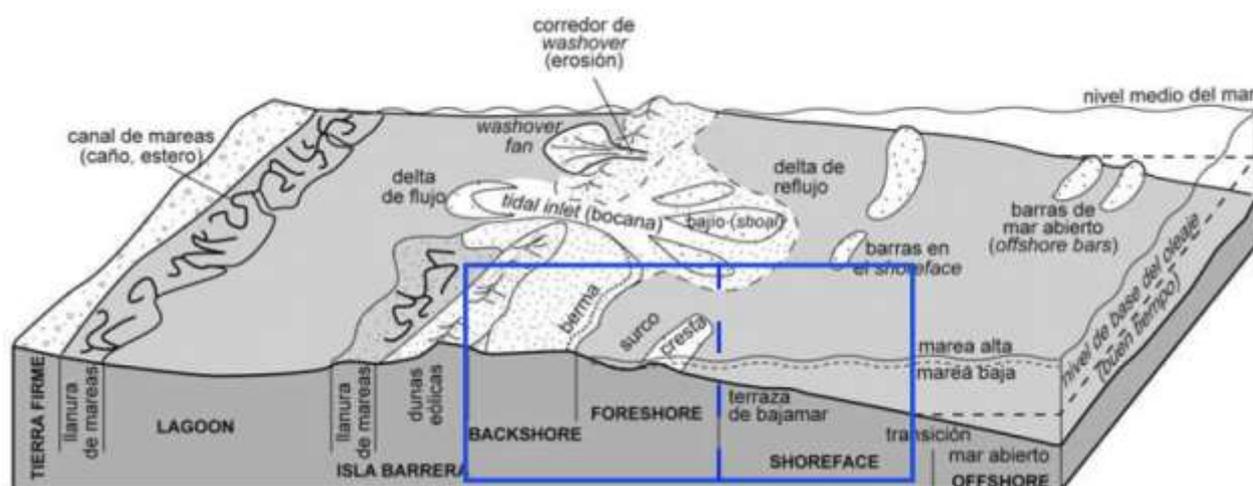


Figura 16. Ambientes y subambientes sedimentarios marinos la Caliza Chimeco. La línea punteada representa la división de los ambientes en los que fueron depositados la parte inferior (izquierda) y la parte superior de la Caliza Chimeco. Tomado y editado de Dabrio (2010).

El cambio de material arcilloso/margoso a limoso que se observa posterior a los 46.65 m, podría estar relacionado con procesos biológicos, dado que los carbonatos primarios pueden ser destruidos total o parcialmente por procesos de bioerosión, que degradan los fragmentos litificados a finas partículas de limo calcáreo; éste es el principal proceso de formación de carbonatos micríticos, otro proceso biológico importante podría ser el aporte constante de sedimentos finos derivado de esqueletos mineralizados (Arche, 2010).

La presencia de ooides micríticos esféricos en los 10.65 m y de ooides micríticos irregulares en el intervalo 55.15-58.65 m indica una relativa agitación del agua y precipitación del carbonato

mediada por el desarrollo de películas de algas o bacterias alrededor de los granos (Arche, 2010). La Figura 17 ilustra la relación con el depósito en una zona intermareal a los 10.65 m y una zona de mayor agitación del agua. La mayor agitación del agua pudo haberse manifestado alrededor de los 30 m debido a la zona de carga, que se normalizó hasta pasados los 50 m en la sección sedimentaria.

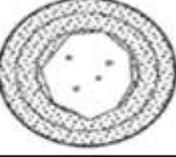
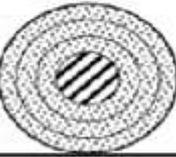
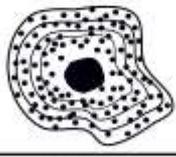
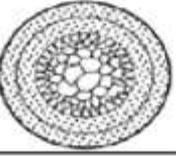
Tipo de ooide	Ambiente de depósito	Características asociadas
Radial con cortex grueso 	Lagunar Restringido	- Salinidad baja-moderada - Baja energía del agua - Mayor contenido de calcita que de Mg
Superficial con estructura radial 	Ambientes salobres	- Salinidad moderada Moderada energía del agua - Contenido de calcita y Mg similares
Laminado y radial 	Ambientes tranquilos	- Salinidad moderada-alta - Moderada-alta energía del agua - Contenido de calcita y Mg similares
Micrítico irregular 	Lagunar Marino	- Salinidad alta - Baja energía del agua - Mayor contenido de Mg que de calcita
Micrítico esférico y laminado 	Intermareal, barras de arena	- Salinidad alta - Alta energía del agua - Mayor contenido de Mg que de calcita

Figura 17. Controles ambientales de la formación de ooides.

La presencia de bivalvos al final de la sección demuestra el depósito sobre una plataforma carbonatada somera de baja pendiente poco agitada (baja energía) y protegidas del oleaje; la estabilidad en el tirante de agua comprueba una relativa estabilidad en el ambiente de depósito. Los bivalvos también están relacionados con intensa bioturbación y facies packstone debido a la presencia de agregados micríticos (Mas *et al.*, 2010).

Los cambios litológicos entre sección inferior y superior no representan necesariamente edades diferentes de depósito, sino, cambios en las condiciones ecológicas apropiadas para el desarrollo y conservación de determinados organismos, como señalaron Pérez Ibargüengoitia *et al.* (1965). Esto podría estar ligado a una comunicación inicial e intermitente con el mar abierto que permitiría una adecuada variación en el pH y salinidad para el desarrollo de determinados organismos.

Capítulo 5. Litoestratigrafía de la Formación Mapache

5.1 Definición

El término Formación Mapache fue acuñado por Pérez-Ibargüengoitia *et al.* (1965) para describir calizas arcillosas interestratificadas con limolitas y lutitas calcáreas expuestas en el Cerro del Mapache, ubicado a 5.2 km al oeste de Petlalcingo. La Formación Mapache posee abundante contenido fósil que permitió inferir una edad kimmerdigiana-titoniana y un ambiente de depósito de mar somero, probablemente en una zona infralitoral (Pérez-Ibargüengoitia *et al.*, 1965), sobreyace a la Caliza Chimeco concordantemente y subyace discordantemente a la Formación Teposcolula. En este estudio, se observó que la naturaleza geológica de la Formación Mapache está compuesta por calizas grainstone con ooides, bioclastos y pellets y, calizas packstone con ooides, bioclastos y pellets, que descritas con base en la clasificación de Folk son: ooesparita, bioesparita, pelesparita, oomicrita, biomicrita y pelmicrita, a su vez interestratificadas con calcreta y cubiertas por caliche escaso (en comparación con la Caliza Chimeco) en superficies de los estratos, los cuales se observan definidos y paralelos. Las estructuras sedimentarias observadas son: bioturbación, laminación paralela, cruzada, ondulada y herringbone.

Las distintas calizas se presentan en variados colores, que generalmente son amarillo (HUE 10YR 8/8), amarillo olivino (HUE 2.5YR 6/8) y gris (HUE 2.5YR 6/1), se componen de una gran variedad de aloquímicos y fragmentos fósiles: ooides generalmente micritizados, escasos concéntricos, radiales y superficiales; intraclastos; pellets; pelecípodos; esponjas; equinodermos; algas; foraminíferos; gasterópodos y escasos braquiópodos.

5.2 Descripción de la sección sedimentaria en el Cerro Boludo

Para registrar de manera detallada las características litoestratigráficas en el área de estudio, se escogió una sección continua sobre la periferia del Cerro Boludo (Figura 18), donde aflora la Formación Mapache:

WGS84	Coordenadas UTM [14Q]		Altura [msnm]
Punto inicial	1983376 mN	616007 mE	1813
Punto final	1983772 mN	616322 mE	1852

Figura 18. Ubicación de puntos utilizados para la Formación Mapache.

La medición comenzó en el contacto transicional entre la Caliza Chimeco y la Formación Mapache. Posee un espesor total de 132 m, compuesta por caliza grainstone con ooides (ooesparita) (M-GO), caliza grainstone con pellets (pelesparita) (M-GP), caliza grainstone con bioclastos (bioesparita) (M-GB), caliza packstone con ooides (oomicrita) (M-PO), caliza packstone con pellets (pelmicrita)

(M-PP) y caliza packstone con bioclastos (biomicrita) (M-PB): Presenta escasos niveles de calcreta (Cal-M) intercalada a comparación de la Caliza Chimeco. Del mismo modo, se aprecia una constante cubierta de caliche, producto de la meteorización, cubriendo a los estratos más expuestos. Se determinó la presencia de caliza grainstone con ooides con laminación paralela (Figura 19) desde 0 hasta 15 m de manera continua, con muy escasas capas de caliche de ~ 0.5 cm cubriendo parcialmente las cimas de los estratos. Las muestras de las calizas con ooides presentan colores al fresco rojo claro (HUE 2.5YR 7/8), amarillo (HUE 10YR 8/8) y amarillo olivino (HUE 2.5YR 6/8).



Figura 19. Fotografía de caliza grainstone con ooides en campo.

Con base en los estudios petrográficos (ver Apéndice petrográfico), las muestras de caliza con ooides están conformadas principalmente por ooides (70-75%) micritizados, concéntricos [70%] y, escasos radiales y superficiales [30%]; de formas elípticas, circulares e irregulares y con diámetros que varían desde 30 hasta 90 micras; una matriz (5%) compuesta por micrita [80%] y óxido de hierro [20%]; parches de calcita (15%) con tamaños desde 10 hasta 50 micras, conforman núcleos de los ooides y pocos se encuentran dispersos en la matriz; fragmentos de pelecípodos (8%) alargados, rellenos de micrita y/o esparita con longitudes desde 100 hasta 400 micras, intraclastos (2%) conformados por ooides que miden entre 40 y 50 micras; minerales opacos (2-1%) muy finos, alargados y redondeados; clastos de micas (1%) muy finos, alargados y subredondeados.

A continuación, se presenta un intervalo de caliza grainstone con pellets y trazas de ooides entre el nivel de 15 a 18 m de la columna sedimentaria, mismo intervalo donde se observa intercalada una

calcreta con espesor de ~ 4 cm. La roca presenta color al fresco amarillo olivino (HUE 2.5YR 6/8). La descripción petrográfica consiste principalmente en pellets (70%) circulares, elípticos e irregulares, con tamaños desde 80 a 200 micras; parches de calcita (10%) entre 30 y 50 micras; ooides (8%) micritizados y escasos concéntricos [10%] mal conservados, sus diámetros varían desde 20 hasta 50 micras, los parches de calcita conforman sus núcleos; intraclastos (5%) de formas irregulares, compuestos de ooides y micrita, van desde 30 hasta 50 micras; una matriz (5%) constituida por micrita [90%] y óxido de hierro; fragmentos de pelecípodos (1%) alargados, rellenos de micrita, con longitudes de 100 a 150 micras; minerales pacos (1%) muy finos y redondeados.

Existe un cambio litológico entre los 18 y 22.5 m donde se reconoce caliza grainstone con bioclastos, de la misma manera se observa una intercalación de calcreta con espesor entre 0.5 y 2 cm. La roca presenta color al fresco amarillo (HUE 2.5YR 8/6). La petrografía aporta la siguiente información: compuesta por bioclastos (60%) variados como esponjas micritizadas con estructura interna porosa, algas con morfología de abanico con relleno micrítico/esparítico, ambos componentes con tamaños desde 30 hasta 80 micras; fragmentos de pelecípodos y foraminíferos, posiblemente bentónicos (10%) micritizados, alargados y angulosos, de tamaños entre 50 y 80 micras; parches de calcita de 20 a 40 micras en contactos saturados con los bioclastos; ooides (5%) micritizados e irregulares, menores a 50 micras; pellets (5%) circulares e irregulares, menores a 60 micras; intraclastos (5%) compuestos por ooides y pellets, circulares e irregulares, de tamaños entre 40 y 60 micras; matriz (5%) constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%].

Posteriormente, se reconoce un cambio litológico representado por caliza packstone con ooides hasta los 36 m de la sección sedimentaria, intercalada en ese mismo nivel con calcreta (espesor ~ 1 cm). La caliza es de color amarillo (HUE 2.5YR 8/6) y marrón olivino claro (HUE 2.5YR 5/6) al fresco, se presenta en estratos paralelos y difusos debido a la presencia de caliche en las cimas, el cual llega a alcanzar hasta 4 cm de espesor. Se reconocen abundantes fragmentos fósiles de esponjas y pelecípodos sobre la calcreta, la cubierta parcial de caliche y, ocasionalmente, sobre caliza packstone (Figura 20). Petrográficamente, estas muestras se encuentran constituidas por ooides (70%), de los cuales el 90% están micritizados y el resto concéntricos mal conservados, son circulares, elípticos e irregulares con diámetros desde 70 hasta 300 micras; pellets (10%) irregulares y micríticos, menores a 100 micras; parches de calcita (5%) de 10 a 50 micras, en contactos saturados y longitudinales entre sí y los ooides; bioclastos (3%) como placas de equinodermos y gasterópodos, ambos menores a 80 micras y mal conservados; intraclastos (2%)

conformados por ooides y micrita; matriz (10%) compuesta por micrita [90%] y óxido de hierro [10%].



Figura 20. Fragmento de esponja en caliza packstone con ooides.

Se reconoce un amplio depósito de caliza packstone con pellets desde 36 hasta 85.5 m de la columna sedimentaria, intercalada con calcreta de ~ 1 cm de espesor y con caliza grainstone con bioclastos (Figura 21) en el intervalo de 57 – 63 m, esta última es semejante a la anteriormente descrita, de color amarillo pálido (HUE 2.5YR 7/4) con variaciones en el contenido de aloquímicos: bioclastos (70-85%), donde se observan braquiópodos, equinodermos y gasterópodos; presencia de minerales opacos (1%) muy finos, redondeados a subredondeados y pedernal (1%) como material de reemplazo en bioclastos y en ocasiones disperso en la matriz (muestra M-85). Se presenta como estratos definidos y paralelos, con espesores ente 8 y 15 cm, con presencia de caliche en la cima de los estratos, con espesores entre 05. y 1 cm, donde se observan rastros de oxidación y moldes de fragmentos de pelecípodos, en ocasiones completos.



Figura 21. Caliza packstone con bioclastos.

Las muestras de la caliza packstone con pellets son de color amarillo (HUE 2.5YR 8/6), amarillo pálido (HUE 2.5YR 7/4), gris (HUE 2.5YR 6/1), gris claro (HUE 2.5YR 7/7), marrón amarillento (HUE 2.5YR 6/3) y marrón amarillento claro (HUE 2.5YR 6/4) al fresco. Petrográficamente está constituida por pellets (30-70%), son circulares e irregulares, con tamaños entre 40 a 100 micras; parches de calcita (10-35%) con contactos suturados entre sí, entre 50 a 250 micras; intraclastos (10-15%) con tamaños desde 100 hasta 400 micras, compuestos por pellets, ooides y micrita; bioclastos (3-10%), entre ellos placas de equinodermos, esponjas; fragmentos de pelecípodos (<5%); ooides (2%) micritizados, con diámetros menores a 50 micras; matriz (5%) constituida por micrita [95%] y óxido de hierro [5%]. Los estratos son paralelos con espesores entre 10 y 20 cm, están parcialmente cubiertos por capas de caliche de ~ 1 cm, sobre el cual se siguen observando moldes en fragmentos completos de pelecípodos sueltos y dentro del mismo caliche, así como rastros de oxidación (Figura 20). Se preservó escasa materia orgánica. El intervalo de 75 a 85.5 m se encuentra cubierto por vegetación, por lo que es inaccesible.



Figura 22. Moldes visibles de pelecípodos.

