



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
INSTITUTO DE GEOLOGÍA

**Concentraciones fosilíferas del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) en
el Noreste de México: Análisis bioestratigráfico y tafonómico**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA TIERRA

P R E S E N T A:

M. en C. Guadalupe Iriliana López Caballero

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Ana Bertha Villaseñor Martínez, Instituto de Geología, UNAM

COMITÉ TUTOR

Dr. Priyadarsi Debajyoti Roy, Instituto de Geología, UNAM

Dr. Federico Olóriz Sáez, Universidad de Granada, España

Ciudad Universitaria, CDMX, diciembre 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

	Pág.
Agradecimientos	xii
Resumen	xv
Abstract	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. Objetivo	5
2. ANTECEDENTES	5
2.1. Estudios bioestratigráficos basados en fauna de ammonites del Jurásico Superior en el Noreste de México	5
2.2. Estudios tafonómicos e interpretaciones paleoecológicas de asociaciones de macro-invertebrados del Jurásico Superior del Noreste de México	10
2.3. Estudios previos sobre concentraciones fosilíferas del Jurásico Superior del Noreste de México	13
3. ÁREA DE ESTUDIO: MARCO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO	17
3.1. Localización de las secciones estudiadas	17
3.1.1. <i>Cañón de San Matías (MZ-3) y Cañada Las Bocas (MZ-5)</i>	18
3.1.2. <i>Cañón del Toboso (TO-1-C)</i>	20
3.1.3. <i>Cuencamé 1 (CU-1)</i>	21
3.1.4. <i>Puerto Piñones (PP-1)</i>	22
3.2. Marco Geológico del Noreste de México	23
3.3. Estratigrafía del área de estudio	23

3.3.1. <i>Formación La Caja</i>	24
3.3.2. <i>La Formación La Casita</i>	26
4. MATERIAL Y MÉTODOS	28
4.1. Trabajo de campo	28
4.2. Trabajo de Laboratorio	28
4.2.1. <i>Descripción litológica de las concentraciones fosilíferas</i>	28
4.2.2. <i>Preparación de material para el estudio taxonómico.</i>	30
4.2.3. <i>Caracterización del material para análisis de carbono total (CT) y carbono inorgánico total (CIT)</i>	30
4.3. Trabajo de gabinete	31
4.3.1. <i>Descripción tafonómica de las concentraciones fosilíferas</i>	31
<i>Tamaño de los restos</i>	31
<i>Orientación dentro del estrato</i>	32
<i>Fragmentación</i>	32
<i>Corrasion</i>	33
<i>Articulación /Desarticulación</i>	33
4.3.2. <i>Caracterización del empaquetamiento</i>	34
4.3.3. <i>Elaboración de gráficos</i>	35
4.3.4. <i>Parámetros mensurables en la fauna de ammonites</i>	36
5. RESULTADOS	36
5.1. Sistemática Paleontológica	36
Phylum MOLLUSCA Linné, 1754	36
Clase CEPHALOPODA Cuvier, 1798	36

Orden AMMONOIDEA Zittel, 1884	36
Suborden AMMONITINA Hyatt, 1889	36
Superfamilia HAPLOCERATACEAE Zittel, 1884	37
Familia HAPLOCERATIDAE Zittel, 1884 <i>sensu</i> Ziegler, 1974	37
Subfamilia HAPLOCERATINAE Zittel, 1884 <i>sensu</i> Ziegler, 1974	37
Género HAPLOCERAS Zittel, 1881	37
<i>Haploceras</i> cf. <i>transatlanticum</i> Burckhardt, 1906b	37
<i>Haploceras</i> spp.	41
Subfamilia TARAMELLICERATINAE Spath, 1928 <i>sensu</i> Ziegler, 1974	43
Género TARAMELLICERAS Del Campana, 1904	43
<i>Taramelliceras</i> sp	44
Subgénero <i>METAHAPLOCERAS</i> SPATH, 1925	45
<i>Taramelliceras</i> (<i>Metahaploceras</i>) <i>costatum</i> (Burckhardt, 1906b non Quenstedt)	45
<i>Taramelliceras</i> (<i>Metahaploceras</i>) aff. <i>costatum</i> (Burckhardt, 1906b non Quenstedt)	50
Familia GLOCHICERATIDAE Hyatt, 1900	52
Subfamilia GLOCHICERATINAE Hyatt, 1900 <i>sensu</i> Ziegler, 1974	52
Género GLOCHICERAS Hyatt, 1900	52
Subgénero <i>CORYCERAS</i> Ziegler, 1958	52
<i>Glochiceras</i> (<i>Coryceras</i>) <i>carinatum</i> (Del Castillo y Aguilera, 1895)	52
<i>Glochiceras</i> (<i>Coryceras</i>) cf. <i>carinatum</i> (Del Castillo y Aguilera, 1895)	56
<i>Glochiceras</i> (<i>Coryceras</i>) sp. A	60
<i>Glochiceras</i> spp.	62
Superfamilia PERISPINCTACEA Steinmann y Döderlein, 1890	66
Familia ASPIDOCERATIDAE Zittel, 1885	66

Subfamilia HYBONOTICERATINAE Olóriz, 1978	66
Subgénero HYBONOTICERAS Berckhemer y Hölder, 1959	67
<i>Hybonoticer</i> sp.	67
Familia ATAXIOCERATIDAE Buckman, 1921	68
Subfamilia ATAXIOCERATINAE Buckman, 1921	68
Género PROCRASPEDITES Spath, 1930	68
<i>Procraspedites</i> sp.	68
Tipo “ <i>Procraspedites</i> ” sp.	69
Subfamilia LITHACOCERATINAE Zeiss, 1968 <i>emend.</i> Tavera, 1985	70
Género LITHACOCERAS Hyatt, 1900 <i>emend.</i> Olóriz, 1978	70
<i>Lithacoceras</i> sp.	71
Superfamilia PERISPHINCTACEA Steinmann y Döderlein, 1890	71
5.2. Resultados Paleontológicos	72
6. PERFIL CAÑÓN DE SAN MATÍAS (MZ-3)	73
6.1. Litofacies del perfil Cañón de San Matías (MZ-3)	74
6.1.1. <i>Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas</i>	74
6.1.2. <i>Litofacies de limolita calcárea</i>	74
6.1.3. <i>Litofacies de limolita</i>	74
6.2. Tafonomía	76
6.2.1. <i>Empaquetamiento</i>	76
6.2.2. <i>Asociaciones faunísticas</i>	79
6.2.3. <i>Caracteres tafonómicos</i>	81
<i>Fragmentación, articulación y orientación</i>	81

<i>Tamaño, conservación y corrosión de los restos</i>	83
6.3. Resultados bioestratigráficos	85
7. PERFIL CAÑADA DE LAS BOCAS (MZ-5)	87
7.1. Litofacies del perfil Cañada de Las Bocas (MZ-5)	89
7.1.1. <i>Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas</i>	89
7.1.2. <i>Litofacies de limolita calcárea</i>	89
7.2. Tafonomía	92
7.2.1. <i>Empaquetamiento</i>	92
7.2.2. <i>Asociaciones faunísticas</i>	96
7.3.3. <i>Caracteres tafonómicos</i>	98
<i>Fragmentación, articulación y orientación</i>	98
<i>Tamaño, conservación y corrosión</i>	100
7.3. Resultados bioestratigráficos	102
8. PERFIL CAÑÓN DEL TOBOSO (TO-1-C)	104
8.1. Litofacies del perfil Cañón del Toboso (TO-1-C)	105
8.1.1. <i>Litofacies de arenisca calcárea</i>	105
8.1.2. <i>Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas</i>	105
8.1.3. <i>Litofacies de limolita calcárea</i>	105
8.2. Tafonomía	107
8.2.1. <i>Empaquetamiento</i>	107
8.2.2. <i>Asociaciones faunísticas</i>	109

8.2.3. <i>Carácteres tafonómicos</i>	110
<i>Fragmentación, articulación y orientación</i>	110
<i>Tamaño, conservación y corrosión</i>	112
8.3. Resultados bioestratigráficos	114
9. PERFIL CUENCAMÉ (CU-1)	115
9.1. Litofacies del Perfil Cuencamé (CU-1)	117
9.1.1. <i>Litofacies de limolita</i>	117
9.1.2. <i>Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas</i>	117
9.2. Tafonomía	119
9.2.1. <i>Empaquetamiento</i>	119
9.2.2. <i>Asociaciones faunísticas</i>	121
9.2.3. <i>Caracteres tafonómicos</i>	123
<i>Fragmentación, articulación y orientación</i>	123
<i>Tamaño, conservación y corrosión</i>	125
9.3. Resultados bioestratigráficos	127
10. PERFIL PUERTO PIÑONES 1 (PP-1)	129
10.1. Litofacies del Perfil Puerto Piñones -1 (PP-1)	131
10.1.1. <i>Litofacies de limolita</i>	131
10.1.2. <i>Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas</i>	131
10.1.3. <i>Litofacies de yeso</i>	132
10.2. Tafonomía	133

10.2.1. <i>Empaquetamiento</i>	133
10.2.2. <i>Asociaciones faunísticas</i>	136
10.2.3. <i>Caracteres tafonómicos</i>	138
<i>Fragmentación, articulación y orientación</i>	138
<i>Tamaño, conservación y corrosión</i>	140
10.3. Resultados bioestratigráficos	142
11. ANÁLISIS DE MICROFACIES	144
11.1. <i>Floatstone-wackestone</i> de bioclastos con parches locales de <i>packstone</i>	144
11.2. <i>Floatstone-wackestone</i> de radiolarios	146
12. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN	149
12.1. Patrones de empaquetamiento reconocidos en los perfiles de estudio.	154
12.2. Interpretación Perfil Cañón de San Matías (MZ-3)	159
12.3. Interpretación Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5)	160
12.4. Interpretación del perfil Cañón del Toboso (TO-1-C)	162
12.5. Interpretación del perfil Cuencamé 1 (CU-1)	164
12.6. Interpretación del perfil Puerto Piñones 1 (PP-1).	166
12.7. Interpretación general	168
13. CONCLUSIONES	171
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	173

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización geográfica de los cinco perfiles abordados en este estudio	18
Figura 2. Mapa de localización geográfica y mapa geológico de las secciones Cañón de San Matías – MZ-3 y Cañada Las Bocas – MZ-5	19
Figura 3. Mapa de localización geográfica y mapa geológico de la sección Cañón del Toboso – TO-1-C	20
Figura 4. Mapa de localización geográfica y mapa geológico de la sección Cuencamé 1 - CU-1	21
Figura 5. Mapa de localización geográfica y mapa geológico de la sección Puerto Piñones - PP-1	22
Figura 6. Seis tipos de empaquetamiento –0 a 4 y un intermedio, 0.5.	35
Figura 7. Parámetros mensurables necesarios para el estudio sistemático de la fauna de ammonites	36
Figura 8. Sucesión estudiada del Perfil Cañón de San Matías (MZ-3)	73
Figura 9. Detalle macroscópico de los cuerpos rocosos (estratos, horizontes) con acumulaciones fosilíferas en la subsección estudiada del Perfil Cañón de San Matías (MZ-3)	75
Figura 10. Tipos de empaquetamiento reconocidos en el Perfil Cañón de San Matías (MZ-3)	78
Figura 11. Espectros faunísticos reconocidos en Perfil MZ-3	80
Figura 12. Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos de fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil MZ-3	82
Figura 13. Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos tamaño, conservación y <i>corrasion</i> reconocidos en el Perfil MZ-3	84

Figura 14.	Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites en el Perfil San Matías (MZ-3)	86
Figura 15.	Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5).	88
Figura 16.	Detalle a nivel macroscópico de los cuerpos sedimentarios (estratos) con acumulaciones fosilíferas de la subsección del Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5).	91
Figura 17.	Variación del tipo de empaquetamiento a lo largo de la sucesión estudiada, Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5).	95
Figura 18.	Espectros faunísticos del Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5)	97
Figura 19.	Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos de fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil MZ-5.	99
Figura 20.	Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos de tamaño, conservación y corrosión reconocidos en el Perfil MZ-5.	101
Figura 21.	Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites en el Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5).	103
Figura 22.	Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C)	104
Figura 23.	Detalle macroscópico de los cuerpos sedimentarios (estratos) con acumulaciones fosilíferas en el Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C).	106
Figura 24.	Tipos de empaquetamiento reconocidos en el Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C)	108
Figura 25.	Espectros faunísticos del Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C)	110
Figura 26.	Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil TO-1-C.	111
Figura 27.	Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos tamaño, conservación y corrosión reconocidos en el Perfil TO-1-C.	113

Figura 28.	Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites en el Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C)	115
Figura 29.	Subsección del Perfil Cuencamé (CU-1).	116
Figura 30.	Detalle macroscópico de los cuerpos sedimentarios (niveles limolíticos y estrato más carbonatado) del Perfil Cuencamé (CU-1)	118
Figura 31.	Tipos de empaquetamiento reconocidos en el Perfil Cuencamé (CU-1)	120
Figura32.	Espectros faunísticos del Perfil Cuencamé (CU-1)	122
Figura 33.	Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil CU-1	124
Figura 34.	Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos tamaño, conservación y <i>corrasion</i> reconocidos en el Perfil CU-1.	126
Figura 35.	Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites en el Perfil Cuencamé (CU-1)	128
Figura 36.	Perfil Puerto Piñones (PP-1)	130
Figura 37.	Detalle macroscópico de los cuerpos sedimentarios (estratos) del Perfil Puerto Piñones (PP-1)	132
Figura 38.	Tipos de empaquetamiento reconocidos en el Perfil Puerto Piñones 1 (PP-1).	135
Figura 39.	Espectros faunísticos del Perfil Puerto Piñones 1 (PP-1)	137
Figura 40.	Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil PP-1.	139
Figura 41.	Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos tamaño, conservación y <i>corrasion</i> reconocidos en el Perfil PP-1.	141
Figura 42.	Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites en el Perfil Puerto Piñones 1 (PP-1).	143
Figura 43.	Fotomicrografías que representan la microfácies <i>Floatstone-Wackestone</i> de bioclastos	145

Figura 44.	Fotomicrografías que representan la microfacies <i>Floatstone-Wackestone de radiolarios</i>	147
Figura 45.	Microfacies identificadas en los cinco perfiles de estudio, A) MZ-3, B) MZ-5, C) TO-1-C, D) CU-1 y E) PP-1	148
Figura 46.	Tipos genéticos de las concentraciones fósiles basadas en procesos biogénicos, sedimentológicos y diagenéticos.	151
Figura 47.	Los procesos relacionados en la clasificación de las concentraciones en nueve tipos y su distribución a lo largo del gradiente de plataforma.	152
Figura 48.	Figura 48. Diagrama que ejemplifica la secuencia de redepósito ligadas a eventitas.	155
Figura 49.	Secuencias identificadas en los perfiles, A) MZ-3, B) MZ-5, C) TO-1-C, D) CU-1 y E) PP-1.	158
Figura 50.	Mapa paleogeográfico del Jurásico tardío del noreste de México con la disposición de los perfiles estudiados, 1) MZ-3; 2) MZ-5; 3) TO-1-C; 4) CU-1; y 5) PP-1.	171

ÍNDICE DE TABLAS		Pág.
Tabla 1.	Número de muestras de mano y láminas delgadas estudiadas por perfil	30

ÍNDICE DE LÁMINAS		
Lámina 1.	Sistemática Paleontológica	192
ANEXO		-

Agradecimientos

Agradezco al Posgrado en Ciencias de la Tierra (PCT) por brindarme una formación académica sólida en esta área del conocimiento.

Al Instituto de Geología (IGL) por permitirme utilizar sus instalaciones e infraestructura para poder llevar adelante este trabajo de investigación. A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por ser mi *alma mater* y permitirme formar parte de esta gran familia académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado a través del Programa de Becas Nacionales para estudios de Posgrado.

Al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT, por el financiamiento a través de los proyectos IN105311-3 y IN102016 a cargo de la Dra. Ana Bertha Villaseñor Martínez.

Al proyecto CGL2012-39835 del Ministerio de Industria Economía y Competitividad (MINECO), España y al Posgrado de Ciencias de la Tierra, UNAM; los cuales facilitaron la realización de una estancia de investigación en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, España.

A todo el personal que labora en la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra, en especial a la Lic. Ofelia Barrientos Bernabé, Lic. María Elena Suárez Noyola, al Sr. Armando Rosas Jurado y al Sr. Pedro Martínez González, quienes me permitieron el acceso a toda la bibliografía científica consultada durante el desarrollo de esta investigación.

Un especial reconocimiento a mi directora de tesis, Dra. Ana Bertha Villaseñor Martínez por sus observaciones, consejos y los comentarios oportunos a lo largo de mi formación.

A los miembros de mi comité tutor, al Dr. Federico Olóriz Sáez y al Dr. Priyadarsi Debajyoti Roy, por sus consejos, comentarios, cuestionamientos y apoyo brindados a lo largo de este proyecto de investigación.

A los miembros del comité revisor, integrado por la Dra. María Catalina Gómez Espinosa. Dr. Josep Anton Moreno Bedmar, Dra. Claudia Cristina Mendoza Rosales, Dra. Sara Alicia Quiroz Barroso y Dra. Ana Bertha Villaseñor Martínez, por sus acertados comentarios, observaciones y sugerencias, los cuales ayudaron sustancialmente a mejorar el presente trabajo.

A la Dra. Ana Bertha Villaseñor Martínez y Dr. Federico Olóriz Sáez, así como al Sr. Marco Antonio Argáez Martínez por su apoyo y buena disposición en el arduo trabajo de campo.

Al Dr. Priyadarsi Debajyoti Roy y al Dr. David Quiroz Jiménez por el apoyo y asistencia al procesar muestras en el Laboratorio de Paleoambientes, del Instituto de Geología, UNAM.

Al Dr. César Francisco Ramírez Peña por el análisis de acortamiento cortical que realizó para la posición paleogeográfica de los perfiles aquí estudiados.

A Gloria Benítez Alba y María Luisa Reyes Ochoa por su atención, disposición y ayuda para realizar cualquier trámite del Posgrado.

Agradecimientos a título personal

Hoy llego al final de un ciclo y sería imposible poder nombrar a todas las personas que directa e indirectamente han contribuido a moldear el ser humano que soy hoy. Pero quiero expresarles de alguna manera mi gratitud, por su tiempo y sus enseñanzas, porque de cada situación, sea cual sea ésta, ¡hay una lección de vida para mí!

A mi asesora, la Dra. Ana Bertha Villaseñor Martínez, por todas tus enseñanzas, por tu tiempo y dedicación, porque he aprendido mucho, tanto en la cuestión académica como en el ámbito personal, mi más sincero agradecimiento.

A mis padres, Martha Caballero y Jorge López; mis hermanos, Carolina y Jorge, a mi cuñada Rosario Mata y a mi sobrina Adriana, por ser mi inspiración, mi ejemplo de perseverancia, honestidad y gratitud, porque en cada nuevo proyecto en el que me aventuro siempre están presentes. ¡Infinitas gracias!

A mi esposo, Pedro Santillán, por estar a mi lado en cada paso que doy, tu amor y tu apoyo me alientan a seguir concretando metas y seguir construyendo sueños. ¡Gracias por todo!

A mis amigos, disculpen que no los mencione, pero temo cometer alguna omisión, a todos ustedes ¡Gracias! porque estuvieron, porque están y porque estarán, ya que nuestro hilo se puede estirar, contraer, enredarse, pero nunca romperse.

*El amor es la fuerza más poderosa del Universo,
ya que es capaz de trascender el tiempo y el espacio.*

Resumen

La presente tesis se enfoca en el estudio de las concentraciones fosilíferas de cinco localidades del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) marino del noreste de México: 1) perfil Puerto Piñones (PP-1), en la cercanía de la ciudad de Saltillo, Coahuila; 2) perfil Cuencamé (CU-1), próximo a la Ciudad de Cuencamé, 3) el perfil Cañón del Toboso (TO-1-C) contiguo al poblado de San José de Guadalupe, ambas en Durango. Y los perfiles 4) Cañón de San Matías (MZ-3) y Cañada Las Bocas (MZ-5) colindantes a la ciudad de Mazapil en el estado de Zacatecas.

El objetivo central del presente trabajo fue realizar el estudio bioestratigráfico y tafonómico de los niveles con concentraciones fosilíferas para poder interpretar el tipo de concentración y así, determinar si ésta fue de tipo tafonómica, sedimentológica o estratigráfica. Finalmente, establecer su origen y discutir su significado estratigráfico, paleobiológico y paleoambiental.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en la parte baja y media de los perfiles, se identificaron las siguientes especies de ammonites: *Taramelliceras (Metahaploceras) costatum* (Burckhardt, 1906b), *Taramelliceras (Metahaploceras) aff. costatum* (Burckhardt, 1906b), *Glochiceras (Coryceras.) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras (Coryceras) cf. carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895); las cuales se encuentran en una biozona de asociación de *Haploceras - Glochiceras (Coryceras) - Taramelliceras (Metahaploceras)*, todo en su conjunto, permitió asignar a una edad del Kimmeridgiano superior. En la parte alta de los perfiles, pudo identificarse *Hybonoticerias sp.*, *Procraspedites sp.*, perteneciente a una biozona de asociación de *Hybonoticerias - Procraspedites*, asignando para la parte alta del perfil la edad del Kimmeridgiano superior.

La sistemática paleontológica permitió corroborar la edad de Kimmeridgiano superior, la cual abarca la Zona Eudoxus y la Zona Beckeri, correspondientes a la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea europea.

Por otro lado, el registro de *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras (C.) cf. carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895), es congruente con el reconocimiento de la subbiozona de *Glochiceras (Coryceras) carinatum* para cuatro de los cinco perfiles estudiados (MZ-3, MZ-5, CU-1 y PP-1).

Las concentraciones fosilíferas registradas se interpretaron como depósitos de eventitas distales, causadas por procesos con energía efectiva variable, cuya incidencia alcanzó sectores proximales de la plataforma externa, en torno al nivel de base de tormentas. No obstante, que las secuencias de redepósito incompletas se relacionan con eventos de mayor energía efectiva. La presencia de conchas orientadas en posición horizontal, con las valvas en posiciones de mayor estabilidad hidrodinámica (convexidad dominante), y su angulosidad a pesar de estar fragmentadas, sugiere poco transporte y un depósito “*in situ*” de baja energía. Cabe la posibilidad que hubiese un retrabajo local de las conchas dentro de algunos metros a la redonda, previo al depósito final, que podría atribuirse a procesos intempestivos (*winnowing*). Estos procesos fueron los responsables de lavar la mayor parte del sedimento y permitir la acumulación de los restos esqueléticos.

De acuerdo con el registro estratigráfico, el patrón de la secuencia de redepósito tipo, responde a eventos predominantemente energéticos, como los huracanes, tormentas y eventos intempestivos, y que dicha energía se disipa progresivamente, regresando a la postre a un entorno de condiciones eco-sedimentarias normales.

Abstract

In this thesis were studied the fossiliferous concentrations of five locations of the marine Upper Jurassic (Kimmeridgian) from the northeastern Mexico: 1) Puerto Piñones Profile (PP-1), in the vicinity of the Saltillo City, Coahuila; 2) and Cuencamé profile (CU-1), close to Cuencamé City, 3) the profile of the Toboso Canyon (TO-1-C) near to San José de Guadalupe town, both in Durango. And the profiles 4) San Matías Canyon (MZ-3) and Cañada Las Bocas (MZ-5) close to the Mazapil town in the Zacatecas state.

The biostratigraphic and taphonomic study of the levels with fossiliferous concentrations derived in the identification of the taphonomic, sedimentological or stratigraphic concentration type. To finally establishing its origin and discuss its stratigraphic, paleobiological and paleoenvironmental meaningful.

The results obtained here were as follow: in the lower and middle part of the profiles, the following species of ammonites were identified: *Taramelliceras (Metahaploceras) costatum* (Burckhardt, 1906b), *Taramelliceras (Metahaploceras) aff. costatum* (Burckhardt, 1906b), *Glochiceras (Coryceras.) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras (Coryceras) cf. carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895); which are associated in a biozone of of *Haploceras - Glochiceras (Coryceras) - Taramelliceras (Metahaploceras)*, together allowed to assign a upper Kimmeridgiano age. For the upper part of the profiles, *Hybonoticerias* sp., *Procraspedites* sp., which are found in an associated biozone of *Hybonoticerias - Procraspedites*, were identified, assigning the upper Kimmeridgian age for the upper part of the profile.

Was corroborated the upper Kimmeridgian in good agreement of the Eudoxus Zone, and the Beckeri Zone, of the biochronostratigraphic scale belonging to the Submediterranean European Province.

The record of *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo and Aguilera, 1895) and *Glochiceras (C.) cf. carinatum* (Del Castillo and Aguilera, 1895), are consistent with the recognition of the *Glochiceras (Coryceras) carinatum* sub-zone from four of the five profiles studied (MZ-3, MZ-5, CU-1 and PP-1).

The fossiliferous concentrations recorded here, were interpreted as distal events, caused by processes with variable effective energy, whose incidence reached proximal sectors of the external platform, around the level base of storms, nevertheless, the incomplete redeposit sequences are related to higher effective energy events. The presence of oriented shells in horizontal position, with the leaflets in positions of greater hydrodynamic stability (dominant convexity), the angularity despite being fragmented, suggests slightly transportation and low energy "*in situ*" deposit. It is possible that there was a local rework of the shells within a few meters, before the final deposit, which could be attributed to untimely processes (winnowing). These processes were responsible for washing most of the sediment and allowing the accumulation of skeletal remnants.

According to the stratigraphic record, the pattern of the redeposition sequence type responds to predominantly energetic events, such as hurricanes, storms and untimely events, and that this energy dissipates progressively, returning to normal eco-sedimentary conditions.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la tafonomía en la resolución de problemas sedimentológicos, paleoecológicos y estratigráficos ha sido ampliamente reconocida en los últimos años. En el caso sedimentológico constituye una fuente de información adicional para la reconstrucción de la dinámica ambiental, incluyendo el régimen hidrodinámico y los ciclos a corto término de erosión, deposición u omisión sedimentaria. En el caso paleoecológico, permite valorar la fidelidad de una asociación como representativa de la comunidad original. Como un ejemplo el estudio tafonómico, los depósitos bioclásticos aportan valiosa información para reconocer superficies significativas en estratigrafía de secuencias (Waisfeld, 1997).

Igual de importante es el análisis de las concentraciones fosilíferas, que son niveles y/o horizontes constituidos por una gran cantidad de restos biogénicos, ya que su estudio y caracterización se consideran de enorme importancia tanto por su significado biológico como por la interpretación del ambiente donde se forman y sus implicaciones en la estratigrafía de secuencias (Holz y Simões, 2005; Brett *et al.* 2008).

En México, las concentraciones fosilíferas han sido estudiadas bajo diferentes nominaciones, como son: *lumachelles* o lumaquelas (Burckhardt, 1930; Schumann, 1988; Adatte *et al.* 1994; *coquinite*, coquinitas o coquinas (Schumann, 1985; Velasco-Segura, 2005; Buchy *et al.* 2006; Buchy, 2010; Zell *et al.* 2014), horizontes de acumulación de fósiles (Velasco-Segura, 2005); *condensed beds* o capas y niveles condensados (Verma y Westermann, 1973; Villaseñor, 1991; Olóriz *et al.* 1996, 1999; López-Caballero, 2009); en los trabajos antes mencionados, se ha abordado de manera breve los mecanismos de acumulación, sin realizar un análisis detallado sobre estos y los procesos involucrados en su formación.

En esta tesis se estudiaron las concentraciones fosilíferas de cinco localidades del Jurásico Superior marino del noreste de México, algunos de estos afloramientos son considerados localidades clásicas, ya que fueron estudiadas por Burckhardt (1906a, 1906b; 1919-1921). Los afloramientos están localizándose en los estados de Coahuila, Durango y Zacatecas, específicamente en Coahuila se trabajó un perfil identificado como Puerto Piñones, reconocido con las siglas PP-1, el cual se encuentra cercano a la ciudad de Saltillo; mientras que en el estado de Durango, se trabajaron dos perfiles, Cuencamé (CU-

1), cercano a la Ciudad de Cuencamé y el Cañón del Toboso (TO-1-C) cercano al poblado de San José de Guadalupe, este afloramiento se encuentra en el límite estatal entre Durango y Zacatecas; ya propiamente en el estado de Zacatecas, se estudiaron dos perfiles, Cañón de San Matías (MZ-3) y Cañada Las Bocas (MZ-5) cercanos a la ciudad de Mazapil.

El espesor de las concentraciones fosilíferas puede variar de centímetros hasta extensiones laterales de facies bioclásticas, que pueden formarse de manera instantánea o en tiempo geológico prolongado. Se trata de depósitos que proporcionan datos paleontológicos y paleoambientales complejos, y también aportan información ecológica y bioestratigráfica. Sin embargo, los ambientes de depósito pueden diferir de los hábitos de vida de los organismos que las conforman, además de que múltiples generaciones (asociaciones de muerte) pueden estar mezcladas dentro de una sola capa (Kidwell, 1991). Así mismo, la acumulación de conchas que se da sobre o en la inter-fase sedimento-agua puede modificar el hábitat bentónico, e influenciar la colonización [retroalimentación tafonómica (*taphonomic feedback*) *sensu* Kidwell y Jablonski (1983)] y la conservación de estas [cambios en la susceptibilidad sedimentaria a la penetración, erosión y en la química poro-agua] Newell y Hidu, 1981). La dinámica que produce la acumulación de las conchas es compleja de entender, dada la diversidad de los tipos de conchas que pueden ser agregadas al ambiente y a las muchas oportunidades de retroalimentación entre los sistemas biológicos, físicos y diagenéticos antes del enterramiento final (Kidwell, 1991). Para poder realizar el análisis de las concentraciones fosilíferas es importante evaluar diferentes características paleontológicas, tafonómicas y sedimentológicas, ya que es necesario conocer los factores que las controlan (Fürsich, 1978; Kidwell *et al.* 1986; Brandt, 1989; Fürsich y Oschmann, 1993).

En cuanto a la composición taxonómica, ésta depende de la estructura biológica de la comunidad, ya que es la que proporciona los restos esqueléticos, al igual que las características hidrodinámicas para su acumulación. La conservación de los elementos esqueléticos es afectada por la exposición *post-mortem* en el fondo oceánico y la diagénesis temprana, y también intervienen en la composición el retrabajo o la pérdida estratigráfica de partes duras, y el tiempo promediado (*time-averaging*) o la condensación faunística de las asociaciones ecológicamente sucesivas (Fürsich, 1978; Kidwell y Aigner, 1985; Kidwell *et al.* 1986). Las observaciones sedimentológicas que deben incluirse en el estudio de las concentraciones son: el tamaño de grano de la matriz, el

tamaño de clastos (equivalencia hidráulica), la abundancia y relación de empaquetamiento de las conchas respecto a la matriz y la asociación de las conchas con respecto a las estructuras sedimentarias. Asimismo, las características estratigráficas también son útiles para inferir los procesos de concentración, ya que cada concentración de conchas presenta ciertas dimensiones físicas, cuerpos encajonantes, geometría o forma, y sobre todo las características litológicas o complejidad interna, además de los contactos físicos (abruptos, gradacionales, intercalados) con los depósitos circundantes que son menos fosilíferos. Estas características son esenciales para la interpretación de todos los atributos de las concentraciones y en términos relevantes, los procesos de concentración son comúnmente menos ambiguos que las características tafonómicas. Para poder caracterizar más fielmente las concentraciones fosilíferas Kidwell (1991) propuso una clasificación en cuatro tipos genéticamente definidos:

Concentraciones episódicas (*Event-concentrations*), las cuales tienen la escala de una sola o varias láminas hasta una o pocas capas, registrando a su vez uno o varios episodios breves de concentración de conchas con espesor limitado.

Concentraciones compuestas o concentraciones multi-episódicas (*Composite or Multiple-event concentrations*), registradas como capas de cuerpos o paquetes sedimentarios y facies bioclásticas a escala de cuenca o subcuenca. En estas concentraciones, las historias de depósito son más complejas, más duraderas, y registran la acreción, sobreimposición, incluso mezcla de múltiples generaciones y/o eventos de concentración. La concentración resultante muestra un espesor equivalente al promedio de los estratos correlacionables, o de espesor mayor.

Concentraciones hiales o condensadas (*Hiatal or condensed concentrations*), son acumulaciones complejas, similares a las compuestas o multi-episódicas, pero desarrolladas *in situ* y con menor espesor que los intervalos estratigráficos equivalentes, estas resultan a partir de condiciones de depósito relacionadas con la dinámica ambiental normal. El cuerpo sedimentario resultante es un intervalo condensado, usualmente referido como condensación estratigráfica. Con frecuencia suele considerarse una tasa baja de acumulación como el factor desencadenante del intervalo condensado, pero en este y otros casos, una interpretación precisa de la condensación, deberá tener en cuenta el contexto genético planteado por Gómez y Fernández-López (1994).

Concentraciones de retrabajamiento recurrente y prolongado (*Lag-concentrations*), las cuales son concentraciones delgadas de restos con alto potencial de preservación, asociadas a superficies estratigráficas que expresan discontinuidad relevante. Las conchas son repetidamente exhumadas y retrabajadas, generándose concentraciones ligadas a procesos de ámbito regional.

La evaluación de la escala física, la geometría, la complejidad interna y el contexto estratigráfico aporta evidencias que ayudan a interpretar el tipo de concentración objeto de estudio. Las concentraciones fosilíferas ofrecen características tafonómicas de espesor, biofábrica, y composición taxonómica que son esenciales para determinar la variedad de procesos bióticos y abióticos que pueden informar acerca de los agentes involucrados en la formación del tipo de concentración (Kidwell *et al.* 1986; Kidwell, 1991; Fürsich y Oschmann, 1993).

El estudio de las concentraciones fosilíferas ha tenido gran interés en el análisis de estratigrafía de secuencias, por lo que es importante aclarar, que el término estratigráfico “condensación” no debería utilizarse como sinónimo para “concentración”. Una concentración de conchas no necesariamente involucra determinado tipo de condensación (estratigráfica, sedimentaria, tafonómica *sensu* Gómez y Fernández-López, 1994). Según Fernández-López (1984) y Fernández-López y Gómez (1991), la condensación puede ser resultado de la interacción de diversos factores, como el decremento en las tasas de sedimentación y de acumulación, así como de la mezcla de asociaciones fósiles de distinta edad.

1.1. Planteamiento del problema

Existen afloramientos en el noreste de México donde se han estudiado diversos niveles fosilíferos de edad kimmeridgiana (Jurásico Superior), su interpretación bioestratigráfica ha sido abordada a detalle (p. ej., Villaseñor, 1991; Olóriz *et al.* 1993), sin embargo, su posible origen y significado no estratigráfico no ha sido determinado. Por estas razones resulta de sumo interés realizar un estudio, donde se aborden los aspectos de la sistemática, bioestratigrafía, tafonomía y análisis de microfacies, y de esta manera caracterizar las condiciones de depósito.

1.2. Objetivo

El objetivo de esta tesis fue el de realizar el estudio bioestratigráfico y tafonómico de los niveles con concentraciones fosilíferas del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) que afloran en distintas regiones del noreste de México, con la finalidad de interpretar el tipo de concentración y determinar si la concentración fue de tipo tafonómica, sedimentológica o estratigráfica. Para finalmente establecer su origen y discutir su significado estratigráfico, paleobiológico y paleoambiental.

2. ANTECEDENTES

2.1. Estudios bioestratigráficos basados en fauna de ammonites del Jurásico Superior en el Noreste de México

Los estudios previos sobre fósiles de macro-invertebrados del Jurásico Superior marino de México se han enfocado principalmente a la caracterización paleontológica sistemática y bioestratigrafía detallada (p. ej., Castillo y Aguilera, 1895; Burckhardt, 1906b, 1912, 1919-1921; Imlay, 1939; Villaseñor, 1991; Velasco-Segura, 2005, López-Caballero, 2006, 2009; López-Gómez, 2006; Jiménez-López, 2011; entre otros). Pero también se han abordado algunos aspectos paleobiogeográficos, tafonómicos y paleoecológicos, (p.ej., Schumann, 1985 y 1988; Olóriz, 1987, Olóriz *et al.* 1988, 1990, 1997, 2003a; Villaseñor, 1991; Villaseñor *et al.* 1991; Olóriz *in* Westermann, 1992; Michalzik y Schumann, 1994; De la Mora *et al.* 2000, Zell *et al.* 2014; Zell y Stinnesbeck, 2016; López-Caballero *et al.* 2018; Olóriz y Villaseñor, 2018).

Los trabajos inéditos, en los cuales se ha hecho la revisión cronológica sobre los estudios de Jurásico marino de México, corresponden a los realizados por: Gómez-Luna, 1985; Lara-Morales, 1991; 1994; Villaseñor, 1991; López-Palomino, 2002; 2013; Velasco-Segura, 2005; López-Caballero, 2006; 2009; López-Gómez, 2006; Jiménez-López, 2011; Regalet-Figueroa, 2011; Tarango-Terrazas, 2017, entre otros).

A continuación, se describen brevemente los trabajos en los que se considera se realizaron aportaciones bioestratigráficas sobresalientes.

De los trabajos pioneros podemos citar el trabajo Del Castillo y Aguilera (1895) en el cual estudiaron fauna de invertebrados, ammonites, bivalvos y braquiópodos de la Sierra de Catorce, en San Luis Potosí. La importancia del estudio radica en que es el primer reporte de fauna perteneciente al Jurásico Superior de México.

Burckhardt (1906b), se enfoca principalmente en el estudio sistemático-paleontológico y bioestratigráfico de la fauna de ammonites del Jurásico Superior en el área de Mazapil, Zacatecas, donde establece las primeras unidades bioestratigráficas de referencia, mismas que retoma en su síntesis sobre el Mesozoico de México (Burckhardt, 1930). Para el Oxfordiano estableció la unidad de “Calizas con *Nerineas*”. Para el Kimmeridgiano inferior identificó “Capas con *Idoceras*”, y debido a la abundancia fueron consideradas como capas limítrofes entre el Kimmeridgiano inferior y superior. Para el Kimmeridgiano superior, diferenció dos capas, en la capa inferior el “Banco de *Aucella*” y para la capa superior las “Capas con *Haploceras fialar*”. Para el Portlandiano inferior la presencia de las “Arcillas con *Waagenia*” la unidad de Capas con *Mazapilites* y *Capas con Aulacosphinctes*, y cuatro unidades para el Portlandiano superior, las Capas con *Proniceras*, Capas con *Kossmatia*, Capas con *Hoplites* aff. *koellikeri* y Capas con *Steueroceras*.

En 1912, Burckhardt realizó un estudio sobre la fauna de ammonites provenientes de San Pedro del Gallo, Durango. Reconociendo para el Oxfordiano superior dos capas: las capas inferiores donde reconoció: *Neumayria crassicosta* (Burckhardt), *Neumayria pichleriformis* (Burckhardt), *Perisphinctes durangensis* (Burckhardt), *Perisphinctes trichoplocoides* (Burckhardt), *Perisphinctes elisabethaeformis* (Burckhardt) y *Perisphinctes wartaeformis* (Burckhardt), mientras que en las capas superiores reconoció: *Ochetoceras canaliculatum* (D’Orbigny), *Ochetoceras mexicanum* (Burckhardt), *Perisphinctes virgulatus* (Quenstedt) y *Aspidoceras* juv. sp. Para el Kimmeridgiano inferior y superior propuso una división bioestratigráfica en la que reconoce las siguientes unidades: “Capas con *Idoceras*”, “Banco de *Aucella*”, “Capas con *Haploceras fialar*” y “Capas de *Waagenia*”. Finalmente, para el Portlandiano superior reconoce las “Capas con *Durangites*”.

Burckhardt en su trabajo de 1919-1921, estudió la fauna de ammonites de las Sierras de Symón y de Ramírez, a la cual les asignó una edad correspondiente al Portlandiano y Cretácico Inferior. Dentro de la base del Portlandiano inferior estableció la siguiente

división, “Capas con *Mazapilites*” y las “Calizas grises con *Aulacosphinctes*”. Para el Portlandiano superior las “Calizas negras de Torres con *Proniceras*” y las “Capas con *Substeuroceras*”.

Böse (1923), trabajó el área de la Sierra de Ramírez, ubicándola geográficamente en el estado de Zacatecas, donde observó que en el tramo sur del Cañón del Toboso afloraban rocas calizas que contenían *Nerineas*, por lo que estas rocas representan la base del Jurásico Superior, edad asignada por Burckhardt (1906b) para estas capas. Mientras que en la parte septentrional afloran bancos de caliza oscura con *Haploceras*, que representan seguramente la zona de *Haploceras fialar* de Mazapil.

Burckhardt (1930) realizó una síntesis del Mesozoico de México en la que reinterpreta la información geológica y paleontológica existente sobre el Jurásico Superior. Estableciendo las siguientes unidades, para el Oxfordiano inferior “Zona de Calizas con *Nerineas*”, para el Oxfordiano superior la “Zona de *Perisphinctes* del gr. *plicatilis*” por debajo de la unidad “Zona de *Ochetoceras*”. Para el Kimmeridgiano de manera estratigráfica ascendente la unidad “Zona de *Idoceras*”, el “Banco de *Aucella*” y la unidad “Zona de *Haploceras* del gr. *fialar*”. Para el Portlandiano inferior la unidad “Arcillas con *Waagenia*”, la unidad de “Capas con *Mazapilites*” y “Capas con *Aulacosphinctes*”, y cuatro unidades para el Portlandiano superior, “Capas con *Proniceras*”, “Capas con *Kossmatia*”, “Capas con *Hoplites* aff. *koellikeri*” y “Capas con *Steuroceras*”.

En la serie de trabajos de Imlay (1936, 1938, 1939, 1943, 1944, 1953, 1980 y 1984) provee de formalidad a la denominación de las sucesiones litoestratigráficas mencionadas por Burckhardt (1906b, 1930) y propone nombres formacionales que hasta la fecha se siguen utilizando (p. ej. formaciones La Gloria, La Casita, Taraises, Parritas, Cupido, La Peña, Cuesta del Cura, Lutita Parras, Caracol y el Grupo Difunta). En estas publicaciones, se realiza una revisión de los aspectos bioestratigráficos propuestos por Burckhardt, y en ocasiones amplía la información paleontológica y en otras concreta algunos de los alcances bioestratigráficos de las faunas. La propuesta biozonal de Imlay (1939) queda de la siguiente manera: reconoce para el Kimmeridgiano inferior-medio *Idoceras* gr. *balderus*, *Idoceras* gr. *duranguense*, *Glochiceras* gr. *fialar* y Capas de *Waagenia*, el Kimmeridgiano superior está representado por Capas de *Mazapilites* y Capas con *Torquatisphinctes*. Para el Portlandiano ubica Capas con *Durangites* y Capas con

Kossmatia. El Tithoniano está representado por las Capas con *Proniceras* y Capas con *Substeueroceras*.

Posteriormente, Verma y Westermann (1973) en su revisión de la paleontología de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, proponen una zonación reconociendo para el Kimmeridgiano la asociación de *Idoceras*, para el Tithoniano inferior la asociación de Virgatosphinctinae y para la base del Tithoniano superior las asociaciones de *Kossmatia-Durangites-Corongoceras* y *Substeueroceras-Berriasella*.

Villaseñor (1991) analiza cuatro perfiles, incluido el de Cañón de San Matías (MZ-3) y el de Cañada de las Bocas (MZ-4, que corresponde parcialmente al perfil estudiado de la presente tesis, denominado MZ-5), en este estudio se refina y complementa la sistemática y la bioestratigrafía de la fauna de ammonites del Kimmeridgiano-Berriasiano, definiendo nueve unidades bioestratigráficas, seis para el Kimmeridgiano y tres para el Tithoniano. Además de esbozar una interpretación paleoambiental, en términos de plataforma con profundidades entre 30 y 100 m, encontrando un alto grado de endemismo a nivel específico, infiriendo que dicha plataforma estuvo subdividida y en ocasiones desconectada de la influencia de las aguas oceánicas permitiendo la evolución de la fauna *in situ*.

Adatte *et al.* (1991 a 1996) realizan estudios sobre el límite Jurásico-Cretácico, basándose en análisis de microfácies, bioestratigrafía (con micro y macropaleontología) y geoquímica. Los estudios muestran que la sucesión de calpionélidos en el noroeste de México es bastante similar al dominio mediterráneo, lo que permitió resolver controversias sobre los alcances estratigráficos de algunos ammonites mexicanos. Mencionan que el límite entre las formaciones La Casita y Taraises es diacrónico entre el Berriasiano temprano y medio, por lo que las correlaciones que propusieron Verma y Westermann (1973), Jeletzky (1984) y Cantú-Chapa (1967, 1968, 1982, 1989) no pueden ser mantenidas, ya que *Durangites*, *Kossmatia*, *Substeueroceras* (incluida *Parodontoceras*), *Hildoglochiceras*, *Himalayites*, *Protancyloceras* y *Vinalesites*, tienen un alcance que va hasta el Berriasiano inferior.

Hillebrandt *et al.* (1992) realizaron un análisis de las zonas de ammonites propuestas para la región del Circum-Pacífico, demostrando que las sucesiones faunísticas de ammonites, específicamente en dos regiones: la de México y la de los Andes en Argentina y Chile,

presentan cierta afinidad. Además, mencionan que diversas asociaciones de ammonites han sido identificadas y correlacionadas con las asociaciones europeas. Específicamente para México, uno de los coautores (Callomon) distingue 22 horizontes faunísticos para el Jurásico Superior, resaltando la discontinuidad entre las asociaciones registradas. Para el Kimmeridgiano inferior propone los siguientes horizontes, ¿(M5) *Ataxioceras?* spp., (M6a) *Idoceras duranguense* y (M6b) *Streblites uhligi*. Para el Kimmeridgiano superior los horizontes (M7a) *Idoceras santarosatum* y (M7b) *Epicephalites epigonum*, (M8) *Haploceras trasatlanticum* y (M9) *Hybonotoceras beckeri*.

Más adelante, Lara-Morales (1994) se centra en el estudio de la distribución estratigráfica y en la re-evaluación de diferentes especies del género *Idoceras* Burckhardt, 1906b en el área de Mazapil, Zacatecas, corroborando la biozonación propuesta por Villaseñor (1991) para la Zona de Abundancia de *Idoceras*, que representa un intervalo en torno al límite de las Zonas *Hypselocyclum*-*Divisum* que corresponden al Kimmeridgiano inferior.

Posteriormente, Olóriz *et al.* (1996, 1999) realizan un trabajo bioestratigráfico detallado en dos localidades de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, estableciendo una bioestratigrafía y correlación más precisa que la propuesta por Verma y Westermann (1973). En particular llama la atención la interpretación de la denominada “Asociación con *Virgatosphinctinae*”, como resultado de una condensación sedimentaria y estratigráfica relacionada con un evento de transgresión durante el Tithoniano temprano. Además, muestran que *Kossmatia*, *Durangites* y *Substeueroceras* presentan muy poca diversidad, y alto endemismo y la edad precisa de esta fauna permanece incierta. Por otra parte, el rango del género *Kossmatia* en México se establece de la parte media del Tithoniano inferior al Berriasiano.

Olóriz *et al.* (1998), reevaluaron la ubicación taxonómica del género *Procraspedites* Spath del Kimmeridgiano de México, con base en el análisis de ejemplares recolectados en diferentes partes del Altiplano. Proporcionando información sobre el desarrollo ontogenético y la variabilidad morfológica, por lo que sitúan al género *Procraspedites* dentro de la Subfamilia *Ataxioceratinae*, y mencionan que el alcance estratigráfico de este género coincide con el horizonte de *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera).

Olóriz *et al.* (2000), estudian la fauna de *Hybonotoceras mundulum* recolectada en

cinco secciones localizadas en la región de Cuencamé, Durango y Mazapil, Zacatecas; entre los perfiles estudiados se encuentran CU-1 y MZ-3, mismos que son retomados en este estudio. Señalando un alcance estratigráfico que comprende el Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri) hasta el Tithoniano inferior (Zona Hybonotum).

Villaseñor *et al.* (2000), presentan una interpretación bioestratigráfica y correlación biocronoestratigráfica para el Jurásico Superior (Kimmeridgiano–Tithoniano) del norte-centro de México, la cual sintetizan en dos figuras (p. 251 y 255), identificando 11 asociaciones. En orden estratigráfico se presenta la asociación de *Schneidia*, posteriormente la asociación de *Idoceras* sin *Sutneria*, contigua la asociación de *Idoceras* con *Sutneria*; para el Kimmeridgiano inferior. Para el Kimmeridgiano superior la asociación de *Tarmelliceras-Aulacostephanus* y la asociación de *Coryceras-Procraspedites*, así como una asociación de intervalo con *Lingulaticeras*. En el límite Kimmeridgiano-Tithoniano se encuentra la asociación de *Hybonotoceras*. Las asociaciones que reconocieron para el Tithoniano inferior fueron la asociación de *Mazapilites*, la asociación de *Usseliceras-Franconites*, la asociación de *Parastreblites-Torquatisphinctes* y la asociación de *Andiceras-Kossmatia*.

Recientemente, Villaseñor *et al.* (2012) actualizan la propuesta biozonal para el norte-centro y sur de México en esta nueva propuesta abarcan los tres pisos del Jurásico Superior (Oxfordiano–Kimmeridgiano-Tithoniano), con nuevos registros de fauna y restringiendo temporalmente algunas especies.

2.2. Estudios tafonómicos e interpretaciones paleoecológicas de asociaciones de macroinvertebrados del Jurásico Superior del Noreste de México

Una de las primeras interpretaciones paleoecológicas para la Formación La Caja fue propuesta por Verma y Westermann (1973), quienes mencionan que la abundancia relativa de fauna bentónica y los ammonites fuertemente ornamentados, está relacionada a un ambiente de depósito de aguas someras. Cabe señalar que esta interpretación es de un carácter cualitativo ya que no se presentan datos sobre porcentajes de faunas, ni hay diferenciación entre los dos miembros que ellos proponen para la formación.

Schumann (1985 y 1988) realizó el estudio paleoecológico de secuencias del Jurásico Superior (Kimmeridgiano y Tithoniano) pertenecientes a la Formación La Casita, en el noreste de México, reconoce fauna de ammonites que le ayudaron a asignar la edad de las rocas. Emplea el análisis de las asociaciones faunísticas, y realiza la reconstrucción de la cuenca, señalando que las facies presentes indican diversas condiciones ambientales y destaca que la presencia de sucesos cortos, drásticos y regionales provocaron la destrucción de la fauna y flora, y con ello la subsecuente acumulación de organismos en el fondo oceánico, llevada a cabo durante el periodo transgresivo entre el Kimmeridgiano y el Tithoniano.

Olóriz (1987) analiza el estado de los estudios sobre la fauna de los ammonoideos del Jurásico Superior de México, estableciendo las bases para el inicio de los análisis ecoestratigráficos y ecoevolutivos, aportando los primeros datos sobre las asociaciones de ammonites del Jurásico Superior desde un punto de vista paleogeográfico, además propone que la geodinámica de las plataformas mexicanas pudo ocasionar modificaciones directas sobre las asociaciones, planteando que México fue un área de migración más que un centro de origen, donde posteriormente los organismos evolucionaron *in situ*, y no como centros de origen y posterior migración de las faunas de ammonites hacia otras áreas más o menos distantes como Europa y Pacífico Occidental.

Olóriz *et al.* (1988) realizaron el análisis isotópico ($\delta^{13}\text{C}$) de rocas de la Formación La Casita pertenecientes al Kimmeridgiano (Jurásico Superior), en el área de Cuencamé, Durango, y señalan que los cambios ambientales determinan la composición de las asociaciones de ammonites y bivalvos.

Olóriz *et al.* (1990) abordaron el tema de paleobiogeografía de las asociaciones de macroinvertebrados, principalmente ammonites, en las plataformas marinas mexicanas pertenecientes al Jurásico Superior, mencionando que la diversidad faunística fue abundante, y que las asociaciones de ammonites fueron dominadas por varios géneros de las Superfamilias Perisphinctaceae y Haplocerataceae, interpretan que las plataformas mexicanas fueron áreas de recepción de la fauna de ammonites.

Salvador *et al.* (1992), en particular uno de los autores (Olóriz) menciona para México, que la distribución de las faunas y las litofacies sugieren un clima cálido, con variantes en la precipitación, lo cual es concordante con el incremento de la sedimentación clástica

fina y el desarrollo de arrecifes en la periferia del Golfo de México; el autor retoma la propuesta realizada por el mismo con anterioridad (1987) y reafirma la interpretación de plataformas extensas poco profundas, con pisos oceánicos irregulares definiendo que la presencia de terrígenos finos de las rocas pertenecientes al Kimmeridgiano y Tithoniano revelan la relativa proximidad a las áreas continentales y que la temperatura del agua oceánica debió haber sido cálida con una salinidad variable. Señala que las características de las asociaciones de macroinvertebrados en México son: 1) asociaciones faunísticas, formadas principalmente por ammonites y bivalvos, además de otros organismos que se encuentran en menor proporción; 2) los espectros de los ammonites se encuentran desproporcionados, con la clara abundancia de uno o dos componentes; 3) una gran diversidad morfológica observada en los ammonites; 4) fenotipos extremos; 5) endemismo y 6) fluctuaciones que se observan en las asociaciones de ammonites aparentemente se encuentran relacionadas a cambios de nivel del mar.

Olóriz *et al.* (1993) realizan un estudio sobre el límite Kimmeridgiano-Tithoniano, en Cuencamé, Durango, con base en la distribución del género *Hybonoticerias*, el cual inicia su presencia en el Kimmeridgiano superior. Dan a conocer el primer registro de *Subplanitoides siliceus* (Quenstedt) para la base del Tithoniano. Mediante el análisis tafonómico de las asociaciones de macroinvertebrados (ammonites y bivalvos), considerando rasgos de conservación y fracturamiento de las conchas, desarticulación, presencia de epibiontes, variaciones en los espectros faunísticos y observaciones sedimentológicas, proponen que las asociaciones de ammonites, en especial de haplocerátidos e hybonoticerátidos representan fauna autóctona y con poco transporte *post-mortem* y por otra parte los perisphíntidos podrían haber sido mayormente transportados. La interpretación ecosedimentaria fue propia de un ambiente epicontinental (somero) que corresponde con un ambiente proximal no profundo con poca oxigenación, el registro de capas sólo con bivalvos se interpreta como fases de crisis para los cefalópodos, que podrían correlacionarse con influencia de aguas continentales (Olóriz *et al.* 1988).

Olóriz *et al.* (1997) en afloramientos de la Sierra de Palotes, Durango y Sierra de Catorce, San Luis Potosí, analizan las asociaciones de macroinvertebrados (ammonites y bivalvos) pertenecientes al Kimmeridgiano inferior y Tithoniano inferior y resaltan diferencias en los regímenes de depósito, con fluctuaciones en la tasa de sedimentación durante el Kimmeridgiano temprano hasta el Tithoniano temprano, y también señalan un cambio en

las litofacies, las cuales muestran el contraste entre los registros continuos y discontinuos de las asociaciones, afectadas por el transporte post-mortem presumiblemente debido a las inundaciones. Concluyen que una sedimentación terrígena dominante, provocó variaciones en la composición de las asociaciones registradas.

De la Mora (1998) realiza un trabajo sobre bivalvos fósiles procedentes de un perfil denominado Cañón de San Matías, en la Sierra de Mazapil, Zacatecas. El estudio tuvo como objetivo principal el análisis del proceso tafonómico, información utilizada como precedente para la reconstrucción paleoecológica del área de estudio. Posteriormente, De la Mora *et al.* (2000) realizan la interpretación paleoecológica de esta fauna y reconocen 12 asociaciones autóctonas de bivalvos. Señalan que los depósitos de grano fino y los fósiles de bivalvos (dependientes de oxígeno) son considerados como evidencia de ambientes de baja energía y rico en nutrientes.

2.3. Estudios previos sobre concentraciones fosilíferas del Jurásico Superior del Noreste de México

Los niveles con concentraciones de fósiles, a pesar de ser estratigráficamente conspicuos y reconocibles en diversos afloramientos del Jurásico Superior marino del noroeste de México, en las formaciones La Caja y La Casita, han sido escasamente estudiados, e incluso algunos de ellos sólo mencionados.

Los primeros autores que señalaron la presencia de niveles con grandes acumulaciones fosilíferas fueron Verma y Westermann (1973) y refieren a estas acumulaciones fosilíferas, con un espesor de 0.60 m, como “*Virgatosphinctinae beds*” del Tithoniano medio señalan que “*The specimens of the Virgatosphinctinae beds give the appearance of having been reworked and the assemblage of this horizon may, therefore, be "condensed"*” (p. 142), e interpretan que debido a que “*bivalves and brachiopods were extremely abundant in the Virgatosphinctinae beds and that at least these beds originated in shallow waters*” (p. 160).