Entre los 85.5 y 132 m se reconoce caliza packstone con bioclastos intercalada con calcreta con espesor aproximado de 2 cm y con caliza grainstone con bioclastos puntualmente en los intervalos 96 – 109 m y 120 – 121 m. La caliza packstone con bioclastos se presenta de color amarillo (HUE 2.5YR 7/8), amarillo olivo (HUE 2.5YR 6/8) y gris (HUE 2.5YR 6/1). La descripción petrográfica de las muestras indica que están compuestas por parches de calcita (10-60%) menores a 50 micras; bioclastos (20-70%) micríticos (menos del 30% reemplazados con pedernal), entre ellos placas de equinodermos, algas y esponjas, poseen entre 50 y 250 micras; pelecípodos (4-5%) redondeados y alargados, con tamaños entre 40 y 50 micras, nódulos de pedernal (1-3%); pellets (1-30%) circulares, micríticos y con diámetros entre 40 y 50 micras; intraclastos (1-2%) compuestos por pellets y micrita, irregulares de 50 micras; escasos clastos de mica (1%) alargados, muy finos y subangulosos; matriz (10%) constituida por micrita [85-90%] y óxido de hierro [10-15%].

Las calizas grainstone con bioclastos son similares a las anteriormente descritas, a excepción de variaciones puntuales como el color al fresco: marrón amarillento claro (HUE 2.5YR 6/4) y amarillo olivo (HUE 2.5YR 6/8). Petrográficamente se diferencian por poseer gasterópodos, placas de equinodermos y esponjas con tamaños entre 70 y 150 micras; pedernal (1%) como material de reemplazo en bioclastos y pelecípodos; y cristales de dolomita (muestra M-122) finos, bien desarrollados en forma de rombos y rodeados por esparita.

Los estratos tanto de la caliza packstone con bioclastos como de la caliza grainstone se encuentran cubiertos por capas (1-5 cm) de caliche casi en su totalidad, por lo que los estratos se aprecian ~ 90% difusos y el resto bien definidos con espesores de 5 a 10 cm. En la superficie del caliche se

observan moldes de fragmentos de pelecípodos y gasterópodos sueltos, ocasionalmente incrustados con aureolas de oxidación ocasionales, (Figura 21). Entre 94 y 103.5 m se observan los moldes de pelecípodos con abundantes fragmentos de esponjas que forman un “montículo” sobre la caliza, los moldes y fragmentos de esponjas poseen tamaños desde 2 hasta 9 cm (Figura 22). El intervalo de 123 – 127.5 m se encuentra cubierto totalmente por una densa vegetación



Figura 23. Rastros de oxidación sobre caliza grainstone con bioclastos.



Figura 24. Moldes de pelecípodos sueltos sobre caliza packstone con bioclastos.

Como resultado de los estudios petrográficos y de las descripciones en campo se construyó una sección sedimentaria de la Formación Mapache (Figura 23).

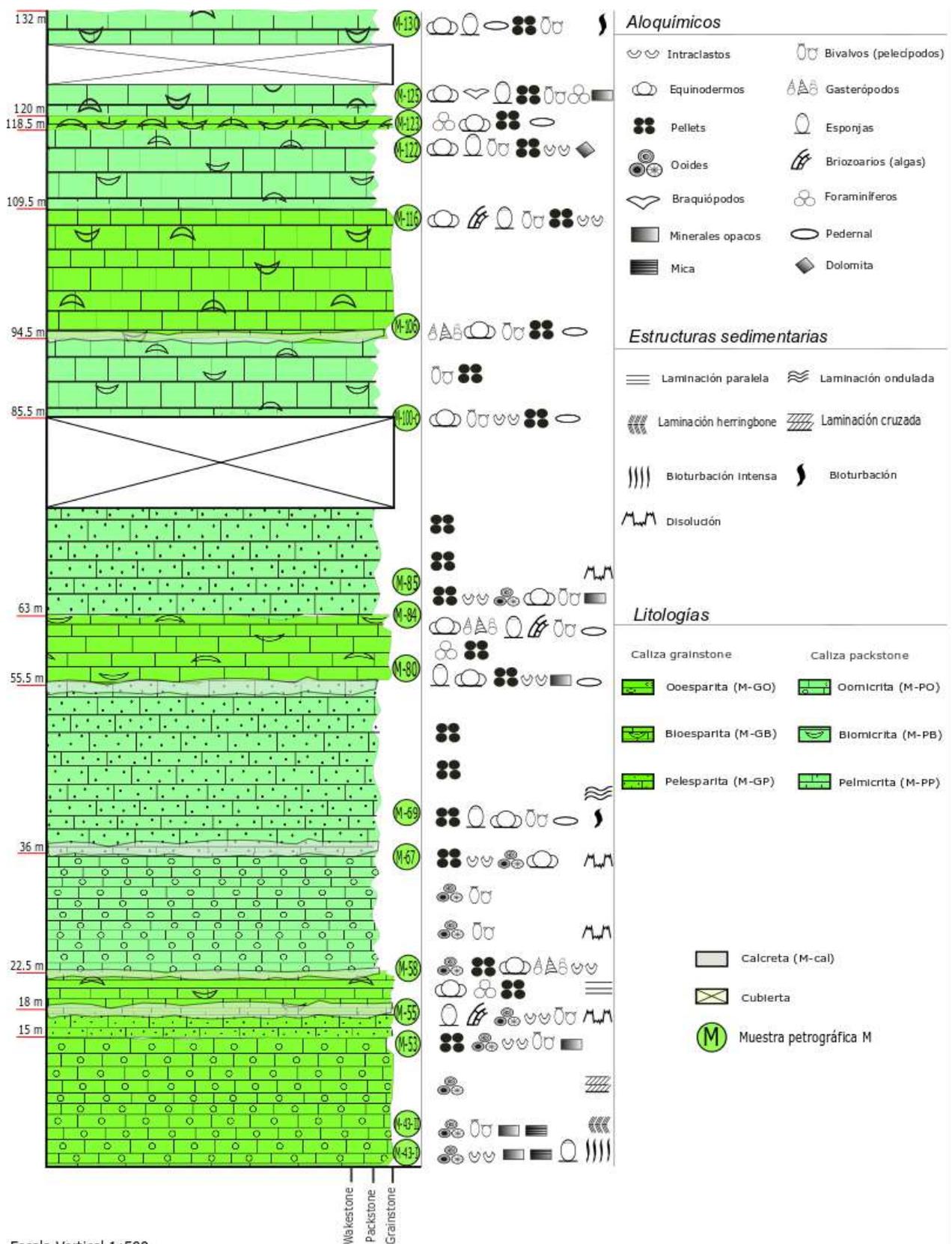


Figura 25. Sección sedimentaria de la Formación Mapache en el Cerro Boludo.

5.3 Ambiente de depósito

Pérez Ibarguengoitia *et al.* (1965) quienes fueron los primeros en estudiar la Formación Mapache, propusieron un ambiente de depósito de aguas someras cercanas a la costa, de baja energía (infralitoral/sublitoral), con una comunicación intermitente con el mar abierto y con flujos fluviales que aportaban material fino.

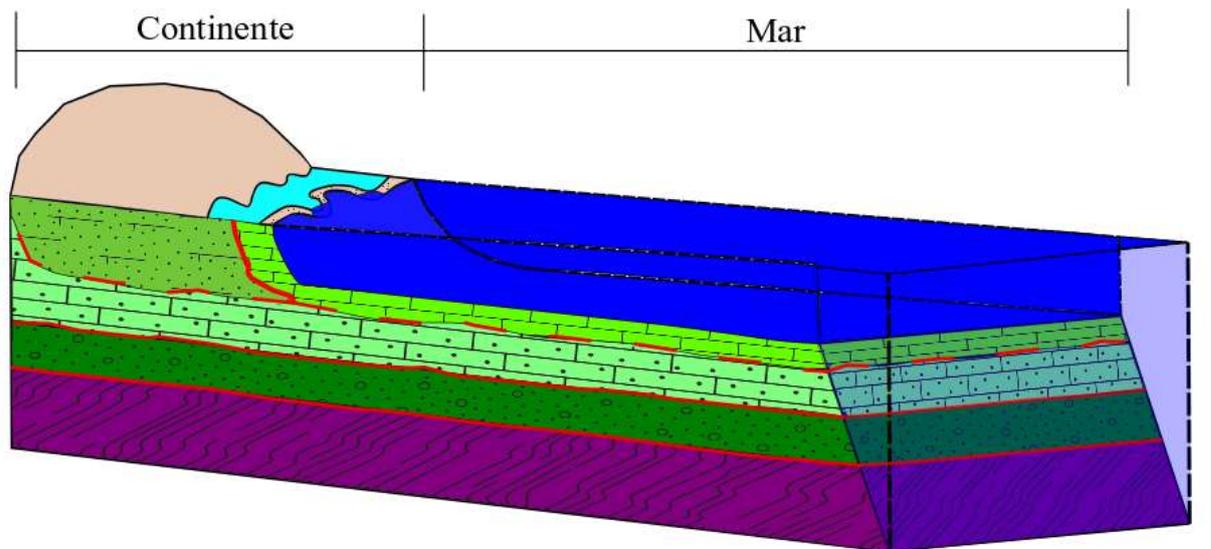
La formación presente en el área de estudio se constituye de calizas tipo packstone y grainstone con variaciones en el contenido aloquímico, que de inicio representan una abundante precipitación de carbonato ya sea por la actividad fotosintética de algas, acumulación de esponjas y elementos orgánicos esqueléticos como moluscos, o precipitación inorgánica de ooides (Arche, 2010), todos estos elementos se observan a lo largo del depósito ininterrumpido de la sección sedimentaria. La producción de carbonato también está ligada a notables incrementos de temperatura del agua, equivalente al cambio de una zona subtropical a una tropical, lo que denota el cambio de condiciones climáticas de depósito entre la Caliza Chimeco y la Formación Mapache, este cambio también está relacionado con fauna fósil observada (especialmente pelecípodos y braquiópodos) como Pérez Ibarguengoitia *et al.* (1965) indican que sucedió a la par del inicio del Kimmeridgiano y se detuvo hacia a finales del Titoniano.

Respecto al contenido fósil, los bivalvos, algas y gasterópodos tienden a encontrarse en plataformas carbonatadas someras de baja pendiente poco agitada (baja energía) y protegidas del oleaje, relacionados con intensa bioturbación y caliza packstone (Arche, 2010); los equinodermos comúnmente se forman un alto contenido de magnesio en la calcita, éstos se presentan de manera discontinua a lo largo del depósito de la formación, lo que podría demostrar la comunicación intermitente con el mar abierto: las algas indican un ambiente salobre donde la salinidad variaba entre 37 y 45 ppm (Alnaji, 2002), la salinidad en sedimentos de carbonato cálcico, a su vez, refleja las relaciones altas de Mg/Ca en aguas continentales, este tipo de agua puede hacer que el pH varíe entre 6 y 9 (Fregenal y Meléndez, 2010). Respecto a la salinidad, solo los foraminíferos pueden vivir en condiciones de salinidad marina normal y por tratarse, posiblemente, de foraminíferos bentónicos son capaces de adaptarse a ligeras variaciones de salinidad (>35 ppm), al contrario de los gasterópodos y bivalvos que pueden adaptarse a rangos más amplios de salinidad, a su vez, la presencia de dolomita en la muestra M-122 está relacionada con altas relaciones de Mg/Ca en el agua, lo que se traduce también como un aumento de salinidad o una naciente zona de evaporación (Ortí, 2010).

Las esponjas son otro indicativo de facies litorales lagunares. En el intervalo de 94 a 103.5 m se observa un montículo conformado por esponjas, algas y abundante micrita, según Martín y Bragas (2010) esta clase de elevación del terreno es típica del Jurásico y tiende a asentarse sobre sedimento basal bioclástico, característica a denotar, pues el montículo se encuentra sobre biomicrita. La presencia de pellets indica particulares cambios de condiciones en el ambiente, muchos de ellos sedimentan en áreas de alta energía de corriente, esto se debe a que los pellets son resistentes por ser partículas muy finas y compactas, están relacionados con un ambiente de áreas próximas al borde de plataformas, donde la marea y el oleaje alcanzan velocidades mayores, ya que son zonas más restringidas, esto puede pertenecer a la parte superior de la zona intermareal, la cual puede alcanzar una anchura máxima de 1 a 2 km (Mas *et al.*, 2010). Por lo tanto, se especula que la Formación Mapache, en efecto, se depositó en un ambiente litoral cercano a la costa, específicamente en la parte sublitoral o *shoreface*.

Para la muestra M-130 (Informe paleontológico ubicado en el Anexo) se reportó la presencia de “un molde de un Molusca-Bivalvia del género *Pleuromya*. La especie *Pleuromya inconstans* fue descrita por Alencaster & Buitrón (1965), del Cerro Chimeco (Formación Mapache – Jurásico Superior). La muestra de roca M-84 presenta la impresión de un ejemplar de Mollusca, Gastropoda Nerineidae, identificada con *Phaneroptyxis* cf. *P. africurgonia* Dietrich del Aptiano (Cretácico) de Francia (Vaughan, 1988)”; a pesar de la presencia de un molde de un Molusca-Bivalvia del género *Pleuromya*, que es indicativo de una edad aptiana (Cretácico Inferior), por tratarse solamente de un solo ejemplar no es posible inferir con precisión una edad de depósito más amplia, por lo que se impulsa a futuros estudios en el área, realizar los análisis adecuados para establecer una edad precisa para la Formación Mapache.

El estudio litoestratigráfico y la elaboración de secciones sedimentarias resultaron en la construcción de un modelo 3D simple de depósito (Figura 26) para la Caliza Chimeco y la Formación Mapache.



Simbología

 Formación Chimeco	 Formación Ayuquila	 Agua marina	 Límite transicional
 Formación Mapache	 Complejo Acatlán	 Laguna	 Límite discordante
 Formación Tecmazúchil	 Barra de arena		 Límite concordante

Elaborado por Altamirano Cabello Alex

Figura 26. Modelo del ambiente de depósito de las formaciones Chimeco y Mapache.

6. Conclusiones

La Caliza Chimeco, expuesta en la periferia del Cerro Boludo, Chila de las Flores, Puebla, está constituida principalmente por margas, seguido de limolita calcárea, margas con ooides y caliza grainstone con ooides (oesparita), presenta variación litológica entre el miembro inferior (0 – 46.65 m) y el superior (46.65 – 63.15), esto no implica una edad sensiblemente más antigua para el miembro inferior, pero sí un cambio gradual de ambiente de depósito. Es de edad oxfordiana con base en el contenido fosilífero y por correlación con la Formación Tecomazúchil que le subyace. Posee intercalaciones de calcreta. La estratificación tiende a ser paralela, difusa y discontinua. Hay presentes estructuras sedimentarias entre las que resaltan diferentes tipos de laminación (paralela, cruzada, *herringbone*) y bioturbación. La sección sedimentaria medida tiene un espesor total de 63.15 m. Sus características sedimentarias representan un ambiente de depósito marino somero, de tipo litoral: la sección inferior pudo haberse depositado en los subambientes marinos *backshore*, berma y *foreshore*. La sección superior sugiere una continuidad en los subambientes que van desde *foreshore* a *shoreface*.

La Formación Mapache, por su parte, está constituida por calizas packstone y grainstone con variables contenidos aloquímicos que derivan (según la clasificación de Folk) en: ooesparita, bioesparita, pelesparita, oomicrita, biomicrita, pelmicrita, con intercalaciones puntuales de calcreta y presencia de caliche en la parte superior de los estratos. El alto contenido de fauna fósil permite correlacionar la formación con una edad kimmeridgiana-titoniana. La sección sedimentaria medida tiene un espesor de 132 m, lo que implica un total de 195.15 m medidos entre la Caliza Chimeco y la Formación Mapache en la periferia del Cerro Boludo.

Se sugiere que la Formación Mapache se depositó en un ambiente marino somero, de tipo litoral, que según las evidencias se trata de un subambiente *shoreface* o sublitoral, que está ligado directamente en continuidad marina con la Caliza Chimeco.

Referencias

- Alencaster, G. y Buitrón, B. E. (1965). Fauna del Jurásico Superior de la región de Petlalcingo, Estado de Puebla. *Paleontología Mexicana*, 21, 1-53.
- Alnaji, N. S. (2002). *Two carbonate shelf margins with hydrocarbon potential compared: Upper Jurassic formations of Arabian Basin and Guadalupian formations of Permian Basin of Texas and New Mexico* [Tesis Doctoral] University of South Carolina.
- Arche, A. (2010). Facies, sedimentología y análisis de cuencas sedimentarias. Autoedición. *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (pp. 19-41). CSIC.
- Arche, A., y López-Gómez, J. (2010). Relaciones entre sedimentación y tectónica. Autoedición. *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (pp. 1183-1251). CSIC.
- Barragán, M y Núñez, U. (2018). Análisis de microfacies: Los carbonatos y su interpretación paleoambiental [Presentación de Power Point]. Material de clases de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Caballero-Miranda, C. (1990). *Geología y anisotropía magnética del Jurásico continental del área de Huajuapán de León-Petlalcingo, estados de Oaxaca y Puebla* [Tesis de maestría no publicada]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- INEGI. (2014) Carta Topográfica Huajuapán de León E14D14. 1:50 000. México.
- Campos-Madrigal, E., Centeno-García, E., Mendoza-Rosales, C. C., y Silva-Romo, G. (2013). Sedimentología, reconstrucción paleoambiental y significado tectónico de las sucesiones clásticas del Jurásico Medio en el área de Texcalapa, Puebla-Huajuapán de León, Oaxaca:

Revisión de las formaciones Ayuquila y Tecamazúchil. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 30(1), 24-50.

Cruz-Ortíz, I. (2012). *Detección de bacterias enteropatógenas en la arena de las playas principal y Puerto Angelito de Puerto Escondido, Oaxaca* [Tesis de licenciatura]. Universidad del Mar campus Puerto Escondido, Oaxaca.

Dabrio, C.J. (2010). Playas. En A. Arche (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (pp. 448-482). CSIC.

Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional textures. En E. William (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks—A Symposium* (pp. 108- 121). AAPG.

Folk, R. L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *AAPG Bulletin*, 43(1), 1-38.

Fregenal, M.A., Meléndez, N. (2010). Lagos y sistemas Lacustres. En A. Arche (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (pp. 318-347). CSIC.

Gutiérrez-Navarro, R. (2010). *Cartografía geológico-estructural de la Formación Teposcolula entre Chila de las Flores Puebla y Huajuapán de León, Oaxaca* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Martín, C.V., Hernández, M.J., Llave, E., y Fregenal, M.A. (2010). Contornitas y sistemas deposicionales contorníticos. En A.Arche (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (pp. 1006). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Martín, J.M., Braga, J.C. (2010) Arrecifes: Montículos Micríticos. En A. Arche (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (pp. 709). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- Mas, R., Benito, Ma. I., Alonso, Á. (2010). La sedimentación carbonática en mares someros: las plataformas carbonáticas. En A. Arche (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (pp. 889). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Morán-Zenteno, D. J., Caballero-Miranda, C. I., Silva-Romo, G., Ortega Guerrero, B., González-Torres, E. (1993). Jurassic-Cretaceous paleogeographic evolution of the northern Mixteca terrane, southern Mexico. *Geofísica Internacional*, 3(32), 453-473.
- Munsell Soil Color Charts*. (1994). Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation. New Windsor, NY, 1-29.
- Ordóñez, E. (1906). Las rocas arcaicas de México. *Memoria Sociedad Científica Antonio Alzate*, 22, 315-331.
- Ortega-Gutiérrez, F. (1978). Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, estados de Puebla y Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 2(2), 112-131.
- Ortega-Gutiérrez, F. (1981). La evolución tectónica premisisípica del sur de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 5(2), 140-157.
- Ortí, F. (2010). Evaporitas: introducción a la sedimentología evaporítica. En A. Arche (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (pp. 709). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Pérez-Ibargüengoitia, J.M., Hokuto-Castillo, A., De Cserna, Z., (1965). Estratigrafía y Paleontología del Jurásico Superior de la parte centro meridional del estado de Puebla. Reconocimiento geológico del área de Petlalcingo-Santa Cruz, Municipio de Acatlán, *Paleontología Mexicana*, 21, 1-22.
- Pettijohn, F. J. (1954). Classification of sandstones. *The Journal of Geology*, 62(4), 360-365.

- Salas, G. P. (1949). Bosquejo geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 1(2), 79-156.
- Sánchez-Zavala, J. L. (2005). *Estratigrafía, sedimentología y análisis de procedencia de la Formación Tecomate y su papel en la evolución del Complejo Acatlán, sur de México* [Tesis doctoral], Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vaughan, P. G. (1988). *Cretaceous nerineacean gastropods-Systematics affinities and palaeoecology* [Tesis doctoral no publicada] Manchester Open University.
- Vilas, F., Bernabéu, A., Rubio B., Rey, D. (2010). Estuarios, ríos y llanuras intermareales. En A. Arche (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (pp. 640). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, 30(5), 377-392.
- Benavente, D., Blanco-Quintero, I. F., Cañaveras, J. C., Cuevas, J., Díez-Canseco, D., Guardiola, J. V., Martínez, M., Muñoz, María y Rodríguez, M. (2019) *Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria (ePeSed-UA)*. Universidad de Alicante. <https://web.ua.es/es/e-pesedua/autores.html>

Apéndice

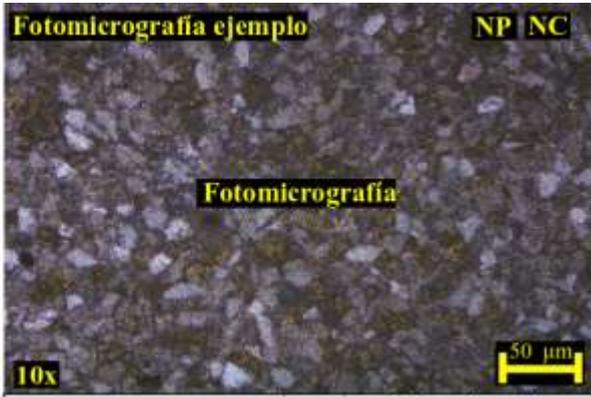
Descripciones petrográficas de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache

Las descripciones petrográficas de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache se presentan en el siguiente esquema:

Clave de la sección delgada ←

Aumento del objetivo ←

Fotomicrografía ejemplo NP NC



Fotomicrografía

10x 50 μm

a) Clasificación de Dunham b) Clasificación de Folk	Ubicación de la fotomicrografía en la sección delgada
Descripción de la sección delgada	

→ NP= Nícoles paralelos
NC= Nícoles cruzados

→ Escala de la fotomicrografía

Simbología utilizada

Minerales
 Cac = Calcita
 Mi = Mica
 M = Matriz
 Q = Cuarzo
 Dol = Dolomita
 P = Pedernal
 F = Feldespato
 Op = Minerales opacos
 L = Líticos

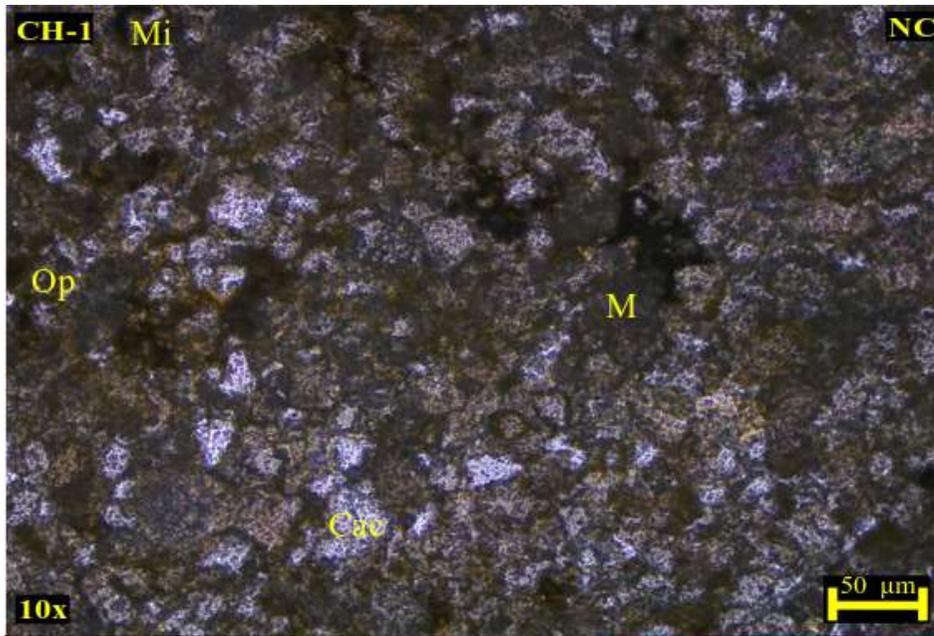
Aloquímicos
 OoC = Ooide concéntrico
 OoM = Ooide micritizado
 OoS = Ooide superficial
 OoR = Ooide radial
 Intra = Intraclasto
 Pell = Pellets
 Pel = Pelecípodo
 Fora = Foraminífero
 Eq = Equinodermo
 Bra = Braquiópodo
 Esp = Esponja
 Alg = Alga



Elaborado por Altamirano Cabello Alex

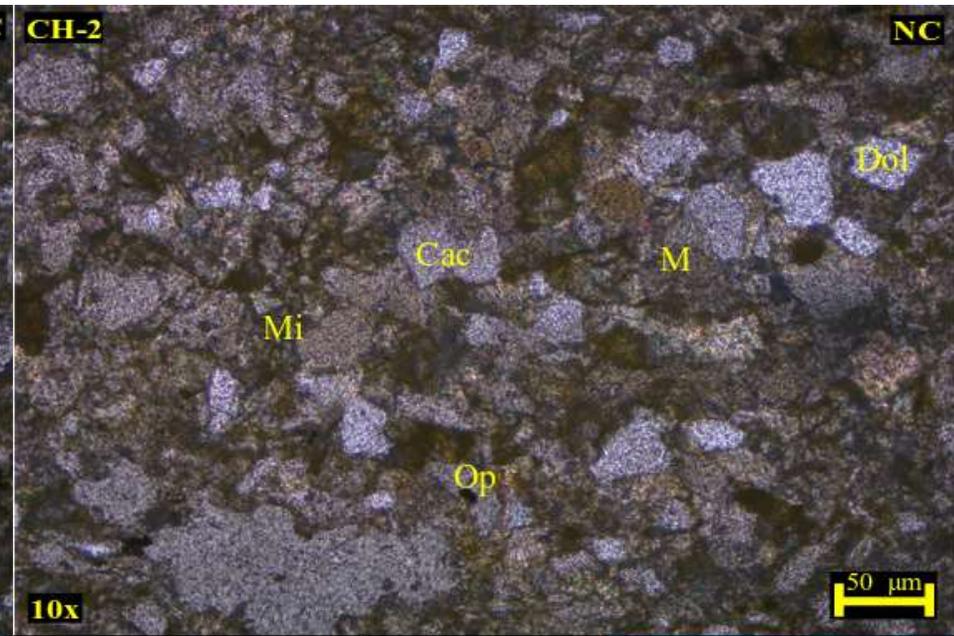
Figura 27. Esquema de descripción petrográfica.

A continuación, se presentan las descripciones petrográficas de la Caliza Chimeco y la Formación Mapache:



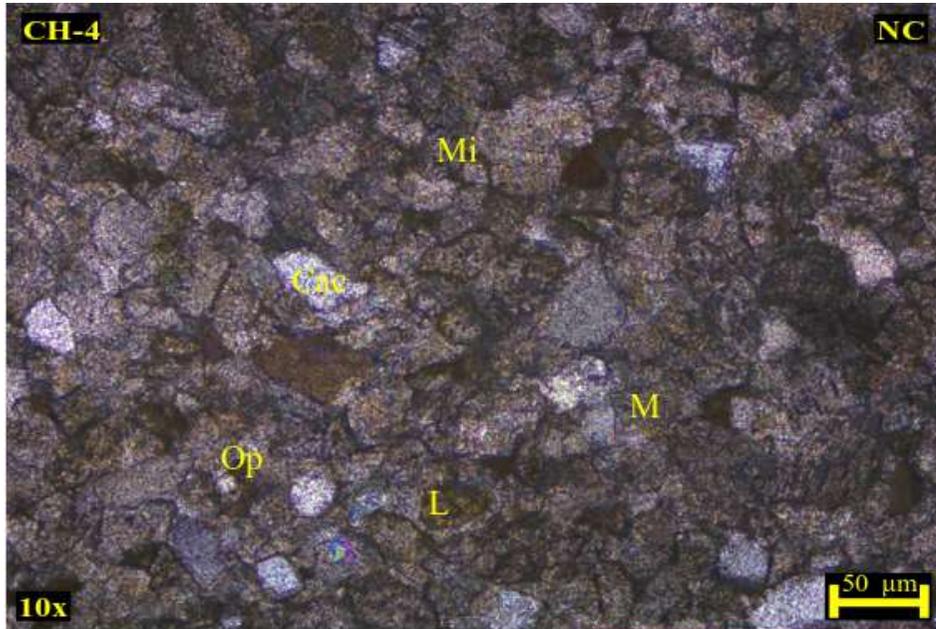
Marga

Se observa abundante calcita (60%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 y 50 micras, son subredondeados a subangulosos; la matriz (35%) se compone de micrita [50%], óxido de hierro [40%] presente en los bordes de los parches de calcita, y clorita [10%]; también se presentan minerales opacos (2%), muy finos, redondeados, alargados y cubren parcialmente a la matriz y a los parches de calcita. Ocasionalmente se observan clastos de cuarzo, mica y feldespatos muy finos a finos, subangulosos a subredondeados y dispersos, en conjunto constituyen el 3% de la muestra. Buena selección y textura masiva.



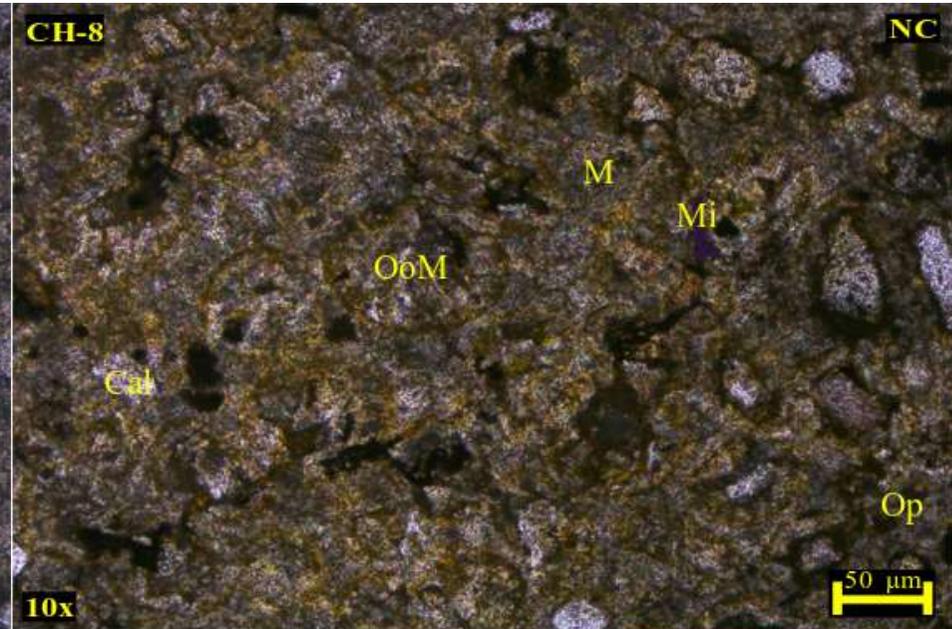
Marga

Se observa calcita (50%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 y 150 micras, son subangulosos y subredondeados con contactos saturados y longitudinales; la matriz (40%) se compone de micrita [40%], óxido de hierro [40%] y clorita [20%]; también se presentan clastos de dolomita (5%) angulosos, finos y parcialmente desarrollados; minerales opacos (2%) redondeados, finos y alargados. Ocasionalmente se observan clastos mde mica, cuarzo y feldespato muy finos a medios, subangulosos a subredondeado, a veces alargados y juntos constituyen el 3% de la muestra. Buena selección y textura masiva.