Schumann (1985 y 1988) interpretó la paleoecología de niveles concrecionales con abundante fauna de ammonites, bivalvos, madera y otros restos de plantas del límite Kimmeridgiano superior-Tithoniano de la Formación La Casita en la región de Iturbide,

Nuevo León, Matehuala y Doctor Arroyo, San Luis Potosí y Cd. Victoria, Tamaulipas. Cabe señalar que ninguno de los taxones de ammonites que reconoció (p. ej. *Idoceras duranguense*, *Haploceras fialar*, *Aspidoceras cf. haupti* y *Aulacosphinctoides* sp. 1) se relaciona con el límite mencionado. Basándose en el análisis de facies y la biota fósil, observó que la escasez de organismos epi y endobentónicos, junto con la litología, indicarían un ambiente empobrecido en oxígeno durante periodos prolongados, en donde la presencia de concentraciones del bivalvo *Aulacomyella* se debió a su carácter pseudoplanctónico – fijado a madera flotante o a hipotéticas algas– y su posterior depósito post-mortem. Lo que sugiere que dicho bivalvo no era parte de la biocenosis de fondo, de manera que los otros organismos marinos reconocidos se concentrarían esencialmente en las capas superiores de la columna de agua. Explicó la abundancia de fósiles en las concreciones como resultante de eventos de alta energía (huracanes; tempestitas) que ocasionaron el transporte y acumulación de material de diferentes tamaños, y el acomodo de las conchas en horizontes especialmente enriquecidos en restos. La presencia de rocas fosforíticas la relacionó con una profundidad máxima de 300 m en el período transgresivo entre el Kimmeridgiano y el Tithoniano. No obstante, siendo acertada especialmente en aspectos paleoecológicos, más que sedimentológicos, su aproximación resulta generalizada en tanto que no menciona si las concentraciones muestran diferencias de fábrica y/o edad, sin aclarar e interpretar su distribución en una sección de más de 300 m de espesor.

Olóriz (1987) basado en el estudio de diversos afloramientos en el área Cuencamé y Sierra de Symón en Durango y área de Mazapil en Zacatecas, propone un modelo eco-evolutivo para los registros de ammonoideos en materiales del Jurásico superior de noroeste de México. Con particular relevancia para el tema del presente trabajo se menciona que: “el relevo de la fauna más característica en los niveles inferiores coincide con el cambio en las condiciones ambientales que hoy deducimos por la presencia del nivel de caliza condensada” (p. 236); más adelante, Olóriz *et al.* (1988), concluyeron que “la ausencia de trazas aparentes de remoción, el carácter condensado y su distribución regional, denotan un nivel máximo transgresivo y en consecuencia la caída en la tasa de sedimentación detrítica en áreas que han adquirido una posición comparativamente distal debido a la elevación del nivel del mar” (p. 237). Esta interpretación fue posteriormente confirmada por Olóriz (1992).

Olóriz *et al.* (1988) mediante estudios mineralógicos e isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$) en

intercalaciones yesíferas y “caliza arcillosa negra” que afloran en el Anticlinal de Palotes en la región de Cuencamé, Durango. Reportan valores isotópicos de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de la caliza, que son significativamente concordantes con valores característicos de las calizas marinas. Estos valores tomados en consideración para interpretaciones paleoecológicas señalan que la “caliza arcillosa negra” pudieran representar pulsos transgresivos que no necesariamente provocarían un aumento significativo en la profundidad.

Por otro lado, Villaseñor (1991) en el área de la Sierra de Mazapil, Zacatecas, reconoce un estrato que denominó “caliza negra”, con gran cantidad de fósiles (ammonites y bivalvos); a él se le refiere como nivel condensado, asignándole una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior. Esta autora caracterizó el área de estudio como una plataforma somera con profundidades que van desde 30 a 100 m, presentando un alto grado de endemismo a un nivel específico, lo que hace suponer que la plataforma estuvo en ocasiones subdividida y con conexión restringida respecto a las aguas oceánicas, permitiendo así líneas de evolución *in situ*. Sin presentar una interpretación particular de su “caliza negra”, mencionó que las variaciones faunísticas reconocidas en el perfil estudiado pudieron ser la respuesta a cambios en las condiciones de depósito, a diferencias ambientales y ecológicas muy probablemente relacionadas con fases episódicas de mejora en las conexiones con masas de agua oceánicas.

Olóriz *et al.* (1996, 1999), estudiaron un afloramiento previamente analizado por Verma y Westermann (1973) en el área de Real de Catorce, San Luis Potosí. Además de precisar la edad de las “Capas de Virgatosphinctinae” como del Tithoniano inferior (Cron Semiforme- Verruciferum), reconocieron que dicha acumulación de restos resultó de una condensación sedimentaria y estratigráfica relacionada con un evento de inundación en el área.

Olóriz *et al.* (1997), abordaron el estudio de afloramientos con niveles que contenían concentraciones fosilíferas, las cuales refirieron como “calizas condensadas”, presentando diferente edad, desde la parte más tardía del Kimmeridgiano temprano, el Kimmeridgiano tardío y la parte más tardía del Tithoniano temprano. De particular interés es la “caliza condensada” ubicada en Cuencamé, Durango, correspondiente al Kimmeridgiano Superior. Estos autores interpretaron que la composición dependió de las condiciones sedimentarias y cambios en las condiciones hidrodinámicas de las corrientes en las capas superiores, como respuesta a pulsos transgresivos que favorecieron el

incremento en carbonatos. Así, la condensación sin incidencia bioestratigráfica se relacionó con el enriquecimiento en carbonatos. Para la “caliza condensada fosforítica” identificada en Real de Catorce, San Luis Potosí, en la que reconocieron diversos biohorizontes del Tithoniano Inferior sin distorsión bioestratigráfica, señalaron cambios en la litología, presentándose limolitas arenosas y limolitas sobreyacidas por calizas fosforíticas arcillosas ricas en ammonites, lo que refleja un contexto de pulso(s) transgresivo(s) que acentuó el evento de condensación estratigráfica.

Velasco-Segura (2005), realizó un estudio en el perfil denominado Sierra El Jabalí y Perfil Gómez Farías, ambos localizados a 60 km al sur de la Ciudad de Saltillo, Coahuila, donde identificó dos acumulaciones de fósiles (= coquinas, *ibid.* p. 10) en su Unidad I, con vertebrados marinos, bivalvos, amonitas, belemnites, “ostras” dado que parecen tratarse por separado de los bivalvos previamente mencionados) y madera. Este autor consideró que posiblemente se tratase de horizontes de condensación autóctonos, depositados cerca del borde de la plataforma, acumulados durante un evento transgresivo-regresivo y descartó la posibilidad que fuesen depósitos de tormenta ya que no observó retrabajamiento, las relaciones de las superficies de estratificación son concordantes, y no hay evidencias de imbricación o depósito caótico (*ibid.* p. 101). La edad asignada a dichas acumulaciones fósiles resulta ambigua, ya que únicamente en su figura 56, señaló que se encuentran en el Tithoniano.

López-Caballero (2009), estudió el afloramiento denominado Puerto Piñones-1 al sur de la Ciudad de Saltillo, Coahuila, identificando dos intervalos carbonatados, condensados, de distinta edad: (i) identificado como el nivel 11, de 1 m de espesor y edad Kimmeridgiano tardío, en el que se observaron abundantes conchas de bivalvos, gran cantidad de apticus y muy escasos ammonites aplastados; y (ii) el nivel 15, de 0.3 a 0.5 m de espesor y edad Tithoniano tardío, con ammonites depositados con orientación diversa, así como escasos bivalvos de gran tamaño mal conservados. Dicha autora proporcionó datos tafonómicos de estos niveles y diferenció una tafofacies (Tafofacies 3, *ibid.* p. 123) que interpretó como resultante de condiciones de “ambiente de plataforma externa, donde las condiciones ambientales se modificaron, el tirante de agua aumentó, la energía del ambiente disminuyó, la distribución de los nutrientes experimentó variaciones, reflejándose en el contenido fósil el cual es propio de ambientes más profundos o distales” (*ibid.* p. 125).

Posteriormente, Buchy (2010) y Buchy *et al.* (2013), al estudiar los vertebrados registrados en la denominada capa de coquina (*ibid.* 2010, p. 149) de 1.5 m de espesor identificada por Velasco- Segura (2005) en Coahuila, la consideraron una concentración tipo *Lagerstätte* debido a su riqueza en vertebrados marinos, sugiriendo que el depósito de la mencionada capa se formó en un ambiente somero submareal, con fondo lodoso por debajo del nivel base de tormenta, como resultado de la reducción en la tasa de sedimentación y condensación, posiblemente debido a una transgresión.

Zell *et al.* (2014), reestudiaron la localidad de Gómez Farías, Coahuila, de Velasco-Segura (2005), y analizaron detalladamente la acumulación fósil denominada como *coquinite* (*ibid.* p. 91). En ella destacaron su composición inusual con abundantes vertebrados (reptiles marinos) e invertebrados marinos (ammonites, apticus y bivalvos). Le asignaron una edad de Kimmeridgiano, Zona Beckeri, y fue interpretada como una concentración resultante de factores biogénicos y físicos. La concentración biogénica sería el resultado del aumento en la productividad debido a surgencias (*upwellings*) de aguas enriquecidas en nutrientes en el tirante de agua o en la interfase sedimento agua. Los bivalvos se desarrollaron durante periodos cortos de incremento en la oxigenación, al tiempo que reptiles marinos y ammonites poblaban la columna de agua (Zell *et al.* 2014, p. 104). La concentración física de granos de fosfato y fósiles fue resultado de eventos de tormenta y corrientes de fondo (concentraciones hidráulicas *sensu* Rogers y Kidwell, 2007) además del régimen transgresivo que redujo las tasas de sedimentación neta, favoreciendo el episodio de condensación.

3. ÁREA DE ESTUDIO: MARCO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

3.1. Localización de las secciones estudiadas

Esta investigación se centra en el estudio de las concentraciones fosilíferas de cinco afloramientos ubicados en el noreste del país. El área comprende diferentes afloramientos presentes en los estados de Coahuila, Durango y Zacatecas. Específicamente en Coahuila, se trabajó un perfil, reconocido como Puerto Piñones, con las siglas PP-1, el cual se encuentra cerca de la ciudad de Saltillo. En Durango se trabajaron dos perfiles, Cuencamé (CU-1), y Cañón del Toboso (TO-1-C). En Zacatecas se estudiaron dos perfiles, Cañón de San Matías (MZ-3) y Cañada de las Bocas (MZ-5) (Figura 1).

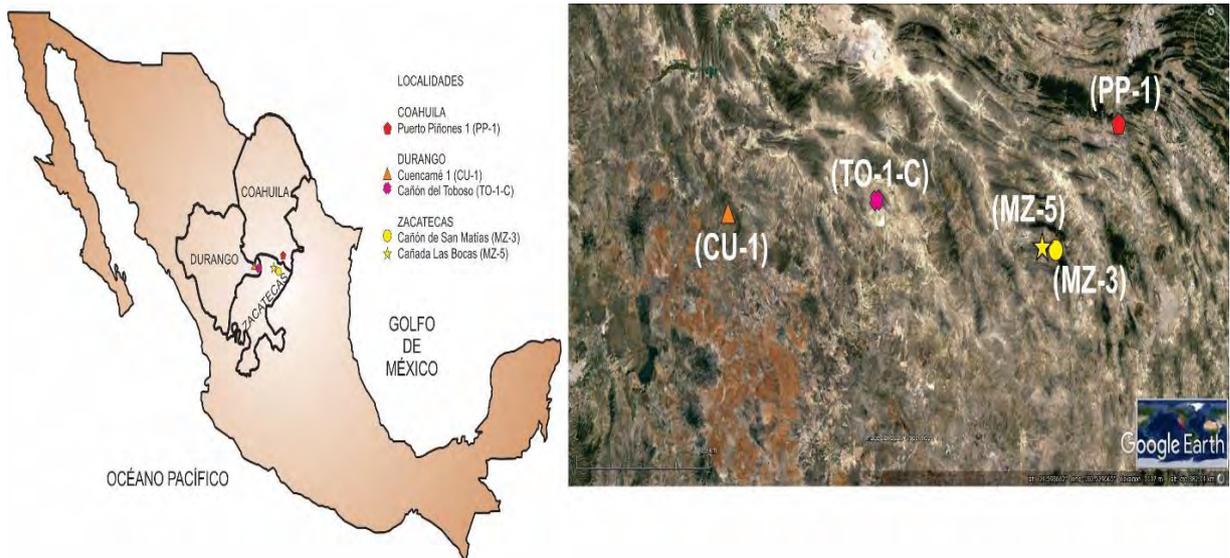


Figura 1. Mapa de localización geográfica de los cinco perfiles abordados en este estudio. En Coahuila, Puerto Piñones (PP-1, pentágono color rojo), cercano a la ciudad de Saltillo; en Durango, Cuencamé (CU-1, triángulo color naranja) y Cañón del Toboso (TO-1-C, cruz color magenta) en Sierra de Ramírez; y en Zacatecas, Cañón de San Matías (MZ-3, círculo color amarillo) y Cañada de las Bocas (MZ-5, estrella color amarilla) en la Sierra de Santa Rosa.

3.1.1. Cañón de San Matías (MZ-3) y Cañada Las Bocas (MZ-5)

Ambos afloramientos se localizan en la parte norte del estado de Zacatecas, al sureste de la Ciudad de Concepción del Oro, en el Municipio de Mazapil. En la Sierra de Santa Rosa, que pertenece a la subprovincia de “Sierras Transversales” (Enciso de la Vega, 1978) y se ubican próximos al poblado de Santa Rosa, cercano a la antigua mina de Mineral de Santa Rosa; las coordenadas geográficas de MZ-3 son $24^{\circ}34'51.7''$ N y $101^{\circ}29'4.0''$ W, a 2630 msnm y de MZ-5 son $24^{\circ}35'20.3''$ N y $101^{\circ}30'32.3''$ W, a 2591 msnm (Figura 2). Ambos perfiles pertenecen a la Formación La Caja, la cual será descrita en el siguiente apartado.

La vía de acceso desde el poblado de Concepción del Oro, es la siguiente: la carretera federal No. 54 Saltillo – Zacatecas, y en el km. 225+200 al este está la desviación hacia San José Carbonerillas, es un camino de terracería que conduce al poblado de Santa Rosa, de este poblado en dirección norte se continúa rumbo a valle de San José, y hacia el este, en las proximidades de la mina Mineral de Santa Rosa, se encuentra la embocadura del Cañón de San Matías (MZ-3). El recorrido total es de 42.5 km desde el entronque de la carretera No.54 hasta el afloramiento.

Para llegar al afloramiento MZ-5, se siguen las mismas indicaciones al Valle de San José, se toma la brecha con dirección al oeste y al cruzar la línea eléctrica, a 454 metros se encuentra la Cañada de Las Bocas.

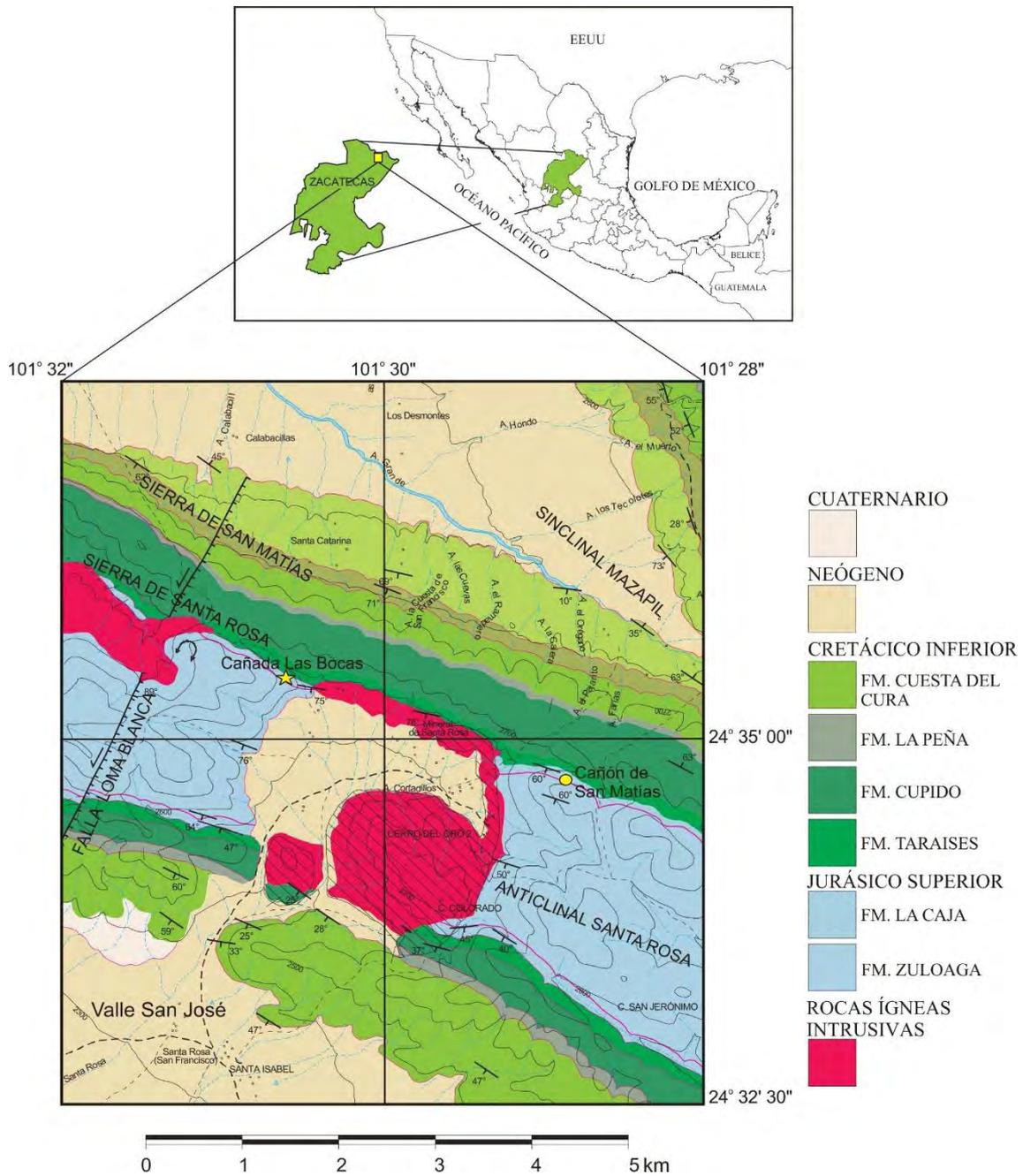


Figura 2. Mapa de localización geográfica y mapa geológico de los perfiles Cañón de San Matías – MZ-3 (círculo amarillo) y Cañada Las Bocas – MZ-5 (estrella amarilla). Extraído de la Carta Geológico-Minera Concepción del Oro, Zacatecas- Coahuila, G14-C62, escala 1: 50,000 y modificado por Villaseñor *et al.* 2015.

3.1.2. Cañón del Toboso (TO-1-C)

El perfil Cañón del Toboso (TO-1-C, Figura 3), se encuentra al este del estado de Durango, cercano al poblado de San Juan de Guadalupe, concretamente en el Cañón del Toboso, al este de la estación Symón, en las coordenadas $24^{\circ} 43' 52.1''$ N y $102^{\circ} 37' 0.2''$ W a 1,600 msnm; en lo que Böse (1923) describió como “la Sierrita de Symón”, la cual se extiende al este de la estación ferroviaria Symón y tendrá en su totalidad una longitud de 20 km. La sierra está dividida en dos partes desiguales por un cañón o puerto que la corta casi a la altura del llano; este puerto se llama el cañón del Toboso y por él pasa el camino carretero de Symón a la mina Luna Llena en la Sierra de Ramírez (Böse 1923, p. 63), este perfil pertenece a la Formación La Caja (Figura 3).

La vía de acceso a la localidad es mediante la carretera federal 49, dirección Cuencamé, pasando el poblado Juan Aldama, se toma el entronque que se dirige hacia el noreste, y se pasa por los poblados de Santa Clara, General Simón Bolívar y San José de Guadalupe, hasta llegar a la antigua estación del ferrocarril Symón. Posteriormente uno se dirige hacia el sureste por el camino de terracería que conecta con la antigua mina Luna Llena, y a 400 metros sobre el cauce del río se encuentra el afloramiento.

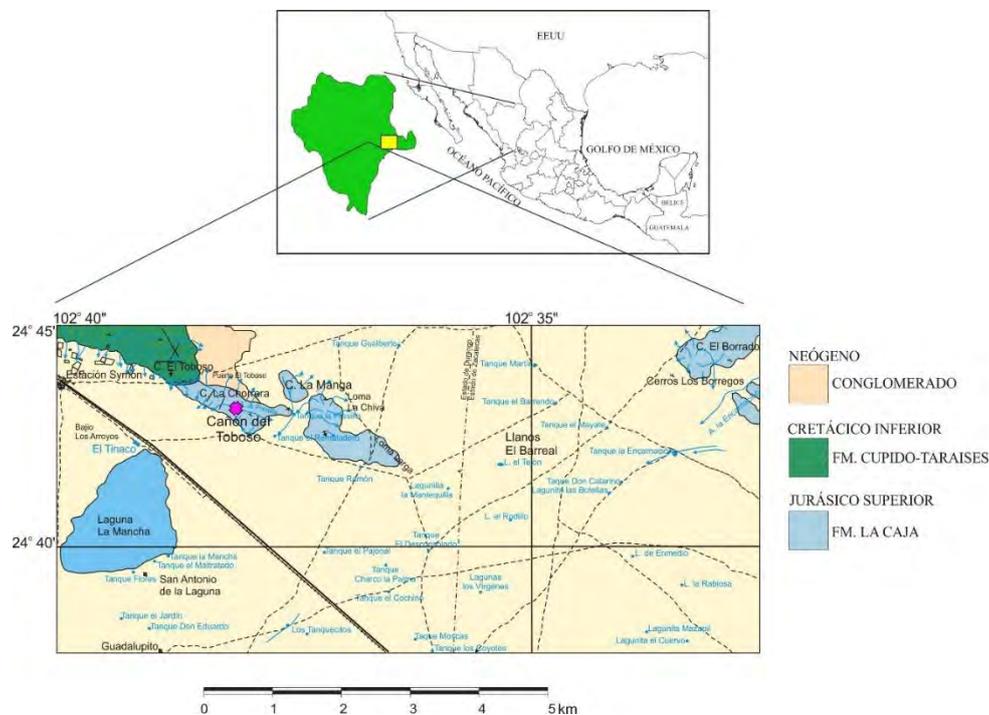


Figura 3. Mapa de localización geográfica y mapa geológico del perfil Cañón del Toboso – TO-1-C (cruz magenta). Extraído de la Carta Geológico-Minera Juan Aldama, Durango, Zacatecas y Coahuila, G13-12, escala 1: 250,000.

3.1.3. Cuencamé 1 (CU-1)

Otro afloramiento estudiado en el estado de Durango es el denominado Perfil Cuencamé 1 (CU-1, Figura 4), se encuentra en el municipio de Cuencamé; localizándose en el noreste del estado, en la Meseta Central y la Sierra de Palotes. El área de estudio se encuentra en la parte expuesta en el Anticlinal de Palotes y las rocas pertenecen a la Formación La Casita (Villaseñor y González-Arreola, 1988) descrita en el siguiente apartado.

Las vías de acceso para llegar a la localidad, bien puede ser por la carretera federal No. 40, la cual une la Ciudad de Torreón, Coahuila con el estado de Durango, o puede ser utilizando la carretera federal No. 49, que comunica las ciudades de Fresnillo, Zacatecas con Cuencamé, Durango. Ya ubicados en el Municipio de Cuencamé, se toma la desviación hacia el este, localizada a 22 km rumbo hacia a Fresnillo, se sigue el camino empedrado hacia la torre de microondas, después de 2 km, se desvía por la terracería hacia el oeste y se continúa por el aproximadamente 5 km, hasta llegar al punto donde se localiza el perfil, identificado con las siglas CU-1, las coordenadas geográficas son $24^{\circ} 42' 28.0''$ N y $103^{\circ} 30' 51.3''$ W, a una altitud de 2,085 msnm (Figura 4).

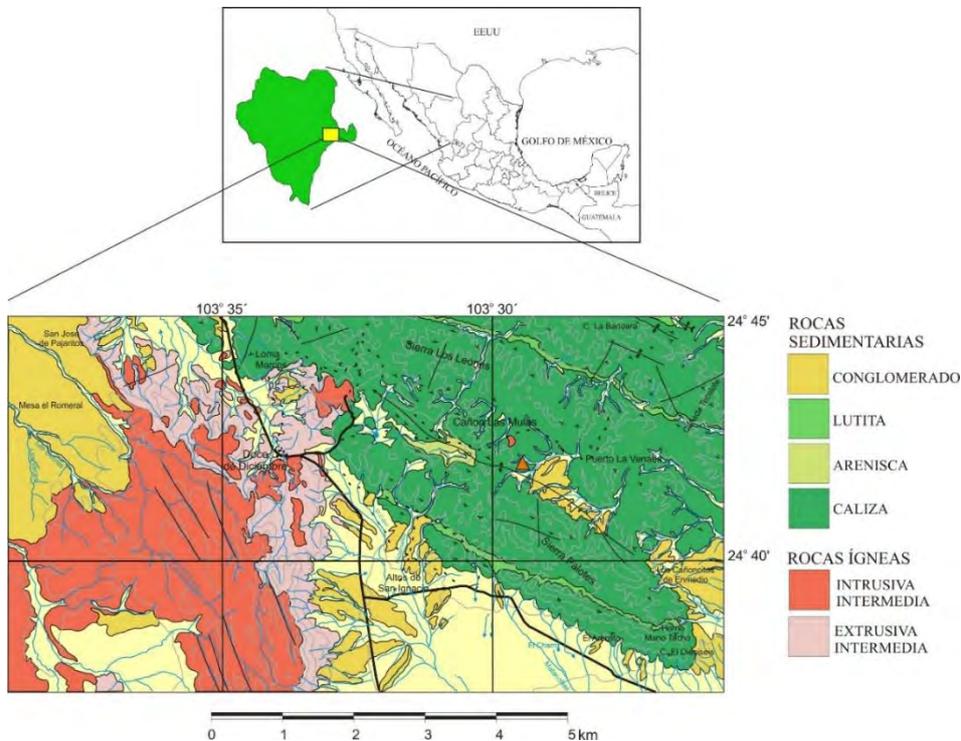


Figura 4. Mapa de localización geográfica y mapa geológico del perfil Cuencamé 1 (CU-1) (triángulo naranja). Extraído de la Carta Geológica Doce de Diciembre G13D65 Durango, escala 1: 50,000.

3.1.4. Puerto Piñones (PP-1)

El último perfil estudiado es Puerto Piñones, el cual aflora en la Sierra de Piñones, perteneciente al Anticlinal de Buñuelos, en el estado de Coahuila. La sección se localiza al sur de la Ciudad de Saltillo, específicamente se ubica en la ladera del ferrocarril que va de Saltillo a Concepción del Oro, a 5 km de la estación ferroviaria Carneros. Las coordenadas geográficas son $25^{\circ} 02' 4.8''$ N y $101^{\circ} 03' 22.4''$ W, y está a 2,015 msnm, el afloramiento pertenece a rocas que pertenecen a las formaciones La Casita/La Caja (Figura 5).

La zona de estudio está bien comunicada por diversas carreteras principales y secundarias. Para acceder al afloramiento se toma la carretera federal No. 57 con destino a la Ciudad de Saltillo, Coahuila; al llegar al entronque que va a General Cepeda, se dirige hacia el Oeste hasta conectar con el cruce de la carretera federal No. 54 que conduce a Concepción del Oro, Zacatecas y en el kilómetro 304 de esta carretera se accede a una terracería con dirección al este hasta entroncar con las vías del tren.

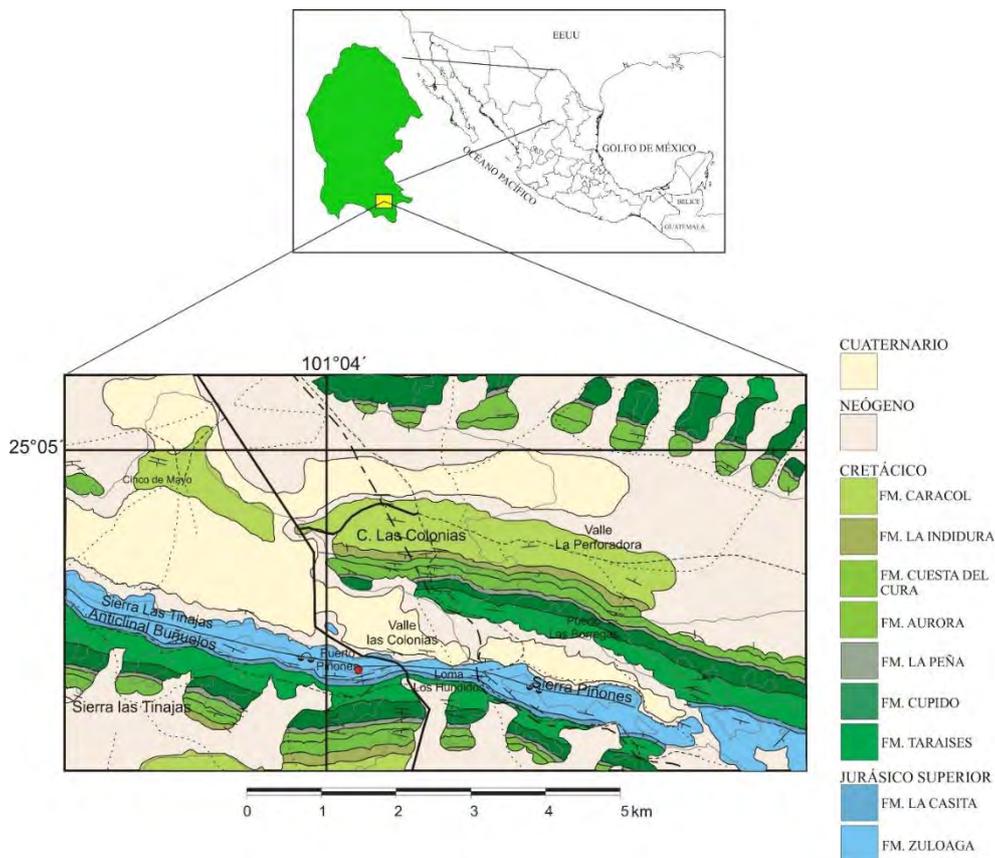


Figura 5. Mapa de localización geográfica y mapa geológico con la ubicación del perfil Puerto Piñones - PP-1 (pentágono rojo). Extraído de la Carta Geológico-Minera Agua Nueva, Coahuila, G14-C43, escala 1: 50,000.

3.2. Marco Geológico del Noreste de México

Todas las localidades estudiadas se ubican en la parte interna de la Sierra Madre Oriental, la cual es una de las principales cordilleras del país, que se extiende en la parte Este de la República Mexicana, abarcando desde la frontera estadounidense hasta las inmediaciones con Guatemala (De Cserna, 1956).

El término Sierra Madre Oriental designa un rasgo orográfico, fisiográfico, morfoestructural formado por un macizo montañoso, rugoso, angosto y alargado, situado en el oriente de la República Mexicana, emergiendo de la planicie costera del Golfo de México, con cumbres que sobrepasan los 2,500 msnm, descendiendo de altura hacia el poniente, pasando a un extenso altiplano situado en el centro del país (Eguiluz *et al.* 2000).

Durante el Jurásico tardío, los cambios eustáticos registrados durante la formación del Golfo de México se han manifestado como etapas periódicas de *rifting* y extensión continental, permaneciendo aislada temporalmente del Reino Europeo y del Pacífico, con el bloque de Florida ubicado al este y el Arco Magmático de Sinaloa al oeste, formando barreras (para más citas consultar Zell *et al.* 2014), lo que propició secuencias sedimentarias compuestas principalmente por sedimentos siliciclásticos de ambientes costeros, depósitos evaporíticos de sabkha, y depósitos de carbonatos tanto de ambientes de plataforma somera y profunda, como en complejos arrecifales (Goldhammer 1999; González-Sánchez *et al.* 2007).

Los principales elementos tectónicos originados en esta región durante la etapa de *rifting* comprenden altos de basamento, entre los que destacan la Península de Coahuila, la cual se ubicó al noroeste de Saltillo, aportando grandes cantidades de sedimentos terrígenos hacia la parte interna del mar epicontinental (Zell *et al.* 2014), así como la Península de Burro-Peyotes, la Península de Tamaulipas, y las Islas de La Mula y Monclova, así como bloques bajos de basamento que conforman la Cuenca de Sabinas.

3.3. Estratigrafía del área de estudio

Como ya se mencionó en el apartado de localización geográfica, este trabajo se enfocó en el análisis de cinco afloramientos ubicados en el noreste del país, y

litoestratigráficamente los afloramientos estudiados son parte de las formaciones La Caja y La Casita, a continuación, se describe la estratigrafía de cada una de ellas.

3.3.1. Formación La Caja

La Formación La Caja fue definida por Imlay (1938), designando como localidad tipo la Vereda del Quemado, en el flanco meridional de la Sierra de la Caja, al norte de Mazapil, Zacatecas. En donde presenta un espesor de 83 m de calizas limolíticas color ocre blanquecino, estratos de pedernal, limolitas calcáreas con pedernal, calizas arcillosas fosfatadas, calizas grises a rojizas y limolitas calcáreas con concreciones fosilíferas.

Materiales pertenecientes a la Formación La Caja fueron considerados de edad Kimmeridgiano-Tithoniano (Burckhardt, 1906b; Rogers *et al.* 1961; Córdoba-Méndez, 1964; Verma y Westermann, 1973); posteriormente se ha reconocido su extensión al Berriasiano inferior (Villaseñor, 1991; Olóriz *et al.* 1996; De la Mora *et al.* 1999a, 1999b, 2000; Olóriz *et al.* 1999; Villaseñor *et al.* 2000, 2012; Barboza-Gudiño *et al.* 2004; Eguiluz *et al.* 2012, Zell *et al.* 2013, 2016). López-Palomino (2015) aportó una revisión de la información existente de la Formación La Caja, destacando variaciones litológicas regionales y las subdivisiones propuestas (Verma y Westermann, 1973; Pessagno *et al.* 1999). Litologías reconocidas son calizas y margas de estratificación delgada, calcarenitas, areniscas bituminosas, limolitas calcáreas, lutitas más o menos calcáreas, fosforitas y horizontes con concreciones calcáreas y calcáreo-fosforíticas de dimensiones centimétricas a métricas. Intercalaciones de horizontes silíceos son más frecuentes en la parte superior. El contenido macropaleontológico incluye cefalópodos, gasterópodos, bivalvos, braquiópodos, serpúlidos, peces, reptiles y madera.

Los afloramientos Cañón de San Matías y Cañada Las Bocas (Figura 2) se encuentra en la Sierra de Santa Rosa. El contacto entre las formaciones La Caja y la subyacente Zuloaga representa localmente una paraconformidad (Sierra de Santa Rosa, Zac, observaciones inéditas de Olóriz y Villaseñor, 2018) o una disconformidad (Sierra de Catorce, S.L.P., Olóriz *et al.* 1997, 1999; Sierra El Jabalí, Coah, Velasco-Segura, 2005; Sierra Santa Rosa, Zac, Villaseñor *et al.* 2015; Pto. Piñones, Coah, (*com pers* Olóriz y Villaseñor, 2017). En ambos casos el contacto incluye una laguna estratigráfica que abarca el Oxfordiano terminal y Kimmeridgiano basal, y se relaciona con la inundación del sistema de plataforma del Grupo Zuloaga y equivalentes en la periferia norte de la Cuenca del Golfo

de México (Olóriz *et al.* 2003b; Villaseñor *et al.* 2012; y referencias incluidas), o bien es intra-Kimmeridgiano basal de acuerdo con la reciente reinterpretación del límite Oxfordiano-Kimmeridgiano (Wierzbowski *et al.* 2016). El contacto superior del Grupo La Casita (formaciones La Casita-La Caja) con la Formación Taraises es paraconforme, si bien aún no es posible precisar sobre la posibilidad de disconformidades y la continuidad o discontinuidad del registro microestratigráfico a nivel local (Olóriz *et al.* 2003b). La edad de este contacto ha sido interpretada a diversos niveles del Berriasiano (Adatte *et al.* 1991, 1992, 1996; González-Arreola *et al.* 1992; Olóriz *et al.* 2003b; y referencias incluidas) frente a interpretaciones anteriores que lo situaban en el Tithoniano superior (revisión en González-Arreola *et al.* 1992; Olóriz *et al.* 2003b y referencias incluidas). El relevo de sucesiones del Grupo La Casita (formaciones La Casita y La Caja) por sedimentos más carbonatados ha sido relacionado con un pulso de reorganización en la cuenca del Golfo de México y mejora de las conexiones oceánicas (Adatte *et al.*, 1996; Olóriz *et al.* 2003b; Cobiella-Reguera y Olóriz, 2009). Intercalados entre dos intervalos carbonatados de significado claramente diferenciado, los materiales del Grupo La Casita representan una secuencia tectono-eustática de segundo orden (TES II/III en Olóriz *et al.* 2003b) que constituye una fase en la evolución geológica de la Cuenca del Golfo de México.

Longoria (1984) expuso la variación en las interpretaciones sobre la profundidad de depósito para varias formaciones jurásicas en México, entre ellas la Formación La Caja. Para Goldhammer (1999, p. 25), la porción Kimmeridgiana de la Formación La Caja representaría la parte profunda de la rampa de la Formación Olvido, y el intervalo del Tithoniano al Berriasiano medio el equivalente de la Formación La Casita en la cuenca. De la Mora *et al.* (1999a, 1999b, 2000) interpretaron las condiciones eco-sedimentarias para la Formación La Caja en el perfil MZ-3 en el Cañón de San Matías, Zacatecas. A partir del análisis sedimentológico y de asociaciones de macrobentos, identificaron depósitos de grano fino en plataforma media a externa de baja energía, con niveles de oxigenación disaeróbica/poikiloaeróbica en los fondos, alto nivel de nutrientes, sometida a episodios de estrés ecológico y de mayor oxigenación, y bajo la influencia de frentes de tormentas distantes con erosión incipiente o menor, efectos de eventos intempestivos y retrabajamiento limitados, y producción de acumulaciones parautóctonas a manera de pavimentos con promediados temporales intra-hábitat. En términos paleoambientales de ámbito regional, Olóriz *et al.* (2000) interpretaron ambientes neríticos de baja energía

mostrando un gradiente deposicional N-S de depósitos siliclásticos (Formación La Casita) a carbonatados (Formación La Caja), profundidades de decenas de metros para intervalos con bivalvos y ammonites dominantes, limitaciones paleoambientales (ecológicas) como posibles factores incidentes en la alteración local de rangos bioestatigráficos, inundaciones episódicas que mejorarían las limitadas conexiones con masas de agua de mar abierto, e inestabilidad de fondos relacionada con actividad tectónica.

Barboza-Gudiño *et al.* (2004) en el área de Real de Catorce señalan que la Formación La Caja pudo depositarse posiblemente en un ambiente nerítico del mar abierto de acuerdo con la asociación faunística encontrada en dicha localidad, y que probablemente el depósito se llevó a cabo bajo condiciones de buena oxigenación a una profundidad moderada (50 a 70 m).

Pessagno y Martin (2003) interpretaron una evolución paleobatimétrica comparable para todos los remanentes corticales dispersos de su terreno San Pedro del Gallo, con profundidades neríticas de plataforma interna durante el intervalo Calloviano-Oxfordiano temprano, de plataforma externa durante el Oxfordiano tardío, y batiales-abisales por encima de la ACD desde el Kimmeridgiano temprano hasta el final del Cretácico debido a un enfondamiento brusco (abisal superior; Pessagno y Martin, 2003, fig. 4). El contexto de evolución paleoambiental quedaría ligado a desplazamientos corticales relacionados con el denominado *Walper Megashear*, incluyendo desplazamientos desde latitudes ca. 40°N durante el Oxfordiano a nor-tethysianas (>22°N a <30°N) en el Cretácico temprano. En dicho contexto se depositaron la Caliza Zuloaga y la Formación La Caja sobre la base de sus asociaciones de radiolarios y microfósiles, interpretando apariciones bruscas de los primeros como indicadoras de cambios paleobatimétricos relevantes (p.ej., de plataforma interna a externa), asumiendo condiciones de lodos de radiolarios – *radiolarian ooze* – para horizontes silíceos de la Formación La Caja. Según estos autores (p. 54, 62), el depósito de la Formación La Caja en el área de Mazapil, durante el Jurásico tardío y el Cretácico temprano, ocurrió en profundidades abisales superiores o quizá en profundidades batiales inferiores, por arriba del nivel de compensación de la aragonita.

3.3.2. La Formación La Casita

El nombre de la Formación La Casita fue introducido por Imlay para designar algunos estratos que sobreyacen a la Formación La Gloria y están cubiertos por la Formación

Taraises en la parte central de la Sierra de Parras (Imlay, 1936, p. 600). Está cubierta por la Formación Carbonera (Imlay, 1943, p. 1489; 1944, p. 1166), y se ha identificado en las Sierras de Mapimí y de Jimulco; en el Anticlinorio de Arteaga, la Formación La Casita sobreyace a la Formación Zuloaga y tiene su localidad tipo en el estado de Coahuila, en el Cañón de la Casita, aproximadamente a 16 km al sur del poblado de General Cepeda.

En la Formación La Casita se diferencian dos miembros; el inferior que consiste en areniscas grises conglomeráticas y areniscas friables que contienen braquiópodos, bivalvos y belemnites; el miembro superior consiste principalmente en lutitas de color gris oscuro y negro, intercaladas con areniscas conglomeráticas y con unos horizontes de calizas arenosas y nódulos lenticulares de caliza, algunos de los cuales presentan ammonites. Las areniscas frecuentemente poseen estratificación cruzada (*cross-bedding*) (Imlay, 1938; p. 1683). Kellum (1932, p. 547) en la Sierra de Jimulco, reportó horizontes yesíferos en la parte superior de esta unidad; mientras que Böse (1923, p.130) los encontró en la parte inferior al este de Ciénega del Toro. También ha sido identificada en el este de Chihuahua, este de Durango, sur y centro-oriente de Coahuila, en el Sur de Nuevo León, suroeste de Tamaulipas, entre otros (Imlay, 1943, 1953; McLeroy y Clemons, 1965; Fortunato y Ward, 1982; Eguiluz *et al.*, 2000; Lawton y Molina-Garza, 2014).

De acuerdo con Adatte *et al.* (1991, 1992, 1993, 1994, 1996), la Formación La Casita en el noreste alcanza la base del Berriasiano, lo contrario a lo que había propuesto Cantú-Chapa (1980, 1989) con respecto a que el límite Jurásico-Cretácico se encontraba justo en el límite de las Formaciones La Casita y Taraises.

Olóriz *et al.* (2003b) interpretaron al Grupo La Casita como resultante del relevo de un sistema de plataforma carbonatada (Grupo Zuloaga) por incremento de aporte siliciclástico (Formación La Casita en posición proximal y Formación La Caja distal) relacionados con la reactivación tectónica regional y cambios en la subsidencia y fluctuaciones en el nivel relativo del mar.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Trabajo de campo

Se realizaron tres salidas de campo con el objetivo de recolectar la información litológica, sedimentológica, tafonómica y bioestratigráfica detallada de los cinco perfiles seleccionados para este estudio. La primera salida a campo se llevó a cabo del 25 de abril al 04 de mayo del año 2011, abarcando los cinco perfiles; la segunda salida, realizada del 30 de agosto al 02 de septiembre de 2012 sólo se realizó trabajo de campo en el Perfil Cañón de San Matías (MZ-3) y la tercera salida, fue del 04 al 07 de septiembre del 2015, donde se visitaron los cinco perfiles.

Al realizar el levantamiento de cada columna, se identificó cada estrato donde se recolectó material con una numeración estratigráficamente ascendente. Se consideraron los datos litológicos, espesor y tipo de contactos. Las características sedimentológicas son útiles debido a que cada concentración de conchas presenta dimensiones físicas, estratos que las infra y suprayacen, geometría o forma, y sobre todo características litológicas o complejidad interna, y contactos físicos (abruptos, gradacionales, intercalados) relacionados con los depósitos circundantes menos fosilíferos (Kidwell, 1991).

El muestreo se realizó bajo un estricto control estratigráfico y se tomaron muestras de mano para el estudio sistemático paleontológico, de microfacies y tafonómico. Las muestras de mano para microfacies se tomaron a cada cambio litológico y se elaboraron secciones delgadas para su estudio petrográfico y microfacial. Se recolectaron bloques de cada estrato con concentración de conchas, así como de los estratos que infrayacen y suprayacen, aunque no tuvieran concentraciones de conchas. Todas con el fin de ser pulidas en todas sus superficies para el estudio tafonómico, y así definir el grado de empaquetamiento, y observar si existía un acomodo bidimensional de los restos fósiles.

4.2. Trabajo de Laboratorio

4.2.1. Descripción litológica de las concentraciones fosilíferas

Debido a que el estudio de las concentraciones conlleva el análisis de los horizontes fosilíferos (concentraciones) en su contexto estratigráfico, es importante realizar una

aclaración sobre los términos empleados en la descripción, esto con el fin de evitar confusiones, por lo que en este apartado se siguieron los lineamientos empleados por López-Caballero *et al.* 2018 (para detalle consultar el trabajo referido).

El término **nivel** fue utilizado para hacer referencia a un **intervalo estratigráfico de litofacies constante y espesor variable (p. ej., limolitas gris-rosadas)**, situado por encima de los depósitos fosilíferos más carbonatados, conformado por unidades elementales de depósito de escaso espesor (estratificación muy fina a laminar) y agrupadas irregularmente en cuerpos sedimentarios compuestos, tabulares y de espesor variable.

Mientras que el término **estrato se restringe a niveles de roca carbonatados con mayor o menor diferenciación interna, fácilmente reconocibles en el afloramiento** y que se depositó en un intervalo de tiempo concreto, quedando delimitado por superficies de estratificación. por tanto, se consideran niveles guía.

El término **horizonte** se refiere a **cada una de las subdivisiones, fosilíferas o no, identificadas dentro de un estrato**, tal como este término ha sido considerado, **o bien a una unidad elemental de depósito en el interior del “nivel” limolítico**, además de que el término “horizonte” no es sinónimo de biohorizonte u horizonte bioestratigráfico.

En las muestras de mano que fueron pulidas (Tabla 1) se realizaron observaciones sobre el arreglo y la biofábrica de los restos, con el objetivo de observar el arreglo de los bioclastos.

Aunado a este análisis se realizó el estudio petrográfico de láminas delgadas, elaborándose 137 láminas delgadas siguiendo la metodología tradicional para este tipo de muestras (ver Tabla 1), donde se determinó la abundancia y clasificación de los componentes por campo de observación; para estimar la abundancia de granos y matriz se utilizaron cartas de estimación visual por porcentajes, realizándose las observaciones en un microscopio petrográfico marca Olympus.

Perfil	Superficies pulidas	Láminas delgadas	Muestras carbón total (CT)
Cañón de San Matías (MZ-3)	26	36	13
Cañada Las Bocas (MZ-5)	34	42	15
Cañón del Toboso (TO-1-C)	16	30	10
Puerto Piñones 1 (PP-1)	8	13	7
Cuencamé 1 (CU-1)	4	16	8
Total	88	137	53

Tabla 1. Número de muestras de mano y láminas delgadas estudiadas por perfil

4.2.2. Preparación de material para el estudio taxonómico

El material fósil recolectado se limpió de manera habitual en paleontología de macroinvertebrados y se catalogó para su identificación y estudio. Rotulándolo con las siglas del perfil y el estrato de procedencia. En los ejemplares donde se observó la sutura se sometieron a un baño controlado con HCl diluido al 10%, para eliminar el exceso de concha. Una vez con el material preparado, se procedió al estudio taxonómico.

4.2.3. Caracterización del material para análisis de carbono total (CT) y carbono inorgánico total (CIT)

El muestreo para realizar el análisis de carbono se enfocó a los niveles que contenían las acumulaciones fosilíferas, así como los niveles encajonantes (ver Tabla 1). Las muestras fueron molidas empleando un mortero de ágata hasta alcanzar un tamaño menor a 75 μm . El análisis se realizó utilizando un equipo HiperTOC solid analyzer de marca Thermo

Scientific en el Laboratorio de Paleoambientes, del Instituto de Geología, UNAM, el cual requiere entre 20 y 30 mg por muestra.

La cantidad de CT fue cuantificada mediante la combustión de la muestra, localizada en un portamuestra de cuarzo de 980 °C. El CO₂ liberado fue medido mediante un detector de sensores infrarrojos. La cantidad de CIT se determinó por medio de la acidificación de la muestra al 10% de ácido fosfórico (H₂PO₄)₂ lo cual provocó la emisión de CO₂ con la reacción del ácido y los carbonatos presentes en la muestra.

El contenido del COT se obtuvo mediante la diferencia de los valores del CT con respecto al CIT, expresándose los valores en porcentaje del peso.

4.3. Trabajo de gabinete

4.3.1. Descripción tafonómica de las concentraciones fosilíferas

En la realización de los estudios tafonómicos se han considerado una serie de rasgos en los elementos registrados, así como en las asociaciones que conforman, son los llamados caracteres tafonómicos (Brandt, 1989; Speyer y Brett, 1988; Brett, 1995; Olóriz *et al.* 2002b), por lo que su evaluación, así como la composición taxonómica, se consideran para inferir los procesos bioestratinómicos que pudieran dar información acerca de los agentes involucrados en el tipo de concentración (Kidwell *et al.* 1986; Kidwell, 1991; Fürsich y Oschmann, 1993) y de las condiciones de depósito. En campo se tomaron datos de orientación de los restos, grado de empaquetamiento, y se complementaron con el análisis en el laboratorio de las superficies de corte obtenidas en los bloques de roca suficientemente carbonatada (estratos) y con concentraciones fosilíferas para conocer su acomodo tridimensional.

Se analizaron un total de 5,148 restos fósiles, donde se evaluaron los siguientes rasgos tafonómicos:

Tamaño de los restos

Después de la muerte un esqueleto se comporta como una partícula sedimentaria y es movido y seleccionado con respecto a la capacidad de transporte del medio debido a

corrientes, olas o mareas. El tamaño puede ser un efectivo indicador de la capacidad del flujo. Para el estudio del tamaño de los restos se consideró conjunta y separadamente ejemplares completos y fragmentados. Asimismo, se estudió el tamaño de los restos en el total de cada asociación registrada y, por otra parte, se tuvo en cuenta el tamaño más frecuente.

Estableciéndose una distribución de tamaños de los ejemplares de acuerdo con cuatro rangos o clases de tamaño (<30 mm; 30-60 mm;>60-90 mm y >90 mm).

Orientación dentro del estrato

Luego de la muerte, los restos esqueléticos pueden ser enterrados *in situ* o transportados y orientados de acuerdo con sus propiedades hidrodinámicas. Los esqueletos fósiles en posición de vida indican enterramiento rápido, ya sea por estar sujetos a un sustrato firme o muerte *in situ* de organismos infaunales. Las partes duras tienden a orientarse con su eje mayor paralelo a corrientes unidireccionales en ambientes dominados por corrientes, y perpendiculares a las olas en fondos dominados por oleaje. El grado de orientación está relacionado tanto a la energía del ambiente como a la densidad y forma de los elementos esqueléticos y se utiliza en la interpretación de la energía del ambiente, paleocorrientes, oleaje, etc. De acuerdo con el grupo taxonómico se reconocen grandes diferencias. La orientación se evaluó en dos aspectos, si las observaciones son en planta (unimodal o bimodal) (Kidwell *et al.* 1986) o si son en sección transversal se evaluaron tres posiciones: horizontal (paralela o menor a 10°), inclinada (con una inclinación de 11° a 79°) y vertical (perpendicular o mayor a 80°) (Olóriz *et al.* 2002b).

Fragmentación

La ruptura de los esqueletos o conchas es usualmente un buen indicador de alta energía, resultado ya sea de la acción de olas, corrientes, mareas o vientos. La fragmentación también puede ser causada por otros organismos por medio de la depredación.

Se considera que un resto ha sufrido fragmentación, cuando se reconocen fragmentos que corresponden a la ruptura o fracturación. De manera general se establecen tres niveles: alto, medio y bajo. El alto grado de fragmentación (GFA) se ha definido como la existencia de un fragmento que es un representativo muy pequeño del organismo, afectando la forma y

dimensión del organismo completo. El bajo grado de fragmentación (BGF) significa que la fragmentación no afecta la forma o tamaño original del organismo, encontrándose casi completo. El grado de fragmentación medio (GFM) es el término medio entre los dos niveles anteriores. Y se calculó el índice de fragmentación (*sensu* Olóriz *et al.* 2002b);

$$IF = [(nGFA \times 100) + (nGFM \times 50) + (nGFB \times 1)] / N$$

Corrasion

El término *corrasion*, acuñado por Brett y Baird (1986), ha sido utilizado en referencia a la degradación general de los restos debida a una combinación variable de abrasión, bioerosión y disolución, y dada la dificultad de diferenciar individualmente estos tres procesos en restos fósiles desgastados. El efecto de los procesos de *corrasion* es la pérdida de ornamentación.

En cuanto al grado de *corrasion* se ha diferenciado entre alto, medio y bajo, dependiendo de la intensidad y proporción de superficie/volumen del ejemplar desgastado. Se considera grado de *corrasion* alto (GCA) cuando el desgaste del resto es superior al 60%, grado de *corrasion* bajo (GCB) cuando el desgaste es inferior al 10%, y grado de *corrasion* medio (GCM) al situado entre 10 y 60%.

El índice de *corrasion* (IC), fue definido por Olóriz *et al.* (2002b) para expresar el grado de *corrasion* de un conjunto de ejemplares, éste puede variar de 0 a 100, y puede expresarse como un porcentaje. Se calcula como la suma de los productos resultantes de multiplicar el número de ejemplares (n) que presentan los distintos grados de *corrasion* x 100 (GCA) x 50 (GCM) x 1 (GCB), dividida entre el número total de ejemplares considerado (N), incluidos aquellos que no presentan *corrasion* y se expresa así:

$$IC = \frac{[(nCGA \times 100) + (nGCM \times 50) + (nGCB \times 1)]}{N}$$

Articulación / Desarticulación

Aquellos esqueletos formados por diversas partes articuladas se pueden desarticulan luego de la muerte del organismo. Por ejemplo, en bivalvos, la desarticulación aumenta por la tendencia de las valvas a abrirse cuando el ligamento se contrae al dejar de

funcionar los músculos aductores. De tal forma que los esqueletos articulados indican un enterramiento rápido o la remoción del esqueleto de la zona tafonómica activa (TAZ).

Una vez que comienza el decaimiento, la acción de las corrientes y olas ayuda al proceso de desarticulación, lo mismo que la acción de carroñeros y bioturbadores.

4.3.2. Caracterización del empaquetamiento

Para caracterizar el empaquetamiento se reconocieron diferentes rangos de concentración y tipo de preservación, asignándoles las siguientes siglas: **ER** (ejemplares recristalizados) y **EL** (ejemplares limolíticos). Se reconocieron seis grados de empaquetamiento (0 a 4 y un intermedio, 0.5), principalmente para los ejemplares recristalizados, ya que son los que mejor evidencian las concentraciones fosilíferas, puesto que los moldes internos dominantes en las limolitas revelan una compactación considerable. Estos tipos de empaquetamientos se definieron de la siguiente manera:

- i. ER0 - EL0.- sin macrofósiles observables, (Figura 6) y EL0.5 refieren a empaquetamiento flotado, o de restos aislados en la matriz, a veces mostrando alineaciones discontinuas (Figura 6).
- ii. ER1 - EL1.- flotado laminar (láminas individualizadas, con espesor 0.3 cm en la matriz; Figura 6C).
- iii. ER2.- flotado laminar con enclaves de orientación caótica (acumulación puntual de restos en disposición caótica; Figura 6D).
- iv. ER3.- denso laminar (restos en contacto, 1.5 cm de espesor, Figura 6E).
- v. ER4.- denso laminar con orientación caótica (espesor de 4 cm; Figura 6F).

Tipos de empaquetamiento

ER0 / EL0- Sin Macrofósiles observables
ER0.5 / EL0.5- Flotado

ER1 / EL1 - Flotado laminar
ER2 / EL2 - Flotado laminar con
enclaves de orientación caótica

ER3 / EL3 - Denso laminar
ER4 / EL4 - Denso laminar con
enclaves de orientación caótica

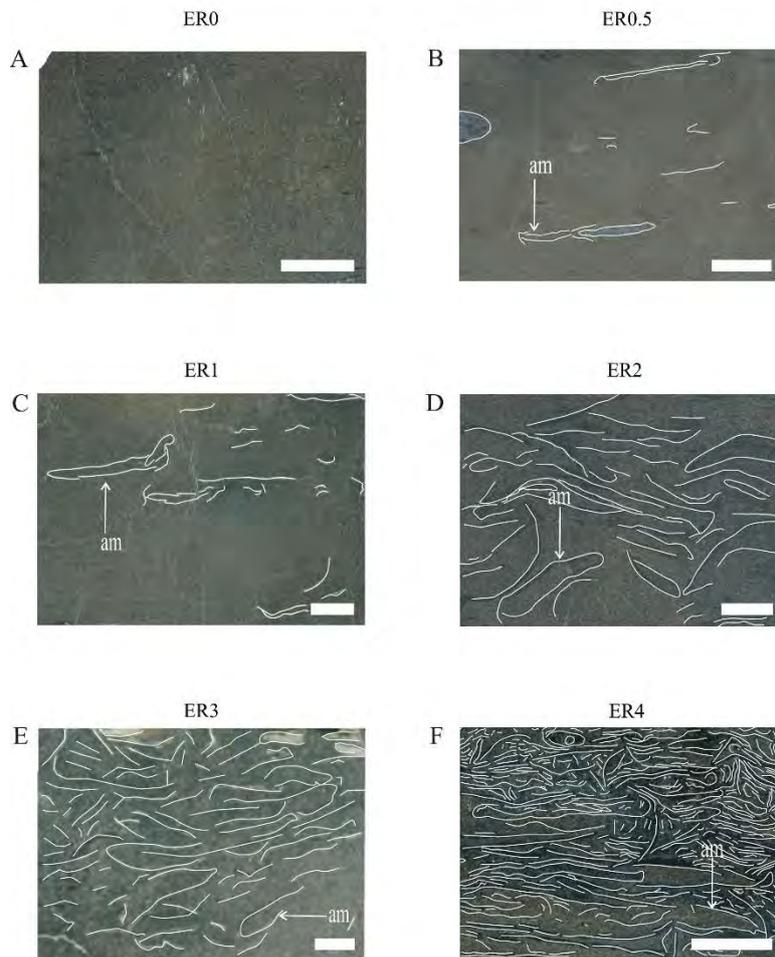


Figura 6. Seis tipos de empaquetamiento -0 a 4 y un intermedio, 0.5. Nótese bioclastos disueltos reconocibles por el relleno insoluble (tonalidades claras en C y E). Flechas blancas para indicar ammonites (am). Barra 1 cm. Las imágenes fueron editadas digitalmente para resaltar los rasgos de la fábrica y empaquetamiento.

4.3.3. Elaboración de gráficos

Posteriormente se elaboraron las figuras de las columnas estratigráficas en el programa CorelDraw, buscando resaltar lo más fielmente posible todos los rasgos observables en campo, tanto la composición litológica, como la geometría de los cuerpos rocosos y la presencia/ausencia de los bioclastos, su arreglo y distribución dentro de los estratos, además del tipo de conservación, éste rasgo fue muy visible en campo, ya que se observaron bioclastos recristalizados y no recristalizados.

4.3.4. Parámetros mensurables en la fauna de ammonites

Debido al carácter bioestratigráfico y tafonómico de este trabajo la fauna de ammonites, -dado su valor bioestratigráfico- fueron estudiados detalladamente para poder constreñir la edad de los niveles con acumulaciones fosilíferas. Para poder hacer la asignación sistemática se consideran parámetros mensurables (Figura 7).

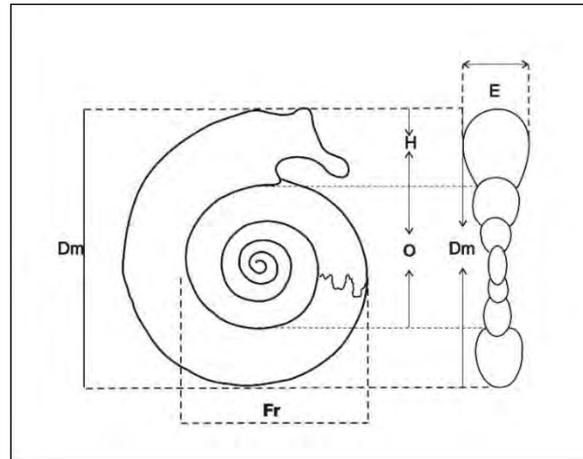


Figura 7. Parámetros mensurables necesarios para el estudio sistemático de la fauna de ammonites.

En las tablas se usan las siguientes abreviaturas: Dm (diámetro máximo en milímetros), Fr (fragmacono), O (diámetro umbilical en milímetros), H (altura de la vuelta en milímetros), E (espesor de la vuelta); O/D (grado de involución), H/D (radio altura/diámetro), CU (No. costillas umbilicales), CU/2 (No. costillas umbilicales por media vuelta), CU/4 (No. costillas umbilicales por cuarto de vuelta), CE (No. costillas externas), CE/2 (No. costillas externas por media vuelta), CE/4 (No. costillas externas por cuarto de vuelta), los números remarcados y subrayados significan medidas aproximadas.

5. RESULTADOS

5.1. Sistemática Paleontológica

Phylum *MOLLUSCA* Linné, 1754

Clase *CEPHALOPODA* Cuvier, 1798

Orden *AMMONOIDEA* Zittel, 1884

Suborden *AMMONITINA* Hyatt, 1889

Superfamilia *HAPLOCERATACEAE* Zittel, 1884

Familia *HAPLOCERATIDAE* Zittel, 1884 *sensu* Ziegler, 1974

Subfamilia *HAPLOCERATINAE* Zittel, 1884 *sensu* Ziegler, 1974

Género *HAPLOCERAS* Zittel, 1881

Diagnosis. Formas de concha lisa o con ornamentación muy débil. La región ventral puede presentarse con hendiduras, pliegues, cóstulas o desprovista de ornamentación. Son de tamaño y ombligo variables. La sección de la vuelta es redondeada, rectangular u ovalada. La línea de sutura no muy compleja destaca el desarrollo de la primera silla lateral. Peristoma simple o sinuoso.

Haploceras cf. *transatlanticum* Burckhardt, 1906b

(Lámina1, Figura 1A)

Sinonimia.

1906b *Haploceras transatlanticum* Burckhardt, p. 83, lám. 21, figs. 1-8; 13-15.

1973 *Haploceras transatlanticum* Burckhardt - Verma y Westermann, lám. 26, fig. 1.

1988 *Haploceras transatlanticum* Burckhardt - Contreras-Montero *et al.* lám. 3, fig. 1.

1989 *Haploceras transatlanticum* Burckhardt - Myczynski, p. 82, lám. 1, fig. 3; lám. 12, fig.3b.

1991 *Haploceras transatlanticum* Burckhardt - Villaseñor, p. 26, lám. 1, figs. 1 y 2.

2006 *Haploceras transatlanticum* Burckhardt - López-Gómez, p. 49, lám. 1, fig. 2.

Perfiles y estratos. MZ-3: 14Fbase, 14F media, 14F cima, 15 cima. MZ-5: 129 base, 129 cima, 130 base, 130 media.

Descripción. Concha de tamaño mediano a grande. Con un ombligo pequeño, con borde umbilical redondeado. Flancos amplios, subredondeados y convergentes en la región ventral. En el flanco se aprecian costillas muy finas, tipo estrías sinuosas, las cuales describen una ligera curvatura hacia delante y se inflexionan enseguida hacia atrás sobre la parte externa del flanco.

Medidas.

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/Dm	H/Dm	
MZ-3	14F base	14Fb-1	32.0	9.0	10.9	0.281	0.341	
			20.8	4.7	9.6	0.226	0.462	
				18.9	4.4	10.0	0.233	0.529
		14Fb-2		<u>22.3</u>	4.3	9.4	0.193	0.422
		14Fb-3		<u>35.6</u>	5.1	21.0	0.143	0.590
				30.6	9.0	12.2	0.294	0.399
		14Fb-4		<u>37.3</u>	10.2	20.8	0.273	0.558
				30.0	8.1	14.2	0.270	0.473
				<u>19.6</u>	5.2	11.2	0.265	0.571
		14Fb-5		37.4	11.1	18.7	0.297	0.500
				30.2	6.8	15.2	0.225	0.503
				30.6	6.3	13.4	0.206	0.438
				<u>27</u>	<u>8.5</u>	10.4	0.315	0.385
		14Fb-6		<u>40.1</u>	<u>12.7</u>	15.3	0.317	0.382
				<u>23.4</u>	<u>6.1</u>	9.1	0.261	0.389
		14Fb-7		31.7	9.4	13.1	0.297	0.413
	14Fb-8		34.1	7.3	19.1	0.214	0.560	
14F media	14Fm-1		37.9	9.6	16.1	0.253	0.425	
	14Fm-2		29.6	6.0	<u>11.0</u>	0.203	0.372	
			23.8	3.7	11.7	0.155	0.492	
			18.3	2.7	8.9	0.148	0.486	
			14.2	2.5	7.1	0.176	0.500	
		14Fm-3		19.4	5.3	7.5	0.273	0.387
	14Fm-4		<u>31.6</u>	<u>9.9</u>	11.1	0.313	0.351	
14F cima	14Fc-1		32.2	8.3	11	0.258	0.342	
	14Fc-2		31.7	8.0	13.3	0.252	0.420	
	14Fc-3		<u>27.7</u>	<u>8.2</u>	13	0.296	0.469	
	14Fc-4		<u>35</u>	8.0	9.8	0.229	0.280	
	14Fc-5		<u>22</u>	6.0	7.6	0.273	0.345	
15 cima	15c-1		27.9	7.0	10.8	0.251	0.387	
			24.2	<u>6.2</u>	<u>10</u>	0.256	0.413	
	15c-2		<u>27.5</u>	7.2	<u>11.5</u>	0.262	0.418	
	15c-3		<u>34</u>	<u>7.5</u>	<u>17.9</u>	0.221	0.526	
	15c-4		<u>35</u>	<u>9.5</u>	<u>15.5</u>	0.271	0.443	
			<u>21.1</u>	<u>6.2</u>	<u>8.2</u>	0.294	0.389	
	15c-5		<u>32.2</u>	6.7	<u>12.3</u>	0.208	0.382	
	15c-6		<u>47</u>	<u>12.1</u>	<u>17.6</u>	0.257	0.374	
	15c-7		29.5	<u>7.1</u>	<u>14</u>	0.241	0.475	
	15c-8		29.3	<u>8.3</u>	<u>13.2</u>	0.283	0.451	
		<u>24</u>	<u>6.1</u>	<u>13.5</u>	0.254	0.563		

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/Dm	H/Dm	
MZ-5	129 base	129b-1	28.3	5.0	10.9	0.177	0.385	
			22.3	4.7	9.6	0.211	0.430	
			129b-2	18.9	4.4	10.0	0.233	0.529
			15	4.2	9.4	0.280	0.627	
			11.3	3.3	8.6	0.292	0.761	
	129b-3	45.6	6.1	21.0	0.134	0.461		
	129 cima	129c-1	42.0	10.0	20.2	0.238	0.481	
			30.6	9.0	12.2	0.294	0.399	
			129c-2	40.7	11.2	20.8	0.275	0.511
			30.0	8.1	14.2	0.270	0.473	
			19.6	5.8	11.2	0.296	0.571	
			129c-3	47.4	11.3	18.7	0.238	0.395
			32.6	9.3	15.2	0.285	0.466	
			30.6	6.3	13.4	0.206	0.438	
			27	8.5	10.4	0.315	0.385	
129c-4			<u>40.1</u>	<u>12.7</u>	15.3	0.317	0.382	
<u>23.4</u>	<u>7.5</u>	9.1	0.321	0.389				
31.7	9.4	13.1	0.297	0.413				
129c-5	44.1	14.2	19.1	0.322	0.433			
37.9	9.6	16.1	0.253	0.425				
29.6	6.0	15.0	0.203	0.507				
130 base	130b-1	23.8	3.7	11.7	0.155	0.492		
		18.3	2.7	8.9	0.148	0.486		
		130b-2	14.2	2.5	7.1	0.176	0.500	
		19.4	5.4	7.5	0.278	0.387		
		<u>31.6</u>	<u>6.7</u>	11.1	0.212	0.351		
	130b-3	32.2	10.6	11	0.329	0.342		
	31.7	7.2	13.3	0.227	0.420			
	130b-4	<u>27.7</u>	<u>7.4</u>	13	0.267	0.469		
	<u>35</u>	10.2	9.8	0.291	0.280			
	<u>22</u>	6	7.6	0.273	0.345			
	130b-5	27.9	8.2	10.8	0.294	0.387		
	24.2	<u>6.2</u>	<u>10</u>	0.256	0.413			
	<u>27.5</u>	7.2	<u>11.5</u>	0.262	0.418			
	130 media	130m-1	<u>34</u>	<u>7.5</u>	<u>17.9</u>	0.221	0.526	
			<u>35</u>	<u>9.5</u>	<u>17.5</u>	0.271	0.500	
<u>21.1</u>			<u>6.2</u>	<u>8.2</u>	0.294	0.389		
130m-2		<u>47</u>	<u>12.3</u>	<u>17.6</u>	0.262	0.374		
29.5		<u>8.5</u>	<u>14</u>	0.288	0.475			
130m-3		<u>24</u>	<u>6.1</u>	<u>8.9</u>	0.254	0.371		

Afinidades y discusión. El material se comparó con los ejemplares que Burckhardt (1906b) y Contreras-Montero *et al.* (1988), resultando similar, tanto en parámetros mesurables como en características morfológicas. Con los ejemplares estudiados por Verma y Westermann (1973), Myczynski (1989) y López-Gómez (2006) no se pudieron hacer comparaciones, debido al estado de conservación del material descrito por los autores mencionados.

Alcance estratigráfico. Arkell *et al.* (1957) señala que el género *Haploceras* se distribuye del Kimmeridgiano al Tithoniano, existiendo otros registros que señalan la presencia de este género a partir del Kimmeridgiano superior (Berckhemer y Hölder, 1959) hasta probablemente el Berriasiano (Olóriz, 1978). Específicamente en México las diferentes especies de este género han sido asignadas al Kimmeridgiano superior por Burckhardt (1906b), Contreras-Montero *et al.* (1988) y Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) asignando la especie *H. transatlanticum* al Kimmeridgiano superior a la Zona Eudoxus. Por su parte Callomon (*in* Hillebrandt *et al.* 1992) a su horizonte M8 de Capas con *Haploceras* ex. gr. *fialar*, lo asigna al Kimmeridgiano superior, específicamente a la Zona Eudoxus.

Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) proponen la asociación de *Coryceras* sin y con *Procraspedites* para el noreste de México, donde incluyen la presencia de *Haploceras transatlanticum* Burckhardt, 1906b. Esta asociación se caracteriza por presentarse típicamente en una caliza negra limolítica, la cual es una clara referencia estratigráfica en áreas del noreste de México, principalmente en la región de Zacatecas-Saltillo y el área de Cuencamé, Durango, también en afloramientos en Coahuila y Nuevo León. En la región de la Huasteca del centro-este de México en estratos de calizas limosas se ha registrado la presencia de dos especies -*Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Procraspedites praecursor* (Burckhardt, 1906b), lo que permite emplear esta asociación para hacer correlaciones en México. Olóriz *et al.* 1998 y Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) propusieron correlacionar con una parte de la Zona Eudoxus de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

En este trabajo se le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Haploceras* spp., *Tarammelliceras* sp., *Tarammelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum*, *Tarammelliceras* (*Metahaploceras*) aff. *costatum*, *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* y *Glochiceras*

(*Coryceras*) aff. *carinatum*, la cual se encuentra en la parte basal o media baja en los diferentes perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Sierra de Mazapil, Zacatecas; Santa María del Oro, Durango y Las Campanas, Hidalgo en México.

Haploceras spp.

(Lámina 1, Figura 1B)

Descripción. Concha pequeña, platicona, involuta, la región umbilical es estrecha y poco profunda, la sección de la vuelta es ovalada, la región ventral es redondeada, la muralla umbilical es pequeña e inclinada, el borde umbilical y los flancos son redondeados. Los flancos se encuentran desprovistos de ornamentación.

Perfiles y estratos. MZ-3: 14F base, 14F media, 14F cima, 15 base, 15 media, 15 cima, 16, 17, 19, 20 y 21. MZ-5: 128, 129 base, 129 cima, 130 base, 130 media, 130 cima, 131, 132, 134 y 134/135. TO-1-C: 1, 4, 5 y 6. CU-1: 2, 3, 4, 5 y 6. PP-1: 11A, 11-1 y 11-9

Medidas.

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/Dm	H/Dm	
MZ-3	14F base	14fb-9	52.1	4.6	23.3	0.088	0.447	
			36.3	4.5	18.9	0.124	0.521	
			14fb-10	32.7	5.6	16.1	0.171	0.492
			25.3	5.0	13	0.198	0.514	
			21.1	4.7	11.5	0.223	0.545	
			14fb-11	18.4	3.6	8.5	0.196	0.462
15 media	15m-1	15m-1	41.2	8.0	19.2	0.194	0.466	
			33.6	8.4	17.7	0.250	0.527	
			26.6	7.5	12.7	0.282	0.477	
			15m-2	31.4	7.6	14.6	0.242	0.465
			20.0	5.9	10.8	0.295	0.540	
			17.0	4.2	11.3	0.247	0.665	
15 cima	15c-9	15c-9	48	15.7	17.6	0.327	0.367	
			34	7.5	15.2	0.221	0.447	
			31.8	7.4	14.8	0.233	0.465	
			18.8	4.8	11.6	0.255	0.617	

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/Dm	H/Dm
		15c-10	39.8	5.1	23.7	0.128	0.595
		15c-11	35.3	11.4	13.0	0.323	0.368
			30.4	9.2	12.9	0.303	0.424
			21.9	5.3	11.4	0.242	0.521
			17.5	4.0	8.4	0.227	0.482
		15c-12	27.0	8.5	12.1	0.315	0.448
			22.7	7.0	11.4	0.306	0.502
			14.8	4.3	7.3	0.294	0.492
			12.3	4.0	5.7	0.322	0.459
	16	16-1	47.3	12.1	21.9	0.256	0.463
MZ-5	129 cima	129c-5	19.5	4.6	8.7	0.236	0.446
			13.4	4.1	6.5	0.306	0.485
		129c-6	24.7	5.1	13	0.206	0.526
			18.9	3.7	9.4	0.196	0.497
		129c-7	22.7	7.2	8.0	0.317	0.352
			13.7	4.0	6.4	0.292	0.467
	129 cima	129c-8	30.0	6.7	15.0	0.223	0.500
	130 cima	130c-1	26.3	7.4	12.2	0.281	0.464
			<u>22.0</u>	4.2	<u>11.1</u>	0.191	0.505
			17.5	3	8.9	0.171	0.509
		130c-2	36.4	7.3	17.6	0.201	0.484
			25.9	7	11.2	0.270	0.432
			16.6	3.8	10.9	0.229	0.657
	132	132-1	<u>58.2</u>	16.5	20.4	0.284	0.351
			<u>38.1</u>	12.5	14.7	0.328	0.386
		132-2	<u>34.5</u>	7.3	15.3	0.212	0.443
			<u>25.9</u>	7.6	<u>10</u>	0.293	0.386
CU-1	4	4-1	<u>30.0</u>	7	<u>15.2</u>	0.233	0.507
			24	5.8	11.3	0.242	0.471
		4-2	<u>26.0</u>	3.4	13	0.131	0.500
			20.6	3.6	9.4	0.175	0.456
			<u>17.0</u>	2.4	<u>9.7</u>	0.141	0.571
		4-3	27.1	3.0	12.8	0.111	0.472
			21.3	3.2	12.1	0.150	0.568
		4-4	<u>18.8</u>	7.3	5.6	0.388	0.298
			15.2	5.2	4.9	0.342	0.322

Afinidades y discusión. Los caracteres descritos, tales como el enrollamiento involuto, sección de la vuelta ovalada y en este caso la ausencia de ornamentación, permiten asignar a los ejemplares al género *Haploceras*, Zittel (1870). Sin embargo, dadas las condiciones

de conservación y la fragmentación del material, se mantiene abierta la asignación específica.

Alcance estratigráfico. Arkell *et al.* (1957) señala que el género *Haploceras* se distribuye del Kimmeridgiano al Tithoniano, existen otros registros que marcan desde el Kimmeridgiano superior (Berckhemer y Hölder, 1959) hasta probablemente el Berriasiano (Olóriz, 1978).

En este trabajo se le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Haploceras* cf. *trasatlanticum*, *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum*, *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) aff. *costatum*, *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* y *Glochiceras* (*Coryceras*) aff. *carinatum*, la cual se encuentra en la parte basal o media baja en los diferentes perfiles estudiados.

Distribución geográfica. El género *Haploceras* se ha registrado en Europa, norte de África, Madagascar, Tanganica, Kurdistán, Cuba. En México se registra en la Sierra de Parras y Sierra de San Miguel, Coahuila; Santa María del Oro y San Pedro del Gallo, Durango; Tamán y Sierra de Catorce, San Luis Potosí; Caborca y Pozo Serna, Sonora; Las Campanas, Hidalgo; Sierra de Mazapil, Zacatecas; Sierra de Ramírez y Sierra de Palotes, Durango, Sierra de Piñones, Coahuila.

Subfamilia TARAMELLICERATINAE Spath, 1928 *sensu* Ziegler, 1974

Género TARAMELLICERAS Del Campana, 1904

Especie tipo *AMMONITES TRACHINOTUS* Oppel, 1863

Diagnosis del género. Conchas discoidales con altura superior a la anchura. Ornamentación de costillas flexuosas que a la mitad del flanco forman un codo característico. La involución es variable. La cámara de habitación ocupa aproximadamente media vuelta de la espira. *Aptychus* de tipo *Lamellaptychus*.

Siempre presenta costillas falciformes, incurvadas fuertemente; la relación costillas internas/costillas externas aumenta en el borde externo por bifurcaciones, geniculaciones o costillas residuales. En algunos grupos se desarrollan costillas marginales arqueadas desde las vueltas internas. En ocasiones la costulación se refuerza a mitad del flanco.

Frecuentemente los tubérculos que ocupan el extremo de las costillas evolucionan ontogenéticamente presentándose redondeados en las primeras vueltas y después alargados tangencialmente. La región ventral muestra una carena en las formas del Calloviano – Oxfordiano, aunque la mayoría presenta tubérculos ventrales. Sin embargo, hay algunas especies con región ventral poco ornamentada. La sutura es similar a la de *Haploceras elimatum* (OPPEL). La línea que la engloba (*sattelgrenze*), puede ser simple por el desarrollo de la silla lateral 1 (tomada de Hölder, 1955).

Taramelliceras sp.

(Lámina 1, Figura 1C)

Descripción. Se presenta la ornamentación característica del género, sin llegar a observar las características necesarias para poder asignarlas a un subgénero.

Sinonimia.

1919-1921 *Oppelia* sp. ind. Burckhardt, p. 1, figs. 6-8, 10.

Perfiles y estratos. MZ-3: 15 media, 15 cima, 16. MZ-5: 130 media, 130 cima, 131. CU-1: 4, 5, 6, 7. PP-1: 11-1, 11-9, 11-13, 11-15, 11-25.

Medidas. Sin medidas.

Descripción. Debido a que son fragmentos no se tiene información acerca del tipo de concha, ni del grado de involución. Sin embargo, si se puede apreciar la ornamentación, la cual está constituida por costillas reforzadas en el último tercio del flanco, formando un arco cóncavo dejando la parte interna del flanco liso, los reforzamientos pueden considerarse como tubérculos externos. No se observa sutura ni apertura.

Alcance stratigráfico. Arkell *et al.* (1957) mencionan que el género tiene un amplio rango que va del Oxfordiano al Kimmeridgiano. Villaseñor (1991) reconoce representantes del género en rocas de una edad del Tithoniano inferior, Zona Hybonotum. López-Gómez (2006) ubica al género dentro del Kimmeridgiano superior, Zona Eudoxus.

En este trabajo se le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Haploceras* cf. *trasatlanticum*, *Haploceras* spp., *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum*, *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) aff. *costatum*, *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum*,

Glochiceras (*Coryceras*) aff. *carinatum*, la cual se encuentra en la parte basal o media baja en los diferentes perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Europa, África, India, Japón, Kenia, Madagascar y México (Coahuila, Hidalgo y Zacatecas).

Subgénero *METAHAPLOCERAS* Spath, 1925

Especie tipo *AMMONITES LINGULATUS NUDUS* Quenstedt, 1849 = *AMMONITES STROMBECKI* Oppel, 1857.

Diagnosis del subgénero. Formas pertenecientes al género *Taramelliceras* que no poseen tubérculos en la región ventral; con tamaño, grado de enrollamiento y ornamentación variables y sin peristoma. Cuando se observa la línea de sutura, ésta presenta una forma envolvente que suele ser de doble inflexión (tomada de Rodríguez-Tovar, 1993).

***Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum* (Burckhardt, 1906b non Quenstedt)**

(Lámina 1, Figura 1D)

Sinonimia.

1906b *Haploceras costatum* Burckhardt, p. 96, lám. 25, figs. 3-5.

1906b *Haploceras* aff. *costatum* Burckhardt, p. 97, lám. 25, figs. 1-2.

1984 *Haploceras costatum* Burckhardt - Imlay y Herman, p. 157, lám. 1, fig. 2.

1991 *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum* Burckhardt - Villaseñor, p.37, lám. 1, fig. 12.

2006 *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) cf. *costatum* Burckhardt - López-Gómez, p. 66, lám. 1, figs. 15-17.

Perfiles y estratos. MZ-5: 130 cima, 131, 132. CU-1: 4. PP-1: 11-9, 11-13, 11-15

Medidas.

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/Dm	H/Dm	E/Dm
MZ-5	130 cima	130c-3	45.0	7.2	19.2	0	0.160	0.427	0.000
			<u>32.0</u>	8.4	19.1	0	0.263	0.597	0.000
		130c-4	<u>33.3</u>	5.2	14.9	0	0.156	0.447	0.000
	131	131-1	34.0	8.6	19.2	0	0.253	0.565	0.000
		131-2	<u>40.2</u>	8.4	19.1	0	0.209	0.475	0.000
			<u>33.3</u>	7.2	14.9	0	0.216	0.447	0.000
	132	132-3	53.8	7.7	29.0	0	0.143	0.539	0.000
			<u>45.0</u>	8.3	24.8	0	0.184	0.551	0.000
		132-4	35.0	7.0	19.2	0	0.200	0.549	0.000
CU-1	4	4-5	25.0	5.1	12.8	0	0.204	0.512	0.000
			19.2	3.5	10.5	0	0.182	0.547	0.000
			13.6	3.1	6.7	0	0.228	0.493	0.000
			10.0	2.7	5.3	0	0.270	0.530	0.000
		4-6	19.7	2.9	11.7	0	0.147	0.594	0.000
			12.4	2.5	10.1	0	0.202	0.815	0.000
			11.7	2.2	6.5	0	0.188	0.556	0.000
			8.1	1.9	5.1	0	0.235	0.630	0.000
		4-7	0.0	0.0	0.0	0	0.000	0.000	0.000
		4-8	<u>44.6</u>	11.2	19.8	0	0.251	0.444	0.000
			<u>36.0</u>	8.8	<u>16.2</u>	0	0.244	0.450	0.000
			27.9	8.1	13.2	0	0.290	0.473	0.000
		4-9	<u>25.8</u>	5.3	12.7	0	0.205	0.492	0.000
			24.5	4.8	11.7	0	0.196	0.478	0.000
			18.4	4.3	9.5	0	0.234	0.516	0.000
			16.0	3.2	7.0	0	0.200	0.438	0.000
		4-10	<u>23.9</u>	4.3	12.7	0	0.180	0.531	0.000
			<u>18.7</u>	3.4	10.3	0	0.182	0.551	0.000
			14.3	3.1	8.4	0	0.217	0.587	0.000
		4-11	16.8	3.0	9.4	0	0.179	0.560	0.000
		4-12	<u>70.0</u>	15.3	<u>32.4</u>	0	0.219	0.463	0.000
			<u>62.6</u>	9.1	<u>30.8</u>	0	0.145	0.492	0.000
			44.4	7.7	22.0	0	0.173	0.495	0.000
			36.6	7.0	19.2	0	0.191	0.525	0.000
		4-13	31.6	3.4	16.3	0	0.108	0.516	0.000
			25.8	3.2	<u>12.9</u>	0	0.124	0.500	0.000
		4-14	55.2	5.1	32.1	0	0.092	0.582	0.000
			<u>40.1</u>	4.7	23.0	0	0.117	0.574	0.000
		4-15	22.7	3.0	13.0	0	0.132	0.573	0.000
			19.0	2.3	10.8	0	0.121	0.568	0.000
		4-16	<u>45.0</u>	12.0	20.1	0	0.267	0.447	0.000
			34.6	4.4	19.3	9.4	0.127	0.558	0.272

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/Dm	H/Dm	E/Dm
			25.2	4.2	13.5	7.3	0.167	0.536	0.290
			22.3	2.7	11.0	5.7	0.121	0.493	0.256
		4-17	59.5	9.0	32.5	10.9	0.151	0.546	0.183
			46.8	7.6	24.3	12.9	0.162	0.519	0.276
			34.7	6.1	20.0	11.5	0.176	0.576	0.331
			32.2	5.4	15.3	8.3	0.168	0.475	0.258
		4-18	<u>67.7</u>	<u>9.5</u>	<u>30.8</u>	0	0.140	0.455	0.000
			63.2	9.3	30.6	19.9	0.147	0.484	0.315
			45.6	7.2	25.2	12.5	0.158	0.553	0.274
			43.6	6.6	22.1	9.9	0.151	0.507	0.227
		4-19	0.0	0.0	0.0	0	0.000	0.000	0.000
		4-20	27.4	3.9	13.3	8.2	0.142	0.485	0.299
			20.2	3.6	11.6	7.9	0.178	0.574	0.391
			10.6	3.3	10.2	6.3	0.311	0.962	0.594
		4-21	50.2	7.6	26.6	0	0.151	0.530	0.000
			40.0	7.1	21.5	0	0.178	0.538	0.000
			34.4	6.9	17.2	0	0.201	0.500	0.000
		4-22	28.8	3.8	14.7	0	0.132	0.510	0.000
			<u>21.2</u>	6.3	11.8	0	0.297	0.557	0.000
		4-23	21	6.5	9	0	0.310	0.429	0.000
		4-24	27.3	4	14.3	0	0.147	0.524	0.000
			22.5	3.8	12.2	0	0.169	0.542	0.000
		4-25	<u>49</u>	6	<u>27.3</u>	12.1	0.122	0.557	0.247
			41.5	5.6	24.1	14.1	0.135	0.581	0.340
		4-26	27.1	3.6	14	8	0.133	0.517	0.295
			21.3	3.5	10.5	6.3	0.164	0.493	0.296
			17.1	3.1	8.7	4.9	0.181	0.509	0.287
		4-27	47	<u>5.3</u>	26.4	0	0.113	0.562	0.000
			36	<u>5</u>	18.9	0	0.139	0.525	0.000
		4-28	24.3	4.7	11.8	0	0.193	0.486	0.000
			19.1	3.7	8.8	0	0.194	0.461	0.000
PP-1	11-9	11-9-1	80.6	28.3	<u>35.0</u>	<u>14.0</u>	0.351	0.434	0.174
			75.8	8.3	41.6	20.8	0.109	0.549	0.274
			66.0	8.2	35.8	19	0.124	0.542	0.288
			49.4	7.3	26.0	13.7	0.148	0.526	0.277
			<u>42.8</u>	5.6	21.7	8.6	0.131	0.507	0.201
		11-9-2	<u>90.0</u>	10.7	<u>33.2</u>	<u>7.0</u>	0.119	0.369	0.078
			76.7	10.3	28.6	16	0.134	0.373	0.209
			59.3	8.6	19.2	14.3	0.145	0.324	0.241
			<u>40.2</u>	8.4	19.1	12.3	0.209	0.475	0.306
			<u>33.3</u>	7.2	14.9	0	0.216	0.447	0.000

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/Dm	H/Dm	E/Dm
		11-9-3	34.0	4.9	18.4	9.8	0.144	0.541	0.288
			<u>25.4</u>	4.7	14.1	8.8	0.185	0.555	0.346
		11-9-4	<u>24.9</u>	2.4	13.1	7.0	0.096	0.526	0.281
			19.0	2.3	9.5	5.5	0.121	0.500	0.289
			15.9	2.1	7.5	4.4	0.132	0.472	0.277
			<u>13.3</u>	<u>1.9</u>	6.4	3.8	0.143	0.481	0.286
11-13		11-13-1	18.8	3.4	10.3	<u>4.1</u>	0.181	0.548	0.218
			14.9	2.9	7.2	3.9	0.195	0.483	0.262
			11.2	2.7	6.0	3.4	0.241	0.536	0.304
		11-13-2	18.8	2.7	9.7	4.1	0.144	0.516	0.218
			14.3	2.4	7.5	3.9	0.168	0.524	0.273
			13.2	2.0	5.6	3.7	0.152	0.424	0.280
		11-13-3	<u>30.2</u>	3.7	18.5	0	0.123	0.613	0.000
			<u>23.1</u>	3.2	15.8	0	0.139	0.684	0.000
			<u>17.6</u>	3.0	15.0	0	0.170	0.852	0.000
11-15		11-15-1	15.4	2.1	7.5	4.9	0.136	0.487	0.318
			13.9	1.9	6.3	3.8	0.137	0.453	0.273
		11-15-2	<u>77.5</u>	31.3	<u>36.8</u>	0	0.404	0.475	0.000
			55.7	8.8	30.2	12.0	0.158	0.542	0.215
			42.0	6.2	24.5	12.6	0.148	0.583	0.300
			33.4	6.0	17.7	12.4	0.180	0.530	0.371
			21.2	4.0	13.2	6.7	0.189	0.623	0.316
			20.7	3.8	11.0	5.3	0.184	0.531	0.256

Descripción. Concha de tamaño variable, ya que va de pequeña a grande, el enrollamiento involuto. La sección de la vuelta es ovalada, más alta que ancha. La región umbilical es estrecha y profunda, la muralla umbilical es pequeña e inclinada y el borde umbilical es redondeado. Los flancos son ligeramente planos y aumentan el tamaño de la espira conforme aumenta el desarrollo ontogenético. Por el grado de enrollamiento no se observan las vueltas internas, pero la ornamentación son costillas simples de tipo flexuoso. Las costillas son finas en la primera mitad del flanco, posteriormente forman un codo situado a la mitad del flanco y se tornan más fuertes después del punto de inflexión, volviéndose un poco más gruesas hacia la región ventral.

Afinidades y discusión. El material se comparó con los ejemplares de Burckhardt (1906b) asignados a *Haploceras costatum* y *Haploceras* aff. *costatum*, con el que comparten rasgos morfológicos como el tipo de costillas (flexuosas) y el engrosamiento de las costillas hacia la parte latero-ventral. El ejemplar citado por Imlay y Herman (1984)

presenta costulación fina. El material de Villaseñor y González-Arreola (1988) asignado a *Taramelliceras (Metahaploceras) flexuosa costata*, material que posteriormente Villaseñor (1991) lo retoma e incluye dentro de la sinonimia de *Taramelliceras (Metahaploceras) costatum*, es semejante en cuanto al grado de involución y la ornamentación.

Alcance bioestratigráfico. Burckhardt (1906b) asignó a la especie *Haploceras costatum* al Kimmeridgiano superior, la cual se encuentra dentro de sus capas de *Haploceras fialar*. Imlay y Herman (1984), Villaseñor (1991), Villaseñor *et al.* (2000, 2012) y López-Gómez (2006) le asignan una edad de Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus).

Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) proponen la asociación de *Coryceras* sin y con *Procraspedites* para el noreste de México, donde incluyen la presencia de *Taramelliceras (Metahaploceras) costatum* Burckhardt, 1906b. Esta asociación se caracteriza por presentarse típicamente en una la caliza negra limolítica, la cual es una clara referencia estratigráfica en áreas del noreste de México, principalmente en la región de Zacatecas-Saltillo y el área de Cuencamé, Durango, también en afloramientos en Coahuila y Nuevo León. En la región de la Huasteca del centro-este de México en estratos de calizas limosas se ha registrado la presencia de dos especies -*Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Procraspedites praecursor* (Burckhardt, 1906b)- lo que permite emplear esta asociación para hacer correlaciones en México. Olóriz *et al.* 1998 y Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) propusieron correlacionar con una parte de la Zona Eudoxus de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

En este trabajo se le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Haploceras* cf. *transatlanticum*, *Haploceras* spp., *Tarammelliceras* sp., *Taramelliceras (Metahaploceras)* aff. *costatum*, *Glochiceras (Coryceras) carinatum* y *Glochiceras (Coryceras)* aff. *carinatum*, la cual se encuentra en la parte basal o media baja en los diferentes perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Texas, Louisiana y Mississippi, en Estados Unidos. Las Campanas, Hidalgo; Sierra de Mazapil, Zacatecas; Sierra de Palotes, Durango y Sierra de Piñones, Coahuila en México.

***Taramelliceras*(*Metahaploceras*) *aff. costatum* (Burckhardt, 1906b non Quenstedt)**

(Lámina 1, Figura 1E)

Sinonimia.

1906b *Haploceras aff. costatum* Burckhardt, p. 97, lám. 25, figs. 1-2.

Perfiles y estratos. CU-1: 4. PP-1: 11-1, 11-13, 11-15

Medidas.

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/Dm	H/Dm	E/Dm	
CU-1	4	4-29	54.4	14.9	28.4	23	0.274	0.522	0.423	
			42.1	11.9	21.5	17.3	0.283	0.511	0.411	
			37.6	9.4	23.6	12.8	0.250	0.628	0.340	
			32.9	7.4	18.1	11.6	0.225	0.550	0.353	
		4-30	34.8	11.2	17.2	0.0	0.322	0.494	0.000	
			<u>31.1</u>	7.4	<u>16.2</u>	0.0	0.238	0.521	0.000	
			<u>28.2</u>	5.2	<u>15.2</u>	0.0	0.184	0.539	0.000	
			<u>23.8</u>	3.3	<u>10.4</u>	0.0	0.139	0.437	0.000	
PP-1	11-1	11-1-1	33.2	12.1	<u>35.0</u>	0.0	0.364	1.054	0.000	
			11-1-2	65.2	21.3	41.6	0.0	0.327	0.638	0.000
				49.4	7.3	26.0	0.0	0.148	0.526	0.000
				<u>38.3</u>	5.9	21.7	0.0	0.154	0.567	0.000
	11-13	11-13-4	<u>61.9</u>	15.7	<u>33.2</u>	0.0	0.254	0.536	0.000	
			46.7	10.3	28.6	0.0	0.221	0.612	0.000	
	11-13-5	11-13-5	34.0	5.3	18.4	0.0	0.156	0.541	0.000	
			<u>25.4</u>	4.7	14.1	0.0	0.185	0.555	0.000	
			11-15	11-15-1	<u>24.9</u>	7.4	14.7	0.0	0.297	0.590
	19.0	<u>2.3</u>			9.5	0.0	0.121	0.500	0.000	
	15.9	<u>2.1</u>			7.5	0.0	0.132	0.472	0.000	
	<u>13.3</u>	<u>1.9</u>			6.4	0.0	0.143	0.481	0.000	

Descripción. Concha de mayor tamaño que la registrada en *H. costatum*, con enrollamiento involuto. La sección de la vuelta es ovalada, más alta que ancha. La región umbilical es estrecha. No se observan datos del tipo de muralla ni del borde umbilical. Los flancos son ligeramente planos y aumentan el tamaño de la espira conforme aumenta el desarrollo ontogenético. La ornamentación son costillas simples flexuosas. Las costillas son finas en la primera mitad del flanco, posteriormente forman una inflexión a

la mitad del flanco y se tornan más fuertes después del punto de inflexión, volviéndose un poco más gruesas hacia la región ventral.

Afinidades y discusión. El material se comparó con los ejemplares de Burckhardt (1906b) asignados a *Haploceras* aff. *costatum*, con el que comparten rasgos morfológicos como el tipo de costillas (flexuosas) y el engrosamiento de las costillas hacia la parte latero-ventral, además de los parámetros mensurables.

Alcance bioestratigráfico. Burckhardt (1906b) asignó a la especie *Haploceras costatum* al Kimmeridgiano superior, la cual se encuentra dentro de sus capas de *Haploceras fialar*. Villaseñor (1991), Villaseñor *et al.* (2000, 2012) y López-Gómez (2006) le asignan una edad de Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus).

Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) proponen la asociación de *Coryceras* sin y con *Procraspedites* para el noreste de México, donde incluyen la presencia de *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum* Burckhardt, 1906b. Esta asociación se caracteriza por presentarse típicamente en una caliza negra limolítica, la cual es una clara referencia estratigráfica en áreas del noreste de México, principalmente en la región de Zacatecas-Saltillo y el área de Cuencamé, Durango, también en afloramientos en Coahuila y Nuevo León. En la región de la Huasteca del centro-este de México en estratos de calizas limosas se ha registrado la presencia de dos especies -*Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Procraspedites praecursor* (Burckhardt, 1906b), lo que permite emplear esta asociación para hacer correlaciones en México. Olóriz *et al.* 1998 y Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) propusieron correlacionar con una parte de la Zona Eudoxus de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

En este trabajo se le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Haploceras* cf. *transatlanticum*, *Haploceras* spp., *Tarammelliceras* sp., *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum*, *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* y *Glochiceras* (*Coryceras*) aff. *carinatum*, la cual se encuentra en la parte basal o media baja en los diferentes perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Texas, Louisiana y Mississippi en Estados Unidos. Las Campanas, Hidalgo; Sierra de Mazapil, Zacatecas; Sierra de Palotes, Durango y Sierra de Piñones, Coahuila en México.

Familia GLOCHICERATIDAE Hyatt, 1900

Subfamilia GLOCHICERATINAE Hyatt, 1900 *sensu* Ziegler, 1974

Género GLOCHICERAS Hyatt, 1900

Subgénero *CORYCERAS* Ziegler, 1958

Especie tipo. *AMMONITES MICRODOMUM* Oppel, 1858

Diagnosis. “Glochiceras” con peristoma con visera que termina en un abultamiento, con pedúnculo arqueado. La cámara habitacional ocupa generalmente la mitad de la vuelta. Sección de la vuelta rectangular a subcuadrada o algo deprimida. Sin tubérculos marginales.

***Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895)**

(Lámina 1, Figura 1F)

Sinonimia.

1895 *Haploceras carinata* Del Castillo y Aguilera, p. 19, lám. 7, fig. 6.

1895 *Haploceras mazapilensis* Del Castillo y Aguilera, p. 20, lám. 7, fig. 4.

1906b *Haploceras fialar* Oppel, Burckhardt, p. 77, lám. 19, fig. 1-19, lám. 20, fig. 1-6, 12, 14, 15.

1906b *Haploceras* aff. *fialar* Oppel, Burckhardt, p. 80, lám. 20, fig. 7-11 y 13.

1958 *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera) - Ziegler, p. 158, lám. 16, fig. 10 y 11.

1988 *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera) - Villaseñor y González-Arreola, p. 73, fig. 3a y 3b.

1991 *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera) - Villaseñor, p. 44, lám. 2, fig. 6-9.

2006 *Glochiceras (Coryceras)* cf. *carinatum* (Del Castillo y Aguilera) - López-Gómez, p. 57, lám. 1, fig. 6.

Perfiles y estratos. MZ-3: 15 cima, 16, 19, 20. MZ-5: 129 cima, 130 base, 130 media, 130 cima, 132, 134. CU-1: 4. PP-1: 11-1, 11-9, 11-15

Medidas.

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/D	H/D	E/D
MZ-3	15 cima	15c-13	30.3	6.8	15.1	0.0	0.224	0.498	0.000
			28.5	6.0	10.3	0.0	0.211	0.361	0.000
			20.6	3.7	9.4	0.0	0.180	0.456	0.000
		15c-14	32.9	12.7	12.3	0.0	0.386	0.374	0.000
			28.1	11.1	11.9	0.0	0.395	0.423	0.000
			18.6	6.2	10.1	0.0	0.333	0.543	0.000
			13.1	3.3	8.6	0.0	0.252	0.656	0.000
		15c-15	36.3	9.1	14.6	0.0	0.251	0.402	0.000
			<u>29.6</u>	8.9	13.6	0.0	0.301	0.459	0.000
			20.2	6.6	13.9	0.0	0.327	0.688	0.000
		15c-16	35.3	11.4	13.0	0.0	0.323	0.368	0.000
			30.4	9.2	12.9	0.0	0.303	0.424	0.000
			21.9	5.3	11.4	0.0	0.242	0.521	0.000
			17.5	4.0	8.4	0.0	0.227	0.482	0.000
		15c-17	<u>26.8</u>	4.8	9.4	0.0	0.179	0.351	0.000
			22.7	5.0	10.2	0.0	0.219	0.451	0.000
			15.5	3.4	7.1	0.0	0.217	0.457	0.000
			12.3	3.2	6.0	0.0	0.260	0.489	0.000
	16	16-2	27.0	5.3	10.6	0.0	0.196	0.393	0.000
			21.7	5.0	9.6	0.0	0.230	0.442	0.000
			16.1	4.6	7.4	0.0	0.286	0.460	0.000
		16-3	27.0	8.5	12.1	0.0	0.315	0.448	0.000
			22.7	7.0	11.4	0.0	0.306	0.502	0.000
			14.8	4.3	7.3	0.0	0.294	0.492	0.000
			12.3	4.0	5.7	0.0	0.322	0.459	0.000
		16-4	39.3	17.6	13.8	0.0	0.448	0.350	0.000
			33.5	11.7	14.3	0.0	0.348	0.427	0.000
			26.6	6.4	12.2	0.0	0.239	0.459	0.000
			21.3	5.9	9.7	0.0	0.277	0.457	0.000
	19	19-1	43.6	10.9	17.6	0.0	0.250	0.403	0.000
			35.4	9.8	13.8	0.0	0.277	0.390	0.000
	20	20-1	<u>37.9</u>	18.2	12.8	0.0	0.481	0.338	0.000
MZ-5	129 cima	129c-9	46.3	18.9	19.9	0.0	0.408	0.429	0.000
			32.6	8.2	13.1	0.0	0.252	0.401	0.000
			24.9	7.6	11.7	0.0	0.306	0.470	0.000
	130 base	130b-6	<u>35.3</u>	<u>13.3</u>	13.6	0.0	0.377	0.385	0.000
	130 media	130m-4	39.4	18.6	13.8	0.0	0.472	0.349	0.000

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/D	H/D	E/D
			33.5	11.7	14.3	0.0	0.348	0.427	0.000
			26.6	6.4	12.2	0.0	0.239	0.459	0.000
			21.3	5.9	9.7	0.0	0.277	0.457	0.000
	130 cima	130c-5	43.6	10.9	17.6	0.0	0.250	0.403	0.000
			35.4	9.8	13.8	0.0	0.277	0.390	0.000
			32.9	12.7	12.3	0.0	0.386	0.374	0.000
			28.1	11.1	11.9	0.0	0.395	0.423	0.000
	132	132-5	18.6	6.2	10.1	0.0	0.333	0.543	0.000
			13.1	3.3	8.6	0.0	0.252	0.656	0.000
	134	134-1	36.3	9.1	14.6	0.0	0.251	0.402	0.000
CU-1	4	4-31	23.70	3.30	12.1	0	0.139	0.511	0.000
			19.70	3.40	9.9	0.0	0.173	0.503	0.000
			18.90	3.20	9	0	0.169	0.476	0.000
			16.90	3.00	7.9	0	0.178	0.467	0.000
		4-32	<u>29.00</u>	3.50	16	0	0.121	0.552	0.000
			26.00	3.20	12.7	0	0.123	0.488	0.000
			19.40	3.00	9	0	0.155	0.464	0.000
			14.70	2.40	7.1	0	0.163	0.483	0.000
		4-33	37.4	8.9	16.5	0.0	0.237	0.440	0.000
		4-34	33.0	7.4	12.9	6.6	0.224	0.391	0.200
			29.0	7.3	13.4	7.7	0.252	0.462	0.266
			23.4	5.5	10.6	6.4	0.235	0.453	0.274
			17.5	4.2	10.0	0.0	0.240	0.571	0.000
			13.2	3.1	8.4	0.0	0.235	0.636	0.000
		4-35	21.5	4.1	11.2	0.0	0.191	0.521	0.000
		4-36	<u>18.00</u>	4.80	<u>7.9</u>	0.0	0.267	0.439	0.000
			12.60	2.40	6.3	0.0	0.190	0.500	0.000
		4-37	32.2	9.3	13	0.0	0.289	0.404	0.000
			28.7	7	12.8	0	0.244	0.446	0.000
			22	4.8	10.8	0	0.218	0.491	0.000
			16.3	3.2	9.4	0	0.196	0.577	0.000
PP-1	11-1	11-1-3	33.6	7.1	15.7	9.2	0.211	0.467	0.272
			26.1	5.7	12.5	7.5	0.220	0.481	0.289
			21.0	4.5	10.2	6.0	0.213	0.485	0.285
			16.6	3.3	7.9	4.7	0.202	0.477	0.286
		11-1-4	<u>26.2</u>	5.2	13.2	3.1	0.198	0.502	0.118
			23.2	4.6	11.7	6.1	0.198	0.507	0.265
			17.5	3.6	9.1	4.9	0.203	0.523	0.282
			15.5	2.8	6.6	4.0	0.177	0.426	0.260
	11-9	11-9-5	42.6	7.6	20.1	0.0	0.178	0.472	0.000

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/D	H/D	E/D
			20.5	4.9	9.4	0.0	0.239	0.459	0.000
		11-9-6	20.5	4.3	9.0	0.0	0.208	0.440	0.000
			15.4	3.2	7.3	4.7	0.207	0.474	0.301
			14.4	2.8	6.0	3.9	0.196	0.418	0.269
			12.8	2.3	5.1	3.5	0.180	0.401	0.270
	11-15	11-15-2	33.6	7.1	15.7	0.0	0.211	0.467	0.000

Descripción. Concha discoidal, semievoluta, de tamaño de pequeña a mediana con una sección de la vuelta subcuadrada. Los flancos son aplanados y convergentes en la región ventral, la cual es redondeada. La región umbilical es amplia y ligeramente profunda, el borde umbilical es redondeado, la pared umbilical es pequeña e inclinada. El recubrimiento de los flancos es un poco más de un tercio de la vuelta antecesora. La ornamentación está compuesta por estrías finas falcoides, que se originan en la región umbilical y se vuelven convexas en la región lateroventral (en forma de hoz). Se presenta un canal, el cual se desarrolla a lo largo de la espira, y su posición es variable, ya sea en el primer tercio o en la parte media del flanco. En algunos ejemplares si se pueden apreciar los rebordes agudos que Del Castillo y Aguilera (1895, p. 19) interpretan como carenas. Además de presentarse un peristoma en arco con orejilla larga y recta. No presenta tubérculos dorso-ventrales ni ventrales.

Afinidades y discusión. El material presenta los caracteres morfológicos típicos del subgénero *Coryceras* (Ziegler, 1958) como son una sección subcuadrada, una costulación fina y la presencia de un canal latero-dorsal.

El material se comparó con los ejemplares *Haploceras fialar* y *Haploceras* aff. *fialar* Burckhardt (1906b) y tal como lo mencionaron varios autores (Ziegler, 1958; Villaseñor y González, 1988), dichos ejemplares comparten rasgos morfológicos que corresponden a *G. (C.) carinatum* Del Castillo y Aguilera, ya que la especie *Glochiceras fialar sensu strictum* (Oppel) no presenta visera, el arco es casi recto y la ornamentación es más fuerte.

Se diferencia de *Glochiceras (Coryceras) modestiforme* (Oppel) en cuanto a lo plano de los flancos y el canal lateral; pero difiere en el patrón de costulación ya que en esta especie las costillas son inclinadas hacia atrás. También se comparó con *Glochiceras (Glochiceras) lensrostratum* Berckhemer y Hölder (1959, lám. 10, fig. 13 no 14), sin embargo, este ejemplar no presenta el canal latero-ventral.

Alcance estratigráfico. Del Castillo y Aguilera (1895) le asignan a la especie la edad del Jurásico Superior. Burckhardt (1906b) reconoce a las capas de *Haploceras fialar* (= *carinatum*) dentro del Kimmeridgiano superior. Villaseñor (1991) le asigna una edad del Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus). Callomon (*in* Hillebrandt *et al.* 1992) al horizonte M8 de capas con *Haploceras* gr. *fialar* lo asigna a la Zona Eudoxus, al igual que López-Gómez (2006). Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) y mencionan que la especie se encuentra en la asociación *Coryceras* perteneciente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus).

Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) proponen la asociación de *Coryceras* sin y con *Procraspedites* para el noreste de México. Esta asociación se caracteriza por presentarse típicamente en una caliza negra limolítica, la cual es una clara referencia estratigráfica en áreas del noreste de México, principalmente en la región de Zacatecas-Saltillo y el área de Cuencamé, Durango, también en afloramientos en Coahuila y Nuevo León. En la región de la Huasteca del centro-este de México en estratos de calizas limosas se ha registrado la presencia de dos especies -*Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Procraspedites praecursor* (Burckhardt, 1906b)- lo que permite emplear esta asociación para hacer correlaciones en México. Olóriz *et al.* 1998 y Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) propusieron correlacionar con una parte de la Zona Eudoxus de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

En este trabajo se le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Haploceras* cf. *transatlanticum*, *Haploceras* spp., *Tarammelliceras* sp., *Tarammelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum*, y *Glochiceras* (*Coryceras*) aff. *carinatum*, la cual se encuentra en la parte basal o media baja en los diferentes perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Las Campanas, Hidalgo; Sierra de Catorce, San Luis Potosí; Sierra de Mazapil, Zacatecas; Sierra de Palotes, Durango y Sierra de Piñones, Coahuila en México.

***Glochiceras* (*Coryceras*) cf. *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895)**

(Lámina 1, Figura 1G)

Sinonimia.

1895 *Haploceras carinata* Del Castillo y Aguilera, p. 19. lám. 7, fig. 6.

1895 *Haploceras mazapilensis* Del Castillo y Aguilera, p. 20. lám. 7, fig. 4.

1906b *Haploceras fialar* Opper (*sensu* Burckhardt) Burckhardt, p. 77, lám. 19, fig. 1-19; lám. 20, fig. 1-6, 12, 14, 15.

1906b *Haploceras* aff. *fialar* Opper Burckhardt, p.80, lám. 20, fig. 7-11, 13.

1958 *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera) - Ziegler, p. 158, lám. 16, fig. 10, 11.

1988 *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera) - Villaseñor y González-Arreola, p. 73, fig. 3a, 3b.

1991 *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera) - Villaseñor, p. 44, lám. 2, fig. 6-9.

2006 *Glochiceras (Coryceras)* cf. *carinatum* (Del Castillo y Aguilera) - López-Gómez, p. 57, lám. 1, fig. 6.

Perfiles y estratos. MZ-3: 14F base, 15 cima, 16, 19, 20. MZ-5: 129 cima, 130 cima, 132. CU-1: 4. PP-1: 11-9, 11-15.

Medidas.

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/Dm	H/Dm
MZ-3	14F base	14Fb-12	38.90	12.70	13.2	0.33	0.339
			30.40	9.80	12.0	0.32	0.395
			26.00	8.00	10.9	0.31	0.419
			19.80	4.20	8.4	0.21	0.424
			14Fb-13	28.20	6.90	12.8	0.24
		<u>23.1</u>	5.70	11.4	0.25	0.494	
		14Fb-14	<u>33.60</u>	9.0	11.4	0.27	0.339
			24.30	7.30	12.6	0.3	0.519
	15 cima	15c-18	36.3	9.1	14.6	0.251	0.402
			<u>29.6</u>	8.9	13.6	0.301	0.459
20.2			6.6	13.9	0.327	0.688	
15c-19			<u>26.8</u>	4.8	9.4	0.179	0.351
			22.7	5.0	10.2	0.219	0.451
		15.5	3.4	7.1	0.217	0.457	

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/Dm	H/Dm
			12.3	3.2	6.0	0.260	0.489
		15c-20	27.0	5.3	10.6	0.196	0.393
			21.7	5.0	9.6	0.230	0.442
			16.1	4.6	7.4	0.286	0.460
		15c-21	16.2	3.5	8.5	0.216	0.525
			13.6	2.7	6.0	0.199	0.441
			8.9	2.1	3.6	0.236	0.404
		15c-22	<u>30.3</u>	6.8	15.1	0.224	0.498
			28.5	6.0	10.3	0.211	0.361
			20.6	3.7	9.4	0.180	0.456
		15c-23	48.0	15.7	17.6	0.327	0.367
			34.0	7.5	15.2	0.221	0.447
			31.8	7.4	14.8	0.233	0.465
			18.8	4.8	11.6	0.255	0.617
	16	16-5	39.3	17.6	13.8	0.448	0.350
			33.5	11.7	14.3	0.348	0.427
			26.6	6.4	12.2	0.239	0.459
			21.3	5.9	9.7	0.277	0.457
	19	19-2	43.6	10.9	17.6	0.250	0.403
			35.4	9.8	13.8	0.277	0.390
	20	20-2	<u>37.9</u>	18.2	12.8	0.481	0.338
MZ-5	129 cima	129c-10	46.3	18.9	19.9	0.408	0.429
			32.6	8.2	13.1	0.252	0.401
			24.9	7.6	11.7	0.306	0.470
	130 cima	130c-6	47.1	19.0	15.2	0.402	0.322
			36.7	12.7	12.2	0.347	0.332
			32.4	10.5	10.0	0.324	0.309
		130c-7	<u>40.6</u>	7.5	18.5	0.185	0.456
			30.5	5.5	16.6	0.180	0.544
			22.9	5.0	10.8	0.218	0.472
	132	132-6	<u>38.0</u>	<u>15.6</u>	13.6	0.411	0.358
CU-1	4	4-38	36.0	<u>9.7</u>	13.3	0.268	0.370
			<u>30.0</u>	<u>6.8</u>	13.0	0.227	0.434
			24.0	<u>5.1</u>	12.6	0.214	0.526
PP-1	11-9	11-9-7	29.6	7.7	10.6	0.260	0.358
			21.7	5.0	9.6	0.230	0.442
			15.6	4.2	7.4	0.269	0.474
	11-15	11-15-3	37.3	18.5	13.8	0.496	0.369
			32.4	11.7	14.1	0.360	0.435
			26.6	6.4	12.2	0.239	0.459
			20.1	5.2	9.7	0.259	0.485

Descripción. Concha discoidal, semievoluta, de tamaño de mediana a grande. Con flancos aplanados, los cuales convergen en la región ventral, la cual es redondeada. La región umbilical es amplia y ligeramente profunda. La ornamentación está compuesta por estrías finas falcoideas, que se originan en la región umbilical y se vuelven convexas en la región lateroventral (forma de hoz). Se observa la presencia de un canal, el cual se desarrolla a lo largo de la espira, ubicándose ligeramente por arriba del tercio interno del flanco. Por el grado de conservación no se distinguen los rebordes agudos que flanquean el canal. No presenta tubérculos dorso-ventrales ni ventrales.