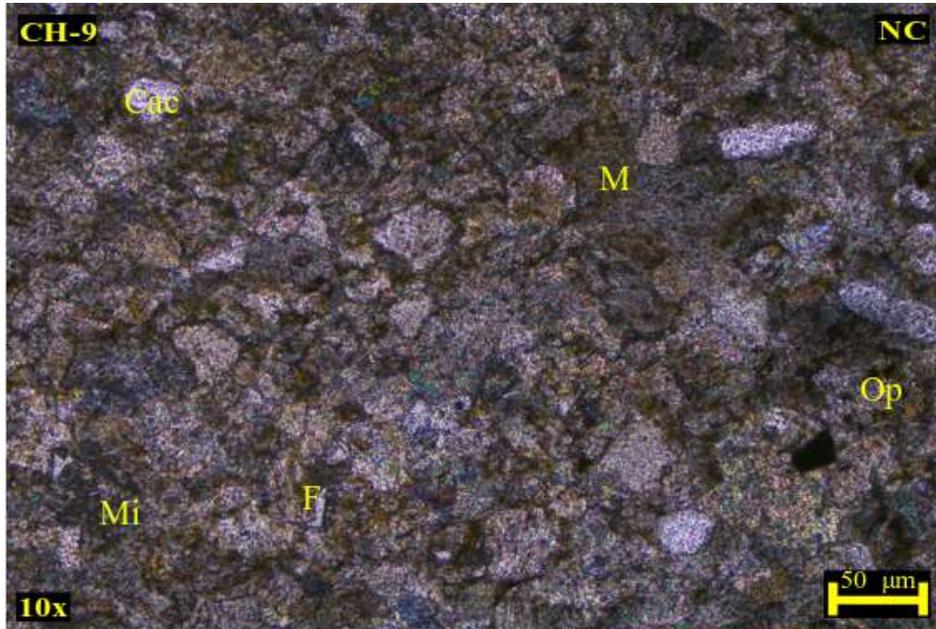
Marga

Se observa calcita (60%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 y 60 micras, son subredondeados a angulosos con contactos saturados; la matriz (35%) cubre parcialmente a los clastos y se compone de micrita [50%], óxido de hierro [40%] y clorita [10%]. También se presentan minerales opacos (2%) redondeados, finos y alargados. Ocasionalmente se observan clastos de mica, cuarzo, feldespatos y líticos de tamaño muy fino a medio, redondeados a subangulosos, en ocasiones alargados y dispersos, en conjunto constituyen el 3% de la muestra. Buena selección y textura masiva.



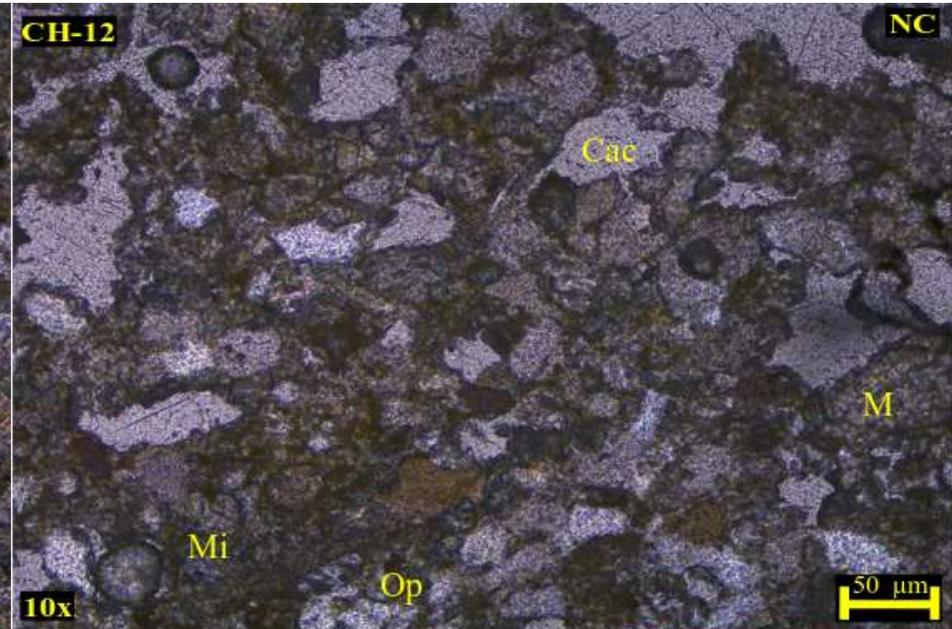
Marga con ooides

Se observan ooides (40%) rellenos de micrita y de esparita, en ocasiones son rodeados por óxido de hierro y son parcialmente cubiertos por minerales opacos (3%) de tamaño medio a fino; parches de calcita (15%), que poseen tamaños entre 10 y 50 micras, son subangulosos a subredondeados y rodeados por óxido de hierro; la matriz (40%) está constituida por micrita [50%], y óxido de hierro [50%]. Ocasionalmente se presentan clastos de mica (2%) de tamaño fino a medio, subredondeados y alargados. Moderada selección y textura masiva.



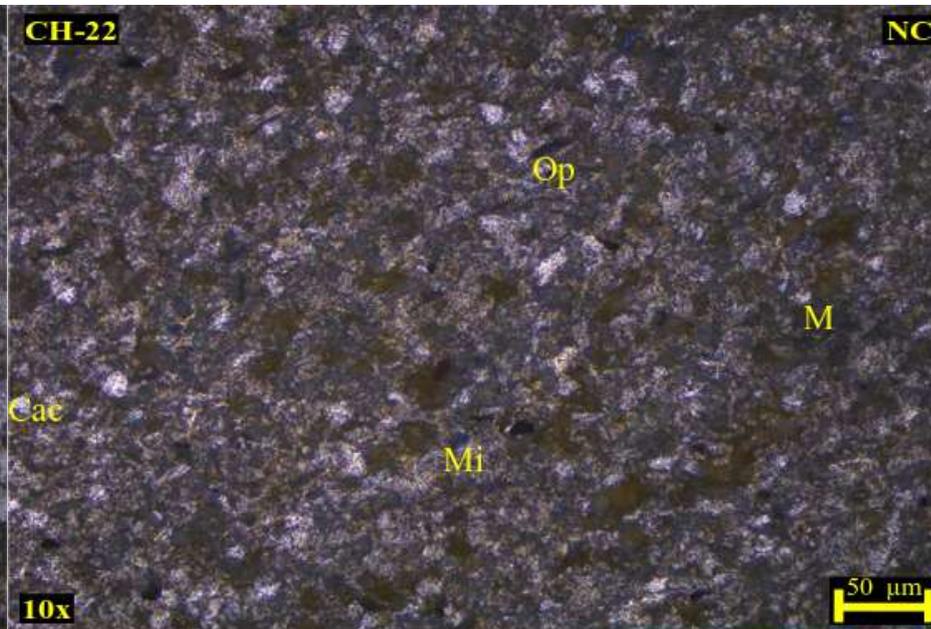
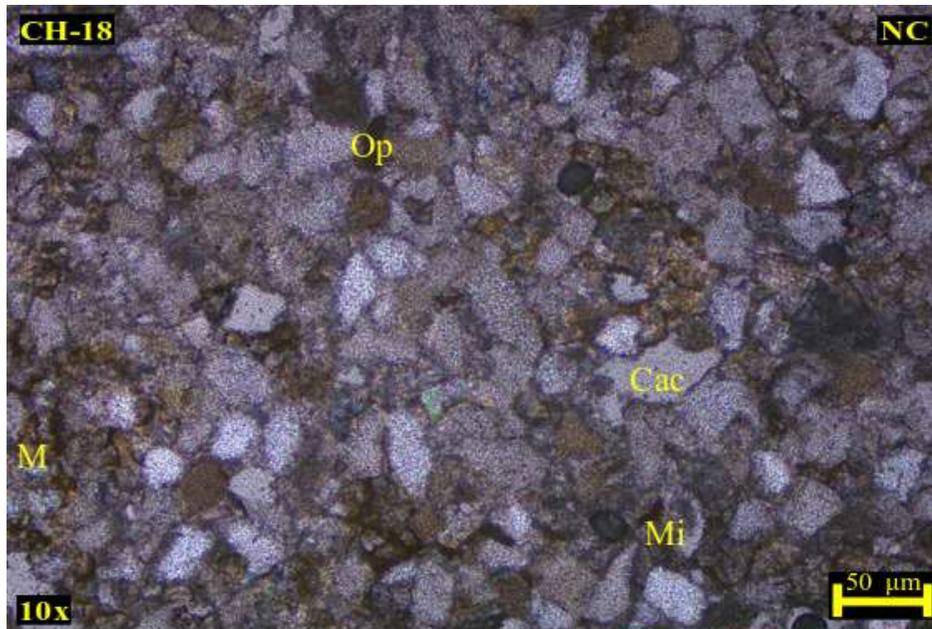
Marga

Se observa calcita (60%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 y 60 micras, son redondeados a subangulosos con contactos saturados y longitudinales; la matriz (35%) está constituida por micrita [60%], que cubre parcialmente a los parches de calcita y óxido de hierro [40%]; minerales opacos (2%) muy finos a finos, redondeados a angulosos y rodeados por óxido de hierro. Ocasionalmente se observan clastos de mica, cuarzo y feldespato muy finos a finos, subangulosos a angulosos y dispersos, en conjunto conforman el 3% de la muestra. Buena selección y textura masiva.



Marga

Se observa calcita (60%), los cuales poseen tamaños entre 10 y 60 micras, son redondeados a subangulosos con contactos saturados y longitudinales; la matriz (35%) está constituida por micrita [60%], que cubre parcialmente a los parches de calcita y óxido de hierro [40%]; minerales opacos (3%) muy finos a finos, redondeados a angulosos. Ocasionalmente se presentan clastos de cuarzo y mica muy finos a finos, redondeados a angulosos, a veces alargados y dispersos, en conjunto conforman el 2% de la muestra. Moderada selección y textura masiva.

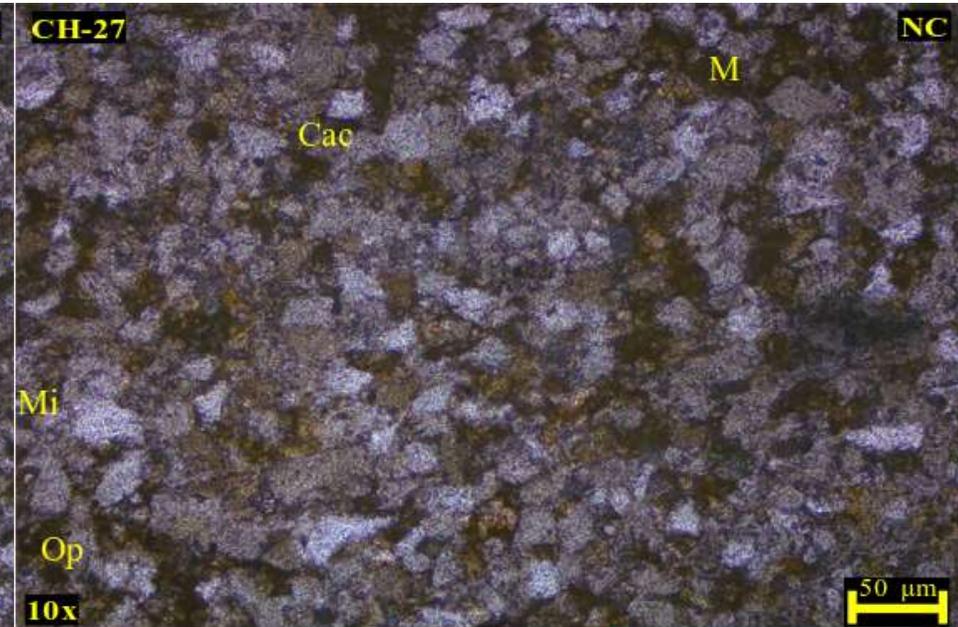
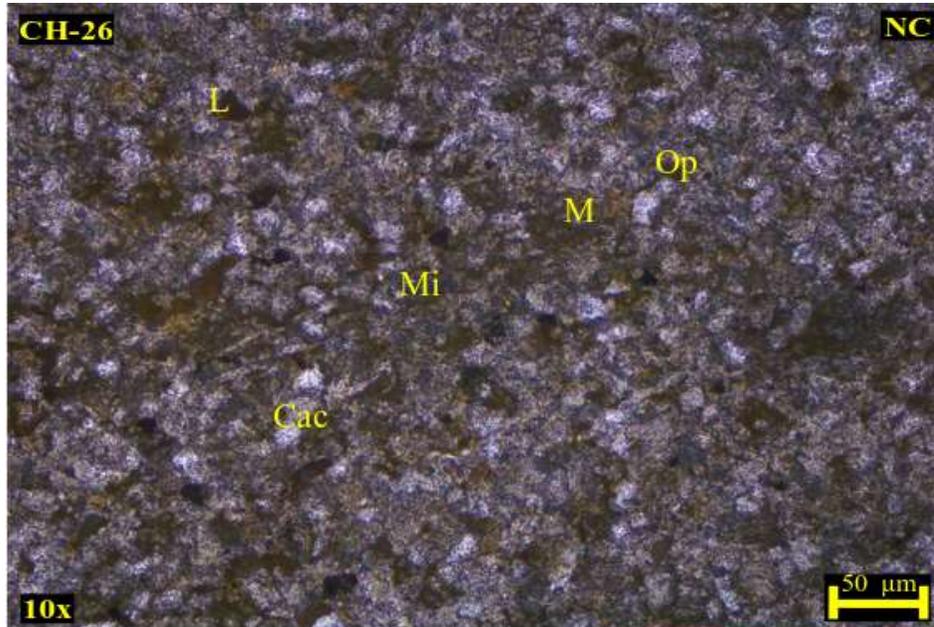


Marga

Se observa abundante calcita (63%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 y 50 micras, son angulosos a subredondeados con contactos saturados, longitudinales y puntuales; la matriz (35%) se compone de micrita [50%], óxido de hierro [40%] que rodea a los minerales opacos y clorita [10%]; minerales opacos (1%) redondeados a subredondeados, de tamaño fino a medio y cubren parcialmente a los parches de calcita. Ocasionalmente se presentan clastos de mica, cuarzo y líticos sedimentarios finos a medios, redondeados a subangulosos, a veces alargados y dispersos, en conjunto conforman el 1% de la muestra. Buena selección y textura masiva.

Marga

Se observa calcita (60%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 y 30 micras, son subangulosos a subredondeados con contactos saturados y rodeados por micrita; la matriz (35%) está constituida por micrita [45%], óxido de hierro [40%] que rodea a los minerales opacos y clorita [15%]; minerales opacos (3%) angulosos a subredondeados y a veces alargados. Ocasionalmente se presentan clastos de mica y cuarzo muy finos a finos, subangulosos a subredondeados, alargados y dispersos, en conjunto conforman el 2% de la muestra. Buena selección y textura masiva.

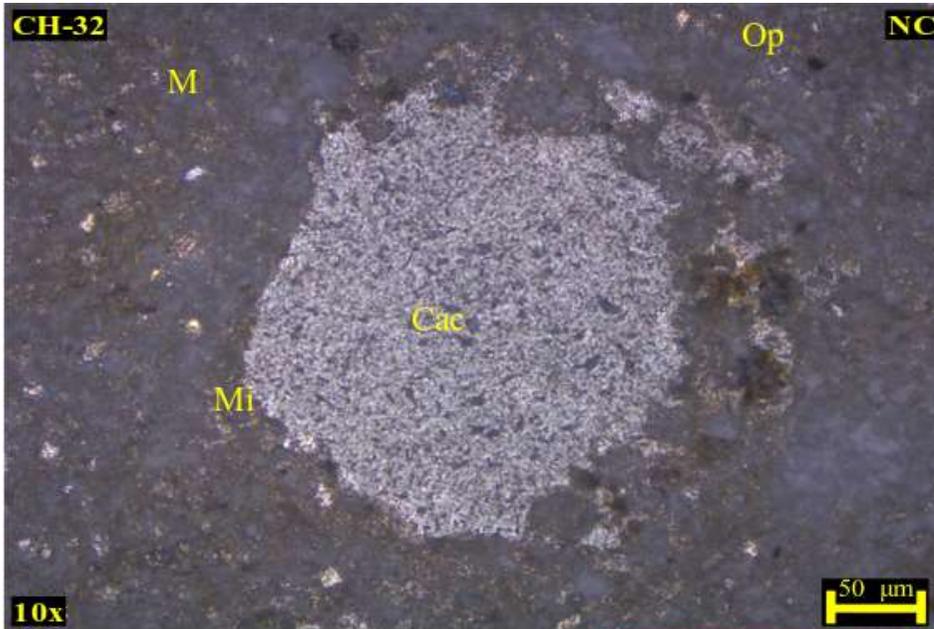


Marga

Se observa calcita (50%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 a 40 micras, son subangulosos a redondeados; la matriz (45%) está constituida por micrita [50%], óxido de hierro [40%] que rodea parcialmente a los minerales opacos y clorita [10%]; minerales opacos (2%) de tamaño fino a medio, redondeados y alargados, se encuentran entre la matriz y los parches de calcita. Ocasionalmente se observan clastos de mica, cuarzo y líticos muy finos a medios, subredondeados, alargados y dispersos, en conjunto conforman el 3% de la muestra. Buena selección y textura masiva.

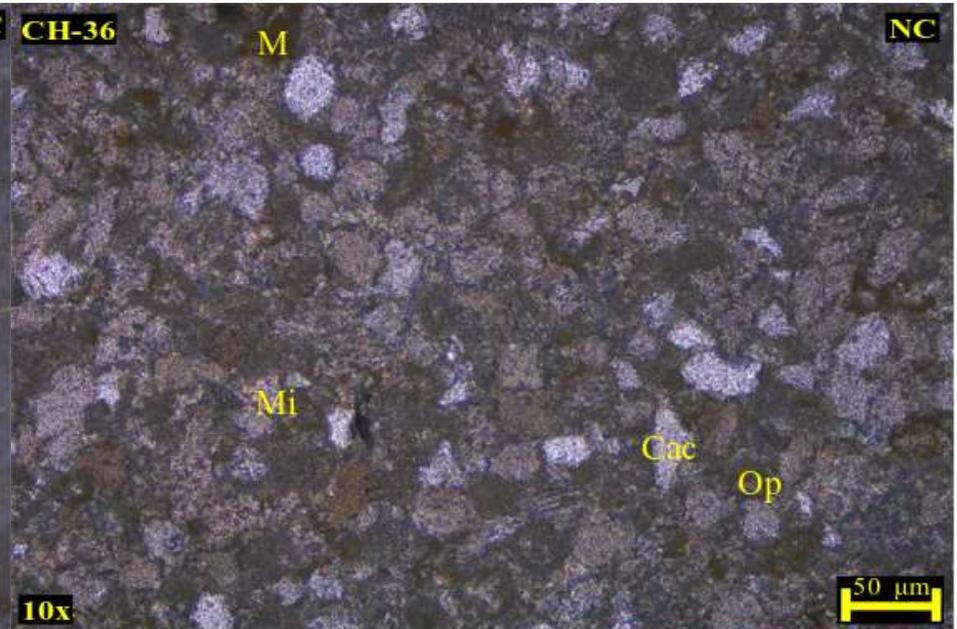
Marga

Se observa calcita (60%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 y 50 micras, son subangulosos o redondeados con contactos saturados; la matriz (35%) está constituida por micrita [50%] y óxido de hierro [50%]; minerales opacos (2%) redondeados y alargados, en contacto con los parches de calcita y la matriz y rodeados por óxido de hierro. Ocasionalmente se presentan clastos de mica, cuarzo y líticos sedimentarios, muy finos a medios, redondeados a subredondeados, en conjunto conforman el 3% de la muestra. Buena selección y textura masiva.



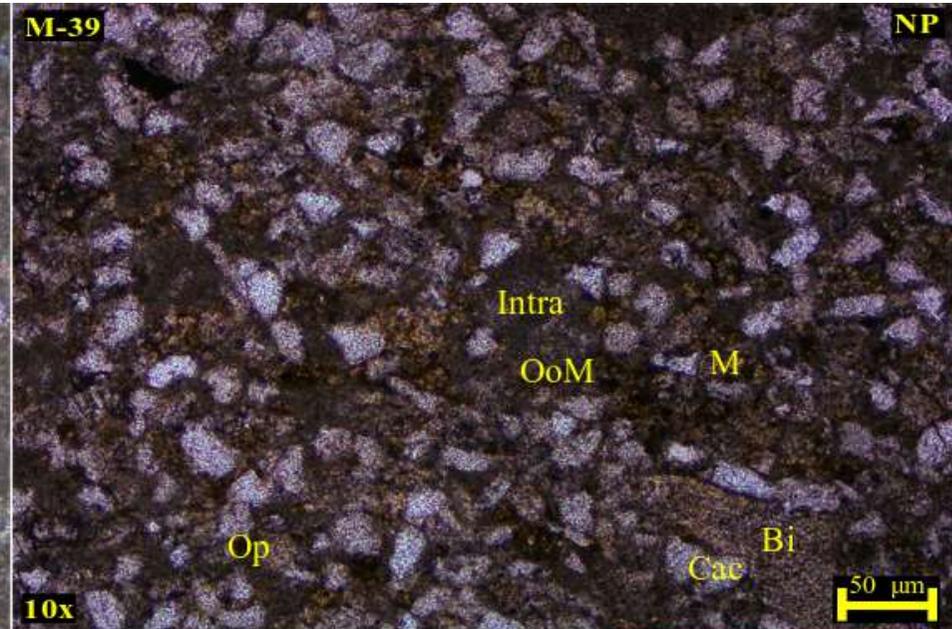
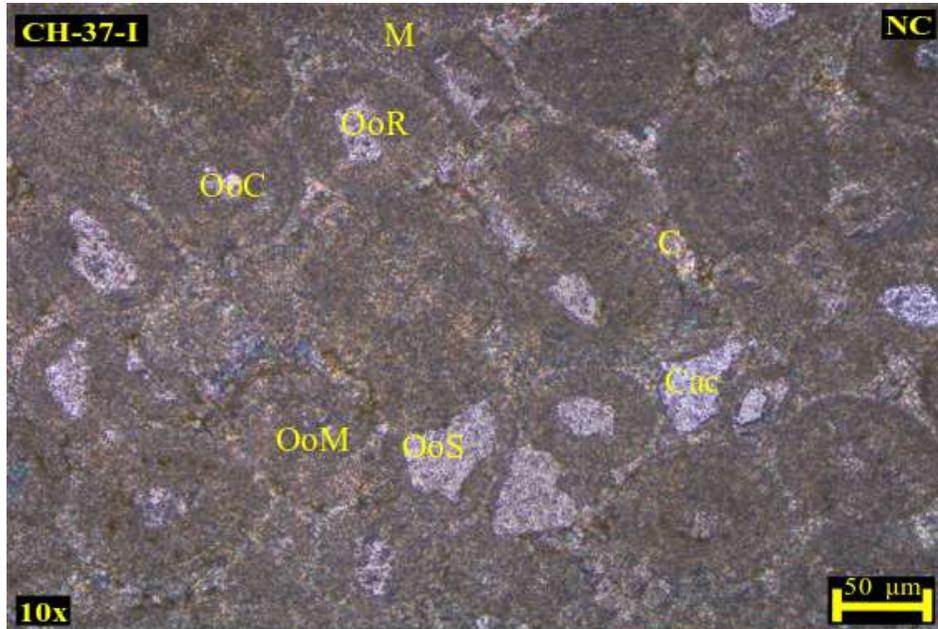
Limolita calcárea

Se observa abundante calcita (65%) en forma de parches, lo cuales poseen tamaños desde 5 hasta 30 micras, son subangulosos a subredondeados, y están dispersos en la matriz. Existe un parche que mide poco más de 150 micras; la matriz (35%) está constituida por micrita [80%] y óxido de hierro [20%]; minerales opacos (2%) muy finos, redondeados, a veces rodeados por óxido de hierro; Ocasionalmente de presentan clastos de mica y cuarzo muy finos, angulosos a subangulosos y alargados, en conjunto conforman el 3% de la muestra.
Mala selección y textura masiva. La muestra presenta burbujas de aire, derivado de contener material no consolidado.



Marga

Se observa calcita (55%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 y 50 micras, subredondeados a redondeados, en contacto entre sí de manera longitudinal y saturada, también rodeados por micrita; la matriz (40%) está constituida por micrita [60%], óxido de hierro [30%] y clorita; minerales opacos (2%) finos, alargados, rodeados por óxido de hierro y cubren de manera parcial a los parches de calcita. Ocasionalmente se presentan clastos de mica y cuarzo, muy finos a finos, subangulosos a subredondeado, a veces alargados y dispersos, en conjunto conforman el 3% de la muestra. Buena selección y textura masiva.

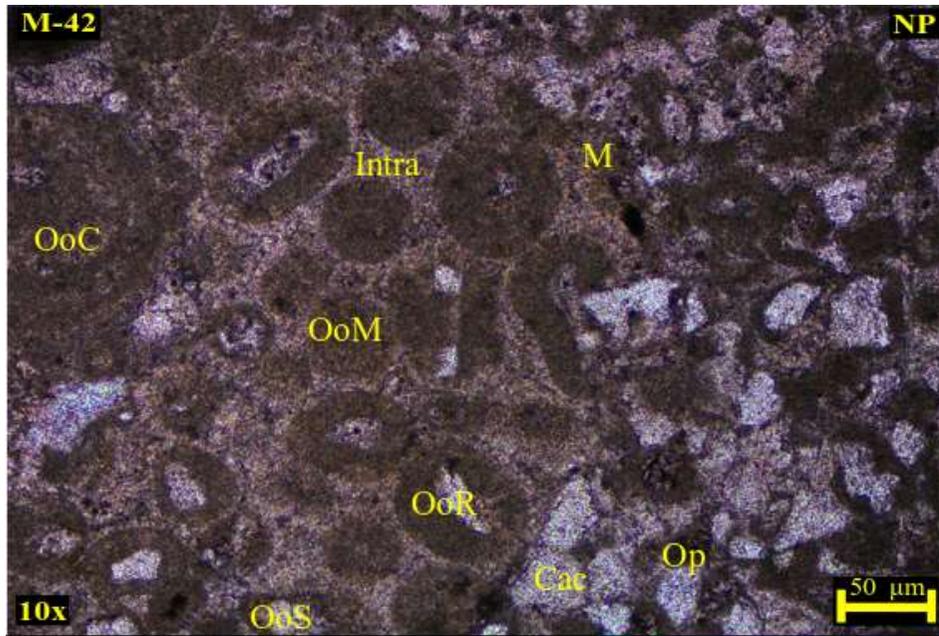


Caliza grainstone con ooides

Se observan ooides (80%) elípticos y circulares, con diámetros variables entre 30 y 60 micras, cerca del 80% de ellos son micríticos y el resto son superficiales y radiales, se encuentran en contactos longitudinales y saturados entre sí; calcita (10%) en forma de parches subangulosos con tamaños entre 10 y 60 micras, conforman a los núcleos de los ooides y son escasos los que se encuentran dispersos entre micrita; se presenta una relación matriz-cementante (5%) de 30-70, respectivamente, la matriz está constituida por micrita [80%] y óxido de hierro [20%]. Ocasionalmente se observan clastos de cuarzo y mica de tamaño fino a medio, a veces alargados y dispersos, juntos conforman el (5%) de la muestra. Clastos sin orientación preferente y buena selección.

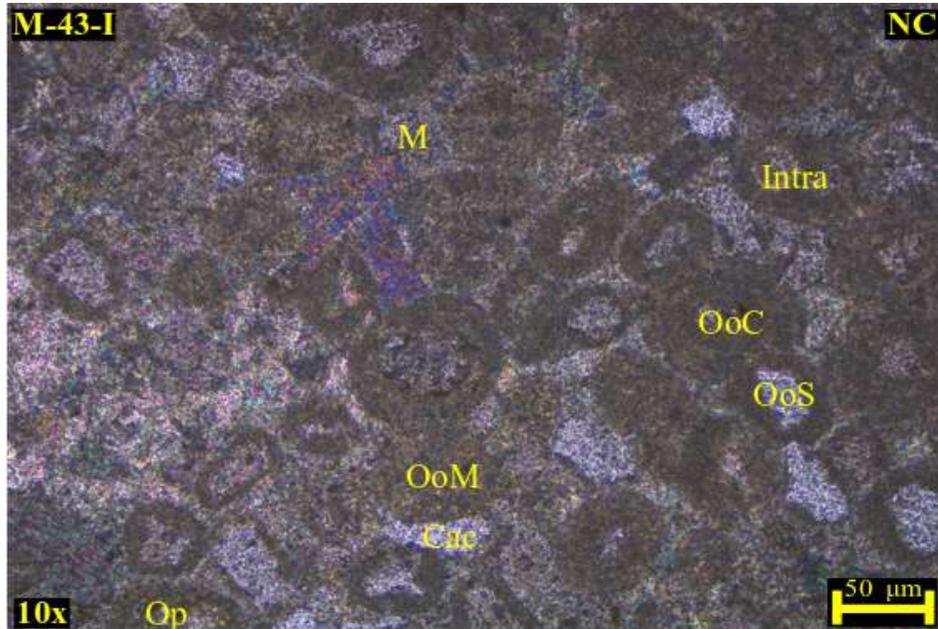
Marga con trazas de ooides, intraclastos y bivalvos

Se observa calcita (50%) en forma de parches, los cuales poseen tamaños entre 10 y 60 micras, son subangulosos a subredondeados, con contactos saturados; la matriz (40%) está constituida por micrita [70%] y óxido de hierro [30%]; se presentan al centro-derecha de la imagen ooides (3%) de 20 micras de diámetro, están micritizados y la mayoría posee su morfología original apenas visible, rodeados por matriz; Se presentan al centro-derecha de la imagen intraclastos (3%) formados por ooides (racimos de uva) rellenos de micrita y con un diámetro de alrededor de 60 micras; minerales opacos (2%), muy finos, redondeados y en ocasiones alargados; se observa en la esquina inferior derecha un bioclasto (2%) posiblemente fragmento de bivalvo, en contacto longitudinal con los parches de calcita, de tamaño que supera las 100 micras, rellenos de micrita. Buena selección y textura masiva.