Afinidades y discusión. El material presenta gran afinidad con las características morfológicas de la especie descrita por Del Castillo y Aguilera (1895), sin embargo, por la calidad de conservación del material, se decidió mantenerla como una asignación “*confer*”, debido también a que los parámetros de involución son mayores a los rangos de la especie.

Alcance stratigráfico. Del Castillo y Aguilera (1895) le asigna a la especie una edad del Jurásico Superior. Burckhardt (1906b) reconoce las capas de *Haploceras fialar* (=carinatum) dentro del Kimmeridgiano superior. Villaseñor (1991) le asigna una edad del Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus). Callomon (*in* Hillebrandt *et al.* 1992) al horizonte M8 de capas con *Haploceras* gr. *fialar* lo asigna a la Zona Eudoxus, al igual que López-Gómez (2006). Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) mencionan que la especie se encuentra en la asociación *Coryceras*, perteneciente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus).

Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) proponen la asociación de *Coryceras* sin y con *Procraspedites* para el noreste de México. Esta asociación se caracteriza por presentarse típicamente en una caliza negra limolítica, la cual es una clara referencia stratigráfica en áreas del noreste de México, principalmente en la región de Zacatecas-Saltillo y el área de Cuencamé, Durango, también se encuentra en afloramientos de Coahuila y Nuevo León. En la región de la Huasteca del centro-este de México en estratos de calizas limosas se ha registrado la presencia de dos especies -*Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Procraspedites praecursor* (Burckhardt, 1906b), lo que permite emplear esta asociación para hacer correlaciones en México. Olóriz *et al.* (1998) y Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) propusieron correlacionar con una parte de la Zona Eudoxus de la escala biocronostratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

En este trabajo se le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Haploceras* cf. *transatlanticum*, *Haploceras* spp., *Tarammelliceras* sp., *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum*, *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum*, la cual se encuentra en la parte basal o media baja en los diferentes perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Las Campanas, Hidalgo; Sierra de Catorce, San Luis Potosí; Sierra de Mazapil, Zacatecas; Sierra de Palotes, Durango y Sierra de Piñones, Coahuila en México.

Glochiceras (*Coryceras*) sp. A

(Lámina 1, Figura 1H)

Perfiles y estratos. MZ-3: 23, 26, 27, 28. MZ-5: 137, 138.

Medidas.

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/Dm	H/Dm	E/Dm	CE	CE/2	CE/4
MZ-5	138	138-1	42.0	15.0	17.2	0.0	0.357	0.410	0.000			9
			<u>34.4</u>	10.1	17.1	0.0	0.294	0.497	0.000			-
		138-2	34.5	8.8	14.7	0.0	0.255	0.426	0.000			7
			26.9	6.0	13.2	0.0	0.223	0.491	0.000			
			20.4	4.6	10.8	0.0	0.225	0.529	0.000			
		138-3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000			
		138-4	45.7	10.1	19.1	0.0	0.221	0.418	0.000	15		7
			39.4	10.0	17.6	0.0	0.254	0.447	0.000			7
			27.4	7.0	16.0	0.0	0.255	0.584	0.000			
		138-5	41.7	12.1	16.5	0.0	0.290	0.396	0.000	16		6
			31.7	11.2	15.6	0.0	0.353	0.492	0.000			10
			29.3	7.4	13.4	0.0	0.253	0.457	0.000			
			31.4	7.1	10.0	0.0	0.226	0.318	0.000			
		138-6	42.7	21.0	15.4	0.0	0.492	0.361	0.000	14		8
			39.9	20.6	13.0	0.0	0.516	0.326	0.000			8
			27.5	14.0	9.0	0.0	0.509	0.327	0.000			
			25.6	13.7	6.4	0.0	0.535	0.250	0.000			
		138-7	32.0	7.4	13.6	0.0	0.231	0.425	0.000	<u>16</u>		8
			26.0	5.6	12.3	0.0	0.215	0.473	0.000			9
			19.6	4.0	10.2	0.0	0.204	0.520	0.000			
			13.3	3.0	8.5	0.0	0.226	0.639	0.000			
		138-8	26.8	7.1	11.7	0.0	0.265	0.437	0.000			<u>5</u>
			23.8	6.7	9.0	0.0	0.282	0.378	0.000			
			17.6	4.0	8.0	0.0	0.227	0.455	0.000			

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/Dm	H/Dm	E/Dm	CE	CE/2	CE/4
			14.1	3.0	7.6	0.0	0.213	0.539	0.000			
	138-9		31.2	9.0	12.1	0.0	0.288	0.388	0.000			<u>7</u>
			22.0	6.0	11.4	0.0	0.273	0.518	0.000			
			16.1	5.3	10.7	0.0	0.329	0.665	0.000			
			12.0	2.9	4.8	0.0	0.242	0.400	0.000			
	138-10		54.4	16.1	19.3	0.0	0.296	0.355	0.000			8
			41.0	10.0	16.4	0.0	0.244	0.400	0.000			9
			36.1	6.5	13.3	0.0	0.180	0.368	0.000			
			25.0	5.9	11.7	0.0	0.236	0.468	0.000			
	138-11		0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000			
	138-12		0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000			
	138-13		<u>20.6</u>	6.0	6.6	0.0	0.291	0.320	0.000			
			15.7	4.8	6.1	0.0	0.306	0.389	0.000			
			12.3	4.3	5.9	0.0	0.350	0.480	0.000			
			9.6	4.0	3.7	0.0	0.417	0.385	0.000			
	138-14		42.3	9.1	19.5	0.0	0.215	0.461	0.000		<u>17</u>	<u>9</u>
			<u>38.0</u>	7.0	16.8	0.0	0.184	0.442	0.000			9
			23.0	6.0	14.2	0.0	0.261	0.617	0.000			
	138-15		38.6	9.7	16.5	0.0	0.251	0.427	0.000			10
			30.0	7.0	12.0	0.0	0.233	0.400	0.000			
			20.3	5.8	10.5	0.0	0.286	0.517	0.000			
	138-16		0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000			
	138-17		31.1	8.6	13.7	0.0	0.277	0.441	0.000			8
			29.4	7.8	13.5	0.0	0.265	0.459	0.000			
			18.9	5.8	10.3	0.0	0.307	0.545	0.000			
			17.6	5.3	9.2	0.0	0.301	0.523	0.000			
	138-18		31.6	9.6	12.9	0.0	0.304	0.408	0.000		19	10
			23.6	9.0	12.1	0.0	0.381	0.513	0.000			10
			18.1	6.0	8.4	0.0	0.331	0.464	0.000			
	138-19		45.7	13.4	19.5	0.0	0.293	0.427	0.000		20	9
			<u>41.6</u>	10.7	18.4	0.0	0.257	0.442	0.000			11
			27.6	7.1	<u>15.8</u>	0.0	0.257	0.572	0.000			
			<u>22.5</u>	6.6	13.1	0.0	0.293	0.582	0.000			
	138-20		45.0	11.3	23.9	0.0	0.251	0.531	0.000			8
			31.5	8.1	16.0	0.0	0.257	0.508	0.000			
			96.6	22.4	44.4	18.8	0.232	0.460	0.195	28	15	<u>8</u>
			80.4	19.1	37.4	20.8	0.238	0.465	0.259	26	16	9
			62.8	15.9	28.9	20.3	0.253	0.460	0.323		14	8
			43.1	12.6	22.9	15.9	0.292	0.531	0.369			7
			34.6	10.0	18.2	13.4	0.289	0.526	0.387			
			19.1	7.0	7.0	0.0	0.366	0.366	0.000			
			15.9	6.3	5.2	0.0	0.396	0.327	0.000			

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	E	O/Dm	H/Dm	E/Dm	CE	CE/2	CE/4
			12.6	4.1	4.3	0.0	0.325	0.341	0.000			
			10.0	3.8	3.9	0.0	0.380	0.390	0.000			
		138-21	50.1	12.1	22	0.0	0.242	0.431	0.000			8
			40.7	9.6	19	0.0	0.236	0.472	0.000			
			26.2	6.6	14	0.0	0.252	0.546	0.000			
			21.3	5.7	12	0.0	0.268	0.549	0.000			
		138-22	41.8	9.5	19	0.0	0.227	0.447	0.000			
			29.2	6.7	14	0.0	0.229	0.473	0.000			
			26.2	6.6	13	0.0	0.252	0.481	0.000			
			19.9	5.7	12	0.0	0.286	0.608	0.000			
		138-23	<u>51.2</u>	13.3	<u>21</u>	0.0	0.260	0.412	0.000		<u>15</u>	9
			<u>39.5</u>	9.1	<u>19</u>	0.0	0.230	0.491	0.000			<u>8</u>
			29.6	7.7	15	0.0	0.260	0.507	0.000			
			18.3	4.9	9.7	0.0	0.268	0.530	0.000			

Descripción. Concha semievoluta. Los flancos son amplios y se desarrollan conforme avanza el crecimiento. La región umbilical es amplia, se observan las vueltas internas, medias y la vuelta externa. Sólo se presenta ornamentación en la vuelta externa, las costillas se presentan sólo hasta la mitad del flanco, éstas forman arcos cóncavos, son costillas gruesas y fuertes, y al final de la vuelta externa, las costillas se van espaciando y se hacen más gruesas. Debido a que sólo son impresiones no se tienen datos sobre la región ventral ni la sección de la vuelta. La semejanza que se observa con la especie asignada a *Glochiceras* aff. *diaboli* por Imlay, 1939 (lám. 4, fig. 10) radica en el grosor que presentan las costillas, las cuales forman un arco cóncavo, lamentablemente el ejemplar que presenta Imlay es sólo un fragmento, y los ejemplares aquí estudiados presentan una deficiente conservación.

En este trabajo se le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Hybonotoceras* sp., *Procraspedites* sp. y *Lithacoceras* sp. la cual se encuentra en la parte superior en dos perfiles estudiados.

Distribución. Sierra de Mazapil, Zacatecas en México.

***Glochiceras* spp.**

(Lámina 1, Figura 1I)

Perfiles y estratos. MZ-3: 14F base, 14F media, 14F cima, 15 base, 15 media, 15 cima, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29. MZ-5:129 base, 129 cima, 130 base, 130 media, 130 cima, 132, 134, 137, 138. TO-1-C: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. CU-1: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. PP-1: 11-A, 11-1, 11-9, 11-13, 11-25.

Medidas.

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/Dm	H/Dm	
MZ-3	14F base	14Fb-15	30.0	8.3	12.4	0.277	0.413	
			22.0	6.2	11.0	0.282	0.500	
			14Fb-16	13.8	4.0	6.3	0.290	0.457
	14F cima	14Fc-13	14Fc-13	11.8	2.5	5.8	0.212	0.492
				8.5	2.3	5.0	0.271	0.588
				12.3	4.2	4.3	0.341	0.350
		14Fc-14	14Fc-14	45.6	8.7	20.0	0.191	0.439
				62.7	23.3	21.4	0.372	0.341
				21.0	6.0	11.2	0.286	0.533
		14Fc-15	14Fc-15	15.3	4.4	10.5	0.210	0.500
				21.3	3.8	8.5	0.248	0.556
				16.2	5.0	9.6	0.235	0.451
15 cima		15c-24	15c-24	12.1	4.2	7.2	0.259	0.444
				20.4	3.6	6.3	0.298	0.521
				23.5	4.1	8.3	0.201	0.407
	15c-25	15c-25	15.7	6.3	9.5	0.268	0.404	
			37.0	4.2	9.0	0.268	0.573	
			16-6	31.1	6.8	17.0	0.184	0.459
	16	16-6	16-6	24.1	6.3	15.2	0.203	0.489
				22.6	5.9	11.4	0.261	0.473
				37.4	8.6	19.0	0.230	0.508
		16-7	16-7	26.1	6.4	13.0	0.245	0.498
				17.6	6	8	0.341	0.455
				19	19-3	0	0	0
19		19-4	19-4	49.7	8	25.7	0.161	0.517
				40.7	6.8	22	0.167	0.541
				27.7	5.4	12.6	0.195	0.455
		19-5	19-5	25.7	4	12.4	0.156	0.482
				37.6	7	17.1	0.186	0.455
				28.5	4.9	14.5	0.172	0.509
	20	20-3	20-3	23.9	5	12.1	0.209	0.506
				17.3	4.2	8.2	0.243	0.474
		20-4	20-4	40.2	8.2	20.2	0.204	0.502
				33.8	7.6	14.5	0.225	0.429

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/Dm	H/Dm
			21.8	3.4	11.6	0.156	0.532
			17.4	3	10	0.172	0.575
MZ-5	129 cima	129c-11	21.1	4.6	10.4	0.218	0.493
			15.8	4	7.2	0.253	0.456
		129c-12	25	4	11	0.160	0.44
			23.8	3.1	10.8	0.130	0.454
			19.3	2.8	8.3	0.145	0.430
		129c-13	28.5	5	13.1	0.175	0.460
			23.5	4.8	12.3	0.204	0.523
			17.5	3.8	8.5	0.217	0.486
		129c-14	32.8	5.2	17.9	0.159	0.546
			25	3.7	10.9	0.148	0.436
			20.8	2.9	8.9	0.139	0.428
	130 cima	130c-8	25.8	4.3	12.6	0.167	0.488
			21.6	4	10.1	0.185	0.468
			18	3.6	8	0.200	0.444
		130c-9	24.6	5.1	12	0.207	0.488
		130c-10	12	3.5	5	0.292	0.417
		130c-11	43	11	14	0.256	0.326
			41	15.1	13.1	0.368	0.320
			35.1	9.2	16.3	0.262	0.464
	134	134-7	51	7	29	0.137	0.569
			42	9	18.1	0.214	0.431
			27	7	16.1	0.259	0.596
			25.1	5	15.1	0.199	0.602
		134-8	30	6.7	15.5	0.223	0.517
			25.8	4.9	12.4	0.190	0.481
	137	137-1	21.3	5.3	7.4	0.249	0.347
		137-2	22.7	4.7	6.5	0.207	0.286
	138	138-24	37.7	13	15.8	0.345	0.419
		138-25	34.8	7.4	15.1	0.213	0.434
			26.8	6.8	13.6	0.254	0.507
			19.8	4.5	11.5	0.227	0.581
TO-1-C	1	1-1	34.1	5.5	18.1	0.161	0.531
			29.2	5.1	14.1	0.175	0.483
		1-2	27.7	6.1	12.9	0.220	0.466
			23.9	5.4	11.6	0.226	0.485
			14.1	1.8	8.9	0.128	0.631
		1-3	28	7.1	12.5	0.254	0.446
	6	6-1	21.6	5.6	10.1	0.259	0.468
		6-2	17.3	4.7	9.1	0.272	0.526

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/Dm	H/Dm	
CU-1	1	1-1	24.6	4	12.8	0.163	0.520	
			19	2.8	11	0.147	0.579	
		1-2	23	6	11.7	0.261	0.509	
			18.1	4.4	10	0.243	0.552	
	3	3-1	13.6	4.6	5.3	0.338	0.390	
		3-2	19.9	6.8	7.8	0.342	0.392	
		3-3	30.6	4.9	15.5	0.160	0.507	
			26.3	6.4	11.5	0.243	0.437	
			22.3	4.5	10.4	0.202	0.466	
			15.4	2.5	9.3	0.162	0.604	
	8	8-1	24.8	6	10.1	0.242	0.407	
			17.4	3.6	8.4	0.207	0.483	
			15.2	2.4	7.7	0.158	0.507	
			9.0	1.9	6.2	0.211	0.689	
		8-2	15.8	3.5	4.2	0.222	0.266	
8-3		23.5	6.7	8.4	0.285	0.357		
PP-1		11-A	11A-1	25.6	5.8	7.5	0.227	0.293
			11A-2	30.0	4.6	16.0	0.153	0.533
				28.0	4.4	14.4	0.157	0.514
		20.6	5.1	9.6	0.248	0.466		
	11A-3	36.7	10.6	12.6	0.289	0.343		
		28.7	10.1	13.5	0.352	0.470		
		21.7	6.1	13	0.281	0.599		
	11-1	11-1-1	32.5	7.2	15	0.222	0.462	
			24.8	6.3	11.3	0.254	0.456	
			16.7	4.4	9.8	0.263	0.587	
		11-1-2	43.0	15.3	14.4	0.356	0.335	
			31.9	11.6	12.1	0.364	0.379	
	11-1-3	27.5	6.0	12.8	0.218	0.465		
		23.6	5.4	10.8	0.229	0.458		
11-25	11-25-1	30.8	10.0	13.0	0.325	0.422		
		26.6	12.1	11.8	0.455	0.444		
		17.8	7.3	9.1	0.410	0.511		

Descripción. Concha platicona, semi-evoluta, con una región umbilical amplia y superficial, los flancos son amplios y planos, y mantienen su mismo tamaño a través del crecimiento. A pesar de tratarse de impresiones se observa la presencia de un canal, localizado en el primer tercio del flanco. No se observa sutura, ni apertura.

Discusión y afinidades. La involución que se observa en los ejemplares es variable, aunque hay que tener en cuenta que algunas de las medidas son aproximadas. La presencia del canal es un carácter típico del género *Glochiceras* pero debido a que no se observan otras características diagnósticas, se prefirió dejar abierta la asignación específica.

Alcance estratigráfico. El género presenta un amplio rango, Arkell *et al.* (1957) le asignan una edad de Kimmeridgiano inferior; Ziegler (1958) le da un alcance desde el Oxfordiano al Tithoniano inferior. Cantú-Chapa (1967) reconoce representantes del género en el Tithoniano medio, dentro de su Unidad de *Kossmatia victoris* y *Pseudolissoceras zitteli*. Los registros de Leanza (1980) son de la parte más baja del Tithoniano medio (Zona de *Pseudolissoceras zitteli*). Por su parte, Cecca y Enay (1991) registran representantes del género en el Tithoniano inferior (Zona Fallauxi, subzona Ritcheri). Villaseñor (1991) registró ejemplares a los cuales les asigna una edad del Kimmeridgiano inferior al Tithoniano superior. López-Gómez (2006) ubica al género en el Kimmeridgiano superior, Zona Eudoxus.

En este trabajo se le asigna una edad de rango amplio, que inicia del Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Haploceras* cf. *trasatlanticum*, *Haploceras* spp., *Taramelliceras* sp. y *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum*, al Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Hybonoticeras* sp., *Procraspedites* sp. y *Lithacoceras* sp. , ya que la distribución de los ejemplares asignados a este género se presentaron tanto en los horizontes y estratos basales como en los estratos superiores de los perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Europa, Rusia, Arabia, India, Kurdistán, Somalia, Tanganica, Japón, Cuba, Argentina y en México se encuentra en Las Campanas, Hidalgo; Sierra de Mazapil, Zacatecas; Sierra de Ramírez y Sierra de Palotes, Durango, Sierra de Piñones, Coahuila.

Superfamilia PERISPHINCTACEA Steinmann y Döderlein, 1890

Familia ASPIDOCERATIDAE Zittel, 1885

Subfamilia HYBONOTICERATINAE Olóriz, 1978

Subgénero HYBONOTICERAS Berckhemer y Hölder, 1959

Especie tipo *AMMONITES HYBONOTUM* Oppel, 1863

Diagnosis. Conchas evolutas, de diferente talla, con surco ventral limitado por carenas y ornamentadas con costillas y tubérculos sobre los flancos. En algunos casos la ornamentación es más delicada o se reduce a una serie de tubérculos umbilicales; en otros se observa la tendencia hacia el desvanecimiento. La sutura desplazada del plano sagital en las formas más típicas del género (tomado de Olóriz, 1978, p. 332-335).

Hybonoticeras sp.

(Lámina 1, Figura 1J)

Perfiles y estratos. MZ-3: 26. MZ-5: 138. CU-1: 6.

Medidas. Sin medidas

Descripción. Las conchas son de tamaño pequeño a mediano, evolutas, con la región umbilical amplia y superficial. En vueltas internas se observa una ornamentación de costillas simples, finas, densas y dirigidas ligeramente hacia adelante. En la vuelta externa las costillas se van engrosando y espaciando, siguiendo el crecimiento de la espira. Se observan pequeños tubérculos que limitan la parte externa del flanco.

Afinidades y discusión. Debido a las características ornamentales puede ser incluido dentro del grupo beckeri.

Alcance estratigráfico. Berckhemer y Hölder (1959), Olóriz (1978), Villaseñor (1991), asignan al género una edad del Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri). Por su parte Callomon (*in* Hillebrandt, 1992) al horizonte M9 Capas con *Waagenia* le asignan una edad del Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri). Villaseñor *et al.* (2000, 2012) registran una asociación de *Hybonoticeras* en el Kimmeridgiano superior, posteriormente López Gómez (2006) para material recolectado en Hidalgo le asigna la misma edad.

Villaseñor *et al.* (2000) proponen la asociación de *Hybonoticeras* para el límite del kimmeridgiano y Tithoniano en rocas del Altiplano de México. Posteriormente nuevos registros en el centro-este de México hicieron que se ampliara el rango paleobiogeográfico, interpretando su registro en el Kimmeridgiano superior (Zona

Beckeri y Villaseñor *et al.* (2000 y 2012) propusieron correlacionar una parte de la Zona Beckeri de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

En este trabajo se le asigna una edad de Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Procraspedites* sp. y *Lithacoceras* sp. Los ejemplares referidos sólo se presentaron en la parte superior de los perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Alemania, España y en Las Campanas, Hidalgo, Sierra de Mazapil, Zacatecas y Sierra de Palotes, Durango en México.

Familia ATAXIOCERATIDAE Buckman, 1921

Subfamilia ATAXIOCERATINAE Buckman, 1921

Género PROCRASPEDITES Spath, 1930

Especie tipo *CRASPEDITES PRAECURSOR* Burckhardt, 1906b

Diagnosis. Conchas de forma discoidal comprimida, de enrollamiento involuto y sección de la vuelta elíptica. Los flancos son convexos, la RV es redondeada, la RU es estrecha y profunda. Las VI con costillas bifurcadas bien marcadas; en las VE y hacia la CH las costillas se desvanecen en el BU y las dos terceras partes del flanco, presentan únicamente estrías; sobre el tercio externo las costillas se mantienen y atraviesan la RV sin interrupción. La línea sutural es simple, con la primera silla lateral amplia y el primer lóbulo lateral delgado y profundo, hay tres o cuatro lóbulos auxiliares (tomado de Villaseñor, 1991, p. 82).

***Procraspedites* sp.**

(Lámina 1, Figura 1K)

Perfiles y estratos. MZ-3: 22. MZ-5: 137, 138.

Medidas. Sin medidas, ya que se trata de seis fragmentos.

Descripción. Al tratarse de fragmentos no se pueden observar las características de la concha y región umbilical. Lo único que se tiene conservado son fragmentos de que se cree es la vuelta externa, donde se presentan costillas bifurcadas y simples, las cuales son

más gruesas y espacios intercostales del mismo tamaño que las costillas. En algunos fragmentos se observan elementos de la sutura, pero debido al grado de conservación no fue posible dibujarla, aunque sí se pudieron reconocer algunos elementos que permitieron asignarlo al género.

Alcance estratigráfico. Burckhardt (1906b) establece que las especies *Craspedites praecursor* y *Craspedites mazapilensis* se encuentran distribuidas en las capas de *Haploceras fialar* del Kimmeridgiano superior. Posteriormente Arkell *et al.* (1957) en la revisión del género le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano inferior y medio. Imlay y Herman (1984) le asignan una edad del Kimmeridgiano inferior al superior. Villaseñor (1991) asigna una edad del Kimmeridgiano inferior-superior, debido a que lo encuentra en asociación con *Idoceras*, así como por arriba del registro de *Haploceras elimantum*. Olóriz *et al.* (1998) en la reinterpretación que hacen del género determinan una edad del Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus). Villaseñor *et al.* (2000, 2012) propusieron la asociación *Coryceras – Procraspedites* perteneciente al Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus). López-Gómez (2006) asigna a la especie al mismo rango de edad, Kimmeridgiano superior (Zona Eudoxus).

En este trabajo se le asigna una edad de Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Hybonoticeras* sp. y *Lithacoceras* sp. Los ejemplares referidos sólo se presentaron en la parte superior de los perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Lousiana y Misisipi en Estados Unidos; en Las Campanas, Hidalgo, Sierra de Samalayuca, Chihuahua; Sierra de Catorce, San Luis Potosí; Sierra de Mazapil, Zacatecas; Sierra de Palotes y Sierra de Ramírez, Durango en México.

Tipo “*Procraspedites*” sp.

(Lámina 1, Figura 1K)

Perfiles y estratos. MZ-3: 24, 25, 26, 28.

Medidas.

Perfil	Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D
MZ-3	26	26-1	<u>93.5</u>	23.9	<u>45.1</u>	0.256	0.482
			<u>82.6</u>	22.7	<u>40.0</u>	0.275	0.484
			66.3	8.8	35.0	0.133	0.528

Descripción. Concha platicona, semi-evoluta, la muralla umbilical es alta y ligeramente inclinada, la RU es amplia y profunda, el borde umbilical es redondeado y los flancos son aplanados. No se observan las vueltas internas. La vuelta media está constituida por costillas que al parecer son simples y delgadas, hay escasas costillas bifurcadas, las cuales se dividen por arriba de la mitad del flanco. La vuelta externa presenta costillas bifurcadas y simples, las cuales son más gruesas y espacios intercostales del mismo tamaño que las costillas. Al parecer en el último cuarto de la VE las costillas se desvanecen en la parte interna del flanco, quedando como costillas residuales.

Afinidades y discusión. En sólo un ejemplar se pudo medir algunos parámetros, sin embargo, esto no fue suficiente para lograr una asignación sistemática, ya que el mal estado de conservación no permite observar claramente las características diagnósticas del género. Es por ello por lo que se decidió dejarlo como Tipo "*Procraspedites*" ya que se "parece" pero no se puede confirmar la asignación genérica.

En este trabajo se le asigna una edad de Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Hybonoticeras* sp., *Procraspedites* sp. y *Lithacoceras* sp. Los ejemplares referidos sólo se presentaron en la parte superior de los perfiles estudiados.

Distribución geográfica. Sierra de Mazapil, Zacatecas en México.

Subfamilia LITHACOCERATINAE Zeiss, 1968 *emend.* Tavera, 1985

Género LITHACOCERAS Hyatt, 1900 *emend.* Olóriz, 1978

Especie tipo *AMMONITES ULMENSIS* Opperl, 1863

Diagnosis. Género creado sin diagnosis original por lo que ha sido empleado tanto en sentido amplio como en sentido estricto por numerosos autores (Arkell *et al.* 1957; Berckhemer y Hölder, 1959; Donze y Enay, 1961 entre otros) Olóriz (1978) hace un análisis detallado sobre el género descartando algunas de las asignaciones hechas por los autores antes mencionados y llega a la siguiente diagnosis: "Formas de tamaño pequeño a grande, sección ovalada. Vueltas internas densa y finamente costilladas en las que, muy posiblemente, el único tipo de división es el bifurcado con una altura que oscila entre 1.2 y 2.3 H. En VE y CH aumenta en distinto grado la relación CU, con motivo del desarrollo de costillas polifurcadas-fasciculadas o "diversipartitas" pero jamás realmente

virgatostomas. Peristoma simple en algunos casos, entre otro desconocido (tomado de Olóriz, 1978).

Lithacoceras sp.

Perfiles y estratos. MZ-3: 26, 27, 28.

Medidas. Sin medidas.

Descripción. Se cuenta con un ejemplar parcialmente conservado y varios fragmentos de la vuelta externa, por lo que no se tiene información acerca de la región umbilical, ni de vueltas internas o medias, realizando una aproximación en las medidas se puede inferir que el ejemplar supera los 100 mm de diámetro, en lo que se supone que es la parte externa, se presentan costillas tipo virgatostomas, en fascículos o ramilletes, la cual es ornamentación característica del género. Debido al estado de conservación se decidió dejar la asignación abierta.

Alcance stratigráfico. Considerando el análisis que realizó Olóriz (1978) respecto al género, éste se restringe del Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri) al Tithoniano inferior (Zona Hybonotum).

En este trabajo se le asigna una edad de Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri) debido a que se encuentra en una biozona de asociación con *Hybonotoceras* sp., y *Procraspedites* sp. Los ejemplares referidos sólo se presentaron en la parte superior de un perfil estudiado (MZ-3).

Distribución geográfica. Sierra de Mazapil, Zacatecas en México.

Superfamilia PERISPHINCTACEA Steinmann y Döderlein, 1890

(Lámina 1, Figura M)

Aquí se presenta una serie de ejemplares cuya identificación taxonómica precisa no es posible, solo se reconoce su afinidad a nivel de Superfamilia.

Perfiles y estratos. MZ-3: 23, 24, 25. MZ-5: 128, 129 cima. TO-1-C: 1, 8, 9. PP-1: 11A, 11-15

Medidas. Sin medidas.

Descripción. Por el tipo de material y lo mal conservado no se puede hacer una descripción formal. De todos los ejemplares analizados sólo se pudieron observar fragmentos de vueltas. Sobre los flancos la ornamentación consiste en costillas simples y bifurcadas dirigidas ligeramente hacia delante y próximas entre sí. El punto de bifurcación de las costillas secundarias se localiza en el último tercio del flanco.

5.1. Resultados Paleontológicos

Entre la fauna de ammonites estudiada se ha podido reconocer la superfamilia Haplocerataceae Zittel, 1884, con dos familias, Haploceratidae Zittel, 1884 y Glochiceratidae Hyatt, 1900.

La superfamilia Perisphinctaceae Steinmann y Döderlein, 1890, con dos familias, Aspidoceratidae Zittel, 1885 y Ataxioceratidae Buckman, 1921.

De la familia Haploceratidae se reconoció a la subfamilia Haploceratinae, con el género *Haploceras* y las especies *Haploceras* cf. *transatlanticum*; y *Haploceras* spp.

De la familia Glochiceratidae, se reconoció a la subfamilia Taramelliceratinae, con el género *Taramelliceras* con la especie *Taramelliceras* sp. y del subgénero *Metahaploceras*, las especies *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum* y *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) aff. *costatum*. También se reconoció la subfamilia Glochiceratinae, con el subgénero *Coryceras*, y las especies *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* y *Glochiceras* (*Coryceras*) cf. *carinatum*, *Glochiceras* (*Coryceras*) sp. A y *Glochiceras* spp. (Lámina 1).

De la familia Aspidoceratidae, la subfamilia Hybonoticeratidae, con el subgénero *Hybonoticeras* y la especie *Hybonoticeras* sp.

Mientras que de la familia Ataxioceratidae, la subfamilia Ataxioceratinae, el género *Procraspedites*, la especie *Procraspedites* sp. y el Tipo “*Procraspedites*” sp. Por último, se registra la subfamilia Lithacoceratinae, con el género *Lithacoceras* y la especie *Lithacoceras* sp. (Lámina 1).

6. PERFIL CAÑÓN DE SAN MATÍAS (MZ-3)

Como ya se mencionó con anterioridad, el afloramiento pertenece a la Formación La Caja y se localiza en la parte norte del estado de Zacatecas, al sureste de la Ciudad de Concepción del Oro, en el Municipio de Mazapil. La sucesión estudiada del perfil MZ-3 representa una subsección con espesor total de 410 cm. Los estratos que presentan las concentraciones fosilíferas se restringen a los 100 cm de la parte inferior de la sucesión (Figura 8A).

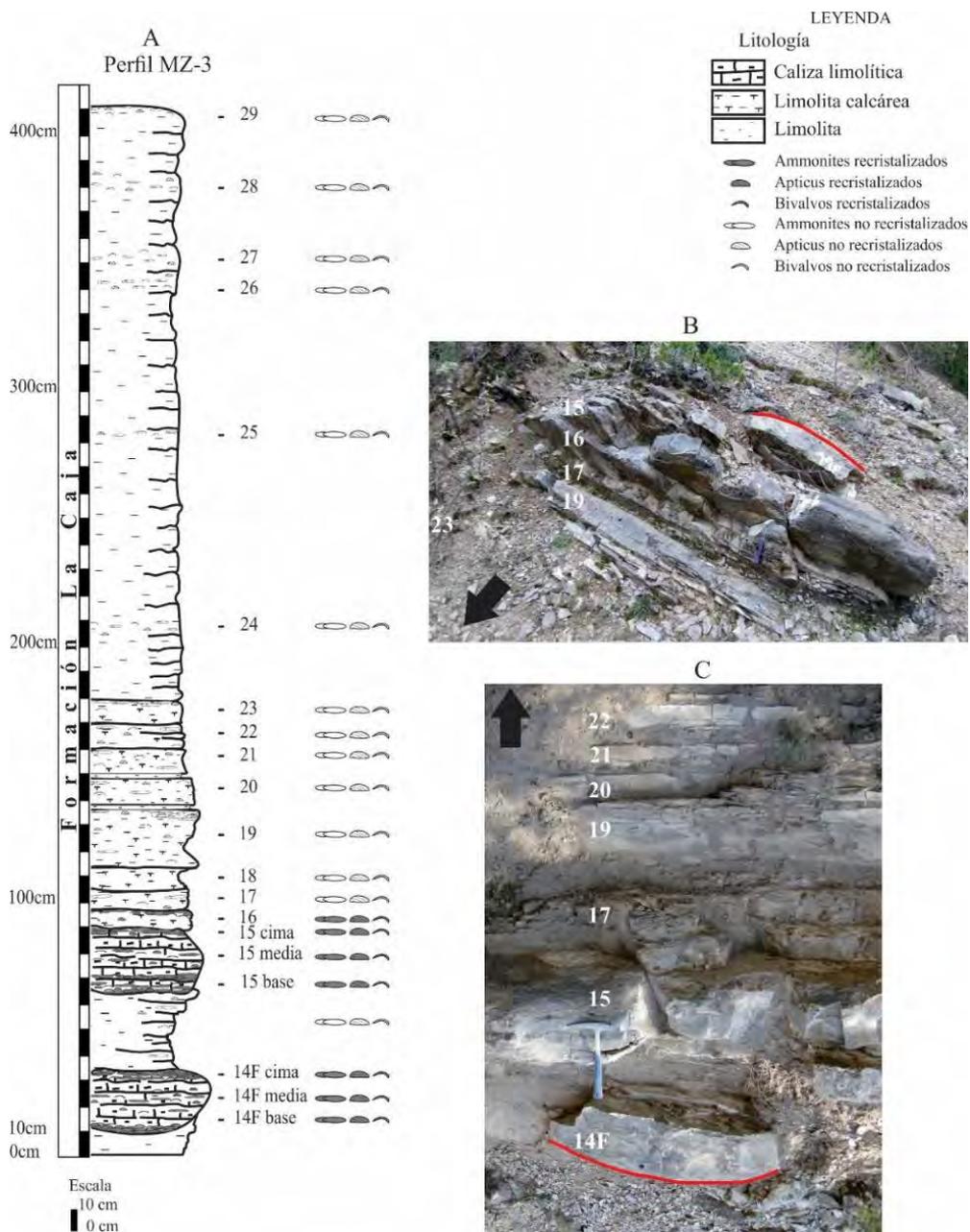


Figura 8. Sucesión estudiada del Perfil Cañón de San Matías (MZ-3) perteneciente a la Formación La Caja. (A) Columna litológica (espesor 410 cm) con acumulaciones fosilíferas restringidas a los estratos basales, 14F y 15. (B) Vista de afloramiento con sucesión invertida que muestra la geometría irregular en

los depósitos carbonatados y tabular en las limolitas rosadas-grisáceas (estratos 17 al 23). (C) Imagen invertida que muestra 170 cm correspondientes al intervalo 14F al 22, donde se aprecia la geometría de los cuerpos rocosos, destacando la base cóncava del estrato 14F (línea roja). Flecha en negro para indicar polaridad estratigráfica. Martillo como escala (32 cm).

6.1. Litofacies del perfil Cañón de San Matías (MZ-3)

6.1.1. *Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas*

En la base se presentan el estrato identificado como 14F con un espesor de 25 cm, con base cóncava y cima plana concordante (Figuras 8B, 8C). Observaciones macroscópicas permiten reconocer horizontes de acumulación de fósiles diferenciados como 14F base, 14F media y 14F cima (Figura 8A). En el horizonte 14F base se presenta gran cantidad de fósiles y la concentración disminuye hacia la parte media (horizonte 14F media). En la parte superior se registra un nuevo horizonte con gran acumulación de restos con evidencias de imbricación (horizonte 14F cima; Figura 9A). Suprayaciendo se encuentra un estrato limolítico con espesor de 33 cm en donde no se identificaron restos fósiles. El siguiente estrato que presenta con concentraciones fosilíferas fue identificado como el estrato 15, presenta un espesor máximo de 27 cm, con superficies de base y cima irregulares (Figura 8B). La subdivisión en horizontes (15 base, 15 media y 15 cima) responde a la diferenciación interna de acumulaciones de restos fósiles (Figura 8A). En los estratos de caliza limolítica (14F y 15) los restos fósiles se presentan recristalizados y con compresión parcial ("aplastamiento").

6.1.2. *Litofacies de limolita calcárea*

Los estratos suprayacentes fueron identificados con los números 16 al 23, los cuales representan 90 cm de limolitas calcáreas, presentando un espesor variable, entre 9 y 25.5 cm, manteniendo el aspecto tabular típico para este tramo de la sucesión (Figuras 8A, 8B, 8C, 9E y 9F).

6.1.3. *Litofacies de limolita*

La parte superior de la sucesión estudiada, con un espesor de 230 cm, está empobrecida en restos fósiles y compuesta principalmente por limolitas con geometría tabular, de 5 a 10 cm de espesor (Figuras 9E y 9F), donde sólo se han reconocido impresiones de restos fósiles de ammonites, apticus y bivalvos.



Figura 9. Detalle macroscópico de los horizontes/estratos según el caso, que muestran las acumulaciones fosilíferas en la subsección estudiada del Perfil Cañón de San Matías (MZ-3). (A) Acumulación fosilífera en la parte superior del horizonte 14F cima. (B) Superficie de estratificación del horizonte 14F cima con acumulación de restos fósiles localmente imbricados (flecha amarilla en pavimento de conchas). (C) Estratificación con posible retoque diagenético (cima localmente convexa) y acumulación de restos fósiles en el horizonte 15 cima. (D) Detalle del pavimento de restos fósiles en la superficie de estratificación del horizonte 15 cima, con ejemplo de imbricación (flechas rojas). (E) Aspecto tabular del estrato limolítico 17, donde se observa disminución en macrofósiles. (F) Estratos, 19 al 21 de composición limolítica calcárea, aspecto tabular y disminución en macrofósiles. Flechas negras indican la polaridad estratigráfica. Portaminas (15 cm) como escala.

6.2. Tafonomía

La caracterización tafonómica de los constituyentes de la asociación fósil en cada uno de los horizontes fosilíferos identificados aporta información valiosa para la interpretación de los procesos relacionados con las conchas.

6.2.1. Empaquetamiento

En general, el empaquetamiento en los horizontes identificados es más denso en la parte inferior de la sucesión. Las concentraciones se acentúan más hacia la base y cima de los estratos, en forma de horizontes con expresión superficial de pavimentos (Figuras 9B, 9D), sin descartar la posible discontinuidad lateral, no apreciable por limitaciones de afloramiento, o bien de capas en función de su espesor (respectivamente *pavements*, *stringers* y *beds* de Kidwell *et al.* 1986; Figuras 9A, 9C). En el corte correspondiente al espesor del estrato de referencia, las acumulaciones de restos son discontinuas.

Considerando los tipos de empaquetamiento propuestos. El primer estrato (14F) muestra en su espesor variaciones en la densidad y tipo de empaquetamiento; en la base del estrato (horizonte 14F base, Figura 10B) se presentan 10 cm de empaquetamiento tipo denso laminar con enclaves de orientación caótica (ER4); en la parte media (horizonte 14F media de 15 cm espesor, Figuras 10A, 10B) el tipo de empaquetamiento cambia en los siguientes 4 cm, ya que no presenta fósiles visibles (ER0), y en los siguientes 5 cm se presentan los fósiles “flotados” (ER0.5), hacia la cima (horizonte 14F cima) el empaquetamiento se incrementa progresivamente, iniciando con un tipo flotado laminar (ER1) con espesor de 3 cm, posteriormente flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2) con espesor de 3 cm y algunos parches con empaquetamiento tipo contacto laminar (ER3; Figura 10C).

El nivel limolítico que suprayace al estrato 14F, presenta un espesor de 33 cm, y los restos fosilíferos se presentan no recristalizados, como moldes internos comprimidos (“*leaf preservation*”) y huellas (“*imprints*”), con empaquetamiento tipo “flotado” (EL0.5, Figura 10A).

El estrato 15, con un espesor de 27 cm (Figura 10A), presenta tres horizontes muy bien diferenciados. En el horizonte 15 base (8 cm de espesor) los restos se presentan recristalizados y se observa una secuencia de empaquetamiento que inicia como flotado

laminar (ER1), seguido de flotado (ER0.5), flotado laminar (ER1) y finalmente flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2, Figura 10D); en la parte media del estrato fue identificado el horizonte 15 media, con un espesor de 14 cm, donde se muestra un cambio progresivo de empaquetamiento, sin restos fósiles (ER0) a flotado (ER0.5) registrando nuevamente un empaquetamiento sin restos fósiles y en los siguientes 2 cm se observa un empaquetamiento tipo flotado (ER0.5; Figura 10E). En la parte superior del estrato (horizonte 15 cima) se puede observar un patrón de empaquetamiento muy distinto al del horizonte anterior, ya que hay un incremento en la cantidad de fósiles, iniciando con un flotado laminar con enclaves de empaquetamiento caótico (ER2), para después no presentar macrofósiles (ER0), posteriormente se presenta un empaquetamiento tipo flotado (ER0.5) que es relevado por tipo flotado laminar (ER1; Figura 10F).

El estrato 16, con un espesor de 9 inicia con empaquetamiento tipo flotado (ER0.5) y posteriormente flotado laminar (ER1; Figura 10G).

El resto de los estratos y niveles analizados (17 al 29), con un espesor total de 80 cm, se caracterizan porque los ejemplares no están recristalizados (EL) y presenta moldes internos comprimidos (“*leaf preservation*”) y huellas (“*imprints*”) y el empaquetamiento es tipo flotado (EL0.5; Figura 10A).

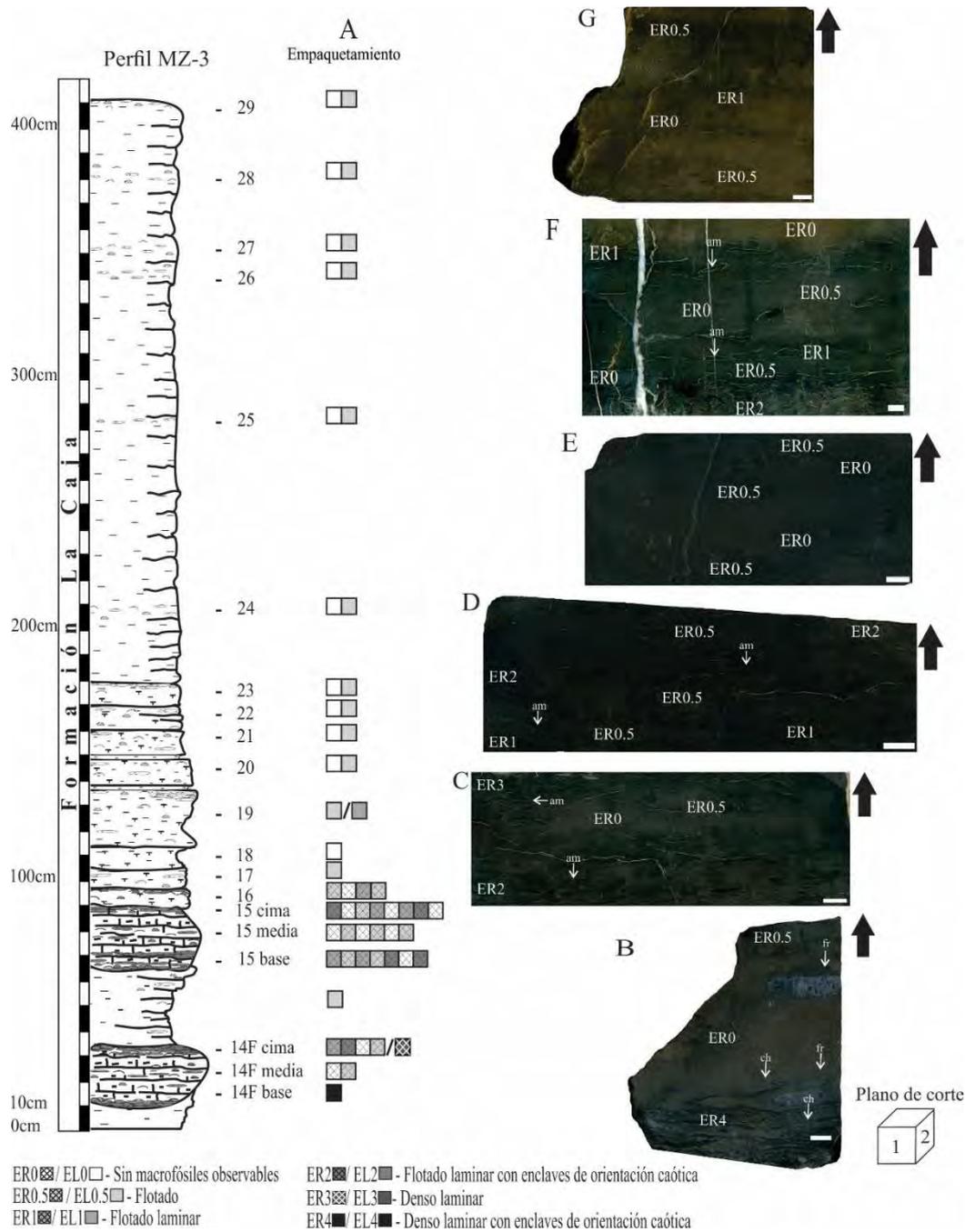


Figura 10. Tipos de empaquetamiento reconocidos en el Perfil Cañón de San Matías (MZ-3). (A) Variación del tipo de empaquetamiento en la sucesión estudiada. (B) Corte que muestra dos horizontes, la parte superior del 14F base, donde se puede observar el relleno recrystalizado del fragmocono (fr) y relleno de matriz en la cámara de habitación (ch); el horizonte 14F media muestra ejemplares recrystalizados. Diferentes tipos de empaquetamiento en los horizontes 14F cima (C), 15 base (D), 15 media (E), 15 cima (F), y estrato 16 (G). Nótese la variación del empaquetamiento de base a cima. Todos los cortes se presentan en el plano correspondiente al número 1, que representa el espesor, excepto (B), (D) y (G) que corresponden al plano 2, que representa la dirección perpendicular a la estratificación. Flechas blancas para indicar ammonites (am), cámara de habitación (ch) y fragmocono (fr). Flechas negras, indican la polaridad estratigráfica. Barra 1 cm. Las imágenes fueron modificadas digitalmente para reconocer los rasgos de empaquetamiento.

6.2.2. Asociaciones faunísticas

Las asociaciones de macroinvertebrados (Figura 11) están constituidas por ammonites, apticus, bivalvos y gasterópodos. Total 1,175 restos analizados (especímenes más o menos completos y fragmentos). De manera general los ammonites son los mejor representados (52%), excluidos apticus (27%); bivalvos (18%) como componentes accesorios; y gasterópodos (2%) ocasionales. La abundancia en restos de ammonites es variable a lo largo de la sucesión estudiada; el primer registro se ubica en el horizonte 14F base (44% del total de la fauna registrada), mientras que en los niveles de la parte media (16 al 19) se incrementa hasta 77%. En los 2 m superiores de la sucesión el porcentaje de ammonites disminuye al 26%. Lo mismo se observa en apticus, ya que en el horizonte 14F base representan el 17% y se incrementa hasta un 30% (estrato 26), mientras que los bivalvos varían del 28% al 13% en los primeros 2m, y en los 2m suprayacentes alcanzan 39% (Figura 11).

Entre los ammonites, los glochiceratinos son mayoritarios (34%), seguidos de haploceratinos (25%) y en menor proporción taramelliceratinos (8%); componentes raros son los ataxioceratinos (2%); un porcentaje considerable de fragmentos no permiten la identificación precisa (29%).

Entre los organismos bentónicos los bivalvos son dominantes (18% del total de invertebrados); un porcentaje elevado (48%) no fueron determinados por su deficiente preservación: buchidos (17%), inoceramidos (15%), y en menor proporción pseudomonotidos (8%), artícididos (5%), astártidos (5%) y lucínidos (2%) conforman la asociación identificada. La presencia de gasterópodos es ocasional (2%).

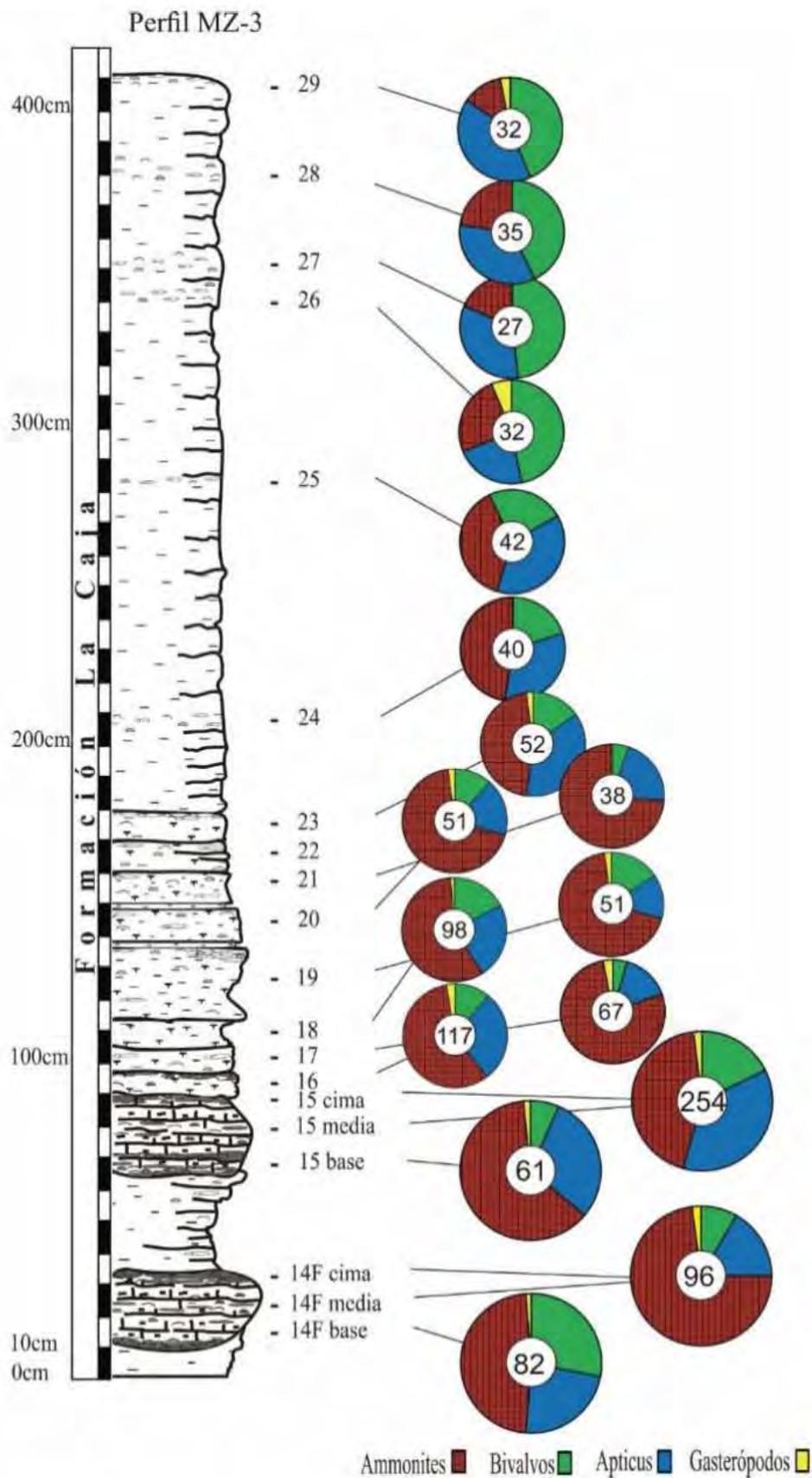


Figura 11. Espectros faunísticos reconocidos en Perfil MZ-3, con indicación del total de restos identificados taxonómicamente por horizonte, estrato y nivel. No se incluyen restos sin identificación taxonómica a nivel de género o especie.

6.2.3. Caracteres tafonómicos

Fragmentación, articulación y orientación

La fragmentación es alta, con un índice de fragmentación con valores de 60 a 80%. Las conchas de bivalvos y los apticus presentan una desarticulación del 100%, mientras que la posición en ambos casos fue mayoritariamente convexa, alcanzando un 68%, y el 32% en posición cóncava (sin considerar casos de orientaciones verticalizadas). La orientación más frecuente es concordante o paralela a la estratificación (95%), la oblicua representa el 4%, y la posición verticalizada es rara y solo se presenta en algunos bivalvos desarticulados y en los raros registros de gasterópodos (1%) que no presentan la posición de vida (Figura 12).

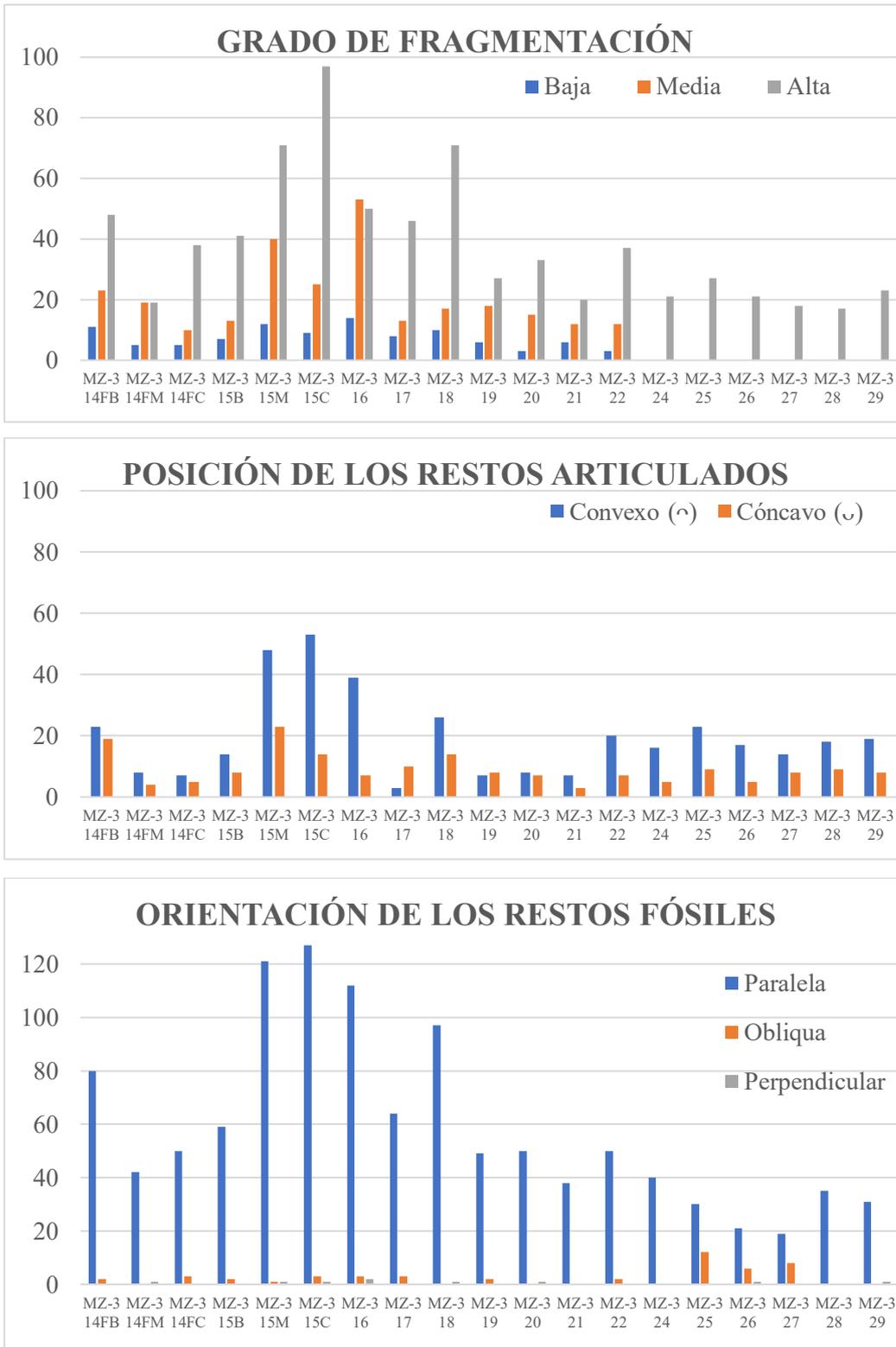


Figura 12. Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos de fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil MZ-3.

Tamaño, conservación y corrosión de los restos

El tamaño predominante de los restos es <30 mm (Figura 13), los macrofósiles con talla más grande (55 a 115 mm) son los ammonites, en particular los ataxioceratinos-lithacoceratinos y algunos ejemplares de glochicerátidos. La conservación de huellas o impresiones (31%) se registró principalmente en los niveles limolíticos, y en molde interno (69%) se presentaron en los niveles más calcáreos; en ningún ejemplar se conservó concha original de aragonita, solo neomórficas con recristalización variable. El índice de “*corrosión*” (Olóriz *et al.* 2002b) es alto 62 a 82% (Figura 13).

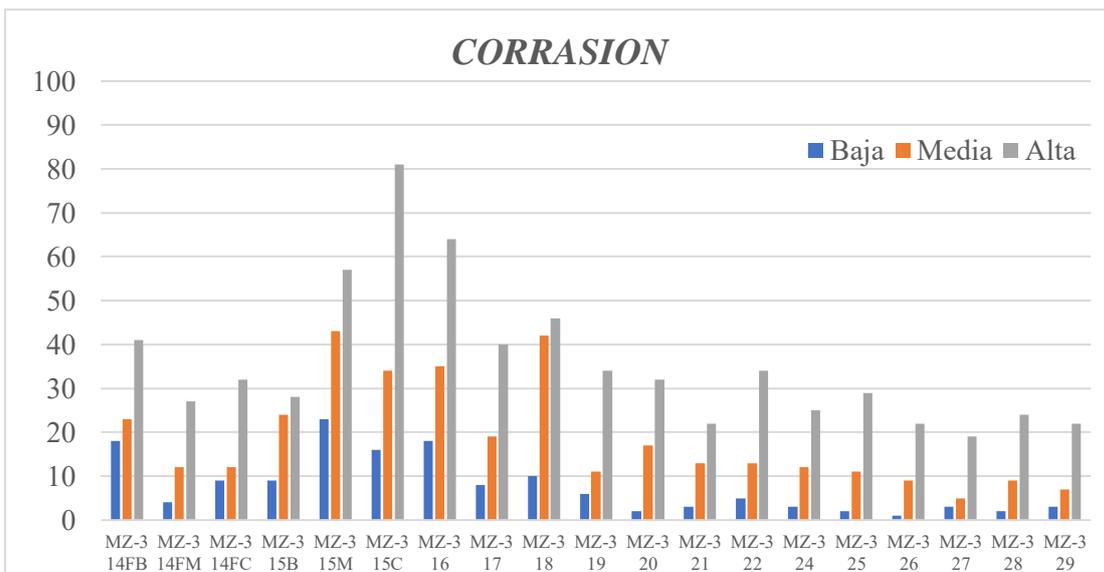
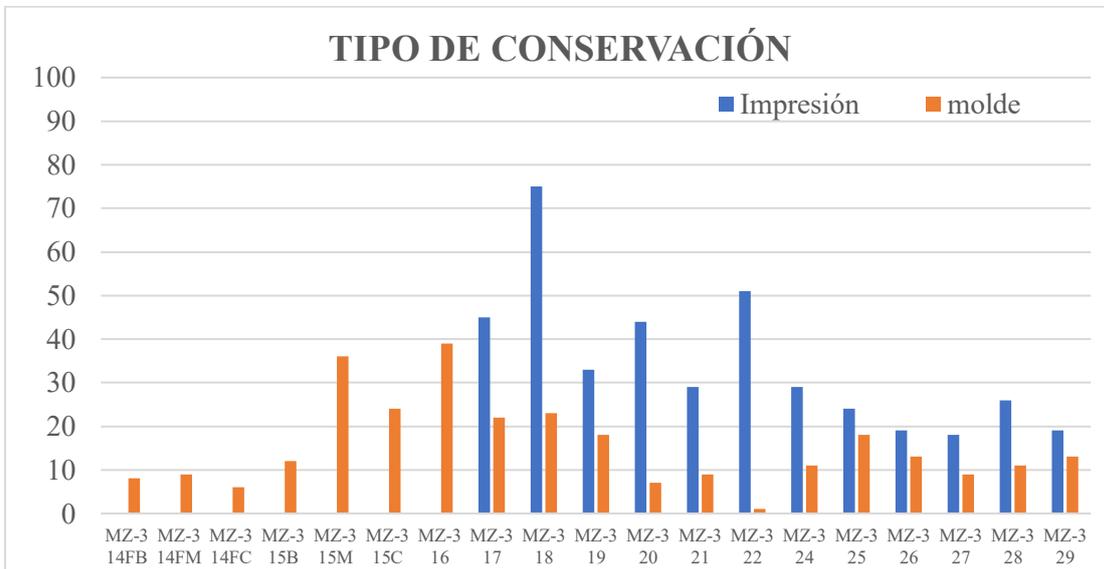
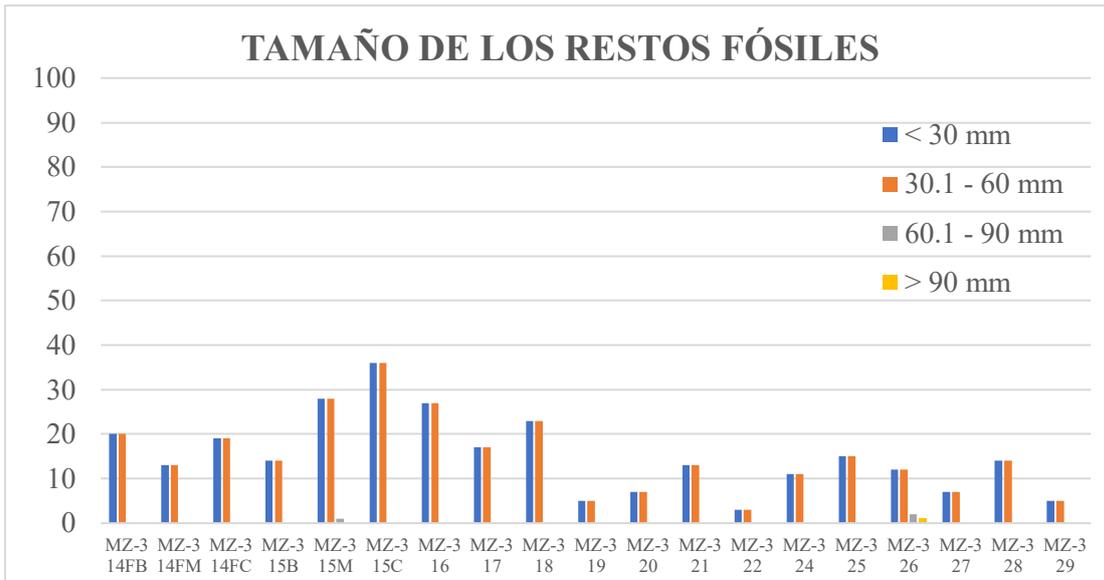


Figura 13. Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos tamaño, conservación y *corrasion* reconocidos en el Perfil MZ-3.

6.3. Resultados bioestratigráficos

A partir del análisis de la distribución estratigráfica de la fauna de ammonites son considerados de importancia para la correlación las siguientes especies: *Haploceras* cf. *transatlanticum* Burckhardt, 1906b; *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum* (Burckhardt, 1906b), *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) aff. *costatum* (Burckhardt, 1906b), *Glochiceras* (*Coryceras*.) *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras* (*Coryceras*) cf. *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895); las cuales se encuentran en una Biozona de Asociación de *Haploceras* - *Glochiceras* (*Coryceras*) - *Taramelliceras* (*Metahaploceras*), lo que permitió asignar a la parte baja y media del perfil una edad del Kimmeridgiano superior. Mientras que para la parte alta del perfil la distribución estratigráfica de la fauna de *Hybonotoceras* sp. *Procraspedites* sp. y *Lithacoceras* sp., permitiendo identificar la Biozona de Asociación *Hybonotoceras* - *Procraspedites* – *Lithacoceras*, asegurando para la parte alta del perfil la edad del Kimmeridgiano superior (Figura 14).

Derivado del análisis de la sistemática paleontológica se ha corroborado la edad propuesta por Villaseñor *et al.* (2000, 2012), correspondiente al Kimmeridgiano superior, abarcando la Zona Eudoxus, y la Zona Beckeri, de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

Además de que el registro de *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras* (*C.*) cf. *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) en la parte basal de la sección estudiada, y su rango conocido en otros perfiles de norte-centro de México (Villaseñor *et al.* 2000, 2012), favorece la propuesta de reconocimiento de la subbiozona de *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* (Figura 14).

Así mismo el registro paleontológico de los niveles con concentraciones de conchas es estratigráficamente discontinuo y no se han podido reconocer diferencias bioestratigráficamente significativas en las asociaciones registradas. En consecuencia, no se puede estimar el *time-averaging* en términos bioestratigráficos y se asume que el potencial de retrabajo de los restos está por debajo del potencial de resolución bioestratigráfica a nivel de la escala biozonal existente para México.

- LEYENDA
- ▽ Biohorizonte de Última Presencia -BUP (LAD - Last Appearance Datum)
 - △ Biohorizonte de Primera Aparición -BPA (FAD - First Appearance Datum)

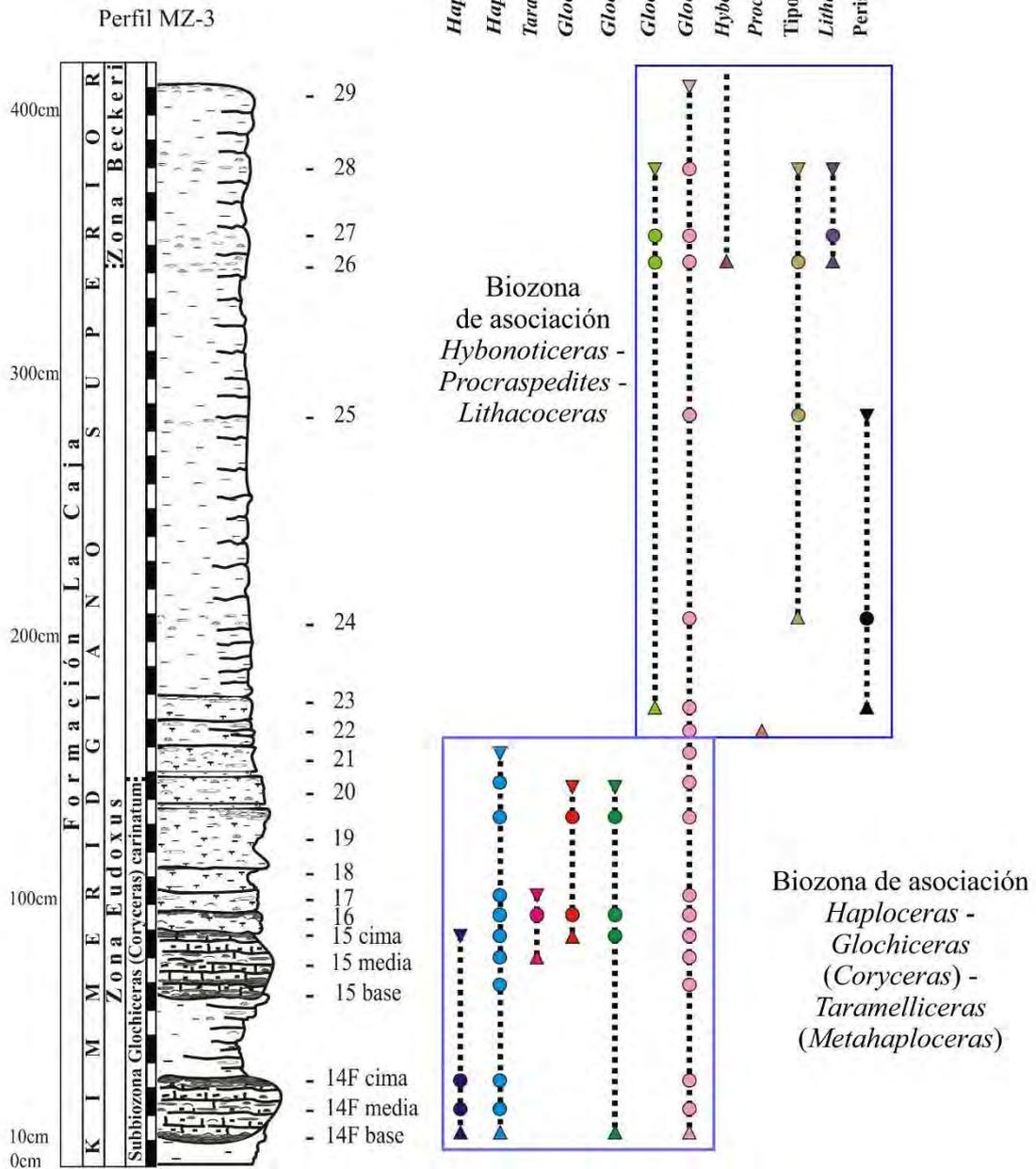


Figura 14. Distribución de la fauna de ammonites en el Perfil San Matías (MZ-3). Nótese el registro discontinuo. Los círculos indican el estrato u horizonte donde se registró el taxón indicado. Referencia a la Zona Eudoxus y la Zona Beckeri, del estándar europeo para clarificar la correlación biocronoestratigráfica.

7. PERFIL CAÑADA DE LAS BOCAS (MZ-5)

Las rocas del afloramiento MZ-5 pertenece a la Formación La Caja y se localiza en la misma área que el afloramiento MZ-3, en el Municipio de Mazapil.

El afloramiento tiene un espesor total de 250 cm (Figura 15A), los estratos que poseen las concentraciones fosilíferas se presentan tanto en la parte inferior, como en la parte superior del perfil, en la parte inferior se encuentran en los primeros 104 cm espesor, mientras que la parte superior se localizan específicamente en el estrato 138, en los últimos 5 cm. Además, el tipo de conservación es diferente, ya que los registrados en la parte inferior son recristalizados y los presentes en el estrato 138 corresponden a ejemplares limolíticos (EL) (Figura 16H).

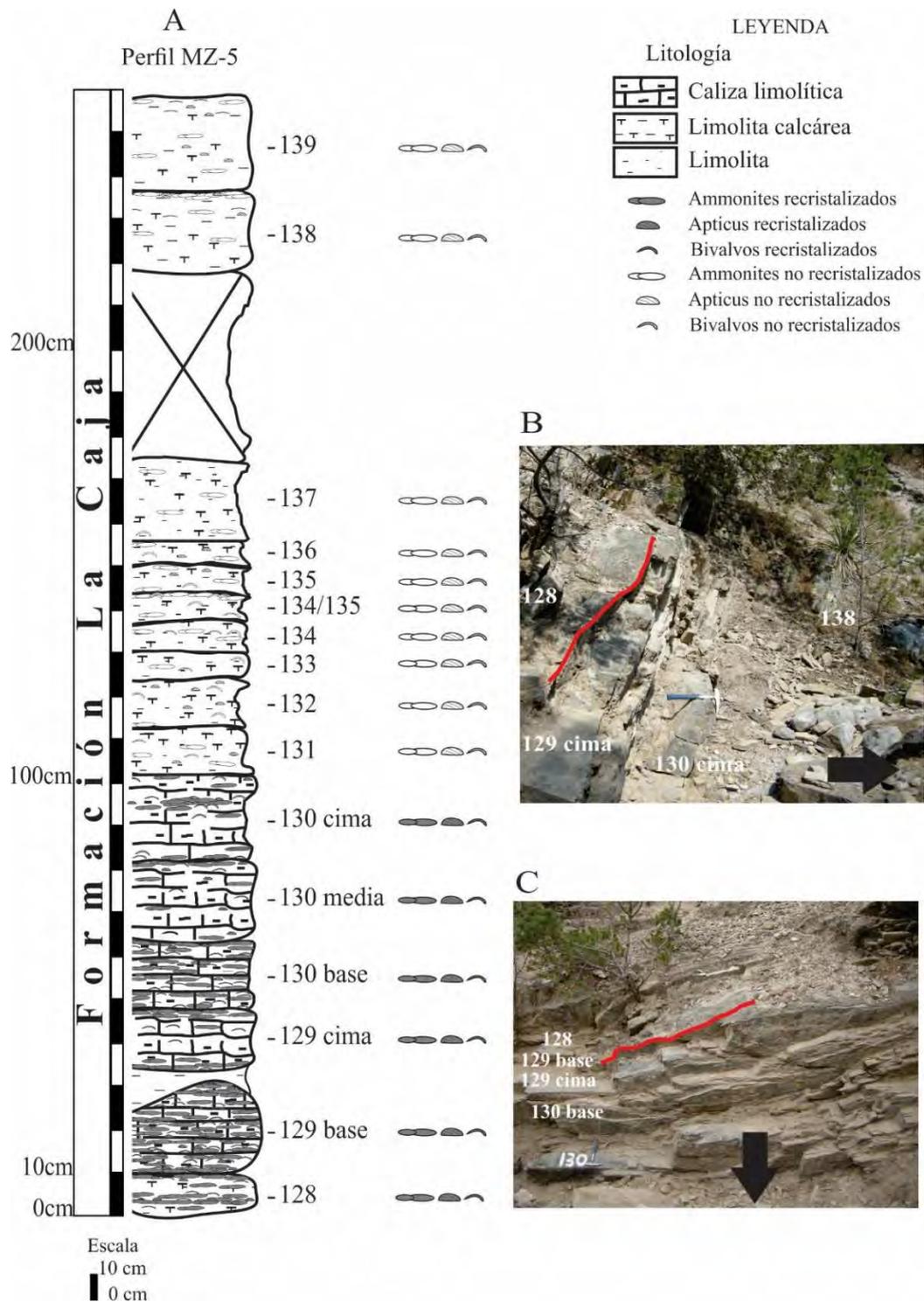


Figura 15. Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5). (A) Columna litológica (espesor 250 cm) con acumulaciones fosilíferas restringidas a los estratos basales, 128, 129 y 130. (B) Vista de afloramiento con sucesión invertida que muestra la geometría irregular en los depósitos carbonatados, y geometría tabular en los limolíticos, destacando la cima cóncava del estrato 129 base (línea roja). (C) Imagen invertida que muestra 100 cm correspondientes al intervalo 128 al 130 cima. Flecha en negro para indicar polaridad estratigráfica. Martillo como escala (32 cm).

7.1. Litofacies del perfil Cañada de Las Bocas (MZ-5)

7.1.1. *Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas*

Este tipo de litofacies se identifica en los niveles basales del perfil, el primer estrato identificado como 128 (10 cm espesor) y de geometría tabular, que está limitado por una superficie superior más o menos regular, mientras que la base muestra una superficie ligeramente irregular, observaciones macroscópicas permiten ubicar la distribución de los fósiles hacia la parte media del espesor del estrato (Figura 15A, 15B). El estrato que suprayace, 129 base, se presenta como un nódulo alargado de 23 cm espesor, con base concordante, pero cima irregular. Las acumulaciones fosilíferas se presentan en todo el espesor del estrato (Figura 15A, 16A, 16B).

El estrato suprayacente, identificado como 129 cima con 15 cm de espesor, presenta una geometría tabular con superficies de estratificación concordantes, donde las acumulaciones fosilíferas se presentan con mayor densidad en la base y la cima, en la parte media del estrato disminuyen notoriamente (Figuras 15A, 15B, 15C). El siguiente estrato (130 base) mide 17 cm de espesor, muestra una distribución continua de las acumulaciones fosilíferas; situación que cambia drásticamente en el estrato que le suprayace, identificado como 130 media, en los 20 cm de espesor, las acumulaciones fosilíferas se presentan en la cima, mientras que en el estrato 130 cima (con 21 cm de espesor) las acumulaciones fosilíferas se presentan en la parte basal principalmente (Figuras 15A, 16C, 16D y 16E).

7.1.2. *Litofacies de limolita calcárea*

Este tipo de litología se identifica en los estratos superiores del perfil, ya que muestran mayor abundancia en composición terrígena, presentando una limolita calcárea, con geometrías más homogéneas, con alguna variación en los espesores, además de que las acumulaciones fosilíferas ya no se presentan en abundancia, como en los cuerpos más carbonatados (Figuras 15A, 15B). El primer estrato identificado con esta litología, corresponde al 131, con un espesor de 8 cm, y los restos fósiles no se presentan en acumulaciones, sino como ejemplares aislados (Figura 16F). Este mismo comportamiento se observa en los siguientes 20 cm, que corresponden a los estratos 132 (8 cm de espesor), 133 (5 cm de espesor) y 134 (5.5 cm de espesor), cambia un poco la abundancia de los restos fosilíferos en el estrato identificado como 134/135 (5.5 cm de espesor), además de

que la distribución de éstos se presenta hacia cima del estrato. Los estratos que suprayacen, identificados como 135 (5.5 cm de espesor, Figura 16G), 136 (4 cm de espesor) y 137 (14 cm de espesor) vuelven a presentar fósiles aislados, posteriormente hay 32 cm parcialmente cubiertos en los que no se pudieron realizar observaciones. Los estratos superiores fueron identificados como 138 y 139, con 14 cm y 16 cm de espesor, respectivamente. Estos dos estratos, presentaron un incremento en la cantidad de restos fosilíferos, en el estrato 138 la acumulación fosilífera se observa hacia cima (Figura 16H), mientras que en el estrato 139, no se llegó a desarrollar una acumulación como tal, pero sí se incrementó la abundancia.

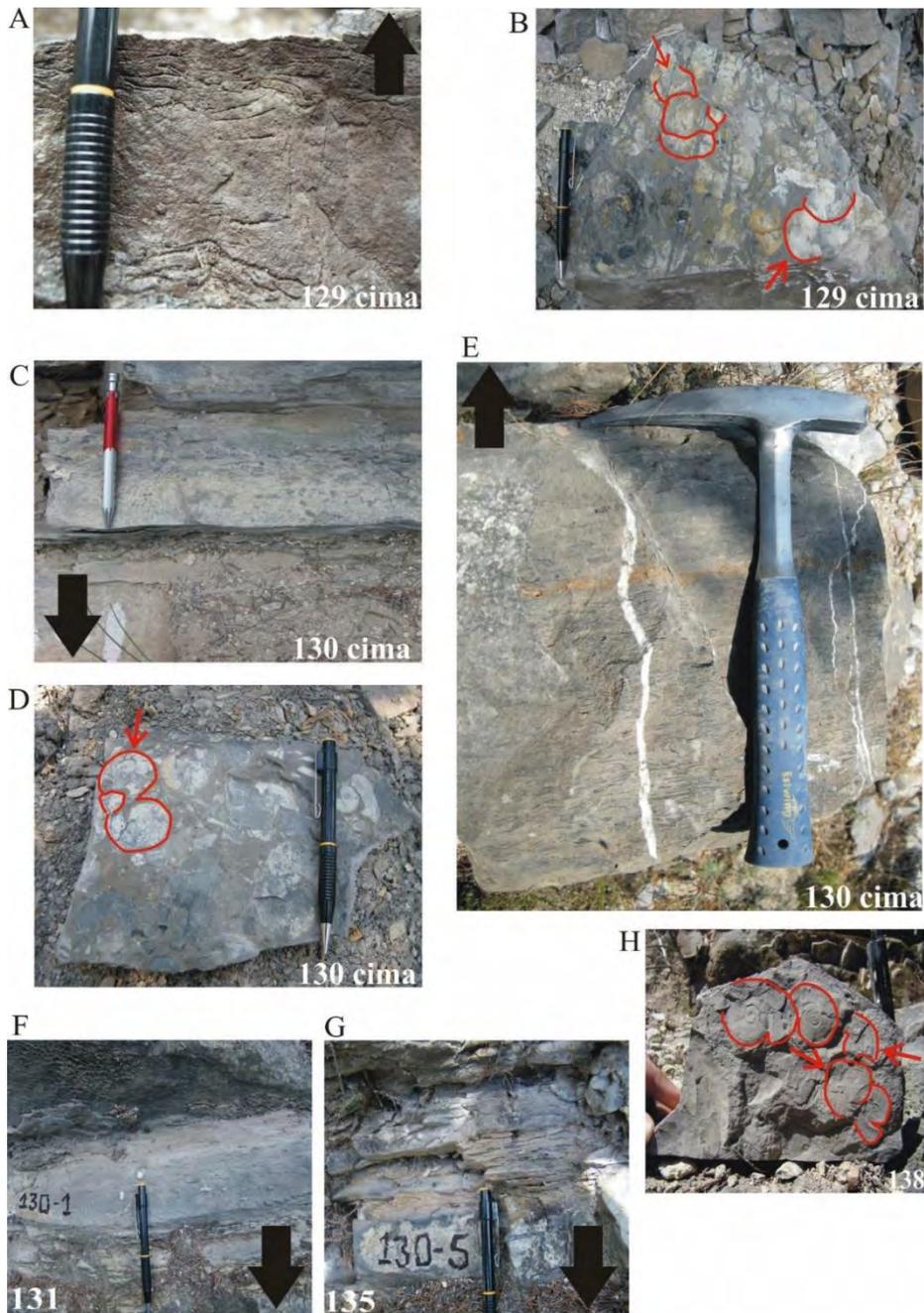


Figura 16. Detalle a nivel macroscópico de los estratos con acumulaciones fosilíferas de la subsección del Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5). (A) Acumulación fosilífera hacia cima del estrato 129 cima. (B) Superficie de estratificación del estrato 129 cima con acumulación de restos fósiles localmente imbricados (flecha amarilla en pavimento de conchas). (C) Estratificación con acumulación de restos fósiles creciente hacia cima en el estrato 130 base. (D) Superficie de estratificación del estrato 130 cima. (E) Potencia del estrato 130 cima, en donde se observa una gran acumulación fosilífera. (F) Estrato 131 y (G) Estrato 135, de composición limolítica, donde la acumulación de los fósiles disminuye notablemente. (H) Estrato 138 el cual muestra concentración fosilífera con ejemplares limolíticos (EL). Flechas negras indican la polaridad estratigráfica. Portaminas (15 cm) como escala. Todas las imágenes corresponden a la sección estudiada, excepto la imagen (E), ya que está imagen fue tomada en otro punto del afloramiento.

7.2. Tafonomía

7.2.1. *Empaquetamiento*

Podemos observar que el tipo de conservación de los restos en los estratos con un componente más calcáreo (niveles inferiores, los primeros 104 cm de espesor) presentan similitud con el tipo de conservación (ejemplares recristalizados, ER) que está presente en los estratos inferiores de MZ-3 (Figura 17A).

Continuando con la nomenclatura para los tipos de empaquetamiento propuestos, el primer estrato (128) muestra en su espesor variaciones centimétricas en la densidad y tipo de empaquetamiento; el primer centímetro presenta un empaquetamiento flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2), el siguiente centímetro experimenta una disminución notable en la cantidad de restos fósiles, se presentan flotados (ER0.5), el siguiente centímetro con un ligero incremento en el empaquetamiento, observándose pequeñas láminas (ER1), en el centímetro superior se observa un incremento abrupto en la cantidad y disposición de los restos observados, se presenta contacto laminar tipo (ER3). En los 2 cm siguientes, en los primeros 1.5 centímetros no se observan macrofósiles (ER0) y en el siguiente 0.5 de centímetro se observan algunos flotados (ER0.5). En el siguiente centímetro se presenta flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2), para finalizar con un empaquetamiento de restos flotados (ER0.5) (Figura 17B).

El estrato 129 base tiene una geometría irregular, presentando un espesor máximo de 23 cm, sin embargo, la muestra que se recolectó midió 15 cm de espesor, ya que se recolectó de una parte donde no presentaba esta geometría, esto se hizo con el objetivo de poder conservarla, observándose en 5 cm un empaquetamiento flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2), pero éste empaquetamiento disminuye hacia cima ya en los siguientes 2 cm se observa una marcada disminución de los restos fosilíferos, registrándose un empaquetamiento flotado (ER0.5), en los siguientes 2 cm hay un ligero incremento en la cantidad de restos, determinándose un empaquetamiento flotado laminar (ER1), nuevamente se da una reducción en el empaquetamiento, ya que se observan en 1 cm los restos flotados (ER0.5), en los siguientes 3 cm se registra presencia de restos fósiles en contacto laminar con enclaves de orientación caótica (ER4), para terminar la sucesión con 2 cm de restos flotados (ER0.5) (Figura 17C).

En los 15 cm de espesor del estrato 129 cima, se observa un ciclo de dos tipos de empaquetamiento, iniciando en los primeros 2 cm de espesor con empaquetamiento con fósiles flotados (ER0.5), en los siguientes 2 cm hay un incremento en la cantidad de restos fósiles, por lo que el empaquetamiento es de tipo flotado laminar (ER1), el siguiente centímetro presenta una disminución de restos, clasificándose el empaquetamiento como flotado (ER0.5), los siguientes 2 cm vuelven a tener un ligero aumento en la cantidad de fósiles, y el empaquetamiento se observa como flotado laminar (ER1), en el siguiente centímetro ya no se presenta el ciclo anteriormente identificado, cambiando el empaquetamiento, ya que no se observan restos fósiles, determinándose un empaquetamiento ER0, se vuelve a observar un incremento en la presencia de restos fósiles en los siguientes 2 cm de espesor, clasificándose como flotado laminar (ER1), ya en los últimos 4 cm de espesor se finaliza con esta alternancia entre empaquetamiento flotado (ER0.5) y flotado laminar (ER1), las acumulaciones fosilíferas se presentan en expresión superficial como pavimentos (Figura 17D).

El estrato 130 base con un espesor total de 17 cm, comienza con 4 cm de empaquetamiento flotado laminar (ER1), seguido de 2 cm tipo flotado (ER0.5), los siguientes 2 cm muestran una mayor abundancia de restos fósiles, con un empaquetamiento flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2), en los siguientes 3 cm se presenta una disminución de restos, clasificándose el empaquetamiento como flotado (ER0.5), los siguientes 2 cm vuelven a tener un ligero aumento en la cantidad de fósiles, y el empaquetamiento se observa como flotado laminar (ER1), posteriormente en 1 cm se observa una disminución, dando una apariencia un empaquetamiento tipo flotado (ER0.5), se vuelve a observar un incremento de restos fósiles y en los siguientes 3 cm de espesor, clasificándose como flotado laminar (ER1, Figura 17E).

El nivel 130 media con espesor total de 20 cm, inicia con 13 cm de empaquetamiento flotado (ER0.5), posteriormente 2 cm sin restos fósiles (ER0), cambiando hacia un empaquetamiento de fósiles flotados (ER0.5), los siguientes 2 cm presentan una mayor abundancia en la cantidad de restos fósiles, presentando un empaquetamiento flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2), en el siguiente centímetro se observa una disminución en la cantidad de restos fósiles, presentándose flotado laminar (ER1) y termina el empaquetamiento en flotado (ER0.5, Figura 17F). El nivel 130 cima (espesor de 21 cm) inicia con un pequeño espesor de 3 cm con empaquetamiento flotado (ER0.5),

le siguen 10 cm sin restos fósiles (ER0), y los 8 cm restantes con empaquetamiento flotado (ER0.5), además de observarse puntualmente contacto laminar caótico (ER4) y empaquetamiento flotado laminar (ER1), el arreglo de las acumulaciones fosilíferas que se observa en la superficie de estratificación es en forma de pavimentos (Figura 17G).

Los estratos que le suprayacen (130-1 al 130-9) presentan una litología diferente, ya que la cantidad de terrígenos aumentan, viéndose directamente reflejado en el tipo de restos presentes, se observan sólo restos fósiles no recristalizados (EL, Figura 16H), además de que el tipo de empaquetamiento se comporta principalmente como flotado (EL0.5); sólo el estrato 138 (14 cm de espesor) y el estrato 139 (16 cm de espesor), presentan un incremento en la cantidad de restos fósiles hacia la cima. En el estrato 138 el tipo de empaquetamiento es flotado laminar (EL1) formando pavimentos de moldes internos comprimidos (“*leaf preservation*”) y huellas (“*imprints*”) (Figura 17H).

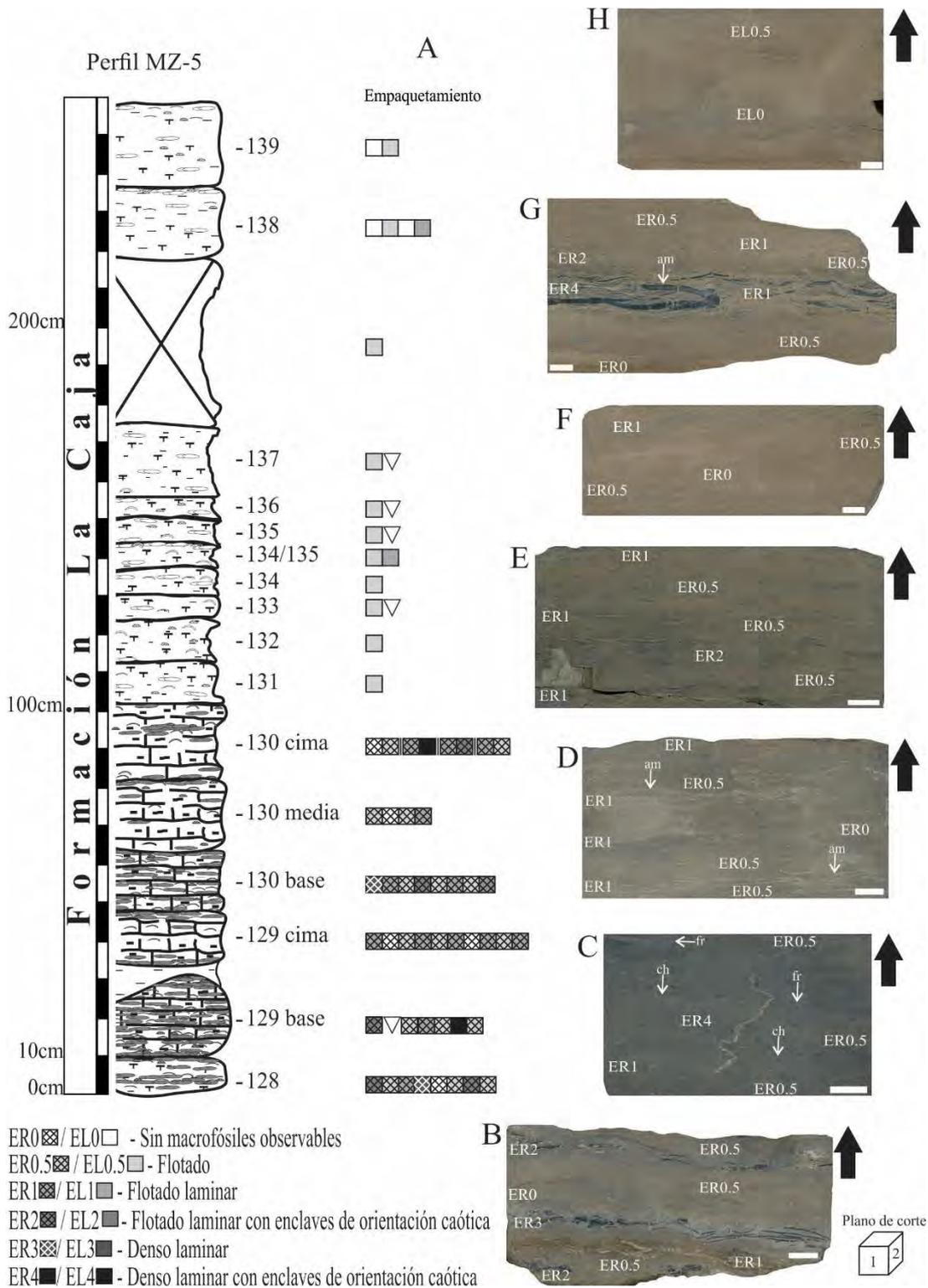


Figura 17. Variación del tipo de empaquetamiento a lo largo de la sucesión estudiada, Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5). Donde se observa los diferentes grados de empaquetamiento en los diferentes estratos, además se puede observar el tipo de conservación de los restos fósiles 128 (B), 129 base (C), 129 cima (D), 130 base (E), 130 media (F), 130 cima (G) y 131 (H). Nótese la variación del empaquetamiento de base a cima en cada estrato. Todos los cortes se presentan en el plano de corte 1, paralelo a la estratificación. Flechas blancas para indicar ammonites (am), cámara de habitación (ch) y fragmocono (fr). Flechas negras, indican la polaridad estratigráfica. Barra 1 cm.

7.2.2. Asociaciones faunísticas

Las asociaciones de macroinvertebrados están constituidas por ammonites, apticus, bivalvos y gasterópodos, analizándose un total de 1,522 ejemplares, entre especímenes completos y fragmentos.

De manera general los ammonites son los mejor representados (55%), excluidos los apticus (25%); los bivalvos (18%) se presentan como un componente accesorio, y los gasterópodos se presentan de manera esporádica (2%). A diferencia con el perfil MZ-3, los ammonites se presentan a lo largo de toda la sección, (Figura 18).

Dentro de los ammonites, los glochiceratinos son mayoritarios (40%), seguidos por los haploceratinos (11%) y los taramelliceratinos (7) a diferencia de lo observado en MZ-3, donde la diferencia entre estos dos grupos es considerable, 25% para los haploceratinos y sólo un 8% para los taramelliceratinos. Los componentes raros son los ataxioceratinos (3 %) y los perisphíntidos (2%). El porcentaje de fragmentos que no pudieron ser asignados a un grupo corresponde al 37%.

Dentro de los organismos bentónicos, los bivalvos son dominantes (18%), aunque el 67% de éstos no pudieron ser determinados debido a la mala conservación: los buchidos fueron los mejores representados (13%), seguidos por los inoceramidos (6%), en menor proporción se encuentran los lucinidos (5%), los artícidos (3%), los astártidos (3%) y los pseudomonotidos (1%). La presencia de los gasterópodos es fortuita (2%).

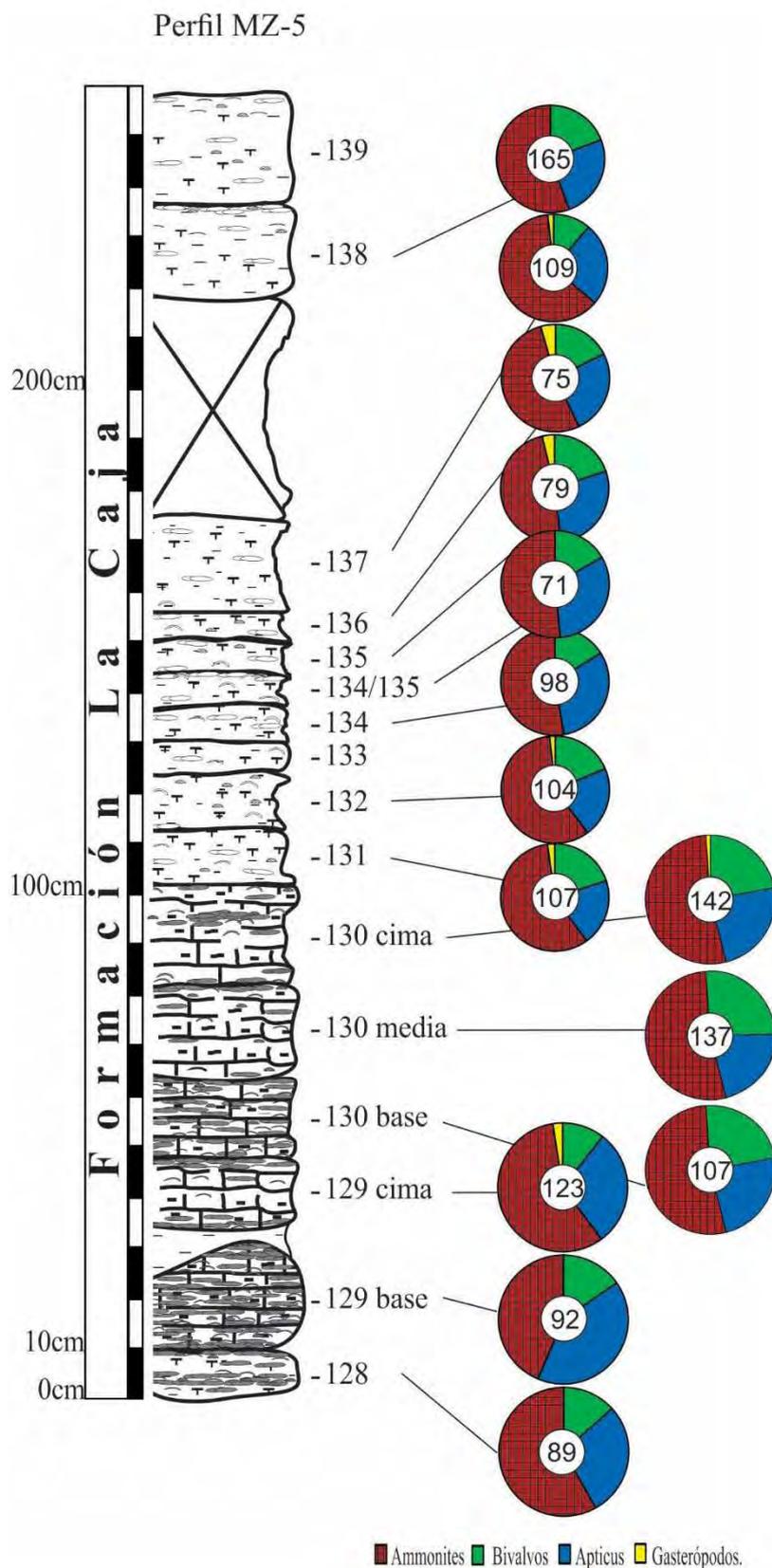


Figura 18. Espectros faunísticos del Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5) con indicación del total de restos identificados taxonómicamente por estrato. No se incluyen restos sin identificación taxonómica a nivel de género o especie. Las cifras indican el número total de restos identificados en cada caso.

7.3.3. Caracteres tafonómicos

Fragmentación, articulación y orientación

La fragmentación es alta, con índice de fragmentación con valores que oscilan entre el 60 al 83%. Las conchas de los bivalvos y los apticus presentaron una desarticulación del 100%, en ambos casos la orientación fue mayoritariamente convexa alcanzando un 92% y el 8% restante en posición cóncava. tanto de manera concordante o paralela a la estratificación (96%), y oblicua (3%), la posición perpendicular, aunque no es muy abundante se presenta principalmente en gasterópodos, pero esta no se considera como posición de vida (1%) (Figura 19).

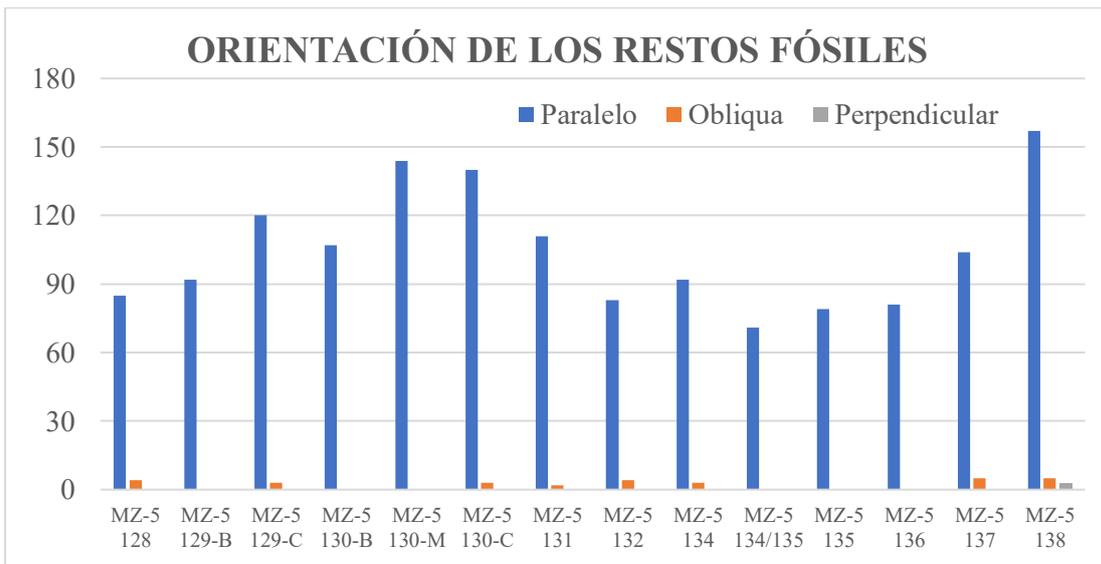
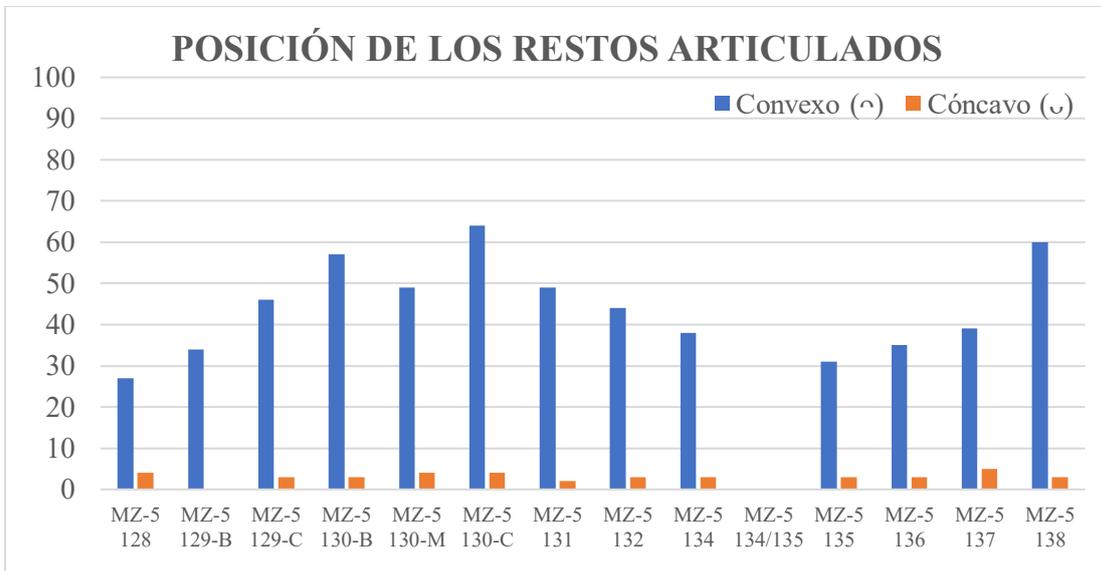
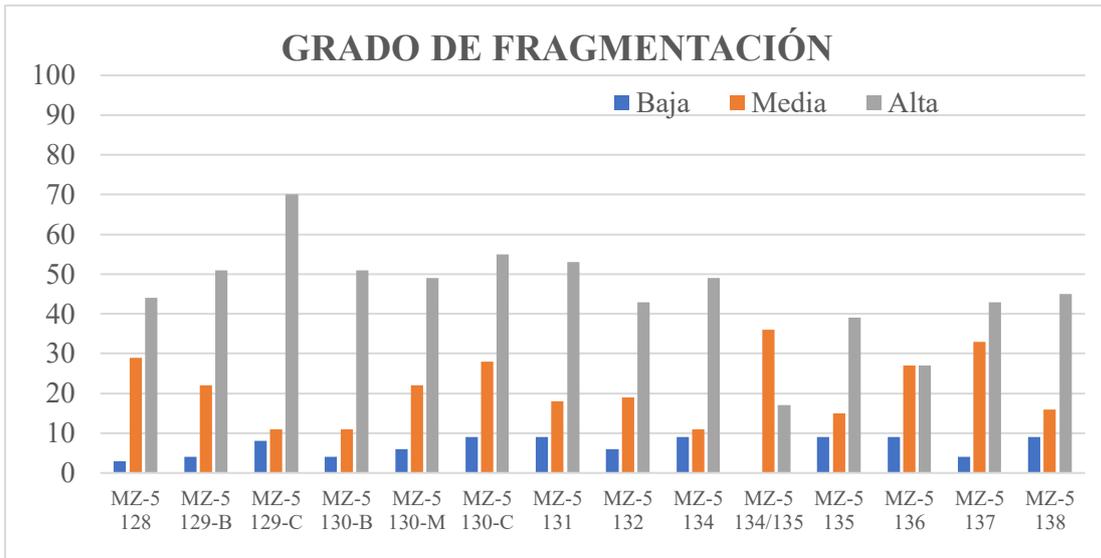


Figura 19. Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos de fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil MZ-5.

Tamaño, conservación y corrosión

El tamaño predominante es el de menor a 30 mm (66%), los macrofósiles con talla más grande son los ammonites, en particular algunos ejemplares de glochicerátidos y *Procraspedites*. La conservación más frecuente es como impresión (74%), mientras que en molde externo el 26%. Por último, el índice de “corrosión” fue alto (IC= 38 al 69%) (Figura 20).

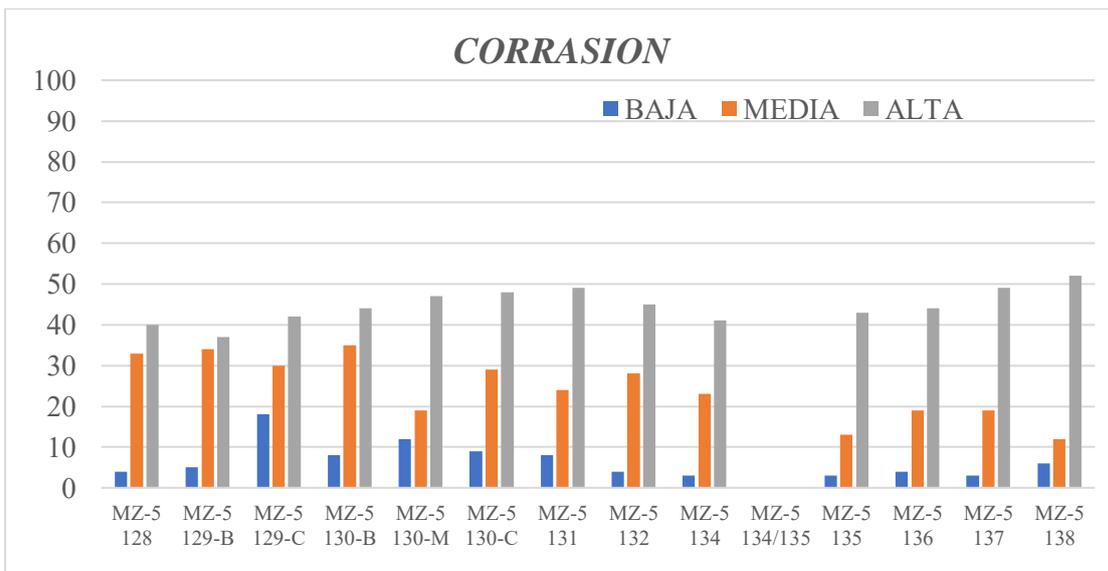
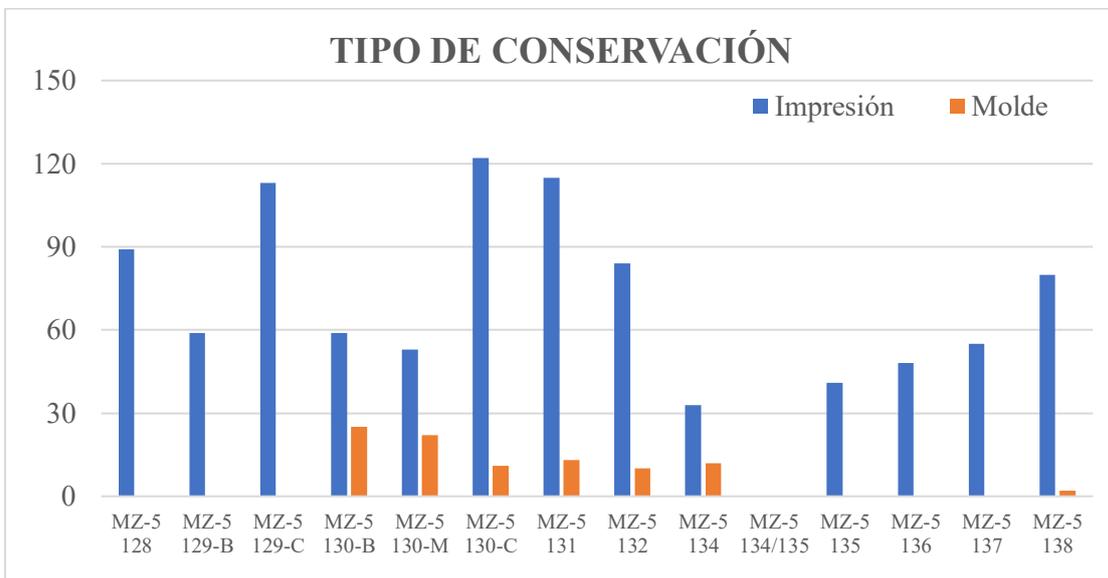
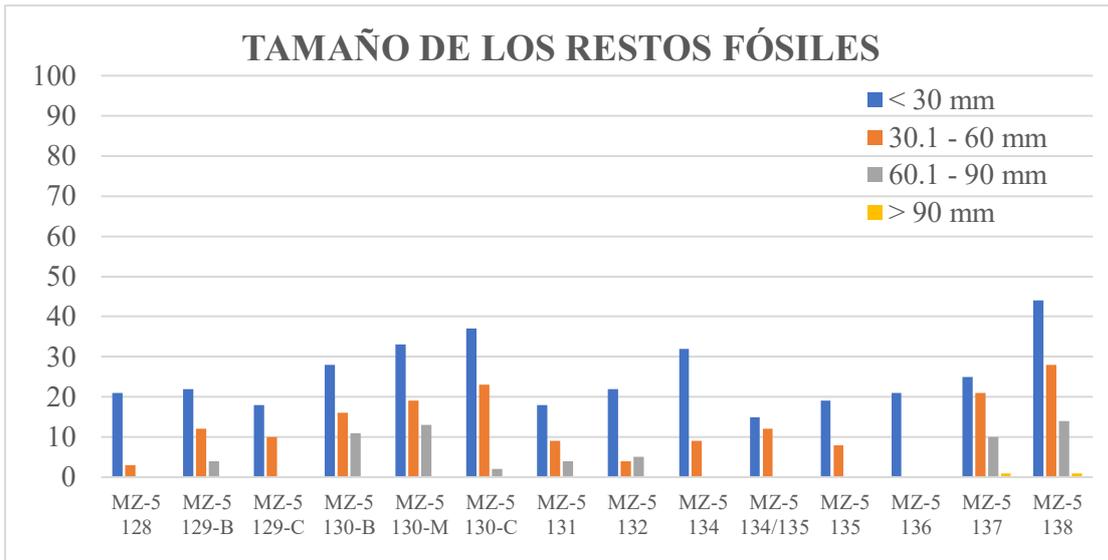


Figura 20. Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos de tamaño, conservación y corrosión reconocidos en el Perfil MZ-5.

7.3. Resultados bioestratigráficos

Después de realizar el análisis de los ammonites (832), son considerados de importancia para la correlación las siguientes especies: *Haploceras* cf. *transatlanticum* Burckhardt, 1906b, *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum* (Burckhardt, 1906b), *Taramelliceras* (*Metahaploceras*) aff. *costatum* (Burckhardt, 1906b), *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras* (*Coryceras*) cf. *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895); las cuales se encuentran en una Biozona de Asociación de *Haploceras* - *Glochiceras* (*Coryceras*) - *Taramelliceras* (*Metahaploceras*), lo que permitió asignar a la parte baja y media del perfil una edad del Kimmeridgiano superior. Mientras que para la parte alta del perfil la distribución estratigráfica de la fauna de *Hybonoticeras* sp. y *Procraspedites* sp., permitiendo identificar la Biozona de Asociación *Hybonoticeras* - *Procraspedites*, asegurando para la parte alta del perfil la edad del Kimmeridgiano superior (Figura 21).