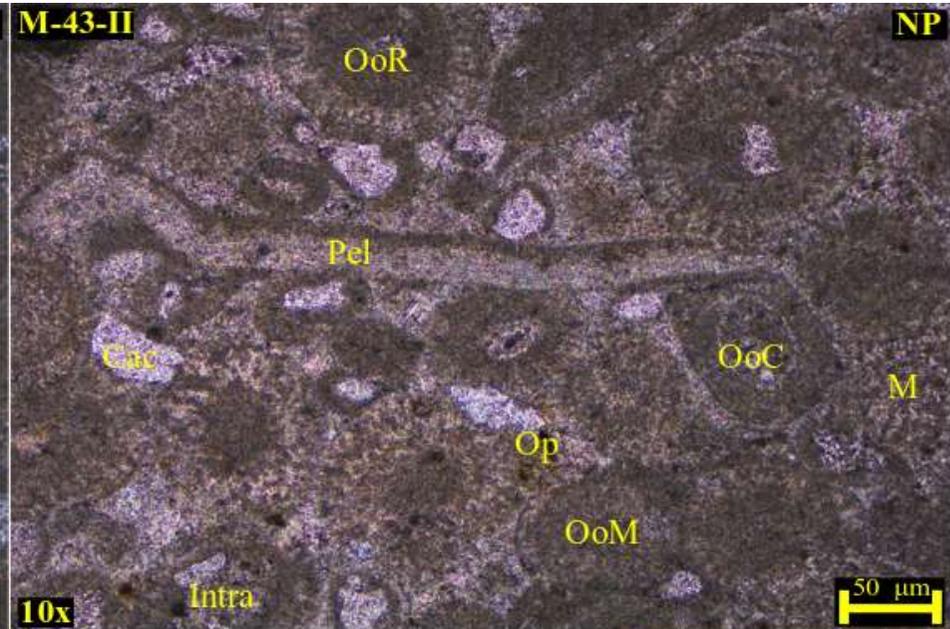


Caliza grainstone con ooides

Se observan abundantes ooides (80%) elípticos y circulares e irregulares, sus diámetros varían entre 20 y 100 micras, cerca del 70% de ellos son micríticos, seguidos de concéntricos, radiales y superficiales [30%], se encuentran en contactos saturados entre sí; calcita (15%) en forma de parches, varían entre 10 y 50 micras, conforman los núcleos de los ooides, algunos se encuentran dispersos en micrita; la matriz está constituida por micrita [80%] y óxido de hierro [20%] que rodea parcialmente a los ooides: se observa un intraclasto (3%) desde el centro al extremo inferior izquierdo, mayor a 200 micras, compuesto de ooides y micrita; minerales opacos (1%) muy finos, alargados y redondeados. Ocasionalmente se presentan clastos de mica y cuarzo de tamaño muy fino, alargados y subangulosos, juntos conforman el 1% de la muestra. Moderada selección y textura masiva



NC



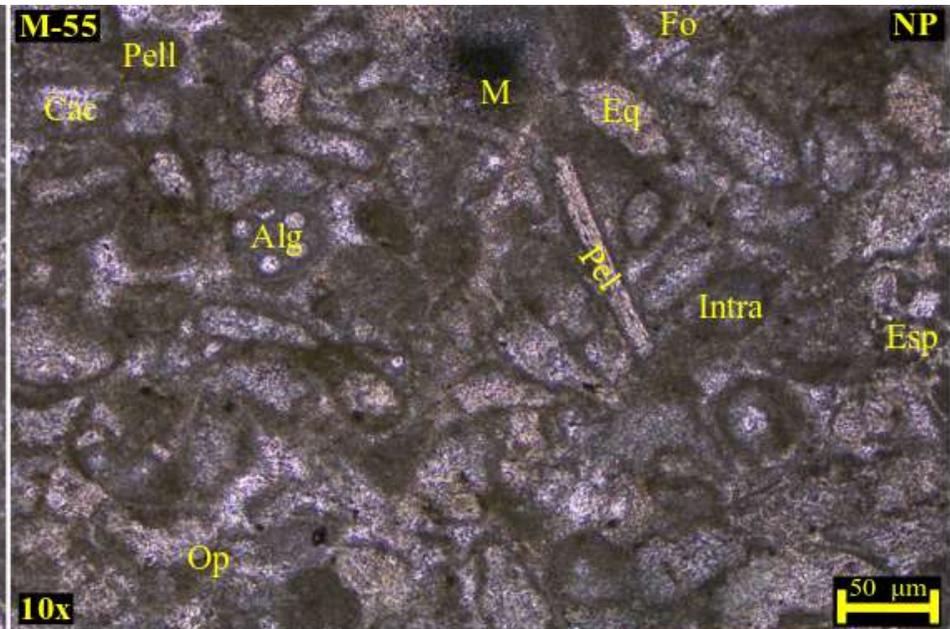
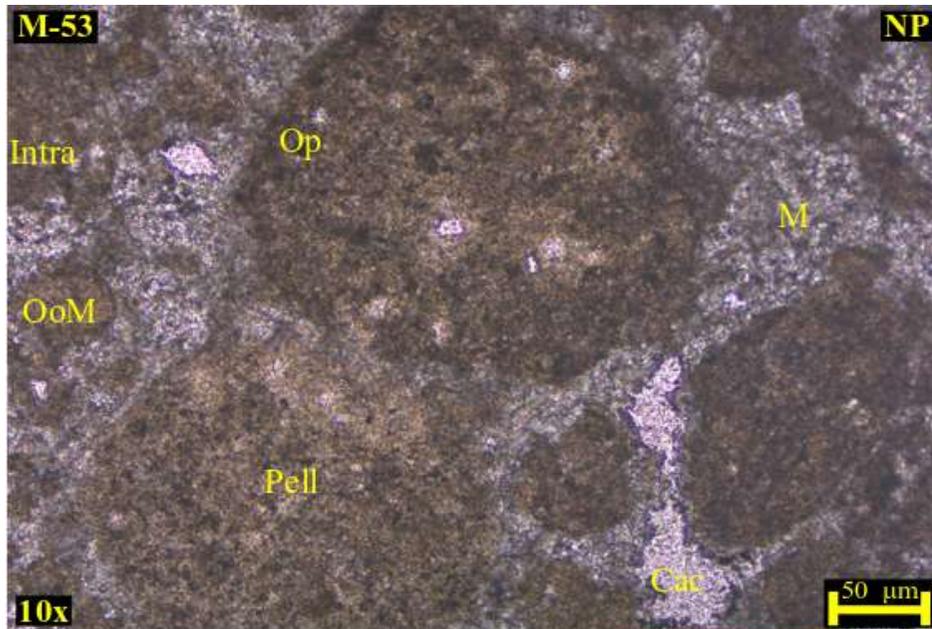
NP

- a) Clasificación de Dunham: Caliza grainstone con ooides
 b) Clasificación de Folk: Ooesparita

Se observan abundantes ooides (75%) elípticos, circulares e irregulares, sus diámetros varían entre 30 y 80 micras, cerca del 70% de ellos son concéntricos, seguidos de micríticos y superficiales [30%], se encuentran en contactos saturados y puntuales entre sí; calcita (15%) en forma de parches, varían entre 20 y 50 micras, conforman los núcleos de los ooides, algunos se encuentran dispersos en micrita; la matriz (5%) está constituida por micrita [80%] y óxido de hierro [20%]; intraclastos (2%) conformados por ooides, miden entre 40 y 50 micras; minerales opacos (2%) muy finos, alargados y redondeados. Ocasionalmente se presentan clastos de mica (1%) de tamaño muy fino, alargados y subangulosos. Moderada selección y textura masiva

- a) Clasificación de Dunham: Caliza grainstone con ooides y trazas de pelecipodos
 b) Clasificación de Folk: Ooesparita con trazas de pelecipodos

Se observan ooides (70%), generalmente micríticos [70%], escasos concéntricos, radiales y superficiales [30%], con diámetros desde 30 hasta 90 micras, se encuentran en contactos saturados y longitudinales entre sí; calcita (15%) en forma de parches, varían desde 10 hasta 50 micras, conforman núcleos de los ooides; la matriz (5%) está constituida de micrita [80%] y óxido de hierro que rodea en ocasiones a los parches de calcita; fragmentos de pelecipodos (8%) alargados, rellenos de micrita y/o esparita, con longitudes desde 100 hasta 400 micras; minerales opacos (1%) muy finos, alargados y redondeados; clastos de mica (1%) muy finos y alargados, rodeados por la matriz. Moderada selección y textura masiva.



a) Clasificación de Dunham: Caliza grainstone con pellets y trazas de ooides

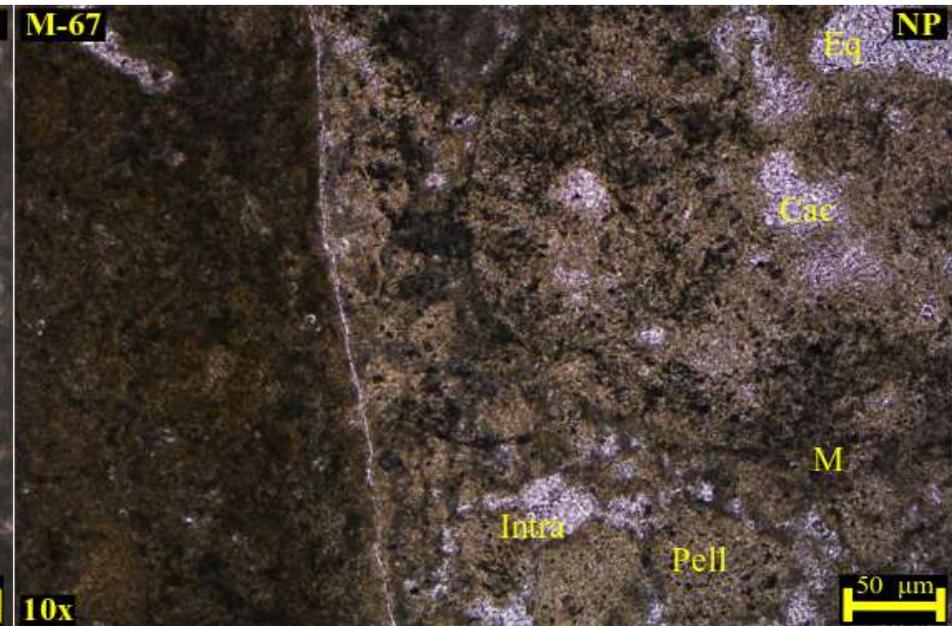
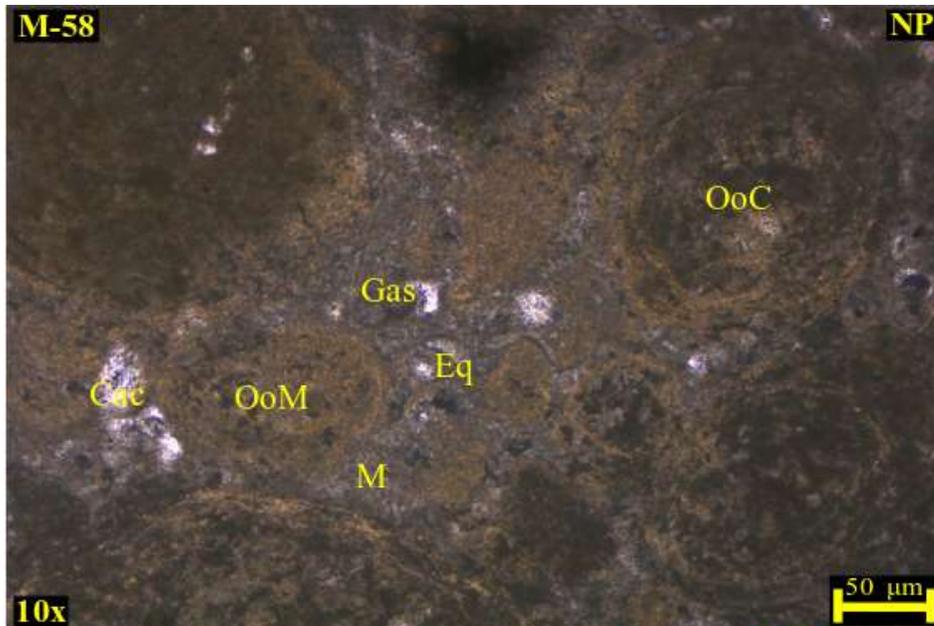
b) Clasificación de Folk: Pelesparita con trazas de ooides

Se observan pellets (70%) de formas circulares, elípticos e irregulares, con tamaños desde 80 hasta 200 micras, rodeados por matriz; calcita (10%) en forma de parches irregulares con tamaños entre 30 y 50 micras, conforman núcleos de los ooides (8%), que generalmente son micríticos [90%] y el resto son concéntricos mal conservados, con diámetros desde 20 hasta 50 micras; intraclastos (5%) con morfologías irregulares, compuestos de ooides y micrita, con tamaños desde 30 hasta 50 micras, mal conservados; matriz (5%) constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%]; fragmentos de pelecípodos (1%) alargados, rellenos de micrita, con longitudes desde 100 hasta 150 micras; minerales opacos (1%) muy finos y redondeados. Mala selección y textura masiva.

a) Clasificación de Dunham: Caliza grainstone con bioclastos e intraclastos

b) Clasificación de Folk: Bioesparita con intraclastos

Se observan diversos bioclastos (60%), entre los que se encuentran esponjas miríticas, con estructura interna porosa, algas con morfología de abanico y relleno micrítico/esparítico. También se observan placas de equinodermos micríticos. Los bioclastos anteriores poseen tamaños que van desde 30 hasta 80 micras; fragmentos de pelecípodos y foraminíferos (10%) alargados angulosos, micríticos y de tamaños entre 50 y 80 micras; calcita (10%) en forma de parches en contactos saturados con los bioclastos, con alrededor de 20 a 40 micras; ooides (5%) micríticos e irregulares, menores a 50 micras; intraclastos (5%) compuestos por ooides y pellets; pellets (5%) de forma circular e irregular, con tamaños entre 40 y 60 micras; la matriz (5%) está constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%]. Moderada selección y textura masiva.

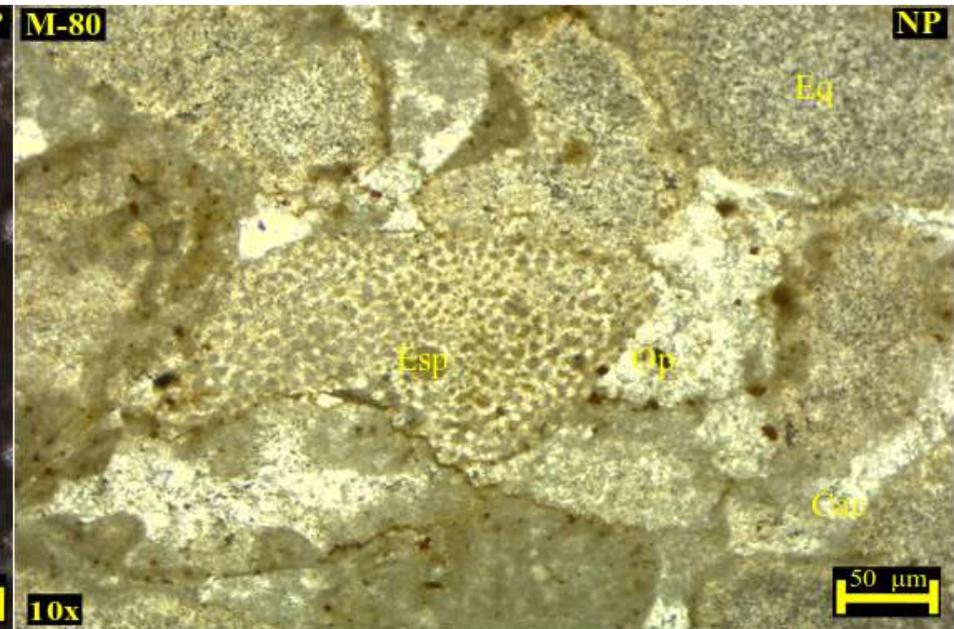
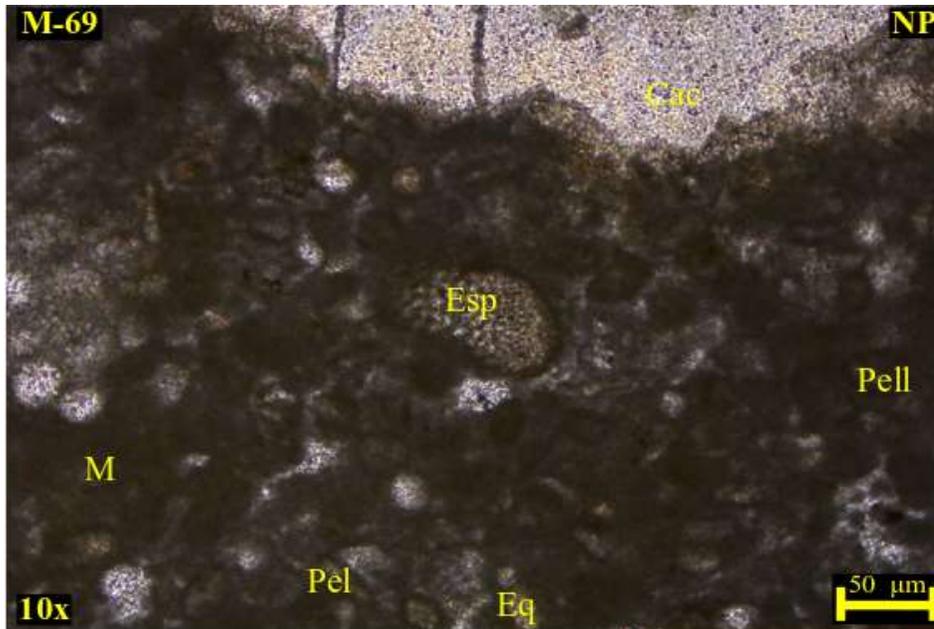


a) Clasificación de Dunham: Caliza packstone con ooides pellets
 b) Clasificación de Folk: Oomicrita con pellets