Derivado del análisis de la sistemática paleontológica se ha corroborado la edad propuesta por Villaseñor *et al.* (2000, 2012), correspondiente al Kimmeridgiano superior, abarcando la Zona Eudoxus, y la Zona Beckeri, de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

Al igual que en el perfil MZ-3, también el registro de *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras* (*C.*) cf. *carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) en la parte basal de la sección estudiada, favorecen la propuesta de reconocimiento de la subbiozona de *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum*.

- LEYENDA
- ▽ Biohorizonte de Última Presencia -BUP (LAD - Last Appearance Datum)
 - △ Biohorizonte de Primera Aparición -BPA (FAD - First Appearance Datum)

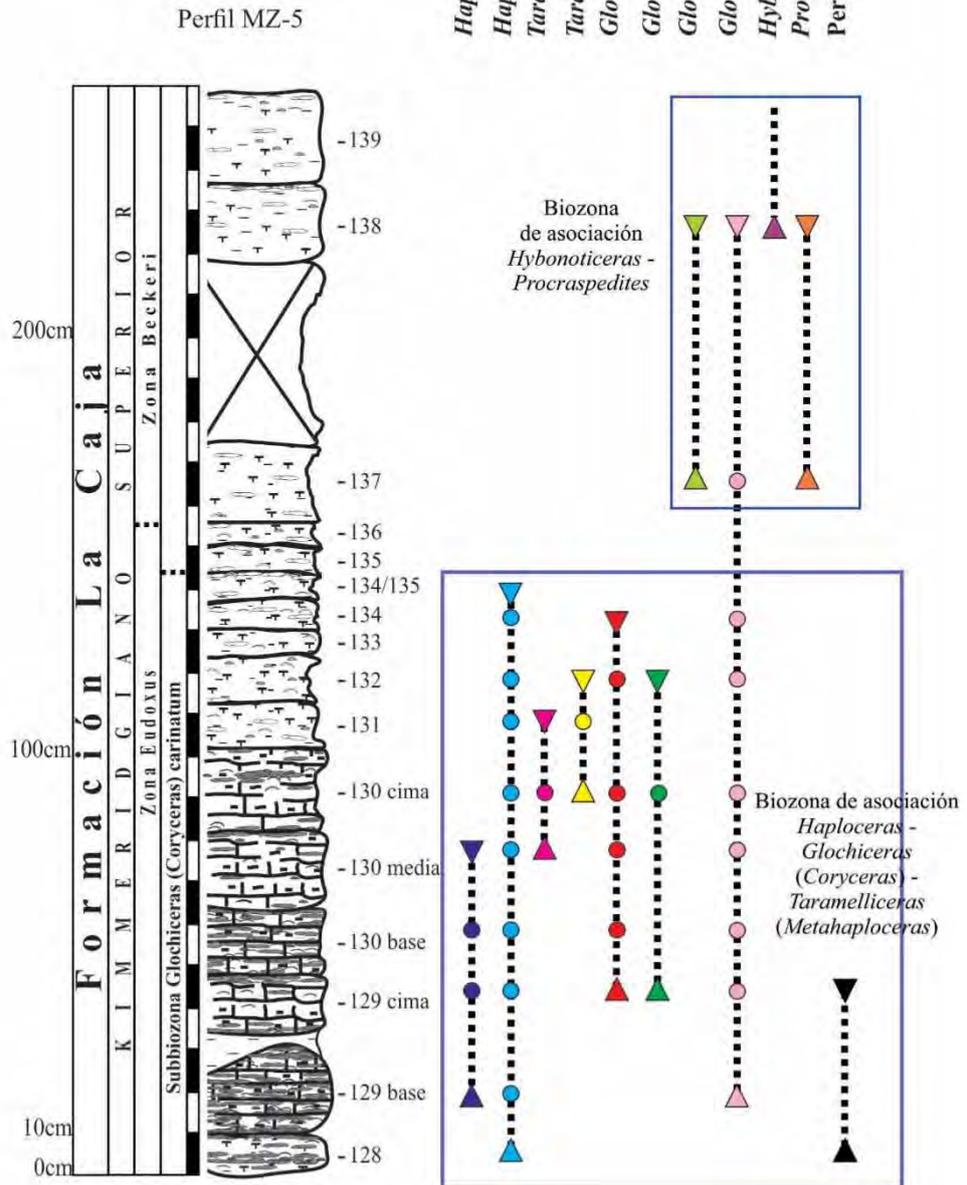


Figura 21. Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites en el Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5). Nótese el registro discontinuo. Los círculos indican el estrato donde se registró el taxón indicado. Referencia a la Zona Eudoxus del estándar europeo para clarificar la correlación biocronoestratigráfica.

8. PERFIL CAÑÓN DEL TOBOSO (TO-1-C)

El perfil Cañón del Toboso (TO-1-C), se encuentra en el estado de Durango, cercano al poblado de San Juan de Guadalupe, cercana a la estación Symón, donde aflora la Sierra de Ramírez, rocas que pertenecen a la Formación La Caja (Figura 22).

El perfil en su totalidad tiene un espesor que supera los 150 metros, la subsección que se estudió no superó los 136 cm, la composición litológica presenta un componente más terrígeno, ya que la litología que se observa es arenisca limolítica, caliza limolítica y limolita. Los espesores varían de 4 a 54 cm (Figura 22A, 22B).

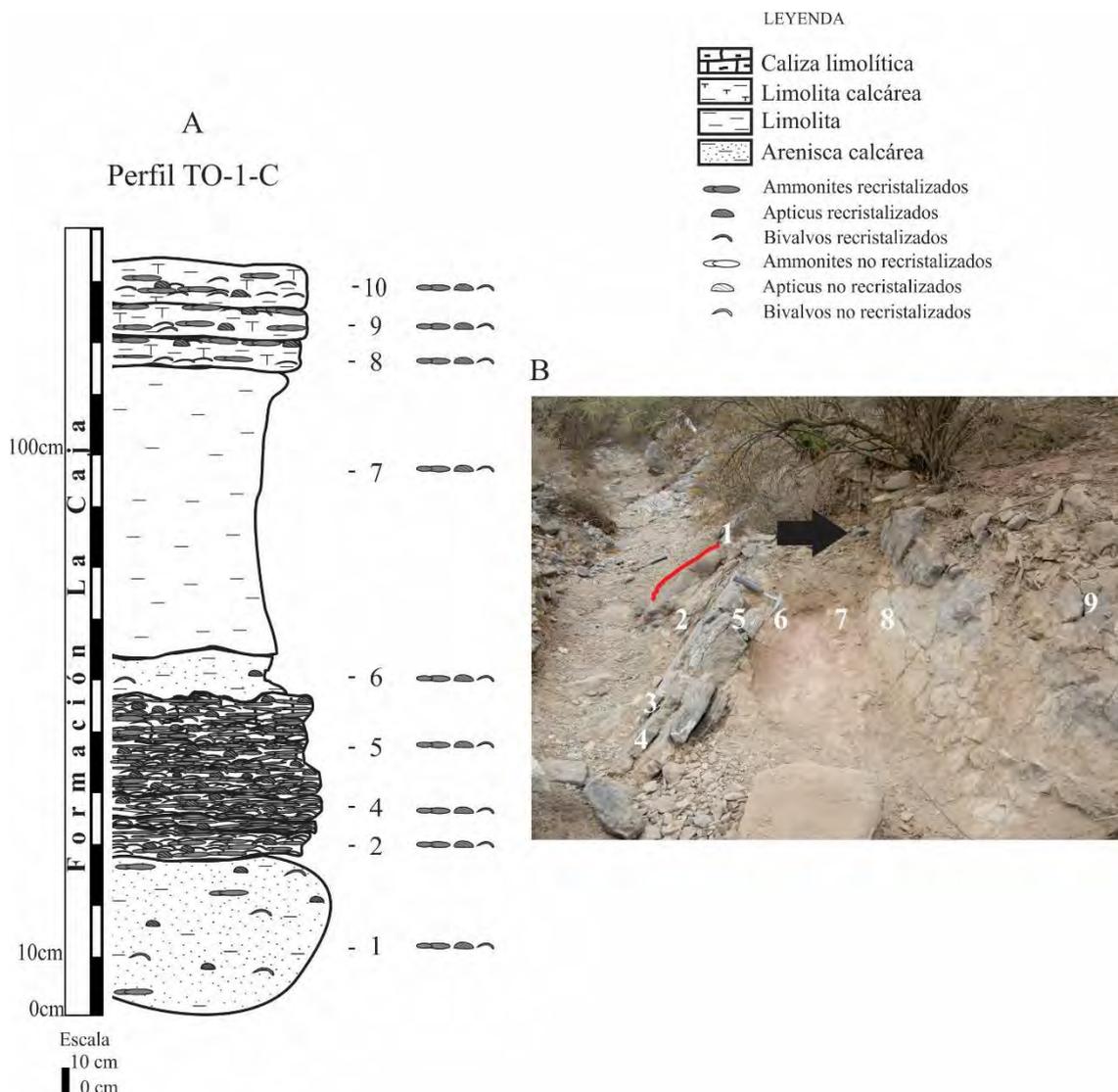


Figura 22. Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C). (A) Columna litológica (espesor 136 cm) con acumulaciones fosilíferas restringidas a los estratos basales, 2 al 5. (B) Imagen que muestra 115 cm correspondientes al intervalo 1 al 9, para apreciar la geometría de las unidades de depósito destacando la base cóncava del estrato 1 (línea roja). Flecha en negro para indicar polaridad estratigráfica. Martillo como escala (32 cm).

8.1. Litofacies del perfil Cañón del Toboso (TO-1-C)

8.1.1. *Litofacies de arenisca calcárea*

Esta litofacies se identificó en los niveles encajonantes de los niveles que tienen las acumulaciones fosilíferas.

En la base del perfil se observa el estrato 1, con base curva y cima plana que alcanza un espesor máximo de 30 cm (Figura 22A, 22B, 23A, 23B). Observaciones macroscópicas permiten observar que los restos fosilíferos son escasos, además de presentarse flotados a través de todo el espesor (Figura 22A). Esta misma litofacies se identifica en el estrato 6, el cual tiene un espesor de 10 cm, los restos fosilíferos son escasos y su distribución se presenta de manera dispersa en el espesor (Figura 23E).

8.1.2. *Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas*

Esta litofacies se identificó en los 37 cm que suprayacen al estrato 1, en los estratos identificados como 2, 3, 4 y 5, con un espesor de 7, 4, 6 y 20 cm, respectivamente (Figuras 22A, 22B y 23A), todos ellos presentan una geometría tabular, con bases y cimas concordantes entre sí, excepto la cima del estrato 5, ya que el contacto con el estrato suprayacente es irregular (Figura 23E). Este conjunto de estratos presenta una gran cantidad de restos fósiles.

En la superficie de estratificación del estrato 5 se puede observar imbricación entre los fósiles (Figura 23D).

8.1.3. *Litofacies de limolita calcárea*

El estrato identificado con el número 7, presenta 54 cm de espesor, en donde no se reconoce claramente la estratificación (Figuras 22A, 22B).

El estrato 8, con 7 cm de espesor (Figura 23F), con geometría tabular, con base y cima concordantes. El estrato 9, con 7 cm de espesor, presenta restos fósiles acumulados hacia cima (Figura 22A). El último estrato, identificado como 10 (Figura 22A), con 10 cm de espesor, donde los restos fósiles se observan hacia la parte media del estrato.

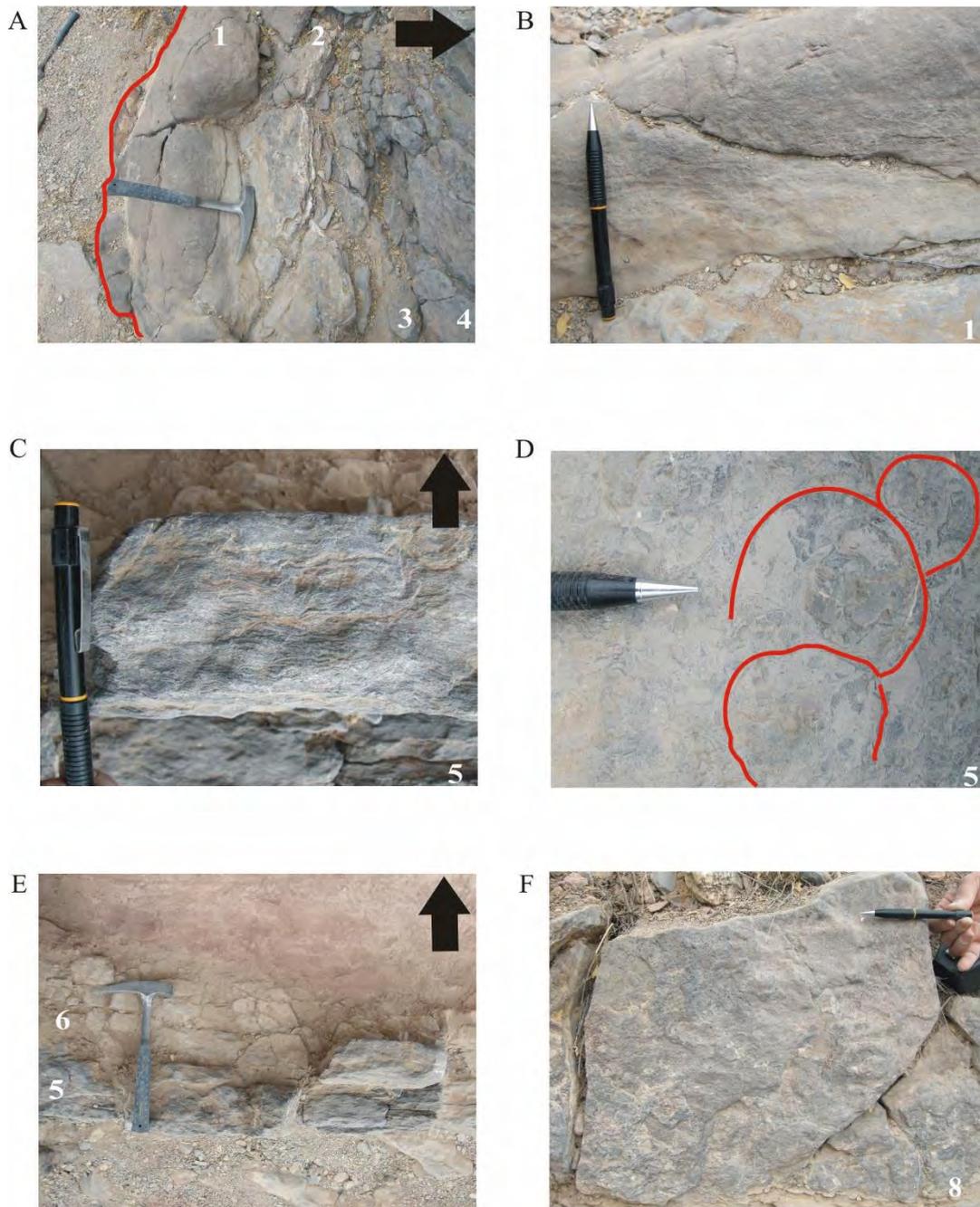


Figura 23. Detalle macroscópico de los cuerpos sedimentarios (estratos) con acumulaciones fosilíferas en el Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C). (A) Detalle de la geometría de los estratos basales, con base ligeramente cóncava (línea roja). (B) Detalle de la superficie de estratificación basal del estrato 1, donde se aprecia la litología, además de la escasez de macrofósiles. (C) Representación del gran acúmulo fosilífero que se presenta en los estratos de composición más calcárea, como ejemplo el estrato 5. (D) Detalle del pavimento de restos fósiles en la superficie de estratificación del estrato 5, con ejemplo de imbricación (líneas rojas). (E) Detalle del contacto entre estrato 5 y 6, con diferente composición litológica, más calcárea (estrato 5) y limolítica calcárea (estrato 6). (F) Superficie de estratificación del estrato 8 de composición limolítica calcárea, con la distribución de los fósiles en la base, donde se puede observar imbricación entre los restos fósiles (líneas rojas). Flechas negras indican la polaridad estratigráfica. Como escalas martillo (32 cm) y portaminas (15 cm).

8.2. Tafonomía

8.2.1. *Empaquetamiento*

Los restos fosilíferos (ammonites, bivalvos y apticus) se presentan recristalizados (ER), característico de los niveles con mayor contenido calcáreo, además de poder identificar ammonites, donde se observa la conservación diferenciada del fragmocono (recristalizado) y la cámara de habitación (rellena de la matriz donde se encuentran embebidos los restos).

Según la nomenclatura establecida para los tipos de empaquetamiento y conservación de los restos fósiles, se observa que en el estrato 1, presenta un tipo de empaquetamiento, en los primeros 20 cm el tipo de empaquetamiento es identificado con fósiles flotados (ER0.5), ya hacia cima, los restos se incrementan, por lo que en los últimos 10 cm se presenta una mayor variabilidad en el tipo de empaquetamiento, comenzando con la ausencia de restos fósiles (ER0) en los primeros 3 cm, posteriormente en un centímetro de empaquetamiento flotado (ER0.5), los siguientes 2 cm con empaquetamiento flotado laminar (ER1), los siguientes 2 cm, con empaquetamiento flotado (ER0.5), para terminar sin restos visibles (ER0) en los últimos 2 cm (Figura 24B), observándose en los ammonites, los fragmocono recristalizados y las cámaras de habitación rellenas de la misma matriz.

El estrato identificado como 2 con 7 cm de espesor, muestra en su parte inferior y media la presencia de ammonites con cámaras de habitación conservadas. Los primeros 2 cm con empaquetamiento denso laminar (ER3) y en los 5 cm restantes denso laminar con enclaves de orientación caótica (ER4) (Figura 24C).

Los estratos número 4 (6 cm de espesor) y 5 (20 cm de espesor) presentan empaquetamiento denso laminar con enclaves de orientación caótica (ER4) en todo el espesor (Figuras 24D y 24E, respectivamente).

En el estrato 6, la cantidad de restos fósiles disminuye drásticamente, y el tipo de empaquetamiento que se presenta es flotado (ER0.5, Figura 24F).

Como se mencionó anteriormente el estrato 7 no se pudieron realizar observaciones dado los problemas de exposición.

En los siguientes 24 cm de espesor se identifican los estratos 8, 9 y 10, donde se observa el mismo tipo de empaquetamiento, los restos fósiles se encuentran distribuidos hacia la cima. El tipo de empaquetamiento comienza siendo flotado laminar (ER1), el cual disminuye a un empaquetamiento tipo flotado (ER0.5), mientras que en la parte media de los estratos (3 o 5 cm de espesor) presentan empaquetamiento flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2), y ya en la cima se observa un empaquetamiento flotado laminar (ER1, Figuras 24A, 24G).

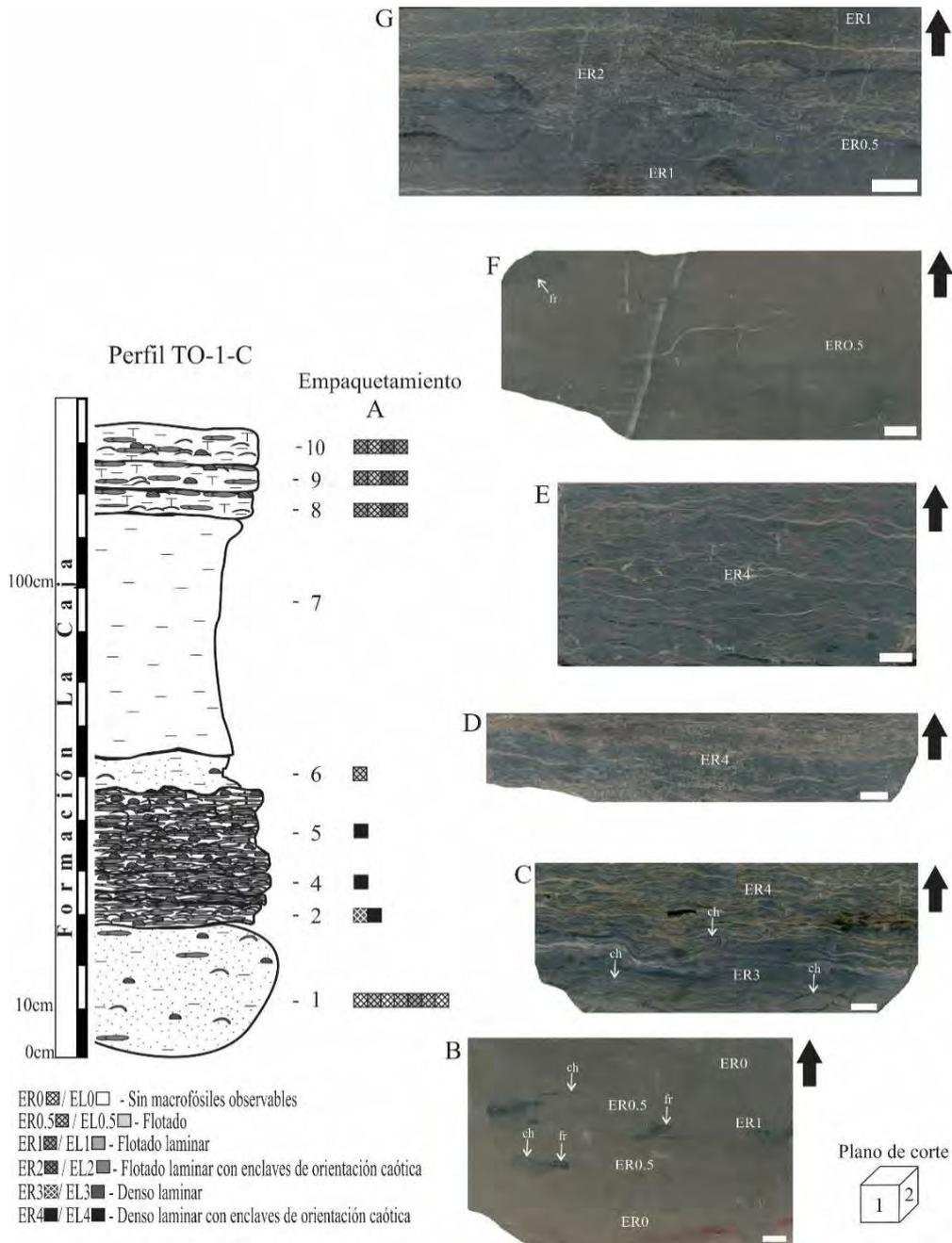


Figura 24. Tipos de empaquetamiento reconocidos en el Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C). (A) Variación del tipo de empaquetamiento en la sucesión estudiada. (B) Superficie pulida que muestra los diferentes

grados de empaquetamiento presentes en los últimos 10 cm del estrato 1. C- G. Superficies pulidas en el plano de corte 2, corte perpendicular a la estratificación 2 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F), y 8 (G), con los distintos tipos de empaquetamiento. Flechas blancas para indicar ammonites (am), cámara de habitación (ch) y fragmocono (fr). Flechas negras, indican la polaridad estratigráfica. Barra 1 cm.

8.2.2. Asociaciones faunísticas

Este perfil fue del que menos ejemplares identificables se pudieron obtener, debido a las limitantes de exposición y el empaquetamiento. Las asociaciones de macroinvertebrados están constituidas por ammonites, apticus, bivalvos y gasterópodos, analizándose un total de 474 ejemplares, entre especímenes completos (los menos comunes) y fragmentos (Figura 25).

De manera general los ammonites son los mejor representados (39%), excluidos los apticus (33%); los bivalvos (26%) se presentan como un componente accesorio, y los gasterópodos se presentan de manera esporádica (2%).

Dentro de los ammonites, los glochiceratinos son mayoritarios (23%), seguidos por los perisphinctinos (14%) y los haploceratinos (9%) y un porcentaje considerable de fragmentos no identificables (54%).

Dentro de los organismos bentónicos, los bivalvos son dominantes (27%), aunque el 46%, no fueron determinados por su mala preservación: los buchidos fueron los mejores representados (36%), seguidos por los inoceramidos (18%), estos dos grupos son los que conforman la asociación identificada, a diferencia de los demás perfiles, esta sección muestra una pobreza taxonómica. La presencia de los gasterópodos es fortuita (2%).

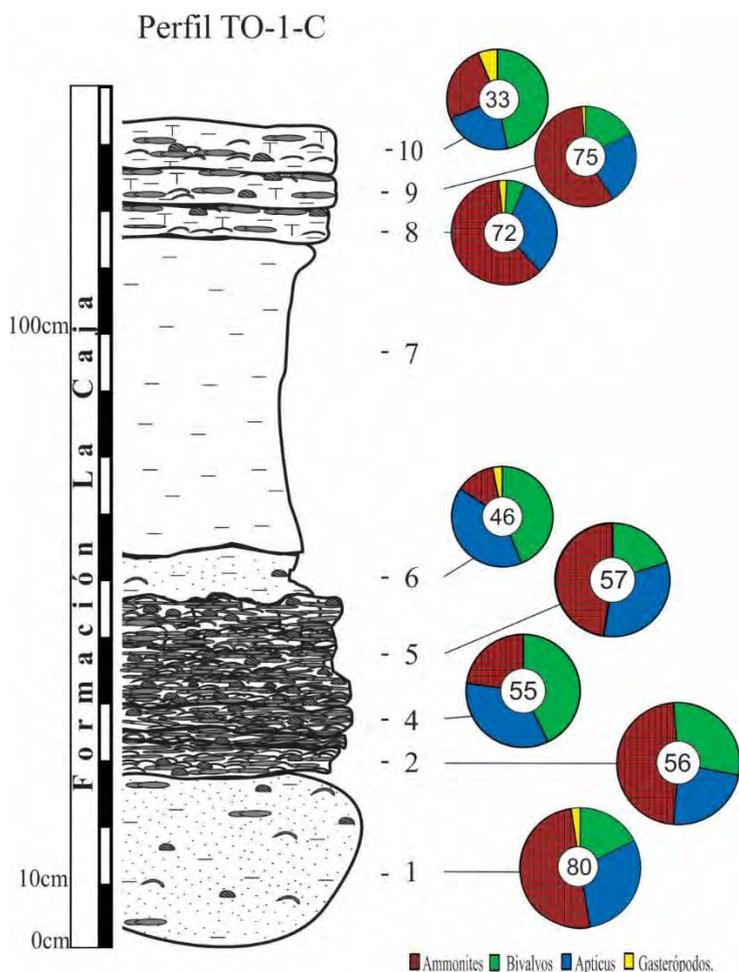


Figura 25. Espectros faunísticos del Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C), rocas de la Formación La Caja. Con indicación del total de restos identificados taxonómicamente por horizonte, estrato y nivel. No se incluyen restos sin identificación taxonómica a nivel de género o especie. Las cifras indican el número total de restos identificados en cada caso.

8.2.3. *Caracteres tafonómicos*

Fragmentación, articulación y orientación

La fragmentación es alta, con índice de fragmentación con valores que oscilan entre el 45 al 61%. Las conchas de los bivalvos y los apticus presentaron una desarticulación del 100%, en ambos casos fue mayoritariamente convexa, alcanzando un 78% y el 22% restante en posición cóncava.

La orientación más frecuente es concordante o paralela a la estratificación (83%), la oblicua representa el 13%, y la posición perpendicular, aunque no es muy abundante se presenta principalmente en gasterópodos, pero no guardan la posición de vida (4%) (Figura 26).

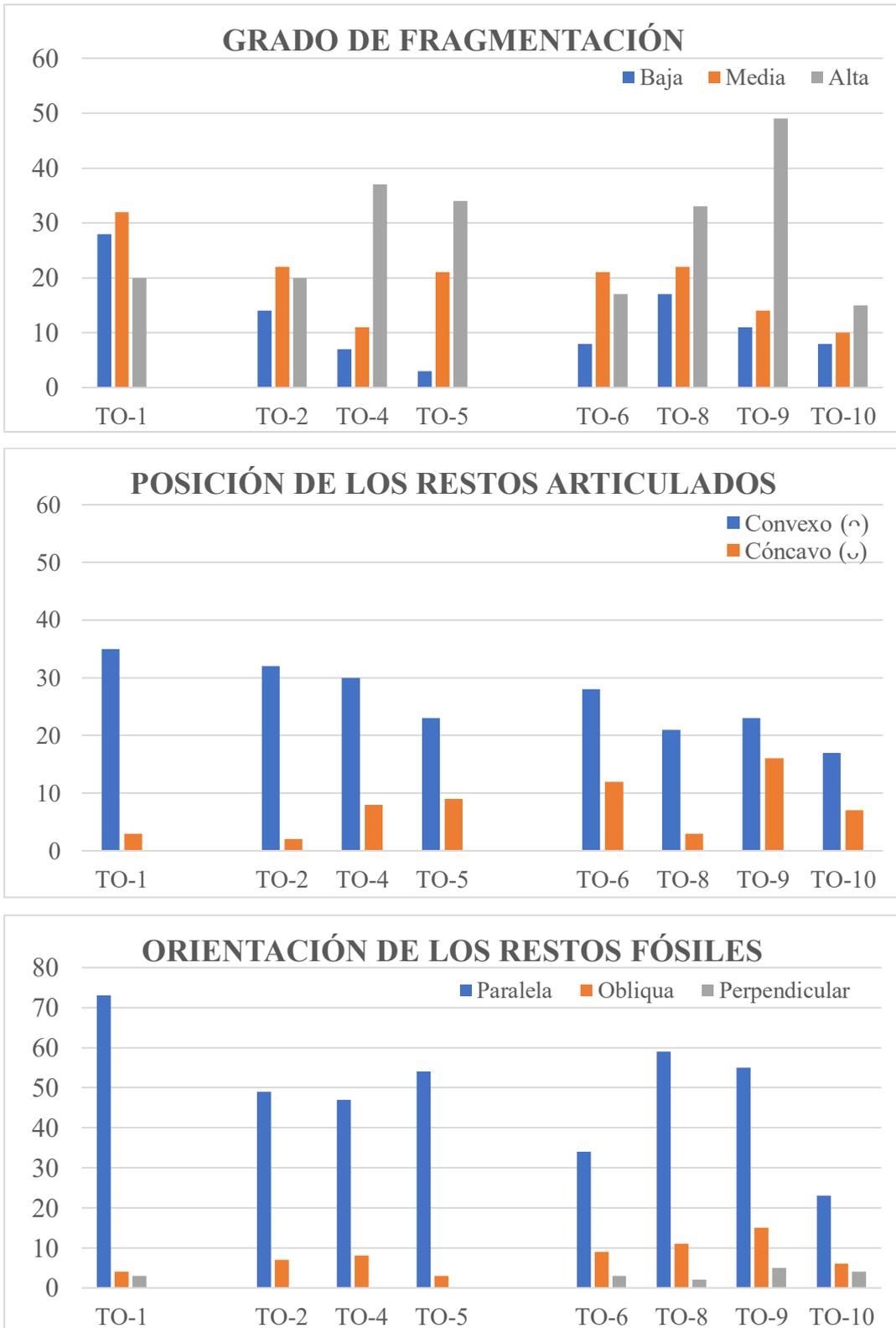


Figura 26. Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil TO-1-C.

Tamaño, conservación y corrosión

El tamaño predominante es menor a 30 mm (86%), los macrofósiles con talla más grande son los ammonites (30.1 a 60 mm), en particular algunos ejemplares de glochicerátidos. La conservación más frecuente como impresión (81%), mientras que en molde externo el 19%. Por último, el índice de “corrosión” fue alto (IC= 50 al 71%) (Figura 27).

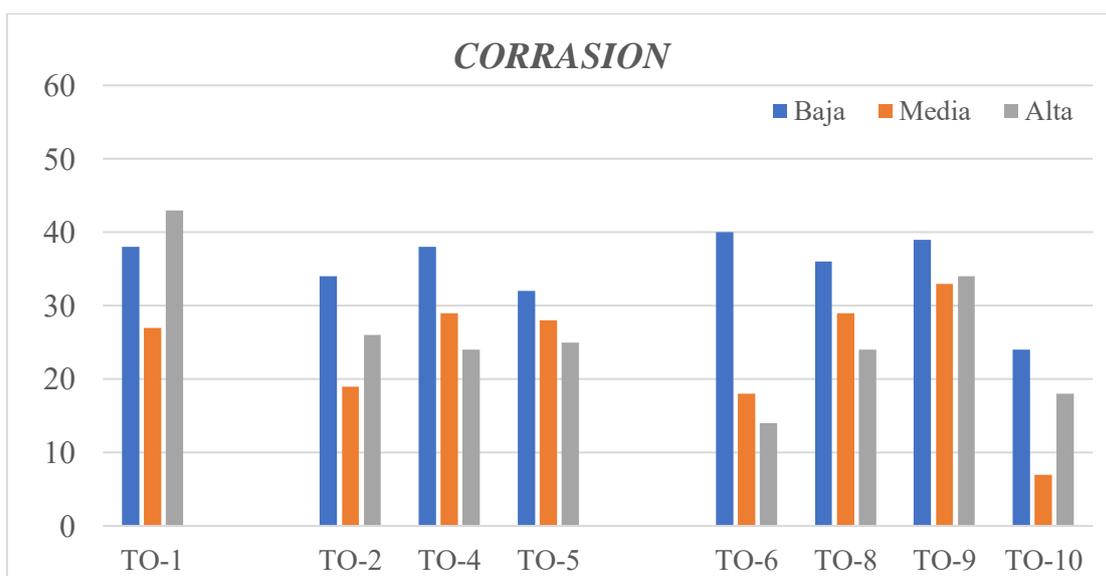
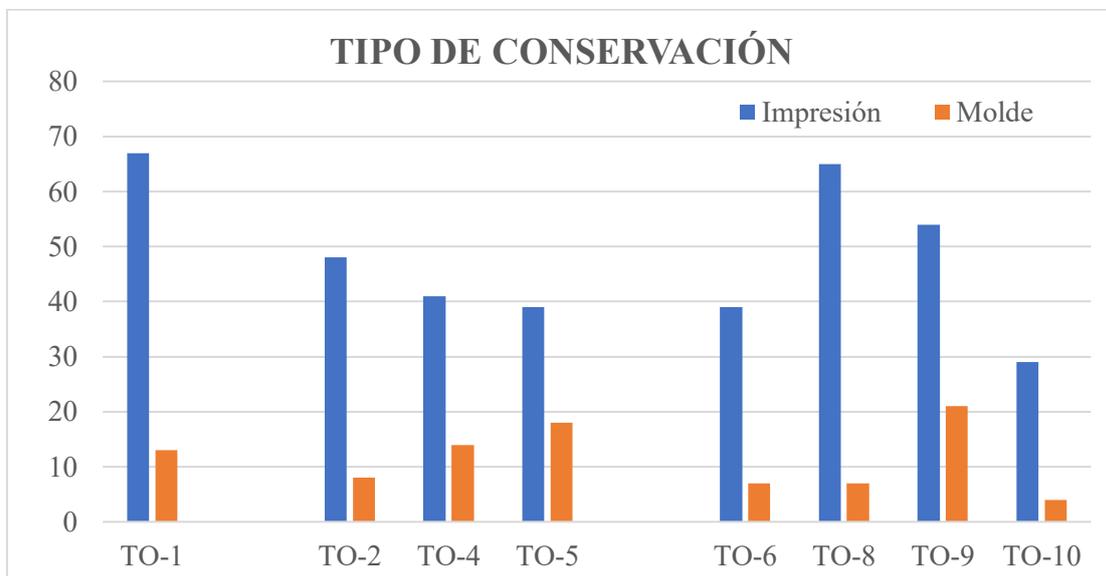
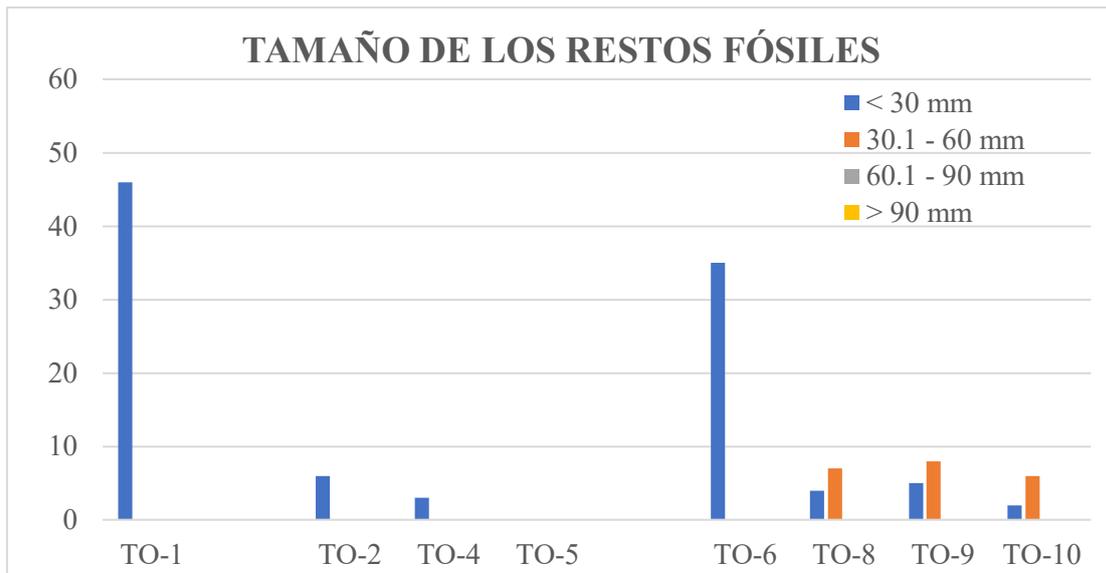


Figura 27. Distribución estratigráfica de los rasgos tafonómicos tamaño, conservación y corrosión reconocidos en el Perfil TO-1-C.

8.3. Resultados bioestratigráficos

A pesar de que se analizaron 184 ammonites, debido a su mal estado de conservación no fue posible realizar una asignación específica. La bioestratigrafía fue resuelta mediante correlación con las demás secciones estudiadas y con datos bibliográficos, debido a que solo se reconocieron los siguientes géneros *Haploceras* y *Glochiceras*, lo que permitió asignar una edad del Kimmeridgiano superior.

Burckhardt (1919-1921) y Böse (1923) estudiaron esta misma localidad (como se mencionó en el apartado de antecedentes), y encontraron en diferentes estratos de calizas ejemplares de *Nerineas*, *Haploceras*, *Mazapilites*, *Aulacosphinctes*, *Proniceras* y *Substeuroceras*, géneros que Burckhardt (1930) estableció dentro de las primeras unidades bioestratigráficas de referencia. Además de que han sido identificados por diversos autores (p. ej., Burckhardt, 1906b; Villaseñor, 1991; Lara-Morales (1994); Olóriz, 1992; Olóriz *et al.*, 1998; Villaseñor *et al.* 2000; 2012, López-Caballero, 2009; López-Caballero *et al.* 2018) en diferentes partes del noreste de México.

Es por ello por lo que se estableció una correlación bioestratigráfica, asignándosele a las rocas que afloran en el perfil Cañón del Toboso (TO-1-C) una edad correspondiente a la parte media del Kimmeridgiano superior, abarcando la Zona Eudoxus de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997) (Figura 28).

LEYENDA

- ▽ Biohorizonte de Última Presencia -BUP (LAD - Last Appearance Datum)
- △ Biohorizonte de Primera Aparición -BPA (FAD - First Appearance Datum)

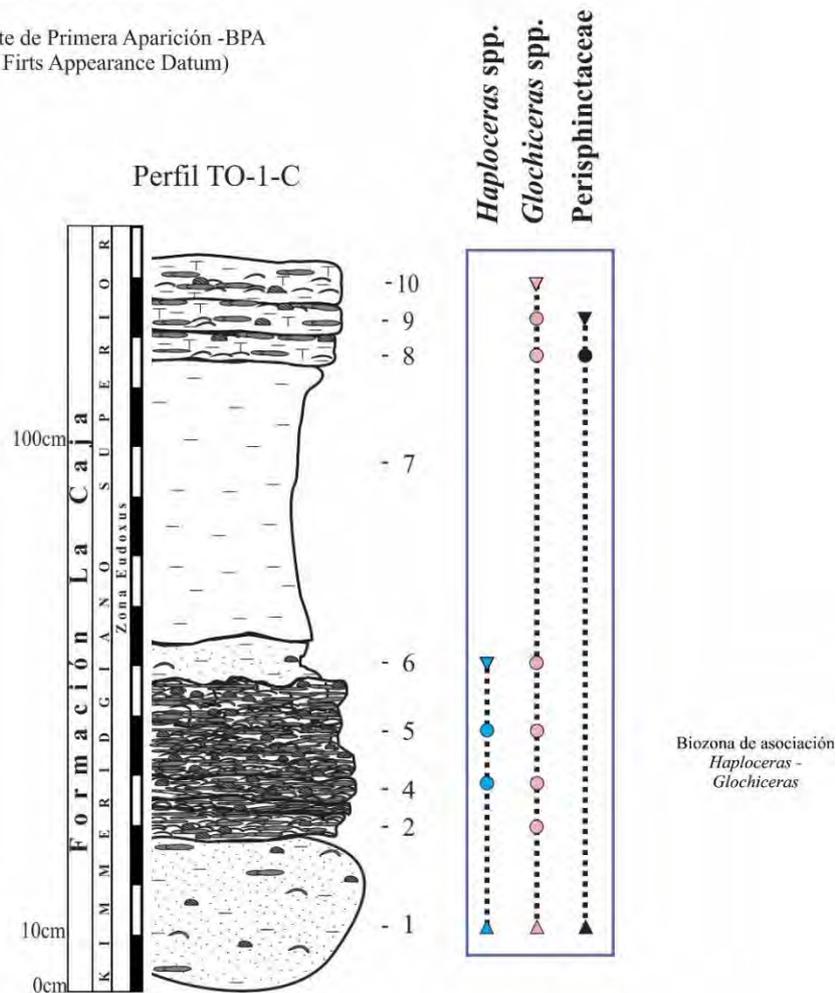


Figura 28. Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites en el Perfil Cañón del Toboso (TO-1-C). Nótese el registro discontinuo. Los círculos indican el estrato u horizonte donde se registró el taxón indicado. Referencia a la Zona Eudoxus del estándar europeo para clarificar la correlación biocronoestratigráfica.

9. PERFIL CUENCAMÉ (CU-1)

El perfil se ubica en el estado de Durango, específicamente en el municipio de Cuencamé. El área de estudio se encuentra en la parte expuesta en el Anticlinal de Palotes y las rocas pertenecen a la Formación La Casita. El espesor en su totalidad es de 30 metros aproximadamente, sin embargo, la acumulación fosilífera se limita a una subsección de 192 cm de espesor, caracterizada por estratos de limolita y caliza limolítica, el espesor varía entre los 20 a 5 cm (Figuras 29A, 29B, 29C).

Los estratos de limolita no presentan una geometría bien establecida, además de que su exposición se ve afectada por causas del intemperismo y la erosión. El estrato de caliza presenta un espesor variable lateralmente, pudiéndose medir espesores entre 20 a 45 cm, presentando una variación en su geometría, observándose tabular, con base y cima concordante (Figura 29B) y con base cóncava, lo que le da una geometría irregular (Figuras 30C, 30D).

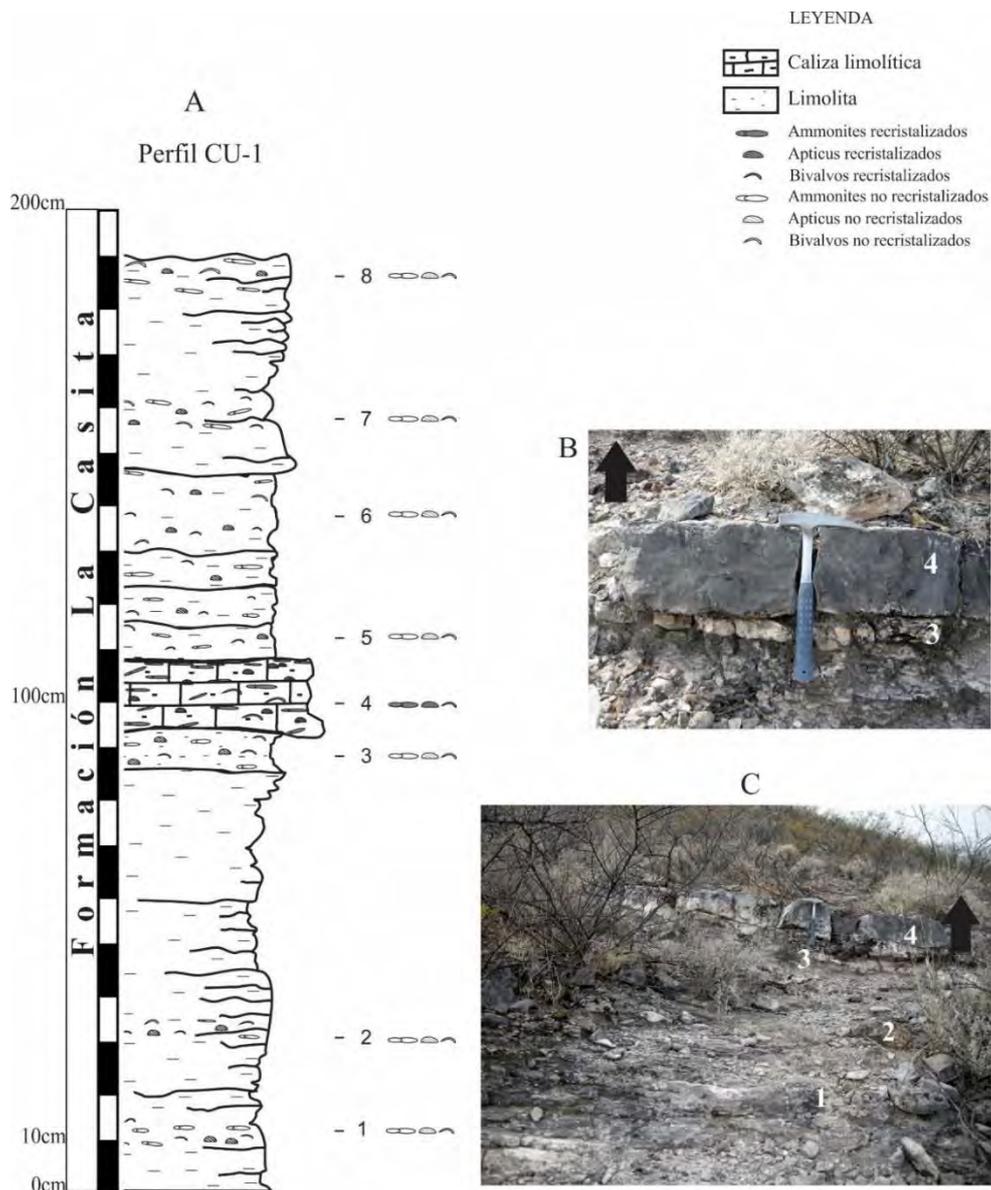


Figura 29. Subsección del Perfil Cuencamé (CU-1) perteneciente a la Formación La Casita. (A) Columna litológica (espesor 136 cm) con acumulaciones fosilíferas presentes únicamente en el estrato de caliza limolítica, estrato 4. (B) Detalle del estrato 4 con superficies de estratificación irregulares con los estratos limolíticos. (C) Imagen que muestra 110 cm correspondientes al intervalo de los niveles limolíticos y el estrato de composición más calcárea. Flecha en negro para indicar polaridad estratigráfica. Martillo como escala (32 cm).

9.1. Litofacies del Perfil Cuencamé (CU-1)

9.1.1. *Litofacies de limolita*

El primer nivel limolítico abarca aproximadamente 1 m de espesor, se pudieron identificar tres estratos, identificados como 1, 2 y 3 (Figura 29A, 29C). El estrato 1, presentó 10 cm de espesor, con restos fosilíferos escasos. El estrato 2, está 20 cm por arriba al anterior, tiene un espesor de 10 cm (Figuras 29A, 30A). El estrato 3, presenta una geometría más definida, con forma tabular, este estrato mide 10 cm de espesor, las superficies de estratificación son irregulares, la base se observa ondulada (Figuras 29A, 29B, 30B).

El siguiente paquete limolítico abarca 80 cm de espesor, y suprayace al estrato con acumulaciones fosilíferas. Se identificaron 4 estratos, los cuales fueron identificados como 5, 6, 7 y 8, y los restos fosilíferos son escasos (Figura 29A).

9.1.2. *Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas*

El estrato identificado con el número 4 (= caliza negra en diversos trabajos, p. ej., Olóriz *et al.* 1993) tiene una geometría y espesor variable, ya que se puede presentar tabular (20 cm espesor, Figura 30B) o con base cóncava (45 cm de espesor, Figura 30C, 30D), la base y la cima presentan límites irregulares en contacto con los estratos limolíticos que lo infra y suprayacen (Figura 30B). Los restos fósiles se presentan más concentrados hacia la cima, se puede observar una gran abundancia en la superficie de estratificación (Figuras 30E, 30F).

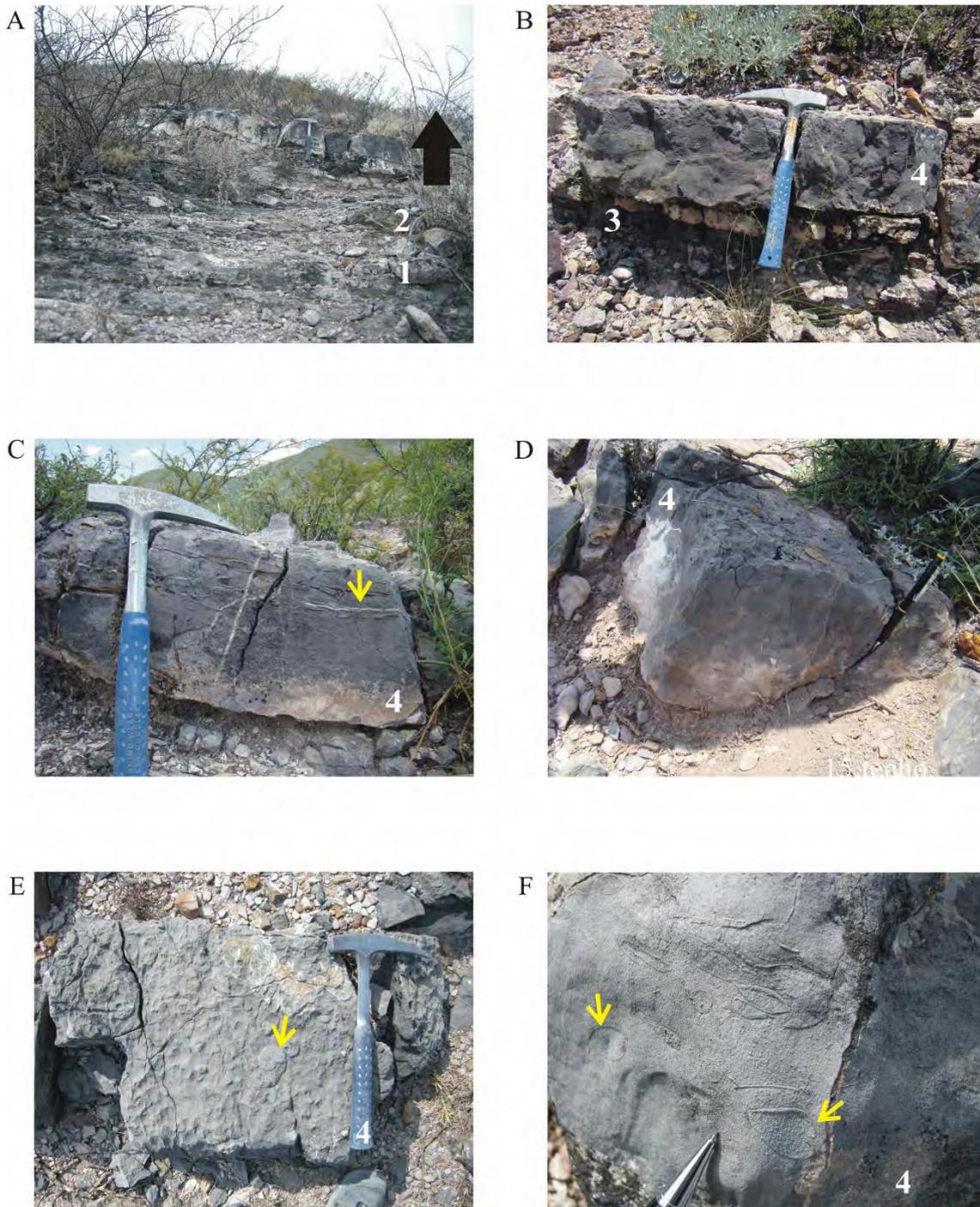


Figura 30. Detalle macroscópico de los cuerpos sedimentarios (niveles limolíticos y estrato más carbonatado) del Perfil Cuencamé (CU-1). (A) Detalle de la exposición de los horizontes 1 y 2. (B) Detalle del contacto irregular entre el horizonte limolítico 3 y el estrato 4. (C) Geometría del estrato 4, los restos fosilíferos se incrementan hacia cima, como lo indica la flecha amarilla. (D) Imagen lateral del estrato 4 que muestra la variación del espesor. (E) Detalle del pavimento de restos fósiles en la superficie superior de estratificación del estrato 4, con ejemplo de imbricación (flechas amarillas). (F) Bivalvos articulados en el estrato 4. Flechas negras indican la polaridad estratigráfica. Portaminas (15 cm) como escala.

9.2. Tafonomía

9.2.1. *Empaquetamiento*

El tipo de conservación que presentan los restos fosilíferos en los niveles limolíticos es de ejemplares limolíticos (EL), con un grado de empaquetamiento que comienza sin microfósiles observables (EL0) y en los horizontes reconocidos se observa un empaquetamiento con fósiles flotados (EL0.5) (Figura 31A).

El tipo de conservación presente en el estrato de caliza limolítica (estrato 4) muestra ejemplares recristalizados (ER), y el grado de empaquetamiento presente es flotado (ER0.5), y de manera puntual se observa empaquetamiento flotado laminar (ER1) (Figuras 31B, 31C), como se puede constatar en la superficie de estratificación (Figura 30E), donde hay presencia de ejemplares recristalizados hacia cima del estrato.

9.2.2. Asociaciones faunísticas

Las asociaciones de macroinvertebrados están constituidas por ammonites, apticus, bivalvos y gasterópodos, analizándose un total de 917 ejemplares, entre especímenes completos y fragmentos.

De manera general los ammonites son los mejor representados (57%), excluidos los apticus (9%); los bivalvos (32%) se presentan como un componente accesorio, y los gasterópodos se presentan de manera esporádica (2%). La diferencia con los demás perfiles es que la abundancia de los bivalvos es mayor que la de los apticus (Figura 32).

Dentro de los ammonites, los glochiceratinos son los mejor representados (25%), seguidos por los haploceratinos (21%), los taramelliceratinos (16%) y perisphinctinos (2%). Un porcentaje considerable de fragmentos que no permitió la identificación específica (36%).

Dentro de los organismos bentónicos, los bivalvos son dominantes (32%), aunque el 45%, no fueron determinados por su mala preservación, los artícidos fueron los mejores representados (15%), seguidos por los lucínidos (11%) y los inoceramidos (10%), en menor proporción se encuentran los pseudomonotidos (9%), los buchidos (8%), los astartidos (2%). La presencia de los gasterópodos es fortuita (2%).

Perfil CU-1

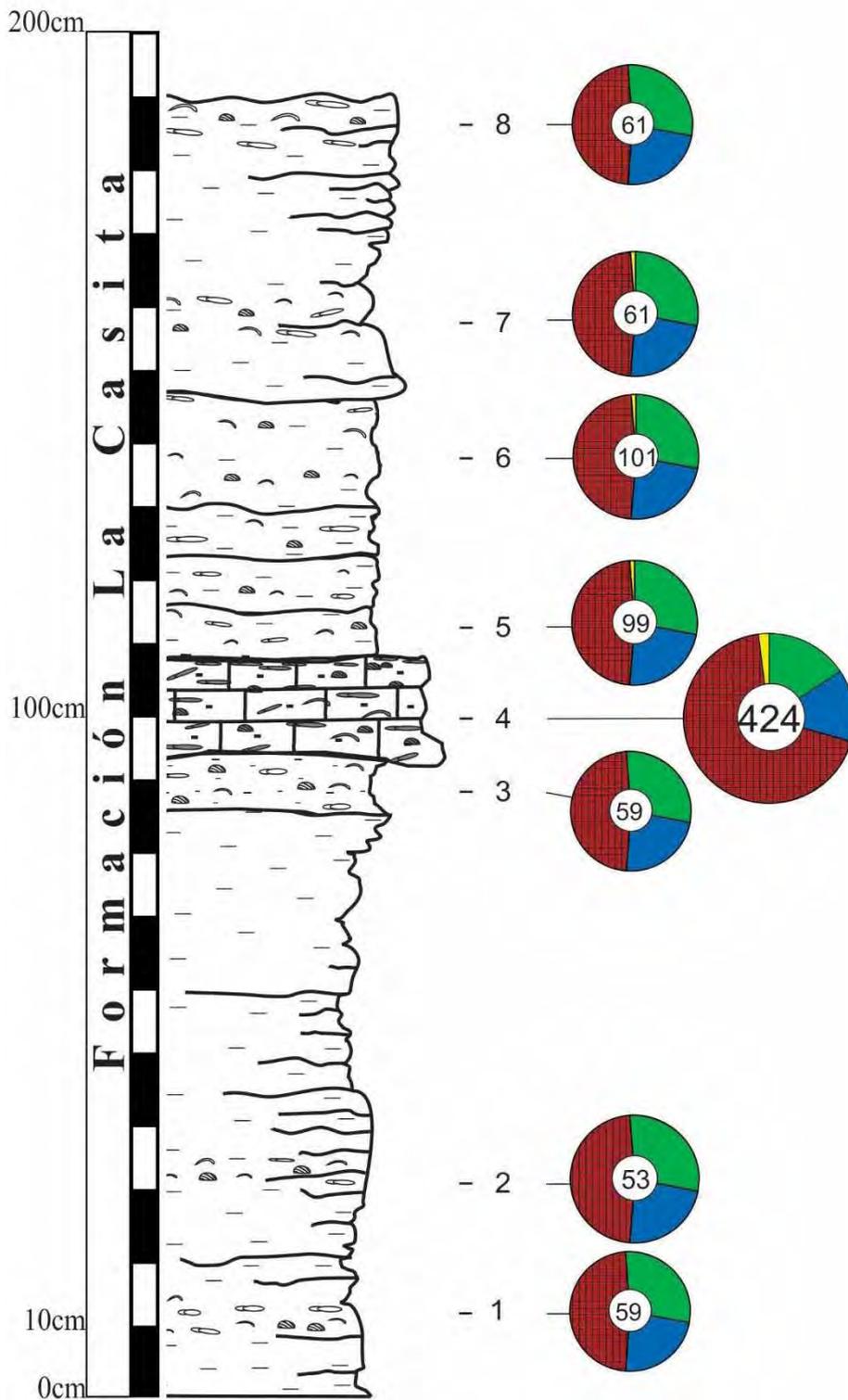


Figura 32. Espectros faunísticos del Perfil Cuencamé (CU-1) perteneciente a la Formación La Caja, con indicación del total de restos identificados taxonómicamente por horizonte y estrato. Las cifras indican el número total de restos identificados en cada caso.

9.2.3. Caracteres tafonómicos

Fragmentación, articulación y orientación

La fragmentación es alta, el índice de fragmentación oscila entre del 45 al 78%. Las conchas de los bivalvos y los apticus presentaron una desarticulación del 77% y una articulación del 23%. En ambos casos fue mayoritariamente convexa, alcanzando un 73% y el 27% restante en posición cóncava.

La orientación más frecuente es concordante o paralela a la estratificación (84%), la oblicua representa el 15%, y la posición perpendicular, aunque no es muy abundante se presenta principalmente en gasterópodos, pero no guardan la posición de vida (1%) (Figura 33).

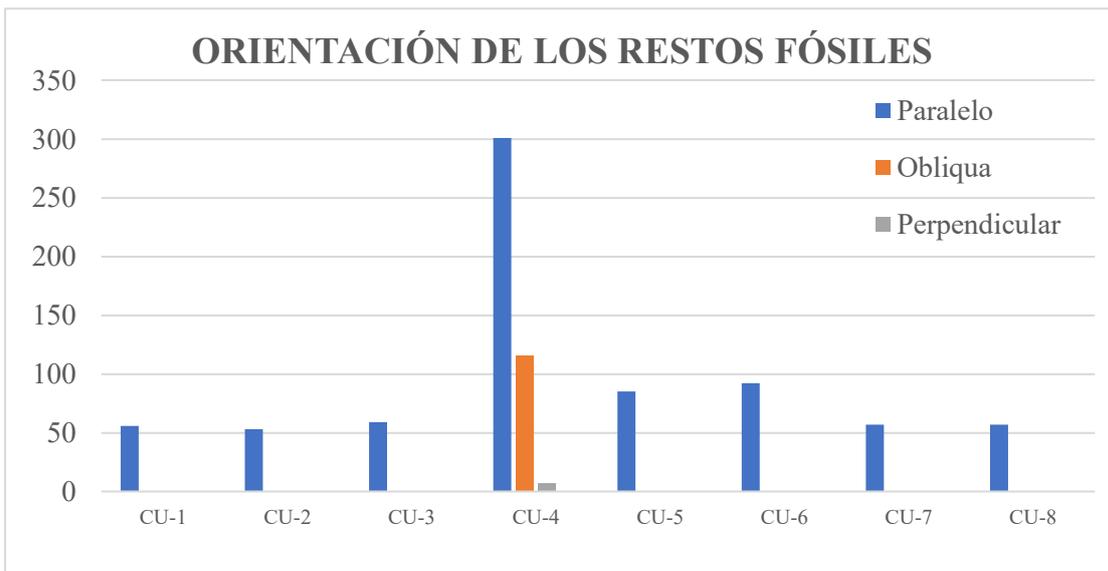
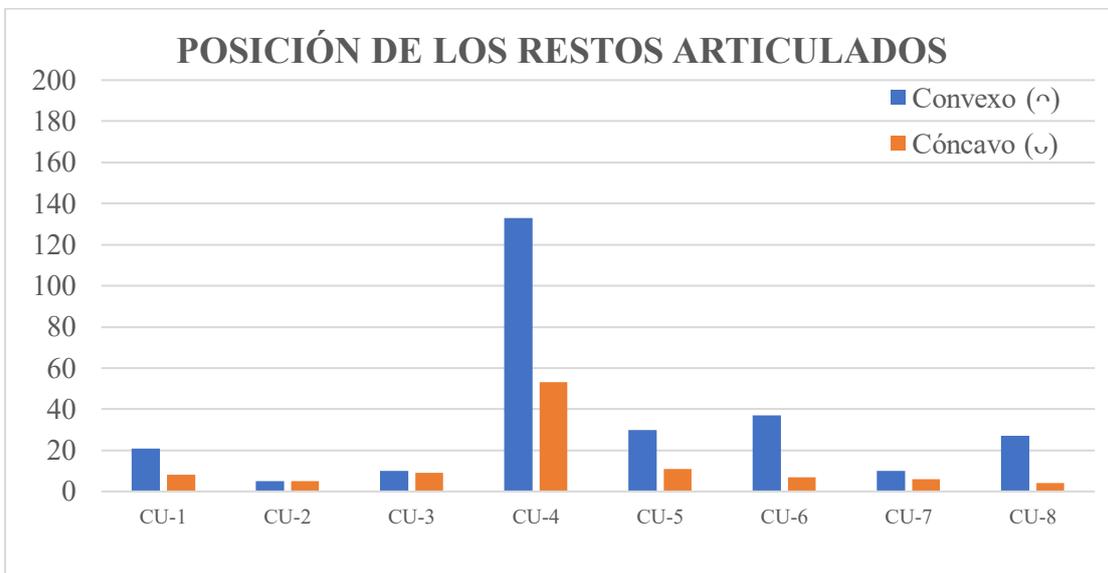
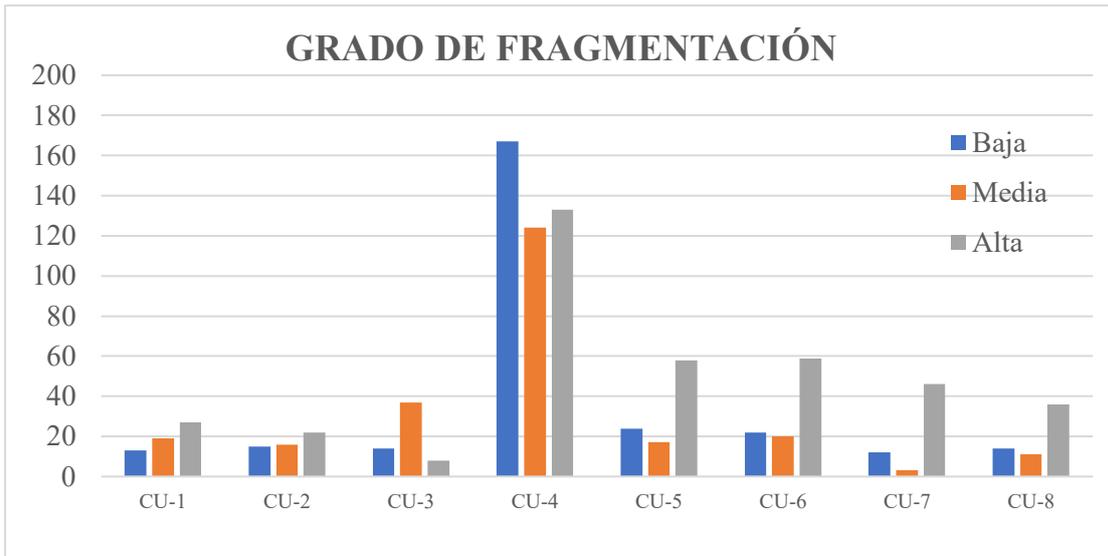


Figura 33. Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil CU-1.

Tamaño, conservación y corrosión

El tamaño predominante es menor a 30 mm (76%), los macrofósiles con talla más grande son los ammonites, en particular algunos ejemplares de glochicerátidos. La conservación más frecuente como impresión (92%), mientras que en molde externo el 8%. Por último, el índice de *corrosión* fue alto (IC= 63 al 80%) (Figura 34).

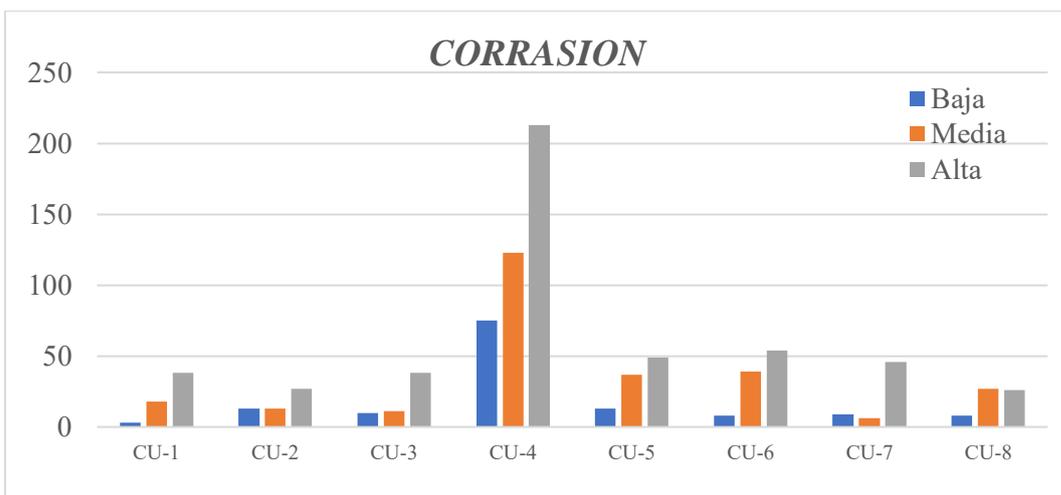
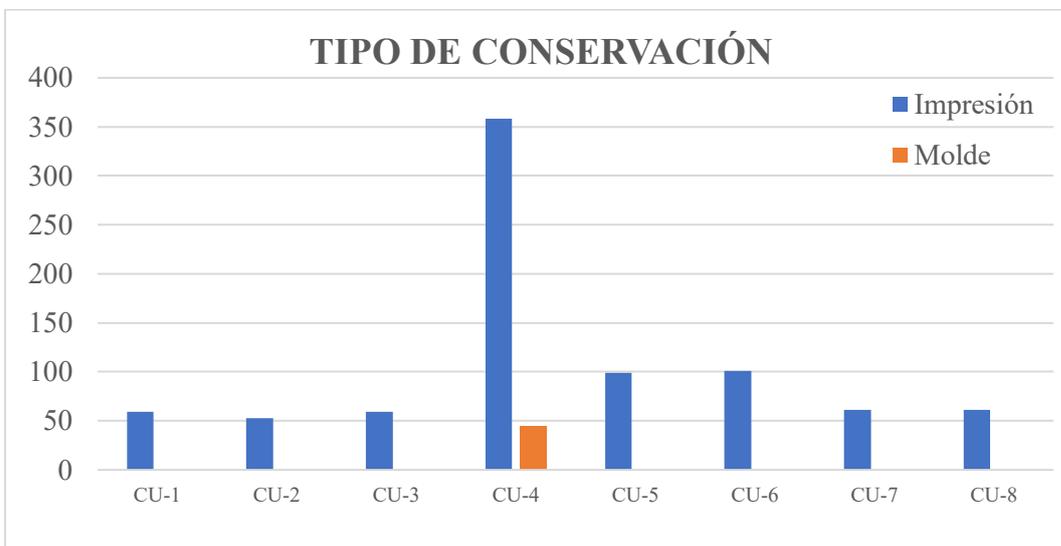
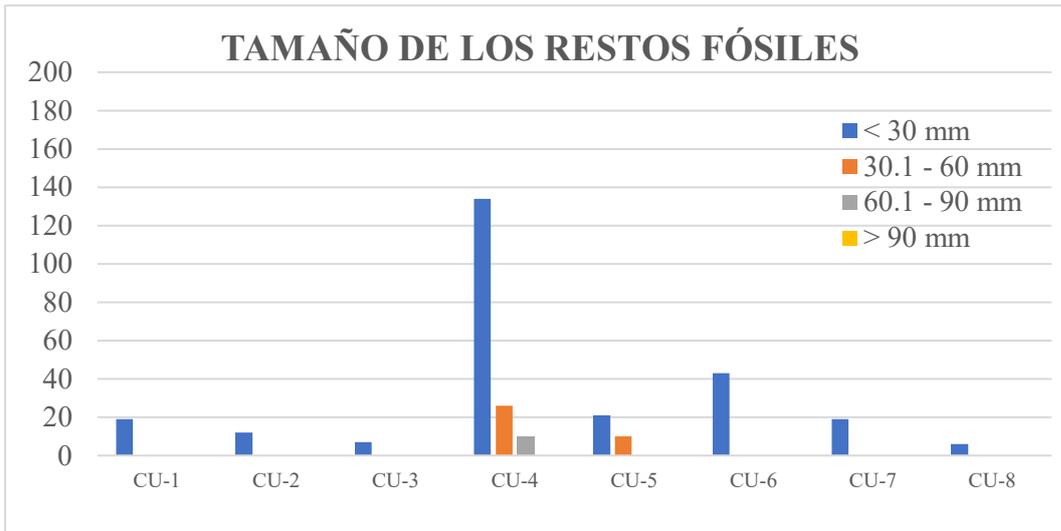


Figura 34. Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos tamaño, conservación y corrosión reconocidos en el Perfil CU-1.

9.3. Resultados bioestratigráficos

El estudio sistemático de 520 ejemplares de ammonites, son considerados de importancia para la correlación las siguientes especies, *Taramelliceras (Metahaploceras) costatum* (Burckhardt, 1906b), *Taramelliceras (Metahaploceras) aff. costatum* (Burckhardt, 1906b), *Glochiceras (Coryceras.) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras (Coryceras) cf. carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895); las cuales se encuentran en una Biozona de Asociación de *Haploceras - Glochiceras (Coryceras) - Taramelliceras (Metahaploceras)*, lo que permitió asignar a la parte baja y media del perfil una edad del Kimmeridgiano superior.

Para la parte alta del perfil la distribución estratigráfica de la fauna de *Hybonoticerias* sp. permitió identificar la Biozona de Asociación *Hybonoticerias - Glochiceras - Taramelliceras*, asegurando para la parte alta del perfil la edad del Kimmeridgiano superior (Figura 35).

Derivado del análisis de la sistemática paleontológica se ha corroborado la edad propuesta por Villaseñor *et al.* (2000, 2012), correspondiente al Kimmeridgiano superior, abarcando la Zona Eudoxus, y la Zona Beckeri, de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

Al igual que en los perfiles MZ-3 y MZ-5 el registro de *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras (C.) cf. carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) en la parte basal de la sección estudiada, favorecen la propuesta de reconocimiento de la subbiozona de *Glochiceras (Coryceras) carinatum*.

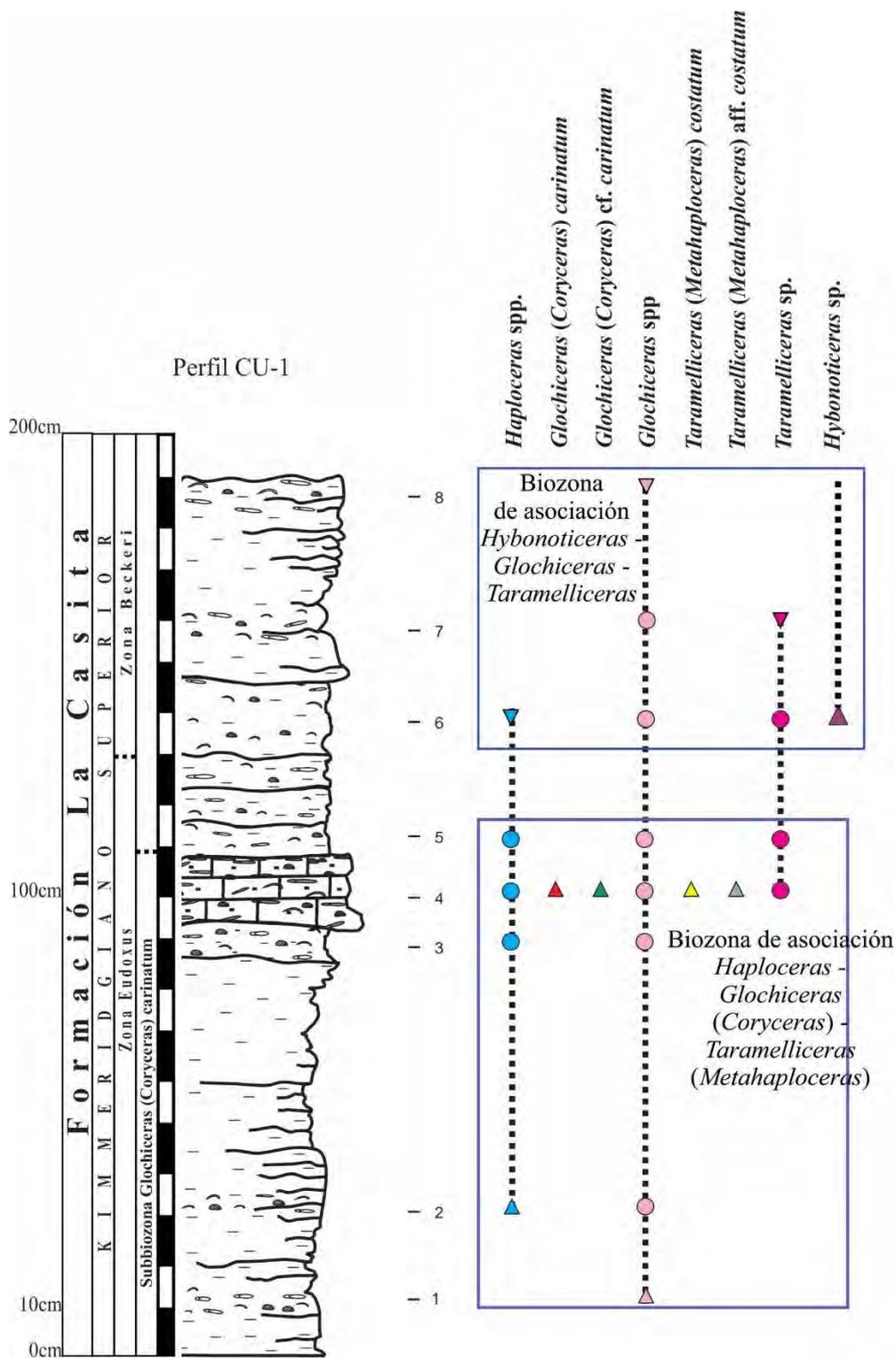


Figura 35. Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites en el Perfil Cuenamá (CU-1). Nótese el registro discontinuo. Los círculos indican el estrato donde se registró el taxón indicado. Referencia a la Zona Eudoxus del estándar europeo para clarificar la correlación biocronoestratigráfica.

10. PERFIL PUERTO PIÑONES 1 (PP-1)

El último perfil estudiado es Puerto Piñones, el cual aflora en la Sierra de Piñones, perteneciente al Anticlinal de Buñuelos, en el estado de Coahuila, donde afloran rocas de la Formación La Casita/La Caja.

La sección total mide 86 metros y el espesor correspondiente a los niveles de interés para este estudio es de 260 cm, referidos con anterioridad como nivel 11 (López-Caballero, 2009). La litología presenta una intercalación de estratos de limolitas y calizas, en espesores que varían de los 3 a los 15 cm (Figura 36).

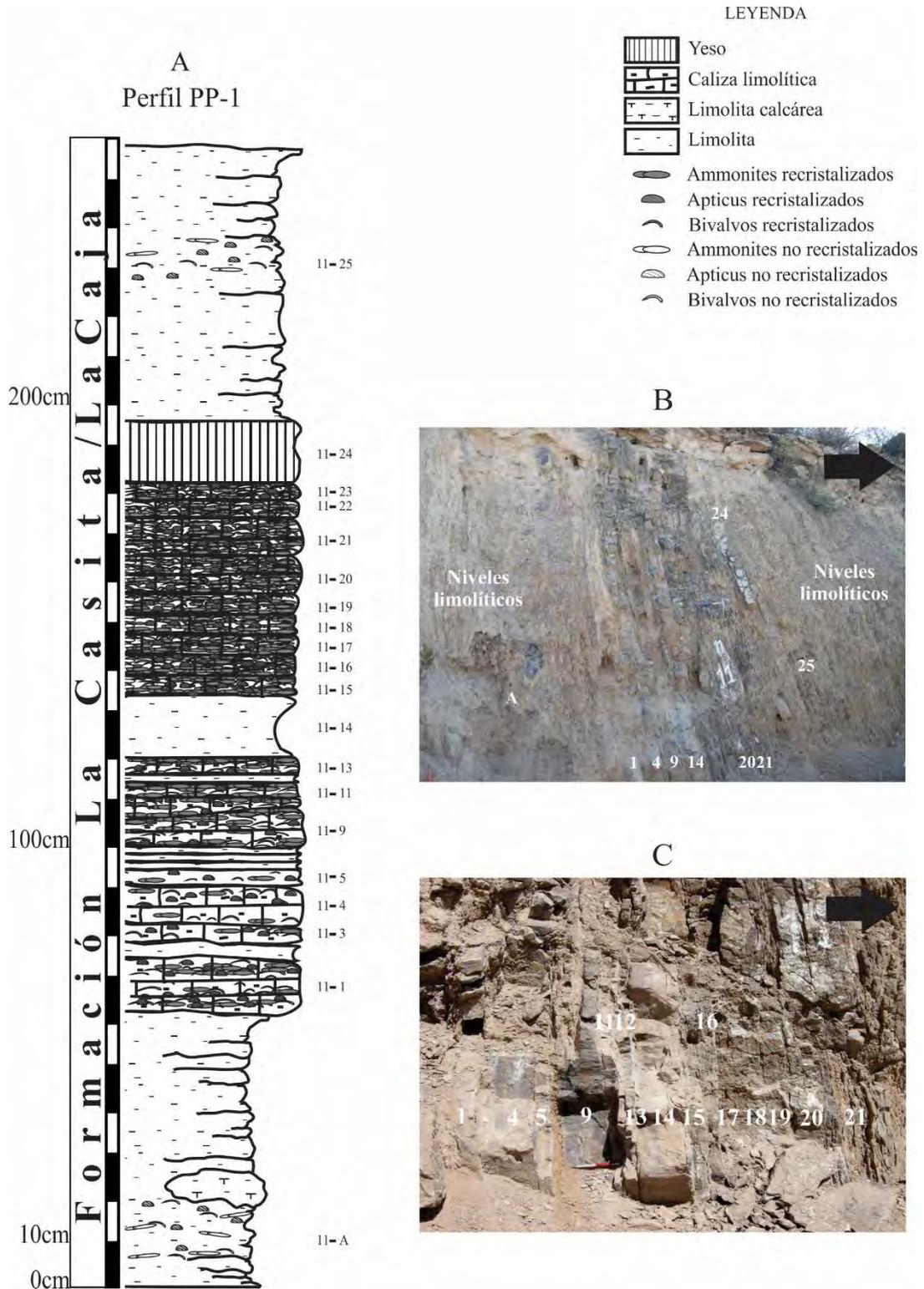


Figura 36. Perfil Puerto Piñones (PP-1) perteneciente de la Formación La Casita/La Caja. (A) Columna litológica (espesor 260 cm) con acumulaciones fosilíferas tanto en los estratos basales como en los superiores. (B) Espesor total de la subsección estudiada, no se enumeraron todos los estratos debido al espesor tan reducido que presentaron. (C) Acercamiento de los niveles más calcáreos, donde se registraron las acumulaciones fosilíferas. Flecha en negro para indicar polaridad estratigráfica. Martillo como escala (32 cm). Portaminas (15 cm) como escala.

10.1. Litofacies del Perfil Puerto Piñones -1 (PP-1)

10.1.1. *Litofacies de limolita*

Los estratos de limolitas infra y suprayacen a los estratos de caliza, se presentan como estratos delgados de color rosa, cuyas características de afloramiento no son buenas, lo que imposibilitó el muestreo detallado (Figuras 36A, 36B). Los niveles de la parte basal del afloramiento abarcan aproximadamente 60 cm de espesor, y del lugar donde fueron obtenidos restos fosilíferos corresponderían a un horizonte identificado como el horizonte 11-A, donde se presentan escasos restos fosilíferos.

En la parte media del perfil existe un estrato identificado como 11-14, posee un espesor de 15 cm, con superficies de estratificación irregulares (Figura 37D), tanto la base como la cima. Además de que no se observó ninguna estructura sedimentaria primaria y ningún registro fósil (Figuras 36A, 36B, 36C, 37C, 37D).

En la parte superior del perfil, se encuentra otro estrato de limolita de 65 cm de espesor, los fósiles que se recolectaron provienen del horizonte identificado con el número 25, y los restos fosilíferos se encuentran dispersos (Figuras 36A, 36B).

10.1.2. *Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas*

El nivel calcáreo identificado con el número 11, se pudieron diferenciar dos paquetes, el primero con 60 cm de espesor, donde los estratos presentan espesores variables que van de los 2 a 15 cm, con contactos concordantes entre ellos (Figura 36A). Los restos fósiles se presentan preferentemente hacia la base y cima del estrato (Figura 37A). En la superficie de estratificación podemos observar el comportamiento de la fauna en forma de pavimentos (Figura 37B).

El segundo paquete presenta 45 cm de espesor, donde se observan diferentes estratos con espesores de 5 a 9 cm (Figuras 36A, 36C). La geometría de todos los estratos es tabular, con límites ligeramente ondulados, todos los estratos presentan una gran cantidad de restos fósiles, distribuidos a través del espesor de cada estrato, característica que hace que las superficies de estratificación sean un poco onduladas (Figuras 36A, 36B, 36C), en la superficie de estratificación se puede observar la distribución de la fauna en forma de pavimentos (Figuras 37E, 37F).

10.1.3. Litofacies de yeso

El estrato identificado como 11-24 con 15 cm de espesor, yeso (Figuras 36A, 36B, 36C), sin ninguna estructura sedimentaria ni fósil, con una geometría tabular bien definida y contactos concordantes.

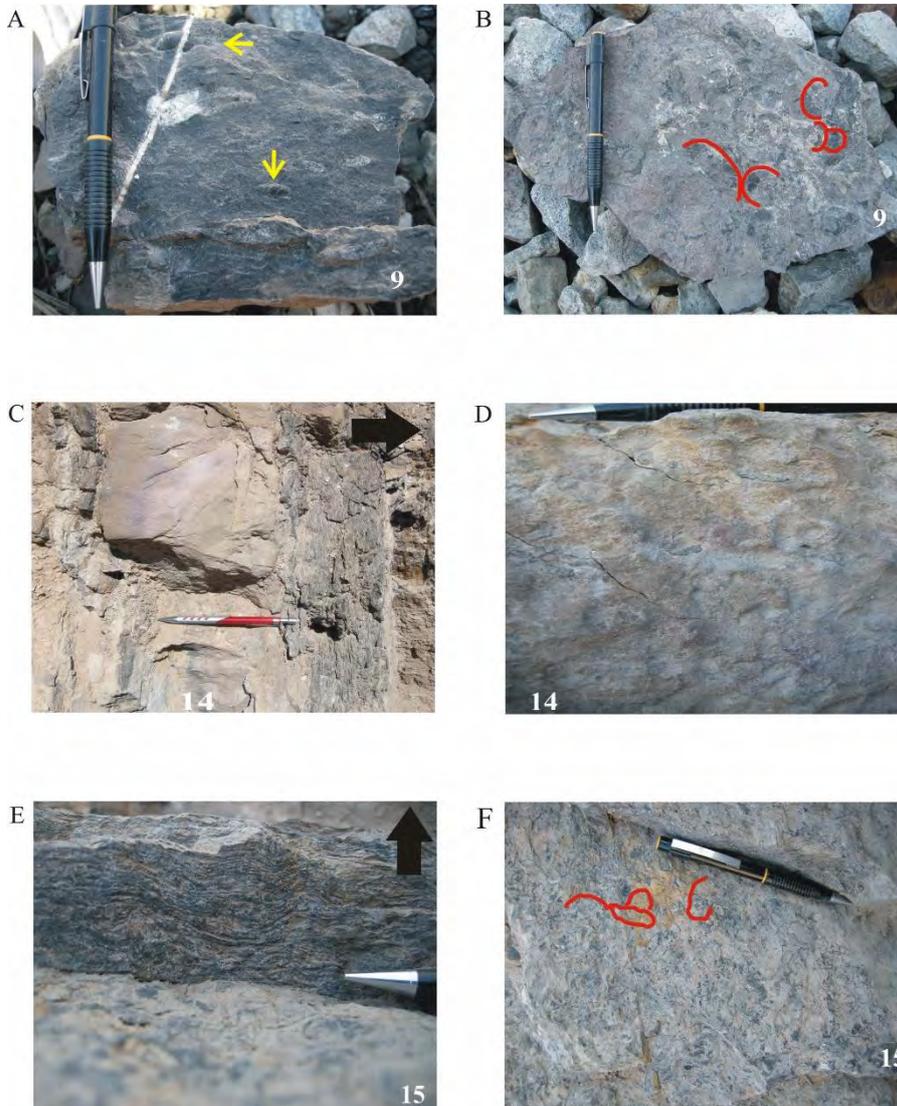


Figura 37. Detalle macroscópico de los estratos del Perfil Puerto Piñones (PP-1) perteneciente a la Formación La Casita/La Caja. (A) Detalle de la geometría y distribución de la fauna del estrato 11-9, la cual se distribuye preferentemente hacia la base y cima del estrato (flechas amarillas). (B) Detalle de la distribución de la fauna en forma de pavimentos del estrato 11-9. (C) Detalle del estrato de limolita (11-14), el cual separa a los estratos de caliza. (D) Cima del estrato de limolita (11-14) con superficie irregular y ausencia de restos fósiles al igual que de estructuras sedimentarias primarias. (E) Detalle del estrato 11-15 (corte transversal a la estratificación), donde se muestra la gran cantidad de restos fósiles. (F) Detalle del pavimento de restos fósiles en la superficie de estratificación del estrato 11-15, con ejemplo de imbricación (líneas rojas). Flechas negras indican la polaridad estratigráfica. Portaminas (15 cm) como escala.

10.2. Tafonomía

10.2.1. *Empaquetamiento*

En este perfil se presenta el mismo tipo de conservación que se ha reconocido en el resto de los perfiles, ya que en los estratos de caliza los ejemplares están recristalizados (ER), mientras que en los estratos de limolitas los ejemplares se presentan en forma huellas y moldes no recristalizados (EL).

El tipo de empaquetamiento observado en el estrato identificado como 11-A, es de fósiles flotados (EL0.5) (Figura 38A).

El tipo de empaquetamiento del estrato 11-1, inicia con 2 cm sin registro de macrofósiles (ER0), los siguientes 5 cm, el empaquetamiento registrado es flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2), los siguientes 5 centímetros los restos fosilíferos se encuentran flotados (ER0.5), con algunos parches flotado laminar (ER1) y los últimos 3 cm se presentan flotados (ER0.5) (Figura 38A).

El estrato 11-3, presenta condiciones de empaquetamiento cíclico, al igual que los espesores, ya que en cada centímetro se observa un cambio en el tipo de empaquetamiento. El primer centímetro inicia en la base como flotado (ER0.5), se incrementa a flotado laminar (ER1), y se repiten flotado (ER0.5), y flotado laminar (ER1), terminando en empaquetamiento tipo flotado (ER0.5) (Figura 38A).

El estrato 11-4, presenta un espesor total de 10 cm, el tipo de empaquetamiento inicia en la base sin registro de macrofósiles (ER0), los cuales se presentan en los primeros 2 cm, en los siguientes 3 centímetros se presenta un empaquetamiento tipo flotado (ER0.5), posteriormente se vuelve a registrar un empaquetamiento donde no se observan macrofósiles (ER0), en los 3 y termina con un empaquetamiento tipo flotado (ER0.5) en los últimos 2 cm (Figuras 38A, 38C).

El estrato 11-5, en los primeros 2 cm se registra empaquetamiento flotado laminar (ER1), y posteriormente en los siguientes 2 cm se presenta tipo flotado (ER0.5) (Figura 38A).

En los estratos limolíticos, 11-6, 11-7 (espesor 2 cm cada uno) y 11-8 (1 cm de espesor) no se registraron restos fósiles.

El estrato 11-9 con 6 cm de espesor, comienza con 2 cm de empaquetamiento denso laminar (ER3), en el siguiente centímetro se presenta tipo flotado laminar (ER1), posteriormente flotado (ER0.5) en el siguiente centímetro, de manera puntual se presenta flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2) y culmina hacia cima con un empaquetamiento tipo flotado (ER0.5) en 2 cm (Figuras 38A, 38D). El 11-10 con un centímetro de espesor no se observó presencia de restos fósiles.

El estrato 11-11 con 3 cm de espesor, en los primeros 2 cm presenta un empaquetamiento denso laminar (ER3), en el siguiente centímetro se observa flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2) (Figura 38A). El 11-12 es un estrato con 2 cm de espesor, sin registro de fauna.

El estrato 11-13 con 4 cm de espesor, inicia con 2 cm de empaquetamiento denso laminar (ER3), en el siguiente centímetro tipo flotado laminar con enclaves de orientación caótica (ER2) y en el último centímetro se observa un empaquetamiento denso laminar (ER3) (Figuras 38A, 38B).

El estrato 11-14 con 15 cm de espesor no registra macrofósiles observables (ER0) (Figuras 38A, 38D).

Después del estrato limolítico se registra un aumento en la cantidad de restos fósiles en todos los estratos del 11-15 al estrato 11-23, los cuales son 51 cm de espesor se presenta una gran cantidad de restos fósiles, todos muestran un empaquetamiento denso laminar con enclaves de orientación caótica (ER4) (Figura 38A, 38E, 38F).

El estrato 11-24 con un espesor de 15 cm, no registra restos fosilíferos ni estructuras sedimentarias, sería un empaquetamiento sin presencia de macrofósiles (ER0, Figura 38A).

En el nivel identificado como 11-25, el tipo de conservación de los ejemplares es del tipo identificado como limolítico (EL) muestra el empaquetamiento tipo flotado (EL0.5) (Figura 38A).

10.2.2. Asociaciones faunísticas

Las asociaciones de macroinvertebrados están constituidas por ammonites, apticus, bivalvos y gasterópodos, analizándose un total de 1,060 ejemplares, entre especímenes completos y fragmentos, los cuales fueron obtenidos de los estratos con mayor espesor, principalmente de los estratos 11-1 y 11-9 (Figuras 39), ya que en los estratos suprayacentes presentan una gran cantidad de restos fosilíferos, además la mala conservación imposibilitó la asignación genérica y/o específica.

De manera general los ammonites son los mejor representados (48%), excluidos los apticus (34%); los bivalvos (16%) se presentan como un componente accesorio, y los gasterópodos se presentan de manera esporádica (2%).

Dentro de los ammonites, los glochiceratinos son los mejor representados (28%), seguidos por los taramelliceratinos (17%), componentes raros son los perisphinctinos (3%) y los haploceratinos (2%); un porcentaje considerable de fragmentos no permiten la identificación precisa (48%).

Entre los organismos bentónicos los bivalvos son dominantes (17% del total de invertebrados); un porcentaje elevado (77%) no fueron determinados por su deficiente preservación: buchidos (11%), inoceramidos (7%), y en menor proporción pseudomonotidos (2%) y lucínidos (2%), conforman la asociación identificada. La presencia de gasterópodos es ocasional (2%).

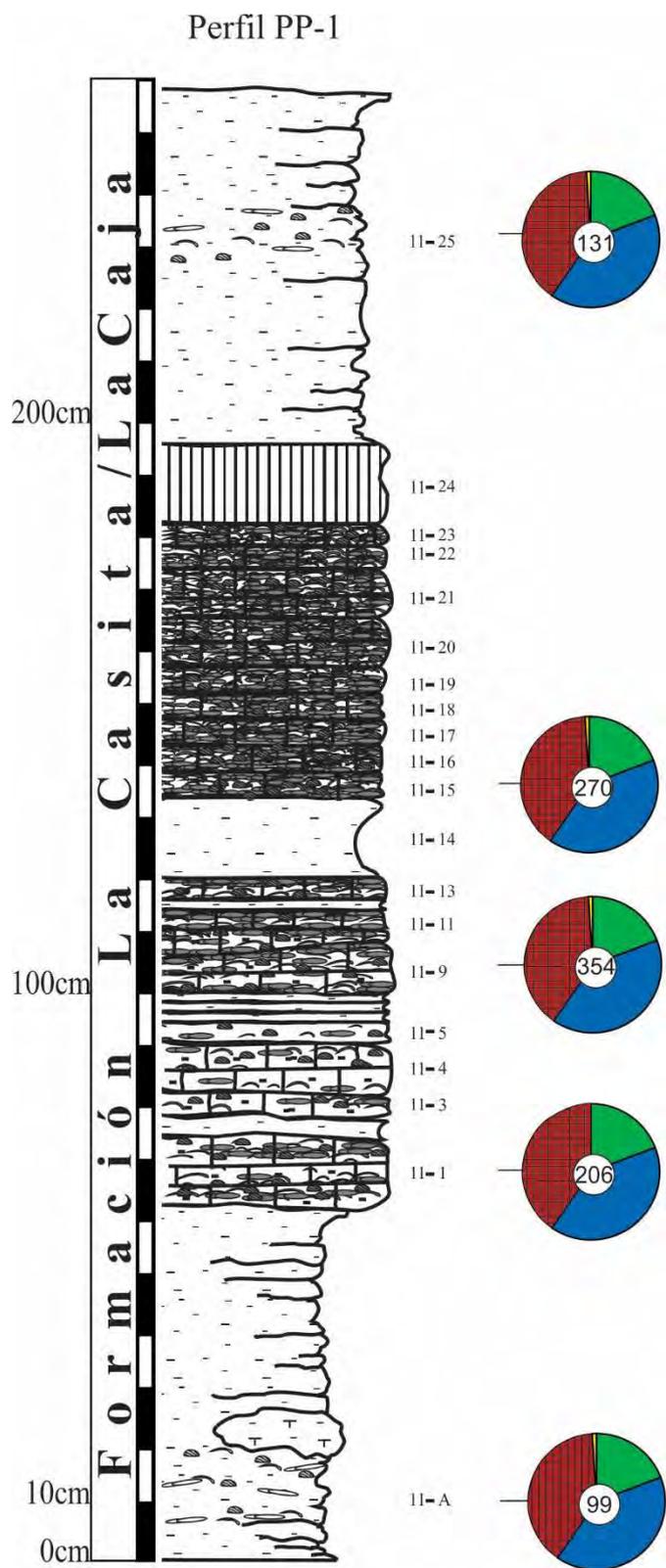


Figura 39. Espectros faunísticos del Perfil Puerto Piñones 1 (PP-1) con indicación del total de restos identificados taxonómicamente por estrato. No se incluyen restos sin identificación taxonómica a nivel de género o especie. Las cifras indican el número total de restos identificados en cada caso.

10.2.3. Caracteres tafonómicos

Fragmentación, articulación y orientación

La fragmentación es alta, con índice de fragmentación con valores que oscilan entre el 79 al 84%. Las conchas de los bivalvos y los apticus presentaron una desarticulación del 99% resto articulados (1%). La orientación en ambos casos fue mayoritariamente convexa, alcanzando un 73% y el 27% restante en posición cóncava. más frecuente es concordante o paralela a la estratificación (97%), la oblicua representa el 2%, y la posición perpendicular, aunque no es muy abundante se presenta principalmente en gasterópodos, pero no guardan la posición de vida (1%) (Figura 36).

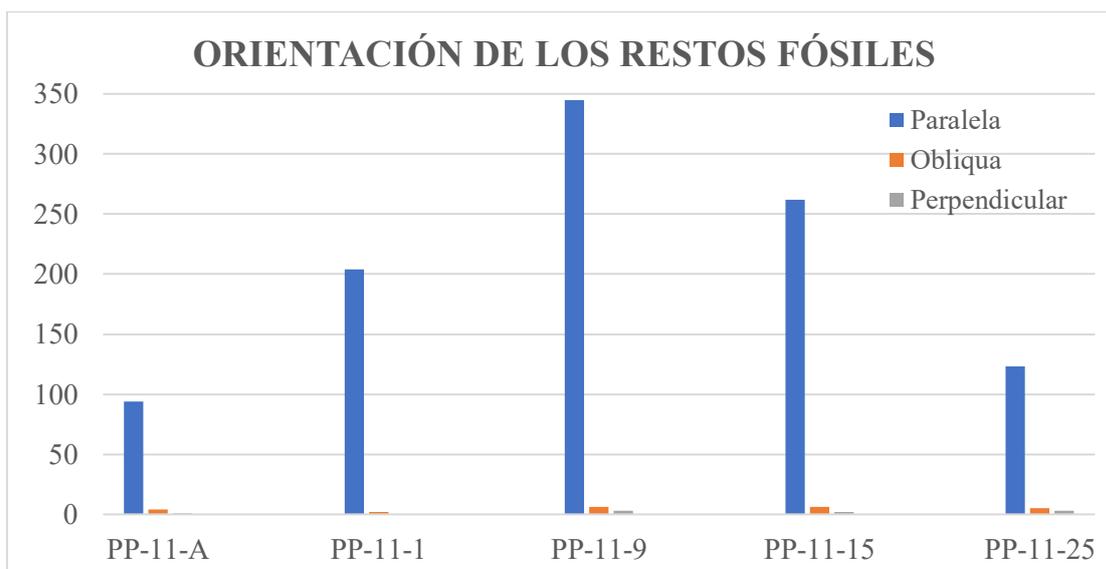
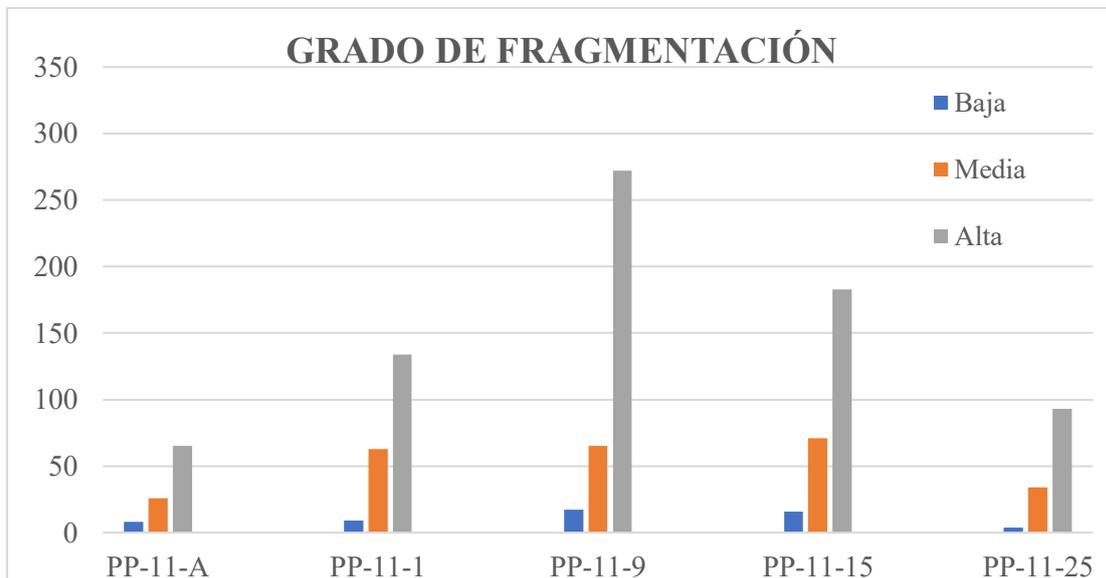
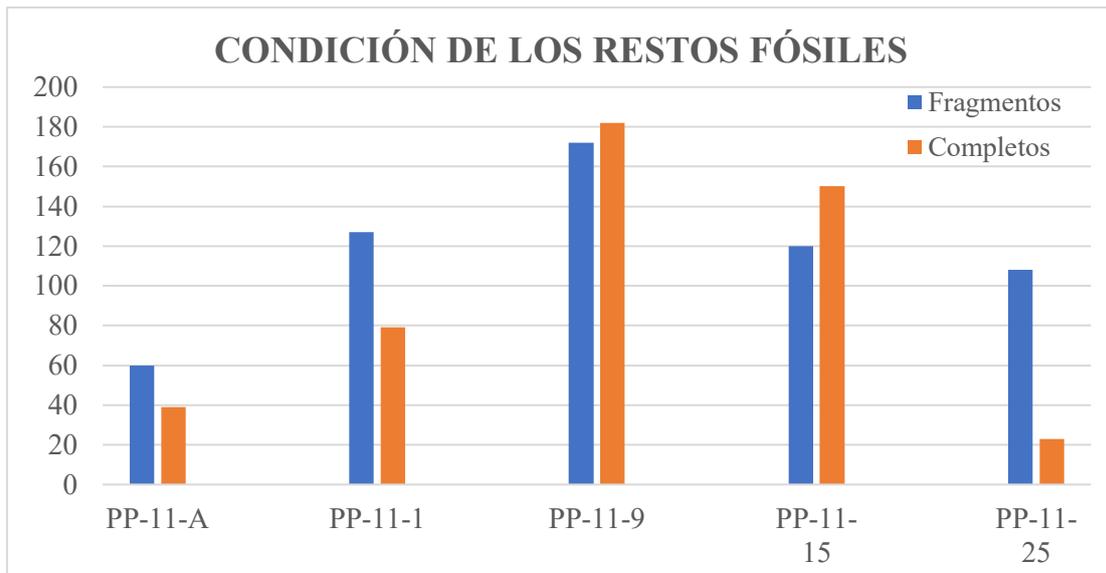


Figura 40. Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos fragmentación, articulación y orientación reconocidos en el Perfil PP-1.

Tamaño, conservación y corrosión

El tamaño predominante es menor a 30 mm (85%), los macrofósiles con talla más grande son los ammonites, en particular algunos ejemplares de glochiceratinos. La conservación más frecuente como impresión (79%), mientras que en molde externo el 19%. Por último, el índice de *corrosión* fue alto (IC= 68 al 84%) (Figura 41).

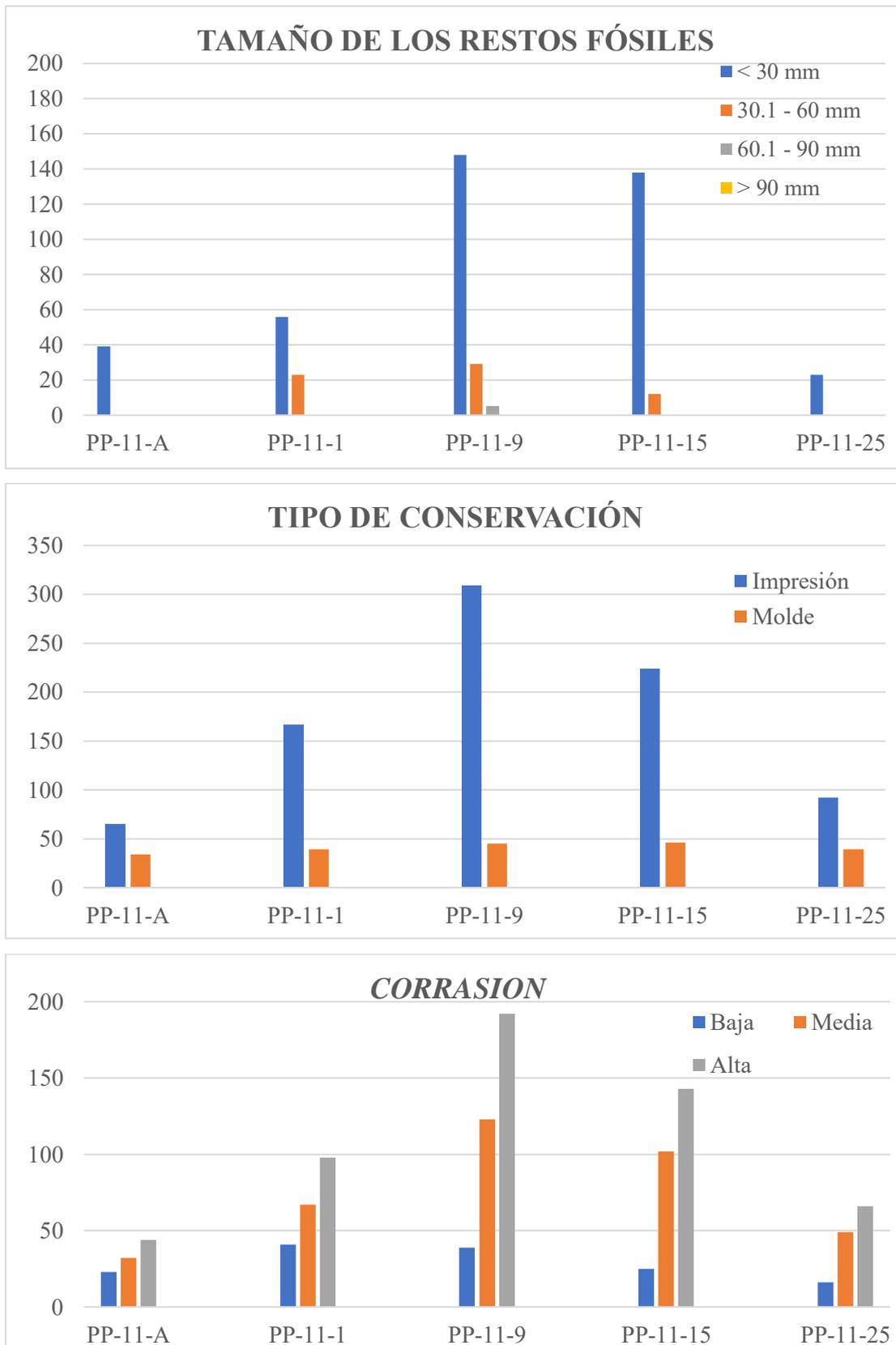


Figura 41. Distribución estratigráfica de los caracteres tafonómicos tamaño, conservación y *corrasion* reconocidos en el Perfil PP-1.

Como ya mencionó anteriormente todos los datos tafonómicos fueron obtenidos de los estratos de limolita y de los estratos de caliza limolítica (11-1 al 11-13), ya que los ejemplares se pudieron extraer del material rocoso, facilitando su análisis, a diferencia del material presente en los estratos superiores (p. ej., 11-23, Figura 41) donde el material presentó un alto grado de empaquetamiento, lo que dificultó su extracción.

10.3. Resultados bioestratigráficos

El análisis de 510 ammonites, son considerados de importancia para la correlación las siguientes especies, *Taramelliceras (Metahaploceras) costatum* (Burckhardt, 1906b), *Taramelliceras (Metahaploceras) aff. costatum* (Burckhardt, 1906), *Glochiceras (Coryceras.) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras (Coryceras) cf. carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895); las cuales se encuentran en una Biozona de Asociación de *Haploceras - Glochiceras (Coryceras) - Taramelliceras (Metahaploceras)*, lo que permitió asignar a la parte baja y media del perfil una edad del Kimmeridgiano superior. (Figura 42) corroborando la edad propuesta por Villaseñor *et al.* (2000, 2012).

Derivado del análisis de la sistemática paleontológica se ha corroborado la edad propuesta por Villaseñor *et al.* (2000, 2012), correspondiente al Kimmeridgiano superior, abarcando la Zona Eudoxus, de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

Además de que el registro de *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras (C.) cf. carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) en la parte basal de la sección estudiada, y su rango conocido en otros perfiles de norte-centro de México (Villaseñor *et al.* 2000, 2012), favorece la propuesta de reconocimiento de la subbiozona de *Glochiceras (Coryceras) carinatum*.

Así mismo el registro paleontológico de los niveles con concentraciones de conchas es estratigráficamente discontinuo y no se han podido reconocer diferencias bioestratigráficamente significativas en las asociaciones registradas (Figura 14). En consecuencia, no se puede estimar el *time-averaging* en términos bioestratigráficos y se asume que el potencial de retrabajo de los restos está por debajo del potencial de resolución bioestratigráfica a nivel de la escala biozonal existente para México.

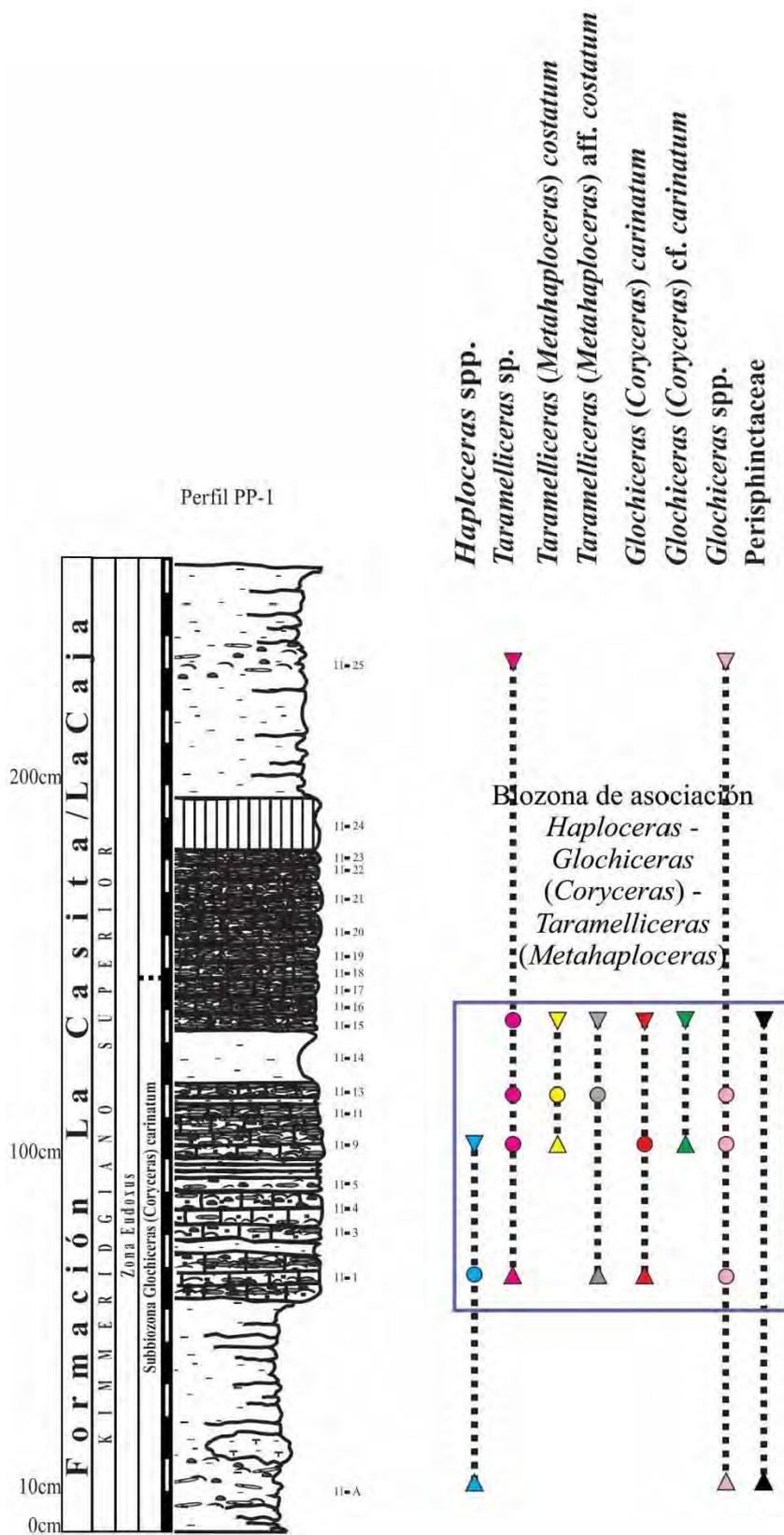


Figura 42. Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites en el Perfil Puerto Piñones 1 (PP-1). Nótese el registro discontinuo. Los círculos indican el estrato donde se registró el taxón indicado. Referencia a la Zona Eudoxus del estándar europeo para clarificar la correlación biocronoestratigráfica.