Se observan abundantes ooides (70%), cerca del 90% de ellos son micríticos, el resto concéntricos mal conservados. Se presentan circulares, elípticos e irregulares, con tamaños entre 70 y 300 micras, en contactos saturados entre sí; pellets (10%) con formas irregulares, rodeados de matriz, menores a 100 micras; parches de calcita (5%) con tamaños entre 20 y 50 micras, rodeados de micrita y en contactos saturados y longitudinales entre sí y los ooides; bioclastos (3%), entre ellos placas de equinodermos y gasterópodos, con tamaños menores a 80 micras, mal conservados; intraclastos (2%) conformados por ooides y con rellenos micrítico; matriz (10%) constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%]. Mala selección y textura masiva.

a) Clasificación de Dunham: Caliza packstone con pellets y trazas de intraclastos
 b) Clasificación de Folk: Pelmicrita con trazas de intraclastos

Se observan abundantes pellets (70%) con morfologías principalmente irregulares, a veces circulares, con tamaños desde 80 a 100 micras; Intraclastos (10%) con tamaños muy variables, algunos alcanzan hasta 400 micras y la mayoría son menores a 100 micras, compuestos de pellets, ooides y rellenos de micrita y/o esparita; parches de calcita (10%) subredondeados a irregulares, rodeados de micrita y en contactos saturados entre sí, menores a 80 micras; bioclastos (3%) mal conservados, con morfologías apenas distinguibles, rellenos generalmente de esparita, posibles placas de equinodermos; ooides (2%) micríticos, rodeados de matriz y con tamaños menores a 50 micras. La matriz (5%) está constituida por micrita [95%] y óxido de hierro [5%]. Moderada selección y textura masiva.



a) Clasificación de Dunham: Caliza packstone con pellets y bioclastos
 b) Clasificación de Folk: Pelmicrita con bioclastos

Se observan abundantes pellets (40%) circulares y elípticos, de tamaños entre 40 y 60 micras, rodeados y compuestos de micrita; parches de calcita (35%) redondeados a subangulosos, con tamaños muy variables, algunos llegan a medir poco más de 250 micras y la mayoría alcanza 40 micras, a veces alargados; bioclastos (10%) micríticos, entre ellos esponjas y equinodermos; fragmentos de pecicípodos (<5%) micríticos y cerca del 5% de ellos contiene pedernal, son menores a 50 micras; pedernal (1%) que es material de reemplazo en pecicípodos. La matriz (<10%) está constituida por micrita [95%] y óxido de hierro [5%] que generalmente rodea a los bioclastos. Mala selección y textura masiva

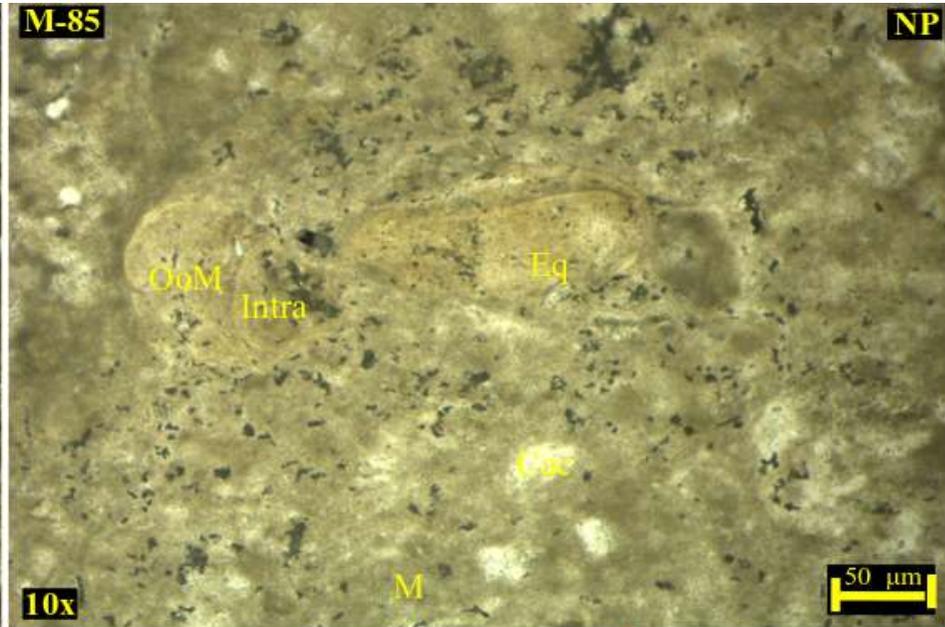
a) Clasificación de Dunham: Caliza grainstone con bioclastos y trazas de pellets
 b) Clasificación de Folk: Bioesparita con trazas de pellets

Se observan abundantes bioclastos (85%); conformados por esponjas y placas de equinodermos micríticos, poseen tamaños entre 150 y 200 micras, en contactos saturados y longitudinales entre sí, a veces rodeados por esparita y/o micrita; pellets (7%) circulares y elípticos de tamaños menores a 50 micras; intraclastos (1%) compuestos de pellets, esparita y micrita, menores a 40 micras; minerales opacos (1%) redondeados a subredondeados, muy finos, dispersos en la muestra; pedernal (1%) como material de reemplazo en bioclastos. La matriz (5%) está constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%]. Moderada selección y textura masiva.



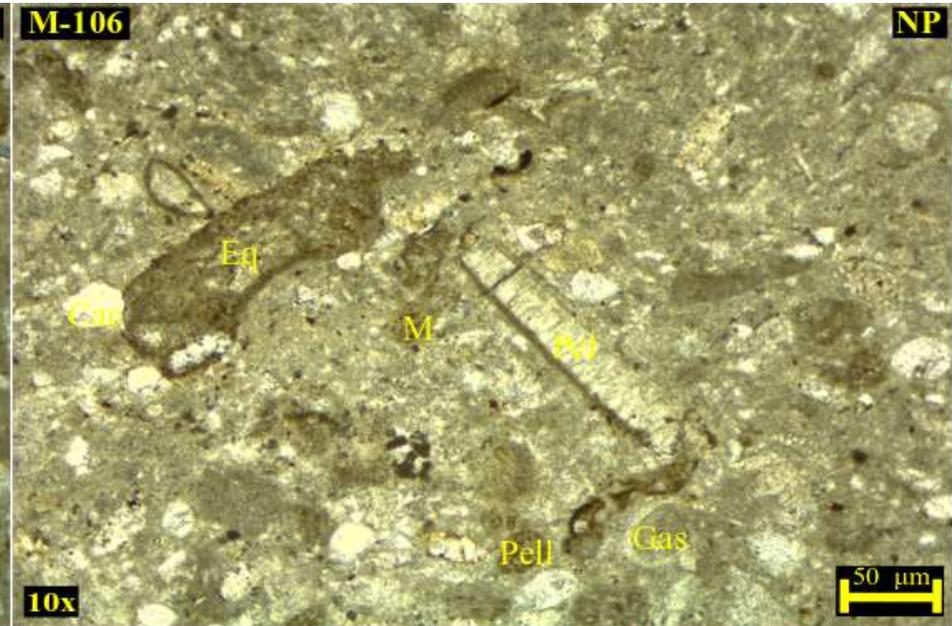
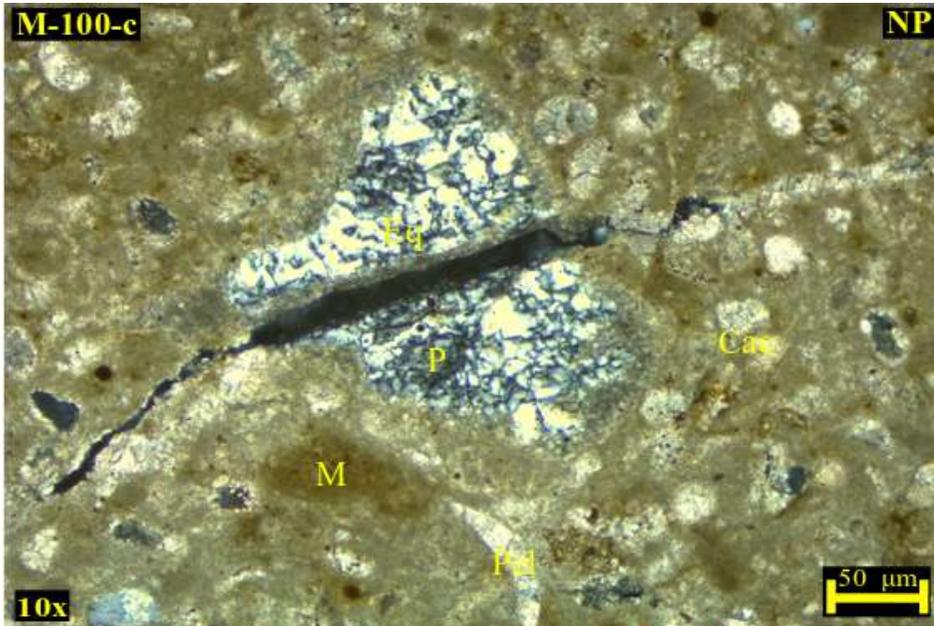
a) Clasificación de Dunham: Caliza grainstone con bioclastos y pellets
 b) Clasificación de Folk: Bioesparita con pellets

Se observan abundantes bioclastos (70%): placas de equinodermos, gasterópodos, braquiópodos, escasas esponjas y algas, rellenos de esparita con bordes micríticos, con tamaños desde 50 hasta 100 micras, en contactos saturados y longitudinales entre sí; fragmentos de pelecípodos (10%) con tamaños muy variados que van de 60 a 200 micras, se aprecia su textura fibrosa micrítica; parches de calcita (10%) menores a 60 micras en contacto con bioclastos y entre sí, a veces en contacto con pedernal; pellets (5%) circulares, elípticos e irregulares menores a 50 micras, rodeados de matriz; intraclastos (1%) compuestos de pellets, bioclastos, esparita y bordes micríticos, menores a 70 micras; pedernal (1%) que es material de reemplazo en bioclastos, se encuentra disperso en la muestra y en contacto con la matriz. La matriz (3%) está constituida por micrita [85%], óxido de hierro [10%] que rodea a los bioclastos y pedernal [5%]. Moderada selección y textura masiva.



a) Clasificación de Dunham: Caliza packstone con pellets y trazas de intraclastos
 b) Clasificación de Folk: Pelmicrita con trazas de intraclastos

Se observan pellets (30%) circulares e irregulares, varían entre 40 y 50 micras, micríticos; parches de calcita (10%) redondeados de 50 micras, rodeados por micrita; intraclastos (10%) compuestos de ooides, pellets y micrita, menores de 60 micras; ooides (10%) micríticos con diámetros entre 50 y 70 micras; bioclastos (posibles placas de equinodermos) y fragmentos de pelecípodos, ambos micríticos y en conjunto forman alrededor del 5% de la muestra. La matriz (10%) está constituida por micrita [95%] y óxido de hierro [5%]. Mala selección y textura masiva.



a) Clasificación de Dunham: Caliza packstone con bioclastos y trazas de pelecípodos
 b) Clasificación de Folk: Biomicrita con trazas de pelecípodos

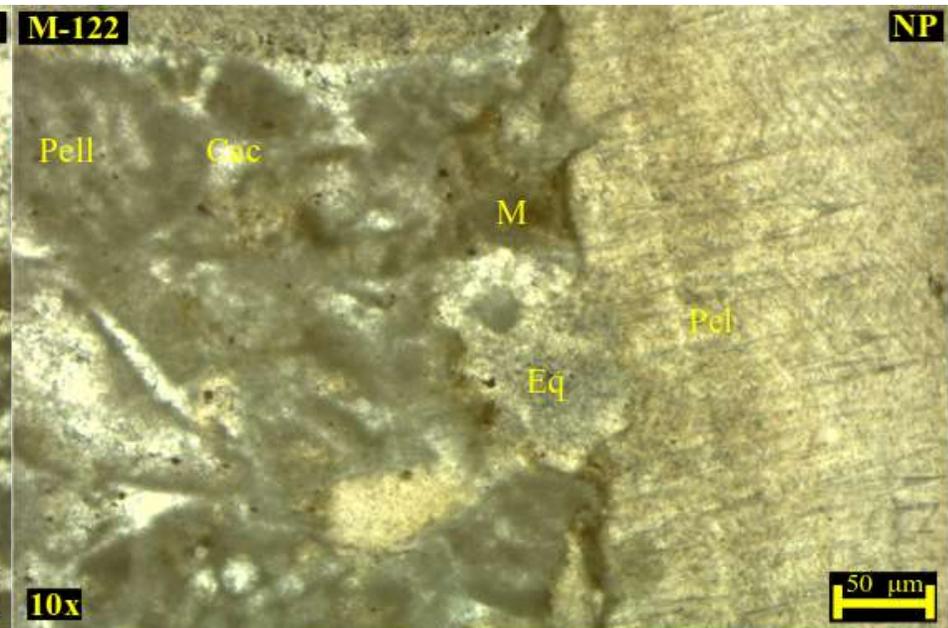
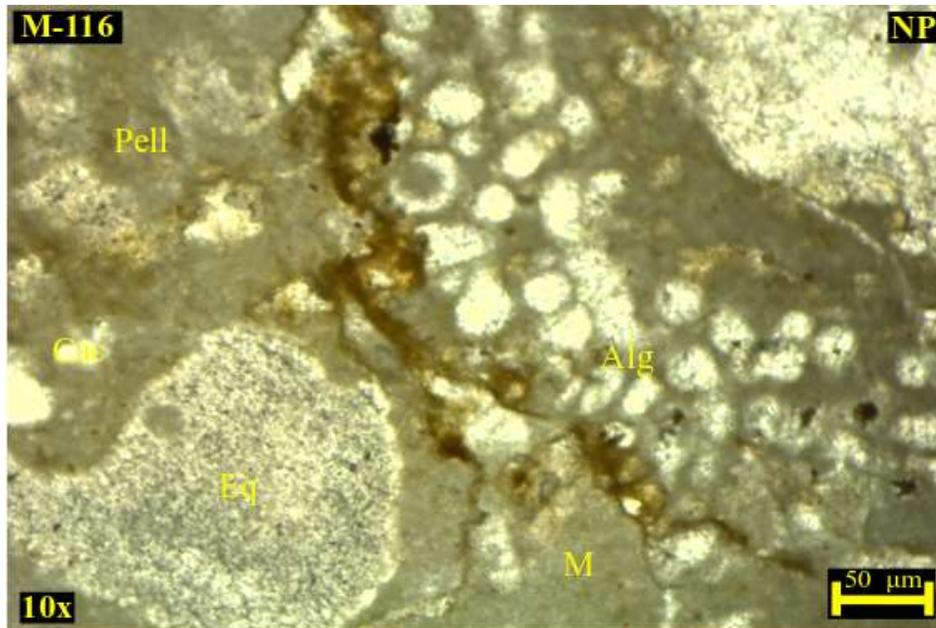


Se observan abundantes parches de calcita (60%) redondeados y rodeados por la matriz, sus tamaños son menores a 50 micras; bioclastos (20%) micríticos y la minoría [30%] se encuentran reemplazados con pedernal (placas de equinodermos), poseen tamaños entre 50 y 200 micras; pelecípodos (5%) micríticos, redondeados y alargados, con tamaños entre 40 y 50 micras, rodeados por la matriz; pedernal (3%) que se observa como material de reemplazo de bioclastos; intraclastos (2%) compuestos de pellets y micrita, de formas irregulares y menores a 50 micras; La matriz (10%) está constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%]. Moderada selección y textura masiva.

a) Clasificación de Dunham: Caliza grainstone con bioclastos y pellets
 b) Clasificación de Folk: Bioesparita con pellets



Se observan abundantes bioclastos (60%), entre ellos gasterópodos y placas de equinodermos micríticos, con tamaños entre 70 y 150 micras; fragmentos de pelecípodos (20%) alargados y micríticos, se observa su estructura interna fibrosa, en contacto con bioclastos y rodeados por matriz; parches de calcita (15%) en contactos saturados y longitudinales con bioclastos y pelecípodos, menores a 50 micras; pellets (1%) circulares e irregulares y con tamaños menores a 60 micras; pedernal (1%) como material de reemplazo en bioclastos y pelecípodos. La matriz (3%) está constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%] que generalmente rodea a los bioclastos. Moderada selección y textura masiva.



a) Clasificación de Dunham: Caliza packstone con bioclastos
 b) Clasificación de Folk: Biomicrita

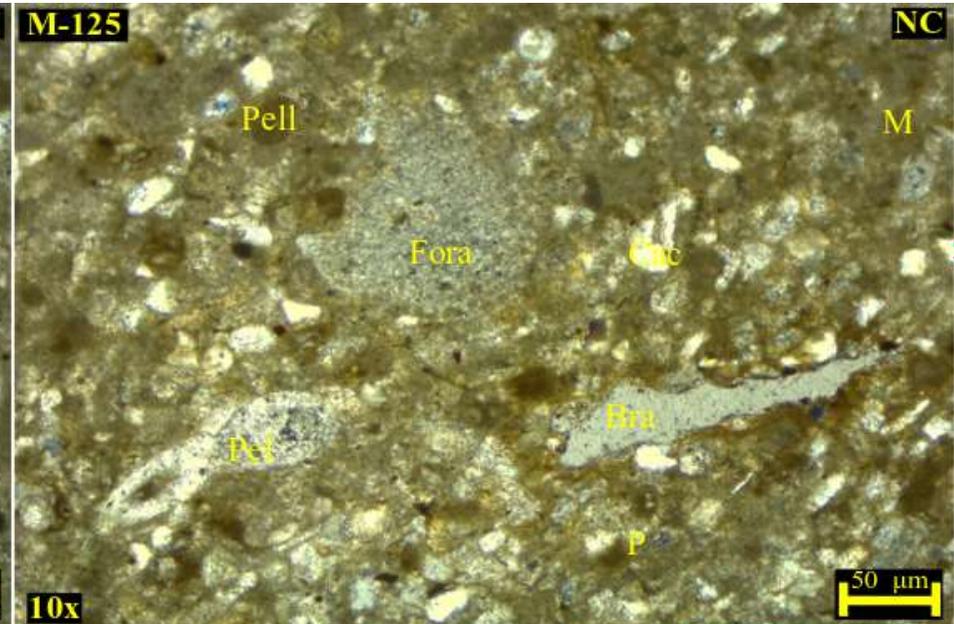
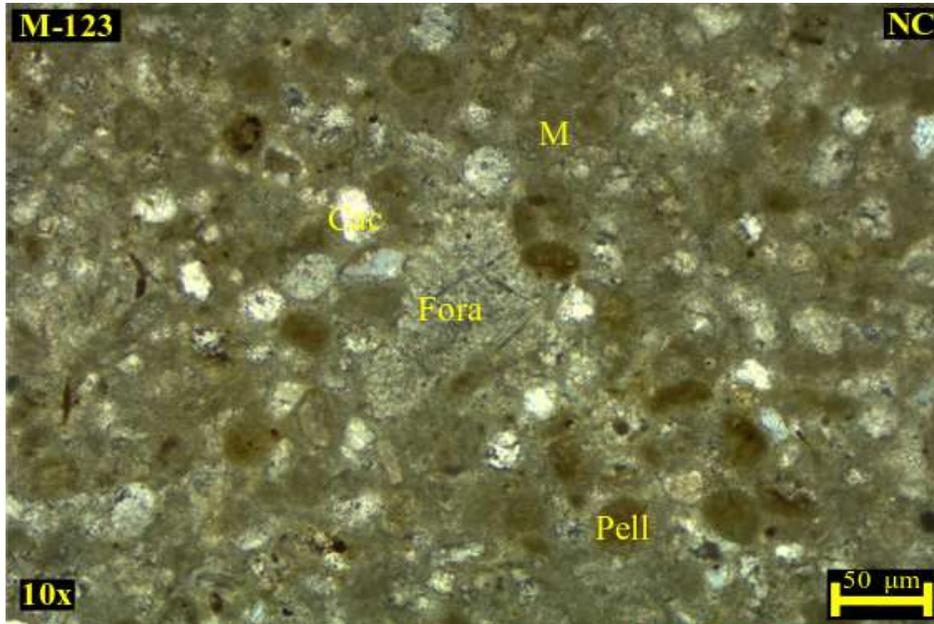


Se observan abundantes bioclastos (70%), entre ellos equinodermos, algas y escasas esponjas, todos micríticos y con tamaños variables desde 60 hasta 250 micras, rodeados por matriz; parches de calcita (15%) redondeados a subredondeados, algunos parches se encuentran como material de relleno en bioclastos; fragmentos de pelecípodos (3%) alargados, subredondeados y micríticos; pellets (1%) circulares, micríticos y con diámetros entre 40 y 50 micras; intraclastos (1%) compuestos por pellets y rellenos de micrita, menores a 50 micras; La matriz (10%) se encuentra constituida por micrita [85%] y óxido de hierro [15%] que generalmente rodea los bioclastos y se encuentra disperso como "manchas" menores a 10 micras.
 Mala selección y textura masiva

a) Clasificación de Dunham: Caliza grainstone con bioclastos y trazas de pellets
 b) Clasificación de Folk: Bioesparita con trazas de pellets



Se observan abundantes bioclastos (65%), principalmente equinodermos y escasas esponjas, ambos micríticos, con tamaños desde 60 hasta 100 micras; pelecípodos (20%) con textra fibrosa interna, rellenos de esparita y con paredes micríticas bien definidas, poseen tamaños muy variables, desde 50 micras hasta más de 400 micras de longitud. Se observa un pelecípodo (parte derecha) que cruza toda la sección delgada, con aproximadamente 3 cm de largo, posee estructura fibrosa interna irregular y ocasional relleno de esparita en las partes deformadas; pellets (5%) menores a 50 micras, elícticos e irregulares, rodeados de esparita y matriz; intraclastos (3%) compuestos de pellets y fragmentos de pelecípodos, rellenos de micrita y de tamaños menores a 50 micras; cristales de dolomita (2%) bien desarrollados en forma de rombos, rodeados de esparita. La matriz (5%) está compuesta por micrita [90%] y óxido de hierro [10%]. Mala selección y textura masiva.

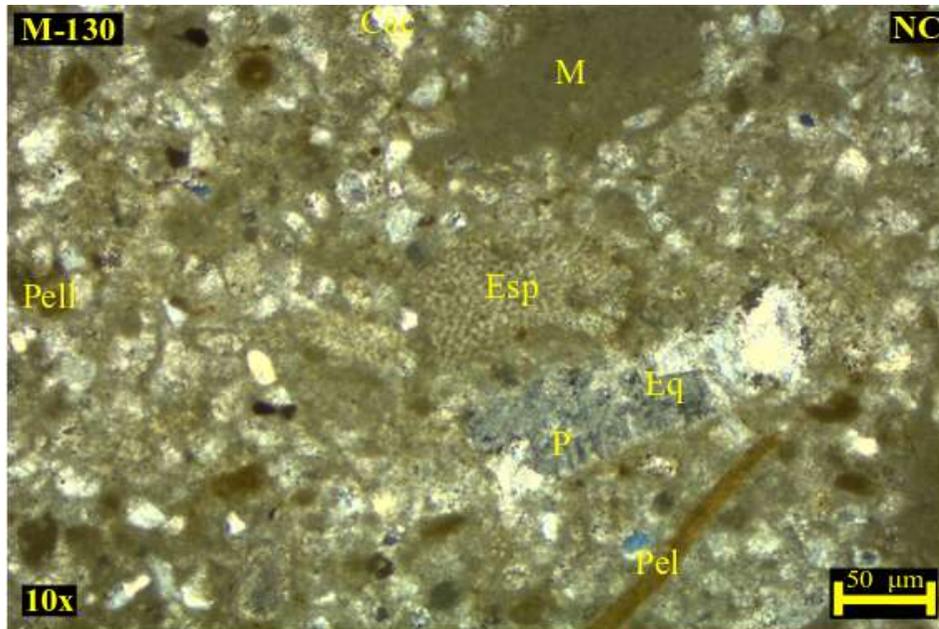


a) Clasificación de Dunham: Caliza packstone con bioclastos y pellets
 b) Clasificación de Folk: Biomicrita con pellets

a) Clasificación de Dunham: Caliza packstone con bioclastos y pellets
 b) Clasificación de Folk: Biomicrita con pellets

Se observan bioclastos (60%), entre ellos foraminíferos y placas de equinodermos, ambos micríticos con tamaños entre 50 y 80 micras, rodeados de matriz; pellets (15%) de tamaños menores a 50 micras, circulares y elípticos; parches de calcita (13%) menores a 40 micras, redondeados, en contactos saturados y longitudinales entre sí y rodeados de micrita; clastos de pedernal (2%) menores a 50 micras, se encuentra como material de relleno de bioclastos. La matriz (10%) está constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%] que generalmente rodea a los pellets y bioclastos. Moderada selección y textura masiva.

Bioclastos (55%), entre ellos equinodermos, braquiópodos y escasas esponjas. Poseen tamaños variables: entre 60 y 150 micras, rellenos de esparita y con bordes micríticos, se encuentran dispersos en la matriz y no presentan contactos entre ellos; pellets (15%) circulares, con diámetros menores a 50 micras, rodeados por la matriz, la mitad se encuentra mal conservada; parches de calcita (15%) redondeados a subredondeados, menores a 50 micras; fragmentos de pelecípodos y foraminíferos (3%) de tamaños entre 50 y 80 micras, alargados y micríticos; clastos de pedernal (2%) muy finos, rodeados de esparita, en ocasiones se presenta como material de reemplazo en bioclastos; clastos de mica (1%) alargados, subangulosos y muy finos, dispersos en la matriz. La matriz (10%) está constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%]. Moderada selección y textura masiva.



a) Clasificación de Dunham: Caliza packstone con bioclastos y pellets
 b) Clasificación de Folk: Biomicrita con pellets

Se observan bioclastos (45%), entre ellos placas de equinodermos y esponjas, rellenos de esparita y con bordes micríticos. En ocasiones se presentan reemplazados por pedernal, poseen tamaños desde 80 hasta 150 micras; pellets (30%) circulares, elípticos e irregulares con diámetros menores a 50 micras; parches de calcita (10%) redondeados y menores a 50 micras; fragmentos pelecípodos (4%) rellenos de esparita, con bordes micríticos y rodeados de matriz; pedernal (1%) que solo se encuentra como material de reemplazo en bioclastos y de manera escasa, como clastos muy finos dispersos en la muestra. La matriz (10%) está constituida por micrita [90%] y óxido de hierro [10%]. Moderada selección y textura masiva.

Informe Paleontológico

Se llevó a cabo un estudio paleontológico de muestras específicas de la Formación Mapache. El estudio de fósiles en muestras de mano fue realizado por la Dra. Blanca Estela M. Buitrón Sánchez y el estudio de microfósiles en secciones delgadas por el M. José Carlos Jiménez López. A continuación, se presentan los resultados en ambos estudios.

Muestras de mano

En las rocas con número de muestra M-67, M-54 y M-55 no se observaron restos fósiles. En la roca con número de muestra M-130 se observó un molde de un Molusca-Bivalvia del género *Pleuromya*. La especie *Pleuromya inconstans* fue descrita por Alencaster & Buitrón (1965), del Cerro Chimeco (Formación Mapache – Jurásico Superior). La muestra de roca M-84 presenta la impresión de un ejemplar de Mollusca, Gastropoda Nerineidae, identificada con *Phaneroptyxis* cf. *P. africanus* Dietrich del Aptiano (Cretácico) de Francia (Vaughan, 1988).

Secciones delgadas

Muestra M-53

La lámina presenta abundantes pellets e intraclastos micríticos con variaciones en tamaño, con cementante micrítico y relleno esparítico en oquedades. Se aprecian también restos esqueléticos dispersos comúnmente orientados de manera concordante a la laminación; ocasionalmente, esta se encuentra interrumpida por acanaladuras o pequeñas rizaduras simétricas. En el interior de los pellets se presentan algunos fragmentos de moluscos, espículas de equinoideos y cristales de cuarzo; el contacto entre los Aloquímicos es por lo general puntual o longitudinal, con algunos casos presentando bordes saturados.

- ❖ Clasificación Dunham (1962): Packstone de pellets con abundantes intraclastos y fragmentos de moluscos escasos.
- ❖ Clasificación Folk (1964): Pelesparita con abundantes intraclastos y fragmentos de moluscos escasos.

Muestra M-67

La muestra incluye una parte dominada por pellets e intraclastos en la que se tiene como cementante micrita con remanentes de aloquímicos esqueléticos por lo general no reconocibles y algunos cortes

transversales de algas; los intraclastos tienen variaciones en cuanto a tamaño, posición y contactos entre sí y pueden estar recubiertos por una capa micrítica más oscura y no presentarla; en esta parte de la sección se observan moldes esqueléticos, posiblemente pertenecientes a moluscos. La otra parte de la muestra corresponde con un intraclasto con el borde bien diferenciado, también se presentan pellets e intraclastos con una mayor cantidad de abrasión y/o disolución de los mismos, además de contar con algunos agregados granulares y presentar una mayor cantidad de contactos saturados entre los clastos.

- ❖ Clasificación Dunham (1962): Packstone-grainstone de pellets con abundantes intraclastos y posibles fragmentos de moluscos en trazas.
- ❖ Clasificación Folk (1964): Pelmicrita/Dismicrita con abundantes intraclastos y posibles fragmentos de moluscos en trazas.

Muestra M-67-2

Esta muestra es semejante a la M-67 ya que incluye ambas facies mencionadas en la muestra anterior, sin embargo, se observan también alquímicos esqueléticos con extinción completa (¿fragmentos de equinodermos?) y desarrollo de ooides a partir de la cobertura de pellets e intraclastos en varias capas de estructura laminar y concéntrica; el recubrimiento en los ooides puede ser superficial o alcanzar varias capas sobre los mismos y estar interrumpido por microhoradaciones o fracturamiento.

- ❖ Clasificación Dunham (1962): Packstone-grainstone de ooides e intraclastos.
- ❖ Clasificación Folk (1964): Oomicrita con intraclastos.

Muestra M-73

La muestra contiene abundantes pellets y trazas de fragmentos de equinodermos con moldes de alquímicos esqueléticos posiblemente pertenecientes a moluscos y trazas de espículas diversas.

- ❖ Clasificación Dunham (1962): Packstone de pellets con trazas de equinodermos y espículas de esponja.
- ❖ Clasificación Folk (1964): Pelmicrita/Dismicrita con trazas de equinodermos y espículas de esponja.

Muestra M-116

En esta muestra se presentan abundantes alquímicos esqueléticos correspondientes a fragmentos de moluscos (pelecípodos y gasterópodos), equinodermos (fragmentos de placas columnares y

espículas), foraminíferos bentónicos y algas, con recubrimientos micríticos en gran parte de ellos, conformando cortoides. También se presentan intraclastos micríticos con bordes generalmente regulares, aunque en ocasiones pueden presentar irregularidades superficiales, ya sea como horadaciones, por abrasión o desgaste. Los contactos de los aloquímicos se encuentran longitudinales y mediante suturas entre sí en la mayoría de los casos.

- ❖ Clasificación Dunham (1962): Packstone de bioclastos y cortoides con escasos intraclastos.

Clasificación Folk (1964): Biomicrita de cortoides y escasos intraclastos.

Muestra M-130

Caliza con abundantes pellets y cristales microcristalinos del tamaño de arena muy fina a limo grueso, fragmentos de espículas de esponja y placas de crinoideos dispersos muy poco abundantes, además de trazas de ostrácodos. Los microcristales son de muy buena clasificación entre sí y presentan bordes muy regulares entre sí con variaciones en su redondez y esfericidad, habiendo desde cristales totalmente angulosos hasta algunos con puntas desgastadas, sin embargo, son dominantes los primeros.

- ❖ Clasificación Dunham (1962): Packstone de pellets con fragmentos de espículas poco abundantes y placas de crinoideos en trazas.
- ❖ Clasificación Folk (1964): Pelmicrita limo-arenosa con fragmentos de espículas poco abundantes y placas de crinoideos en trazas.