11. ANÁLISIS DE MICROFACIES

Fueron analizadas 137 láminas delgadas de todos los perfiles estudiados (Tabla 1), pudiéndose establecer dos tipos de texturas relacionadas con la biofábrica de empaquetamiento. En este apartado sólo se presenta el análisis general, ya que el resultado de cada estrato se encuentra en el apartado de anexos.

Las biofábricas de empaquetamiento reconocidas fueron *floatstone* y *wackestone*. La clasificación de la matriz corresponde a calcisiltita, la se compone de detritos de calcita tamaño limo, ya que comprende tamaños entre 2 y 64 μm . Este nombre fue propuesto por Kay (1951). Por su parte Lindholm (1969) enfatizó que este tipo de matriz está constituida por partículas carbonatadas, con una selección pobre, resultado del rompimiento del material esquelético, por lo que en su origen intervienen los procesos de abrasión y bioerosión. Las calcisiltita contiene al rubro más grueso de las calcilutitas (Grabau, 1904).

11.1. *Floatstone-wackestone* de bioclastos con parches locales de *packstone* (Figura 43, 45).

Matriz de calcisiltita con tamaño de grano de limo muy grueso a medio (80 a 30 μm). Los bioclastos se presentan embebidos en la matriz, por lo que la textura es matriz-soportada, aunque hay empaquetamientos locales comparativamente densos, grano-soportados (parches locales de *packstone*), en los que se pueden observar pequeños bivalvos articulados y fragmentos de moluscos, como ammonites, apticus, bivalvos, así como braquiópodos. Los clastos más grandes corresponden a fragmentos de moluscos, entre los que se pueden reconocer ammonites (am) de tamaño mayor a 1 cm (2 a 5%); los braquiópodos (br) pueden alcanzar un tamaño de 1.2 cm (1 a 5%); apticus (apt) muestran tamaño más variado, 0.1 mm a 1.5 cm (1 a 5%). Los fragmentos de bivalvos (fbi) muestran un rango de tamaño del 0.1 mm a 2 cm (3 a 8%). También se han reconocido otros bioclastos tamaño limo a arena fina como bivalvos articulados (bi) de 50 μm a 200 μm , correspondientes a fases larvarias avanzadas (5 a 10%). Radiolarios (rad), de 80 μm a 150 μm (1 a 5%), calciesferas (cal) de 60 μm a 120 μm (1 a 5%), y ammonitellas (am) con tamaño de 100 μm a 110 μm (1 a 5%). No se observó microperforación (*microboring*) ni epibiontes macro-microscópicos. Existen parches de *packstone* en donde los bioclastos presentan contacto puntual y longitudinal. Los bioclastos muestran recristalización.

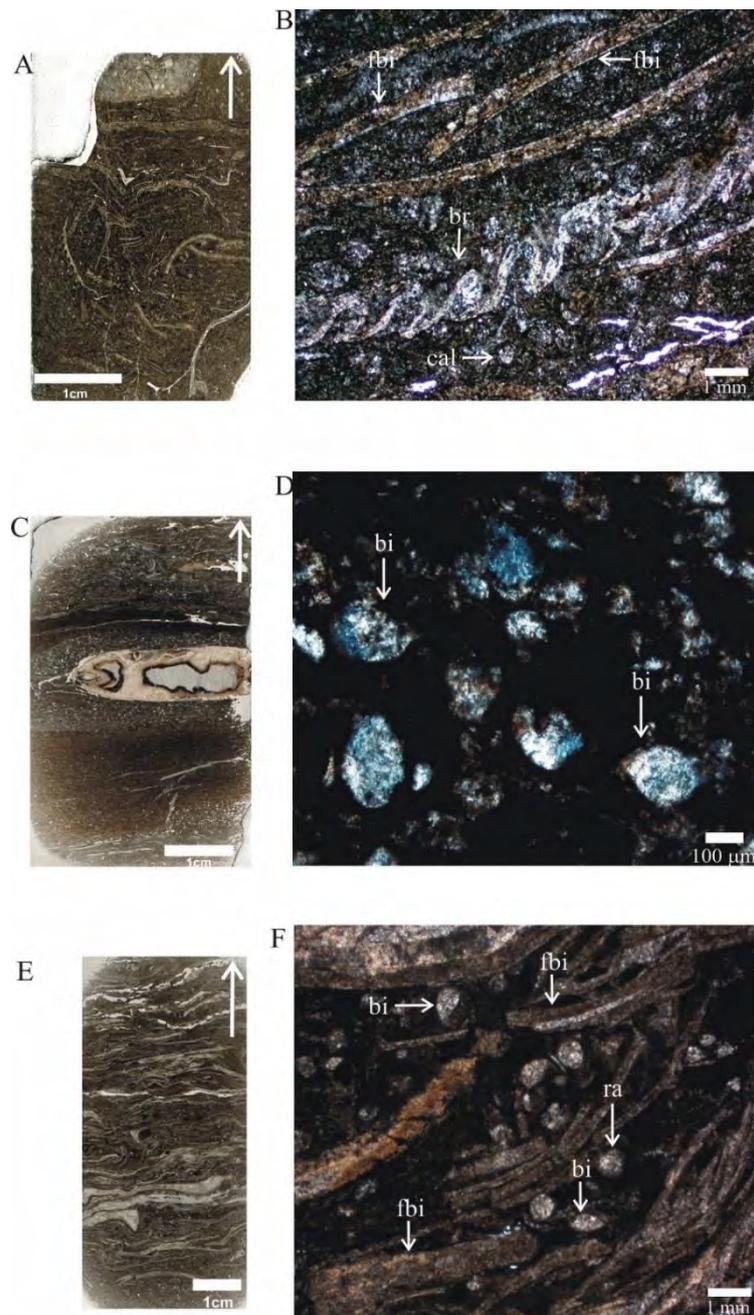


Figura 43. Fotomicrografías que representan la microfacies *Floatstone-Wackestone* de bioclastos con parches locales de *packstone*. Perfil MZ-3, horizonte 14F base - (A) Sección delgada en corte perpendicular a la estratificación mostrando organización caótica de bioclastos en *packstone*. (B) Fragmentos de bivalvos (fbi) y braquiópodo (br) con orientación oblicua. Perfil MZ-5, estrato 128. (C) Sección delgada en corte perpendicular a la estratificación mostrando organización caótica de bioclastos en *packstone*. (D) Bivalvos (bi). Perfil TO-C-1, estrato 2. (E) Sección delgada en corte perpendicular a la estratificación mostrando organización caótica de bioclastos en *packstone*. (F) Fragmentos de bivalvos (fbi), bivalvos (bi) y radiolarios (ra).

11.2. *Floatstone-wackestone* de radiolarios (Figura 44, 45).

Matriz de calcisiltita con tamaño de grano de limo medio a grueso (30 a 60 μm). Los bioclastos se presentan embebidos en la matriz, por lo que la textura es matriz-soportada. Los clastos más grandes que se observan en sección delgada son fragmentos de moluscos (fm), incluyendo bivalvos (fbiv) y apticus (apt) cuando es posible determinar su origen; en otro caso se refieren como no determinados (nd). Los fragmentos de molusco alcanzan tamaños de arena muy gruesa a rudita (1 a 7 mm) con orientación preferencial oblicua, distribución dispersa y abundancia de 3 a 10%. Los bioclastos más comunes son radiolarios (ra) tamaño limo grueso a arena fina (80 μm a 200 μm), con abundancia de 10 a 15%. También hay bivalvos articulados en fase larvaria (bi) con tamaño 50 μm a 200 μm (8-10%). Calciesferas (cal) muestran tamaño limo grueso a arena muy fina (60 μm a 120 μm) y abundancia 3-10%. Se registraron escasos foraminíferos (for?), quistes de dinoflagelados (qd?) y litoclastos (lit?) cuyas asignaciones se manejaron con interrogación debido a la recristalización de los bioclastos. Los foraminíferos presentan un tamaño hasta 110 μm (arena muy fina), mientras que los litoclastos (lit?) hasta 80 μm (ca. límite de limos muy gruesos a arenas muy finas). También se identificaron escasos restos de *Saccocoma* (sac). No se observó *microboring* ni epibiontes micro-macroscópicos. En algunos casos los bioclastos están parcial o totalmente recristalizados, y existen corpúsculos de color marrón oscuro que se interpretan como restos ferruginizados de posible materia orgánica (mo).

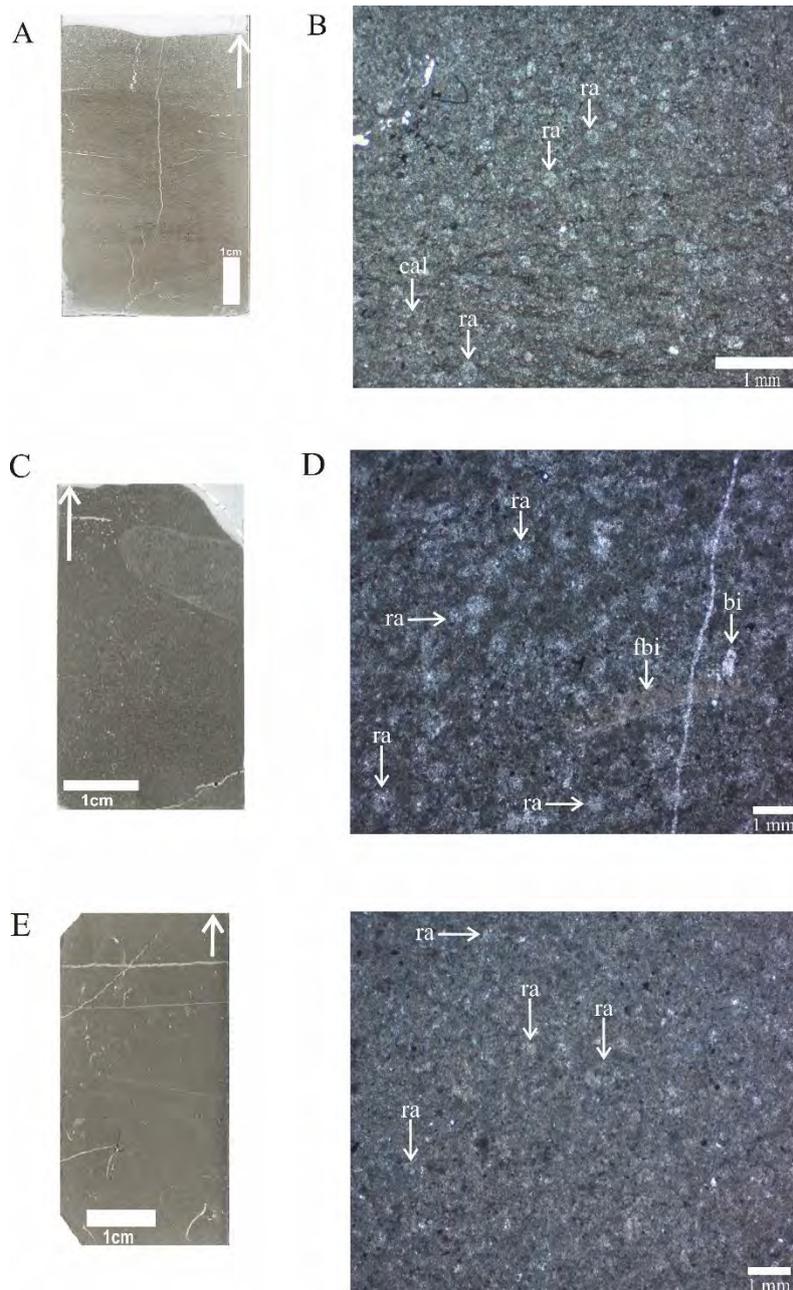


Figura 44. Fotomicrografías que representan la microfácies *Floatstone-wackestone de radiolarios*. Perfil MZ-3, horizonte 15 cima (A) Sección delgada, en corte perpendicular a la estratificación, mostrando microlaminación sedimentaria con ondulaciones y acuñaientos laterales (¿laminación cruzada, microripples?) en matriz fina con pequeños granos de cuarzo; (B) Radiolarios (ra), Calciesferas (cal) y apticus (apt). Perfil TO-1, estrato 6. (C) Sección delgada, en corte perpendicular a la estratificación. (D) Bivalvo (bi), radiolario (ra), y fragmentos de bivalvo (fbi); nótese la posición oblicua de los bioclastos. Perfil CU-1, estrato 5 (E) Sección delgada, en corte perpendicular a la estratificación. (F) Radiolarios (ra).

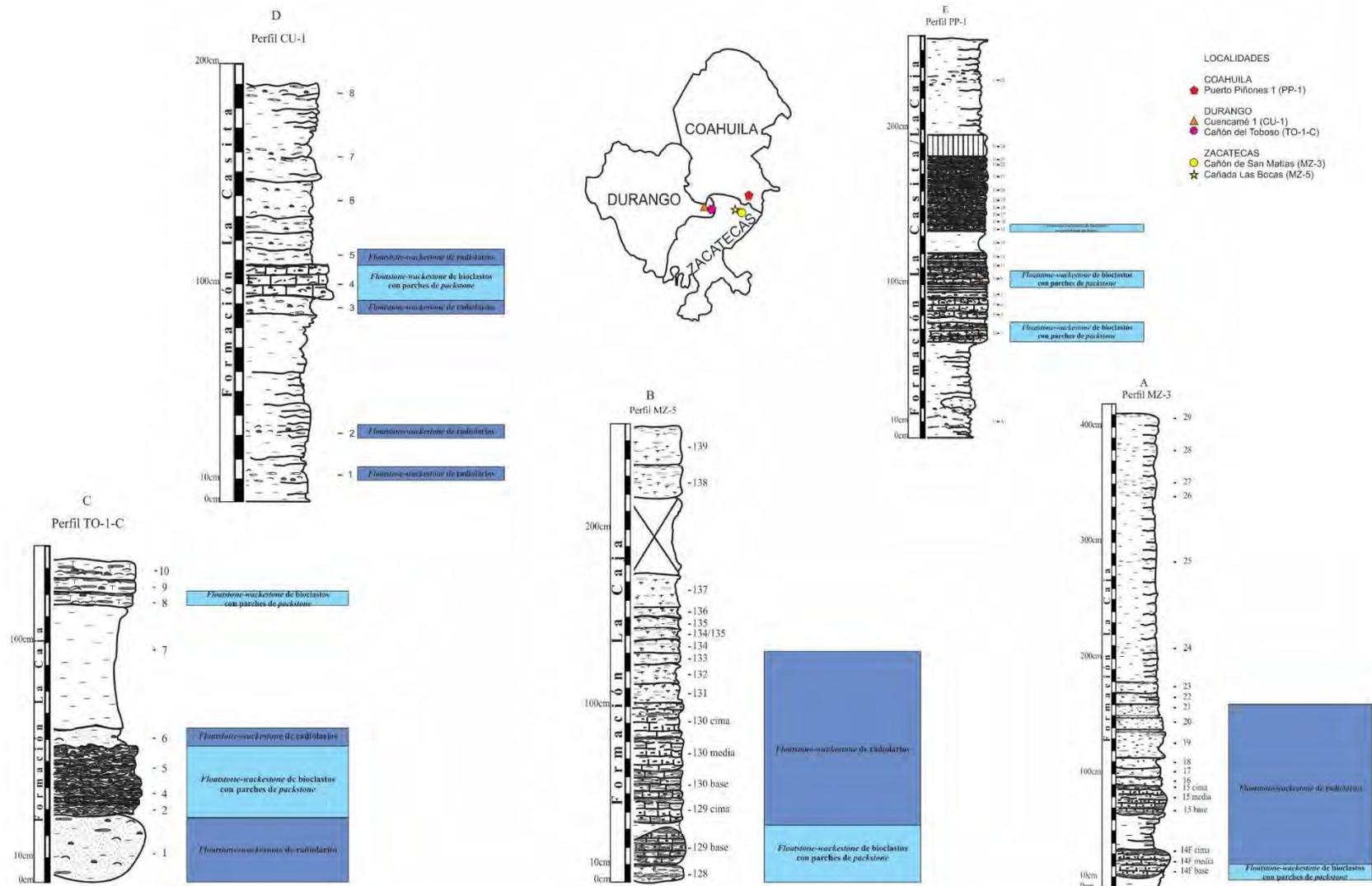


Figura 45. Microfacies identificadas en los cinco perfiles de estudio, A) MZ-3, B) MZ-5, C) TO-1-C, D) CU-1 y E) PP-1.

De la caracterización del material para análisis de carbono total (CT) y carbono inorgánico total (CIT) solo se puede comentar que no son proxies recomendables en rocas sedimentarias que presentan diagénesis, ya que los fósiles se presentaron recristalizados, por lo que el transporte y la precipitación mineral disuelven la concentración de materia orgánica en los sedimentos (Pineda-Becerril, 2012) es por ello por lo que no se obtuvieron datos por el método y equipos empleados (Chávez-Lara, 2014). Si se quieren obtener datos geoquímicos deben emplearse otros métodos, como isótopos estables. En 1988 Olóriz *et al.*, realizaron el análisis isotópico ($\delta^{13}\text{C}$) de rocas de la Formación La Casita pertenecientes al Kimmeridgiano (Jurásico Superior), en el área de Cuencamé, Durango, y señalan que los cambios ambientales determinan la composición de las asociaciones de ammonites y bivalvos.

12. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

De manera general se pueden precisar algunas características que se presentaron en todos los perfiles.

En todas las secciones se registra la intercalación de estratos de caliza limolítica y limolitas, en las cuales no se registran estructuras sedimentarias, excepto algunas laminaciones sutiles, más evidentes en los estratos que suprayacen la caliza limolítica. La ausencia de intercalaciones de otro tipo de depósitos se interpreta como evidencias de condiciones ambientales de depósito de energía relativamente baja, compatibles con interrupciones recurrentes de mayor energía que ocasionaron procesos erosivos, asumiendo un contexto de tasa de sedimentación baja con tasa de acumulación moderada a alta (*sensu* Gómez y Fernández-López, 1994) según los casos.

Los rasgos tafonómicos reconocidos, como la imbricación, la orientación en posiciones de mayor estabilidad (convexidad), el alto porcentaje de desarticulación, los altos índices de fragmentación y de *corrosion*, la ausencia de bentos diversificado *in situ*, la ausencia de bioturbación macroscópica, y el contenido, aunque mínimo de materia orgánica, así como el estudio de las microfacies (*floatstone-wackestone* de bioclastos con parches locales de *packstone*, y *wackestone* de radiolarios, ambas con matriz calcisiltítica y abundantes ferruginizaciones relacionadas con restos de materia orgánica), son coherentes con la idea de que el fondo estuvo sujeto a condiciones de escasa oxigenación,

por ello la ausencia de organismos epibiontes y de marcas de bioturbación. Además de la conservación de conchas de ammonites en los estratos de caliza, implica profundidades en el rango de preservación de la aragonita y menores que el de implosión para conchas de ammonites (> 400–700 m en Olóriz *et al.* 2002a; incluso de 150 m a 400 m en la mayoría de los casos según índices de resistencia del sífinculo para Westermann (1982) y de 100-250 m para análogos nautilidos en Hewitt *et al.* 1991). Estimaciones derivadas de la composición de las asociaciones de macrobentos apuntan hacia profundidades neríticas (Schumann, 1985, 1988; Olóriz, 1987; Olóriz *et al.*, 1988; 1990; 1993, 1997, 2000; Villaseñor, 1991), además de que la ausencia o extrema escasez de ammonites típicos en asociaciones epiocéanicas (p.ej., litocerátidos y phylloceratidos) refuerza la interpretación de profundidades neríticas y contrasta con el contexto de profundidades batiales-abisales propuesto por Pessagno y Martin (2003). Ejemplos de silicificación incipiente evidencian efectos diagenéticos derivados de la disolución de plancton silíceo (p.ej., radiolarios) y, tal vez, de actividad volcánica regional (Olóriz y Villaseñor, 2018). Toda esta información contrasta con el contexto de profundidades batiales-abisales propuesto por Pessagno y Martin (2003) para el área de estudio.

Por lo que se interpreta un contexto paleoambiental de plataforma mixta siliciclástica-carbonatada, ubicado en sectores de plataforma media a externa.

El análisis de los horizontes (presentes en el perfil MZ-3) y/o estratos con acumulaciones fosilíferas presenta un registro discontinuo. De acuerdo con la biofábrica se pueden distinguir variedades caóticas e imbricadas, lo que refleja un grado creciente de estabilidad y ordenamiento hidráulico (*sensu* Kidwell *et al.* 1986 y Kidwell, 1991). Y debido a la geometría y disposición de las concentraciones pueden diferenciarse en pavimentos (ER1-ER2) y capas de conchas (ER3-ER4) (*pavements* y *shell beds sensu* Kidwell *et al.* 1986), compuestos por ejemplares bien preservados entre detritus bioclásticos muy fragmentados e indeterminables. La intensidad de fragmentación de los restos constituye un índice particularmente útil para evaluar relativamente el transporte.

Se puede aseverar que las concentraciones esqueléticas corresponden a concentraciones sedimentológicas (*sensu* Kidwell *et al.* 1986), las cuales se formaron a partir del retrabajo hidráulico, donde hubo remoción de la matriz, dando como resultado la formación de concentraciones fosilíferas (Figura 46).

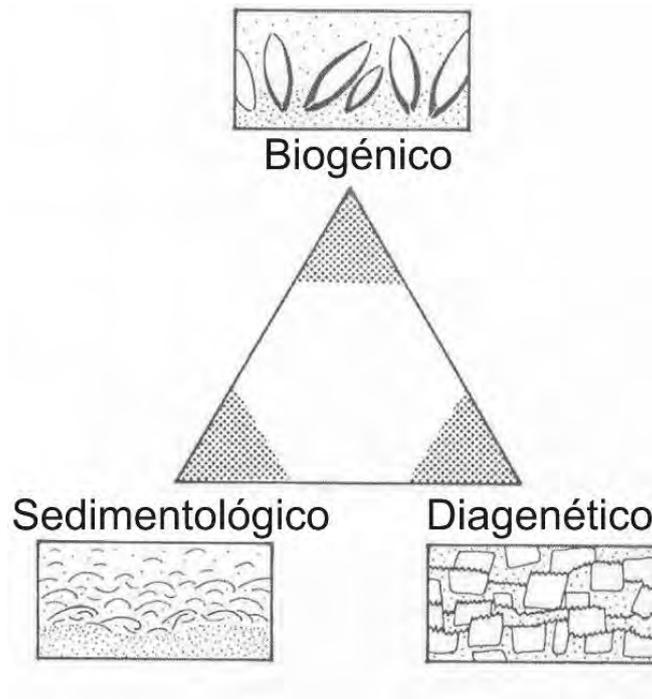


Figura 46. Tipos genéticos de las concentraciones fósiles basadas en procesos biogénicos, sedimentológicos y diagenéticos. El área blanca del triángulo representa la mezcla sobre el origen de las concentraciones (modificado de Kidwell *et al.* 1986).

Al no encontrar organismos en posición de vida, se descarta que los procesos biogénicos hayan actuado en el origen de las concentraciones fosilíferas.

Por su parte Fürsich y Oschmann (1993) proponen que existen factores que tienen un papel esencial para la formación de las acumulaciones fosilíferas, éstos son los procesos biológicos, los procesos fisicoquímicos y el tiempo. Los procesos físicos son los agentes más importantes para la acumulación de material biogénico, como son los elementos esqueléticos, mientras que los procesos químicos, quedan restringidos a la compactación, desempeñando un papel secundario en el origen de la acumulación. Los principales procesos físicos son el oleaje, las corrientes y las corrientes de turbidez. Las concentraciones de cualquier elemento esquelético se dan por la acumulación de material fino o por transporte selectivo. Antes del enterramiento final, los procesos hidráulicos actúan en los elementos esqueléticos, posterior al enterramiento los procesos que actúan son la compactación y la presión-disolución, que son procesos diagenéticos que contribuyen a la formación de acumulaciones fosilíferas. Mientras que el tiempo actúa de manera directa en el proceso mediante la sedimentación de partículas no biogénicas o produciendo partículas biogénicas.

Proponiendo el siguiente esquema, el cual muestra la interacción entre los procesos biológicos, los procesos fisicoquímicos y el tiempo. Y dependiendo de su participación, se pueden identificar diferentes tipos de acumulaciones (Figura 47).

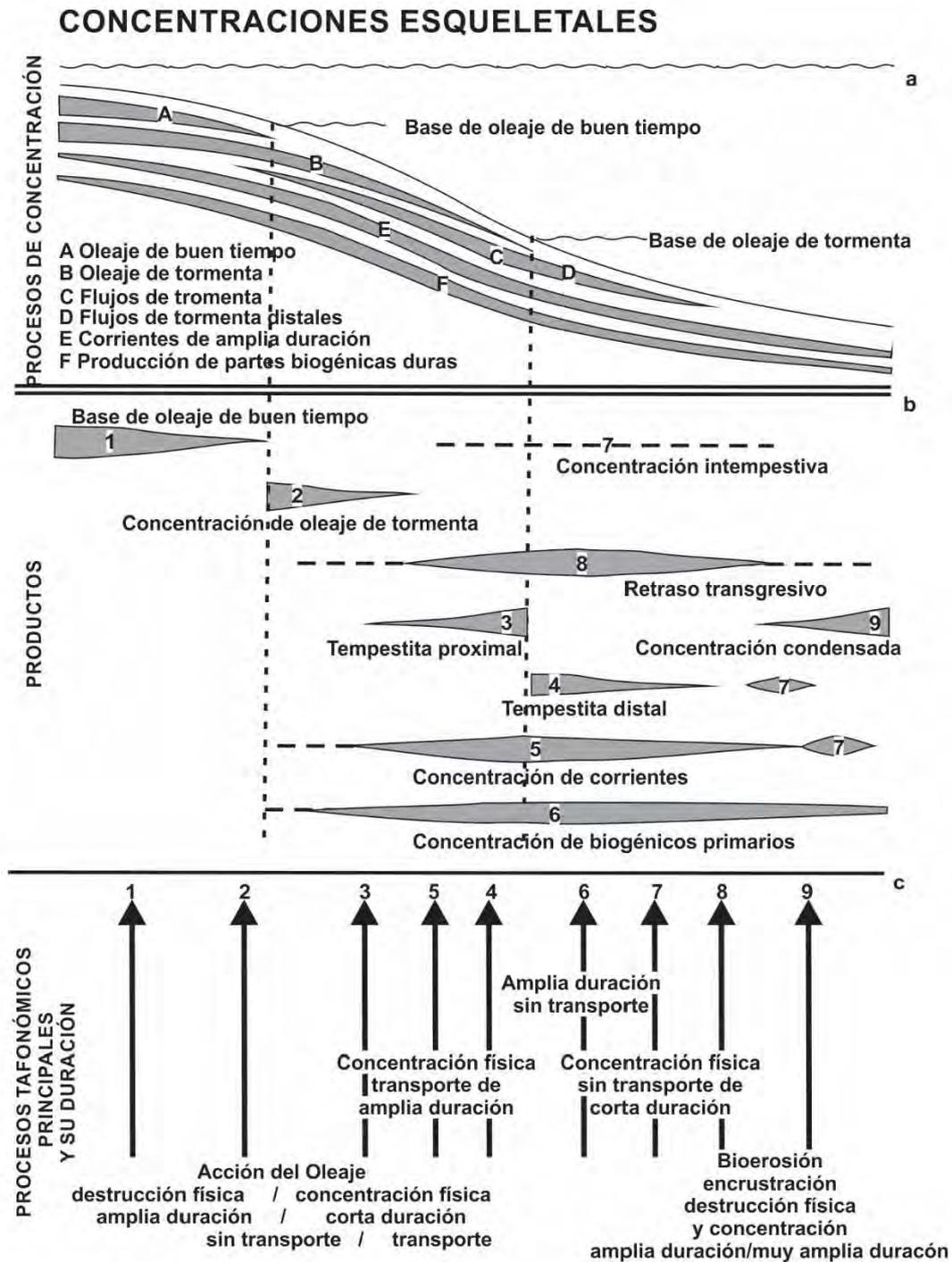


Figura 47. Los procesos relacionados en la clasificación de las concentraciones en nueve tipos y su distribución a lo largo del gradiente de plataforma (modificado de Fürsich y Oschmann (1993).

La propuesta de los nueve tipos de concentraciones está directamente relacionada con la importancia de los procesos que están ligados con la concentración o acumulaciones esqueletales (el oleaje, las corrientes, la productividad biológica, la actividad biológica, la tasa de sedimentación y el tiempo) los cuales se pueden diferenciar, ya que muestran una batimetría específica para su formación.

Algunos de los procesos están muy restringidos y como consecuencia definen muy bien el ambiente de formación. Sin embargo, otros procesos como el tiempo y las corrientes se presentan en un gradiente más amplio. Siendo complejo distinguir el proceso, como ocurre con las tempestitas proximales (tipo 3, Figura 47b), las tempestitas distales (tipo 4, Figura 47b) ambas se generan por flujos de tormenta, y bajo esa misma vía las concentraciones intempestivas (*winnowed concentrations*, tipo 7, Figura 47b) pueden formarse por los flujos débiles de tormentas distales, las cuales pueden mover partículas, así como la matriz que hay entre ellas. Por lo que las concentraciones intempestivas (*winnowed concentrations*) pueden formarse a partir del oleaje de tormentas y corrientes débiles (Fürsich y Oschmann, 1993, p. 172).

Las concentraciones de corriente (tipo 5, Figura 47b) muestra una superficie de 2 cm de espesor de una capa de conchas (*shell bed*) con una base erosiva pobremente desarrollada y una laminación con cambio de ángulo a pequeña escala. La matriz es un *packstone*, la biofábrica presenta orientación convexa, pobremente seleccionada, y bioclasto soportada por conchas de bivalvos desarticuladas. En superficie de estificación no se observa un patrón de orientación, es aleatorio, dominan los fragmentos sobre los ejemplares completos. Algunas conchas pueden mostrar signos de bioerosión, otras están relativamente bien conservadas, pero la mayoría presenta abrasión en un alto grado. La diversidad de especies es moderada. En corte lateral se observan patrones indicativos de transporte, la mala conservación de las conchas indica que el transporte no fue un evento de corta duración. La presencia de capas de conchas (*shell bed*) indica corrientes de larga duración en la plataforma (Fürsich y Oschmann, 1993, p. 173).

Por la anterior expuesto podemos clasificar las concentraciones fosilíferas de este estudio como concentraciones de corriente (tipo 5), ya que comprende las observaciones tafonómicas. Las características particulares de cada perfil, como las variaciones en el espesor, es una respuesta a la posición geográfica y a las características de la topografía

del fondo, sin tener una influencia determinante en la constitución de las acumulaciones fosilíferas.

Las corrientes de amplia duración (E) (Figura 47A) presentan diferentes episodios de tasas altas de acumulación fosilífera, lo que se relaciona con el registro de ammonites con cámaras de habitación rellenas de sedimento (mostrando deformación dúctil y frágil) y fragmoconos recristalizados (preservados en volumen sin evidencias de compresión). La alta fragmentación con bordes angulosos es compatible con transporte limitado y exposición sobre el fondo, ambos probablemente ligados a repetidos pulsos de incremento de energía que determinan la orientación caótica e intempestiva de restos. Las capas laminadas con restos en posición convexa dominante implican retrabajo por corrientes débiles relacionadas, o ligeramente posteriores, al evento energético más reciente.

Y debido a que no se obtuvieron registros de edad diferente entre concentraciones fosilíferas, se asume un promedio temporal de hábitat o intra-hábitat (*within-habitat time averaging sensu* Kidwell y Bosence, 1991), por debajo del potencial de resolución bioestratigráfica.

12.1. Patrones de empaquetamiento reconocidos en los perfiles de estudio.

Al realizar el análisis del tipo de empaquetamiento en los horizontes y/o estratos de las acumulaciones fosilíferas se pudieron determinar patrones de empaquetamiento, los cuales son coherentes con secuencias de redepósito ligadas a eventitas (*eventites sensu* Seilacher, 1982) que muestran empaquetamiento de densidad decreciente cuyas variaciones en el patrón se consideran desviaciones de una secuencia tipo: (i) horizonte con empaquetamiento comparativamente denso de bioclastos; (ii) empaquetamiento nulo; y (iii) empaquetamiento incipiente de restos flotados (dispersos) en la matriz (Figura 48).

La secuencia de redepósito tipo se registra entre eventos de energía relativa alta en relación con superficies hiatales o erosionales cuya expresión es sutil a moderada, y acumulación de bioclastos con empaquetamiento mínimo tipo ER2 sobre un cuerpo sedimentario que representa las condiciones eco-sedimentarias normales o de “*background sedimentation*” para el tipo de empaquetamiento estudiado, de acuerdo con el registro estratigráfico (empaquetamientos tipo ER0.5-ER1 según los casos).

Desviaciones del patrón tipo responderán a los efectos de procesos erosivos y/o intempestivos (*winnowing*) con o sin superposición de cuerpos sedimentarios re TRABAJADOS (redepósitos con mayor o menor transporte). Mientras que el desarrollo vertical y lateral de los horizontes enriquecidos en fósiles es esencialmente genético, relacionado con los procesos ambientales-sedimentarios involucrados y la fisiografía del fondo, su reconocimiento local dependerá de las condiciones del afloramiento.

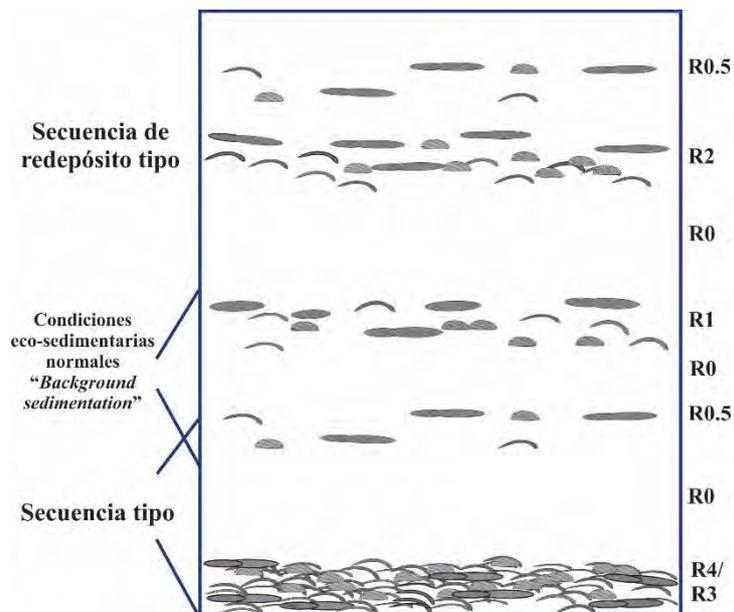


Figura 48. Diagrama que ejemplifica la secuencia de redepósito ligadas a eventitas (*eventites sensu* Seilacher, 1982).

El patrón de la secuencia de redepósito tipo responde a eventos energéticos (huracanes, tormentas, acumulación), disipación progresiva pero rápida de la energía, y retorno a condiciones eco-sedimentarias normales para el enclave de depósito de referencia. En principio, y en ambiente de plataforma, el patrón reconocido es coherente con eventos de tormenta y/o acumulación, cuya recurrencia y variaciones en la energía efectiva (combinación de energía y distancia relativas) forzaría el registro sedimentario identificado en todos los perfiles. Consideraciones tafonómicas, sedimentológicas y estratigráficas sirven para matizar la interpretación de los procesos relacionados con el depósito de los distintos tipos de horizontes enriquecidos en fósiles, de acuerdo con la biofábrica y tipo de empaquetamiento. La compactación sedimentaria ha sido tenida en cuenta, además se ha visto que los ammonites del Kimmeridgiano superior, poseen conchas comprimidas, conservando las cámaras de habitación, comúnmente con los peristomas o los apícticos, características observadas principalmente en haplocerátidos

(Olóriz *et al.* 1997, p. 345, Fig. 6A, 6B), estas características lo que indican es un rápido hundimiento después de la muerte.

Olóriz *et al.* 1997 (p. 346) proponen que el cambio en las condiciones de depósito de limolitas rosadas a un cuerpo conspicuo (un estrato) de caliza coincide con un cambio significativo en la abundancia y continuidad del registro fósil. Olóriz *et al.* (1988) y Olóriz (1992) interpretaron este cambio en las litofacies como una evidencia de un máximo transgresivo que reduce la sedimentación detrítica, dando como resultado un episodio de “condensación”.

De manera general lo que se puede observar en la distribución de las secuencias (Figura 49) es que la secuencia tipo (R4/R3 - R0 - R0.5) la cual registra diferentes episodios energéticos, ya que en un inicio forma capas de conchas (*shell beds*), en donde se observan conservados ammonites con cámaras de habitación rellenas de sedimento (mostrando deformación dúctil y frágil) y fragmoconos recristalizados (preservados en volumen sin evidencias de compresión), además de que los ejemplares que componen la biofábrica (bioclasto-soportada) muestran fragmentación con bordes angulosos, lo que implica transporte limitado y exposición sobre el fondo, ambos probablemente ligados a repetidos pulsos de incremento de energía que determinaron la disposición caótica y la acumulación de restos. El no registro de macrofósiles (R0) se interpreta como como un remanente del redepósito de sedimento intempestivo (*winnowing*) más reciente y genéticamente ligado al mismo evento que forzó el empaquetamiento denso previo (R4), lo que implicó la disipación de la energía del flujo. El empaquetamiento tipo R0.5 se interpreta como el registro del aporte de conchas al fondo en condiciones eco-sedimentarias normales para el enclave estudiado (*background sedimentation*).

Este tipo de secuencia se presenta en los estratos de caliza limolítica, los cuales se localizan en la parte baja de las secciones, las cuales pueden presentar la secuencia completa, o sólo el registro del evento energético mayor, el cual genera el empaquetamiento más denso (R4/R3). Las intercalaciones limolíticas que se observan entre los restos fósiles, se interpretan como remanentes de depósitos finos entre episodios de acumulación, como mínimo, y evidencia el carácter complejo del horizonte, con superposición de eventos de acumulación que generaron los pavimentos de conchas (Figuras: p. ej., 10B (MZ-3-14F base), 17B (MZ-5-128), 17G (MZ-5-130 cima), 24C (TO-1-C-2), 24D (TO-1-C-4), 24E (TO-1-C-5), 38B (PP-1-11-9), 38C (PP-1-11-13), 38E

(PP-1-11-15), 38F (PP-1-11-23).

La secuencia que muestra las condiciones eco-sedimentarias normales (R0.5 - R0- R1) revela condiciones eco-sedimentarias normales (empaquetamiento ER0.5) interrumpidas por depósito de grano fino intempestivo (*winnowing* = ER0), indicando la influencia de eventos relativamente distales (efecto análogo al *blanketing sensu* Brett *et al.* 2008) seguida de un flujo de energía ligeramente superior al de condiciones normales (ER1), y regresando a condiciones eco-sedimentarias normales de menor energía (ER0.5). En consecuencia, el empaquetamiento tipo ER1 indicaría condiciones eco-sedimentarias normales con flujo laminar. El registro de este tipo de empaquetamiento se observa principalmente en los perfiles MZ-3 y MZ-5, pertenecientes a la Formación La Caja, (Figuras: p. ej., 10D (MZ-3-15 base), 10E (MZ-3-15 media), 10F (MZ-3-15 cima), 17G (MZ-5-130 cima).

La última secuencia se refiere a una secuencia de redepósito (R0 - R2 - R0.5), donde la ausencia de registro de cuerpos sedimentarios se da como resultado de un evento intempestivo (*winnowing* =R0), pudiéndose generar por discontinuidades menores, por erosión o irregularidad del fondo. Posteriormente se registra un evento energético que genera con empaquetamiento tipo ER2, lo que implica acción de corrientes sobre varios pavimentos de conchas separados por hiladas de sedimento pobre en restos, ya que los restos se presentan flotado laminar con enclaves de orientación caótica, la energía de flujo correspondiente a estas secuencias es atribuible esencialmente a flujo laminar con posibilidad de producir una acumulación puntual o con una mayor distribución, lo que facilita la formación de pavimentos (*pavements sensu* Kidwell *et al.* 1986). para finalizar con un empaquetamiento flotado (ER0.5), el cual se interpreta como el registro del aporte de conchas al fondo en condiciones eco-sedimentarias normales (sedimentación *background*). (Figuras: p.ej., 10C (MZ-3-14F cima), 17B (MZ-5-128), 17D (MZ-5-130 base), 17G (MZ-5-130 cima), 38B (PP-1-11-9).

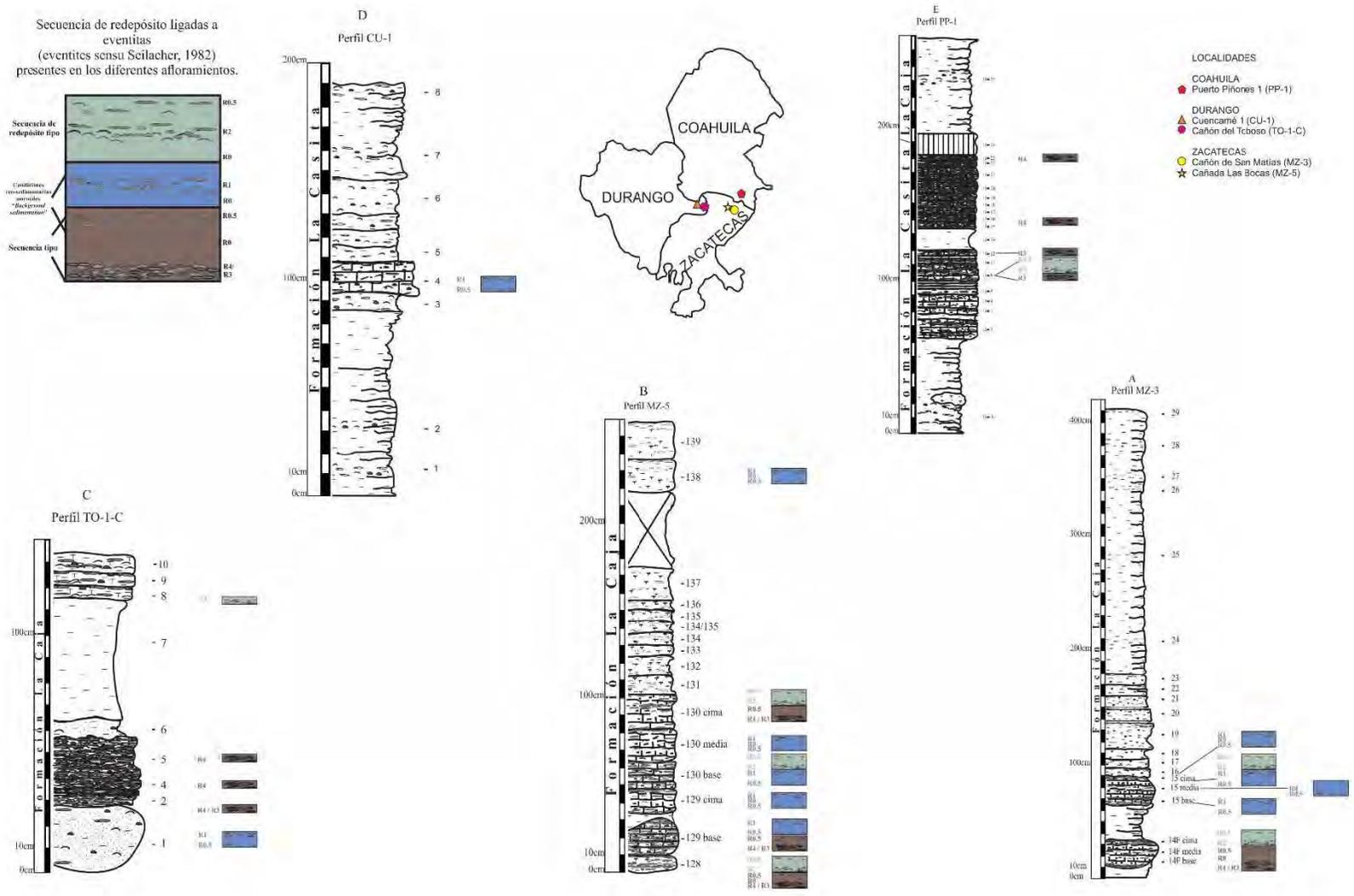


Figura 49. Secuencias identificadas en los perfiles, A) MZ-3, B) MZ-5, C) TO-1-C, D) CU-1 y E) PP-1.

12.2. Interpretación Perfil Cañón de San Matías (MZ-3)

Este perfil fue el de mayor espesor, ya que comprendió 410 cm, y las acumulaciones fosilíferas se presentaron en los primeros 100 cm, presentándose en la parte inferior del perfil. Este afloramiento posee una gran cantidad de restos analizados, 1,175, de los cuales 787 fueron ammonites; además fue el perfil con mayor diversidad de géneros.

Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas. Esta litofacies se registró en estratos basales, identificados como estrato 14 y 15, respectivamente. Se analizaron un total de 493 restos fosilíferos (completos y fragmentos), presentando una conservación tipo recristalizados (ER).

Características tafonómicas. Respecto al tamaño de los restos predominó el rango por debajo de los 30 mm, lo que favorece el transporte a través de mayores distancias, debido al tamaño, forma y densidad. La posición preferencial es la paralela, lo que nos indica corrientes de flujo de poca o baja energía (Figura 12).

La relación de la posición cóncavo/convexa es de 32% y 68% lo que implica un mayor registro en una posición de mayor estabilidad, la desarticulación es del 100%, lo que evidencia el transporte. El tipo de conservación predominante fue de molde interno (61%) lo que implicó una sedimentación rápida, al menos para la fauna de ammonites, ya que se conservaron estructuras delicadas en la ornamentación (p. ej., estrías) o los apticus; y debido a la composición faunística podemos aseverar que estamos ante asociaciones parautóctonas, ya que no comparten el mismo habitat.

Los índices tanto de *corrasion* (del 64 al 77%) como de fragmentación (del 66 al 84%) nos indican transporte, además de la interacción de los ejemplares en la interfase sedimento – agua, pero al no registrarse presencia de bioerosión (epibiontes) y de estructuras de bioturbación estamos seguros de que los niveles de oxigenación son disaeróbica/poikiloaeróbica en los fondos.

Litofacies de limolita. Está litofacies se presentan en la parte media y superior del perfil, donde se analizaron un total de 682 restos fosilíferos (completos y fragmentos). Se debe de realizar una precisión con este dato, ya que contrasta con el total de ejemplares estudiados en la litofacies de caliza (donde fue menor, pero no porque no hubiera ejemplares, sino porque la gran acumulación de éstos dificultaba su extracción para su

análisis como unidad). El tipo de conservación fue la identificada como no recristalizada (EL), presentándose los ejemplares como moldes internos comprimidos (“*leaf preservation*”) y huellas (“*imprints*”), lo que nos da información sobre un cambio en las condiciones ambientales diferentes, como puede ser la química del agua, ya que hubo pérdida de la concha original por disolución, además de que no hubo carbonatos disponibles en el medio para conservar los ejemplares recristalizados.

Características tafonómicas. Al igual que la litofacies anterior el tamaño predominante de los restos está por debajo de los 30 mm, aunque existen ejemplares que se encuentran entre el rango de 60.1 a 90 mm, característica observada en los ammonites, principalmente los glochiceratinos y los escasos lithacoceratinos, la asociación está compuesta de ammonites y bivalvos, siendo una asociación parautóctona. La posición preferencial es la posición paralela. La relación posición cóncavo/convexa es de 32% y 68%, la desarticulación es del 100%. La frecuencia de la disposición mayoritariamente convexa del total de valvas desarticuladas se interpreta como resultado de corrientes débiles, en ocasiones asociadas a los procesos erosivos.

El tipo de conservación principalmente es de molde interno (72%) lo que implica una rápida sedimentación. Sin embargo, el índice de *corrasion* es alto (68 al 80%), al igual que el índice de fragmentación (66 al 84%) lo que nos habla de resedimentación, producida por remanentes corrientes de fondo.

Se corrobora lo propuesto por De la Mora *et al.* (1999a, 1999b, 2000) sobre el ambiente de depósito, tratándose de plataforma media a externa de baja energía, bajo la influencia de frentes de tormentas distantes con erosión incipiente o menor, efectos intempestivos (*winnowing*) y redepósito limitados, además de la producción de acumulaciones parautóctonas a manera de pavimentos y capas de conchas con promediados temporales intra-habitat.

12.3. Interpretación Perfil Cañada Las Bocas (MZ-5)

Es un perfil muy cercano a MZ-3, por lo que presenta similitudes como la distribución de las acumulaciones fosilíferas recristalizadas hacia la parte basal, pero también muestra

características propias, como la presencia de acumulaciones fosilíferas de ejemplares no recristalizados (EL) en la parte superior del perfil.

Con un espesor de 250 cm (Figura 15A), los estratos que presentan las concentraciones fosilíferas se encuentran principalmente en la parte inferior del perfil, en los primeros 104 cm de espesor. En él se analizaron un total de 1,522 ejemplares, entre especímenes completos y fragmentos, de los cuales 832 correspondieron a ammonites.

Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas. Esta litofacies se presenta en los estratos identificados con los números 128, 129 base, 129 cima, 130 base y 130 cima, en donde se estudiaron 666 restos fosilíferos, los cuales muestran una conservación tipo recristalizada (ER).

Características tafonómicas. El análisis tafonómico permite reconocer que en esta litofacies el tamaño dominante de los restos es menor a los 30 mm, y la posición que guardan los restos es la paralela (Figura 19).

La relación de la posición de los ejemplares con valvas es cóncava/convexa es de 6% y 94%, la desarticulación es del 100%. A diferencia con MZ-3, aquí se registró una mayor disposición a la posición convexa, proporcionando información sobre estabilidad hidrodinámica.

El tipo de conservación principalmente es de molde interno (79%). En esta litofacies se presenta el índice de *corrasion* del 43 al 69%; y el índice de fragmentación es del 72 al 87%. Aunque el alto índice de fragmentación implica transporte a través de grandes distancias, el índice de *corrasion* es menor que en MZ-3, lo que nos habla de sedimentación rápida, reduciendo la interacción en la interfase sedimento – agua.

Litofacies de limolita calcárea. Está litofacies se presentan en la parte media y superior del perfil, y comprende los diferentes estratos que suprayacen a la litofacies anterior (estratos del 131 al 139 – aproximadamente 160 cm de espesor), y en donde se analizaron un total de 856 restos fosilíferos (completos y fragmentos), presentando una conservación tipo limolítica (EL).

Características tafonómicas. El análisis tafonómico permite reconocer que el tamaño predominante de los restos está por debajo de los 30 mm. La posición preferencial es la

posición paralela, excepto en los escasos registros de gasterópodos (1%), los cuales se presentan perpendicularmente, sin que ello signifique posición de vida (Figura 19).

La relación posición cóncavo/convexa es de 9% y 91%, la desarticulación es del 100% y el tipo de conservación principalmente es de molde interno (70%). La frecuencia de la disposición mayoritariamente convexa del total de valvas desarticuladas se interpreta como resultado de corrientes débiles, en ocasiones asociadas a los procesos erosivos.

En esta litofacies condensada se presenta el índice de *corrasion* es del 38 al 61%; y el índice de fragmentación es del 62 al 87%.

Los valores tafonómicos reflejan valores menores que los registrados en MZ.3, además de que MZ-3 presenta un mayor aporte terrígeno, ya que se pudieron diferenciar 3 litofacies a diferencia de las 2 que registró MZ-5. En este perfil se registró una acumulación fosilífera, específicamente en el estrato 138, se observó una secuencia que muestra las condiciones eco-sedimentarias normales (R0.5 - R0- R1), lo que indica la influencia de eventos relativamente distales, seguida de un incremento en el flujo de energía, lo que originó la formación del pavimento.

A pesar de la cercanía de ambos perfiles, se observan diferencias, las cuales se pueden deber probablemente a la misma paleotopografía del fondo, lo que confirió protección a MZ-5 de las interacciones del flujo de fondo y del aporte terrígeno durante los eventos intempestivos de tormenta, de huracanes, etc.

12.4. Interpretación del perfil Cañón del Toboso (TO-1-C)

Este perfil resultó el menos potente, con escasos 136 cm de espesor total y los estratos con las acumulaciones fosilíferas comprenden sólo 37 cm (Figura 22) a diferencia de los 104 cm de espesor de MZ-5 o los 105 cm de espesor que se presentan en Puerto Piñones-1 por mencionar algunos ejemplos; otra característica diferente que se observa en TO-1-C es una litología mayormente influenciada por sedimentos terrígenos –arenisca calcárea, limolita calcárea y limolita-, por lo que pudieron establecer tres litofacies, en las cuales sólo se pudieron obtener 474 ejemplares, de los cuales sólo 184 fueron ammonites.

Litofacies arenisca calcárea. Se presenta en los estratos que infra y suprayacen a los estratos que presentan las acumulaciones fosilíferas, éstos son los estratos identificados con la nomenclatura como 1 y 6, con espesores que corresponden a 30 y 10 cm respectivamente, en donde se analizaron 126 ejemplares de los cuales 45 corresponden a ammonites.

Características tafonómicas. Los datos tafonómicos muestran que el tamaño dominante de los restos es menor a los 30 mm, y la posición preferencial de los restos es la paralela (91%), aunque también hay restos en posición oblicua (5%) y perpendicular o vertical (4%) (Figura 26). La relación de la posición de los ejemplares con valvas es cóncava/convexa es de 8% y 92%, la desarticulación es del 100%.

El tipo de conservación principalmente es de molde interno (83%). En esta litofacies se presenta el índice de *corrasion* del 50 al 71%; y el índice de fragmentación es del 45 al 60%.

Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas. Esta litofacies se presenta en los estratos identificados con los números 2, 3, 4 y 5, en donde se estudiaron 168 restos fosilíferos, los cuales muestran una conservación tipo recristalizada (ER).

Características tafonómicas. El análisis tafonómico permite reconocer que en esta litofacies el 100% de los restos fosilíferos presenta un tamaño menor a los 30 mm, y la posición que guardan los restos es la paralela (Figura 26).

La relación de la posición de los ejemplares con valvas es cóncava/convexa es de 18% y 82%, la desarticulación es del 100%. Lo que refleja un transporte al menos de los bivalvos.

El tipo de conservación principalmente es de molde interno (76%). En esta litofacies se presenta el índice de *corrasion* del 64 al 70%; y el índice de fragmentación es del 56 al 60%.

Litofacies limolita calcárea. Está litofacies se presenta en los estratos superiores del perfil, abarcando 24 cm de espesor, los cuales fueron identificados como 8, 9 y 10, en donde se analizaron 180 ejemplares de los cuales 74 corresponden a ammonites.

Características tafonómicas. Los datos tafonómicos muestran que el 82% de los ejemplares es menor a los 30 mm y el 18% restante está en un rango de 30.1 a 60 mm, y la posición preferencial de los restos es la paralela (76%), aunque también hay restos en posición oblicua (18%) y perpendicular o vertical (6%) (Figura 26).

La relación de la posición de los ejemplares con valvas es cóncava/convexa es de 30% y 70%, la desarticulación es del 100%.

El tipo de conservación principalmente es de molde interno (83%). En esta litofacies se presenta el índice de *corrasion* del 61 al 75%; y el índice de fragmentación es del 45 al 60%.

Este afloramiento es el único que presenta una arenisca calcárea y limolita calcárea en los estratos de la cima, la influencia terrígena tal vez se deba a su probable posición más cercana al alto topográfico de ese tiempo, la Península de Coahuila., provocando variaciones en la composición de las asociaciones registradas.

Los caracteres tafonómicos muestran valores menores respecto a los perfiles MZ-3 y MZ-5, sin embargo, fue el que menos fauna de ammonites tuvo y el estado de conservación no permitió realizar una diagnosis específica. Otra diferencia, es que registra ejemplares tanto en posición oblicua como perpendicular, sin que esto refleje posición de vida, implicando un mayor flujo de energía. Otro punto interesante es la geometría de los estratos, ya que los estratos presentaron superficies de estratificación irregulares, lo que nos puede hablar de superficies erosivas por acción del flujo. Derivando en un mayor empaquetamiento, debido al retrabajo hidráulico y remoción selectiva de la matriz.

12.5. Interpretación del perfil Cuencamé 1 (CU-1)

Este perfil tuvo un espesor de 192 cm, y las acumulaciones fosilíferas se restringen a un solo estrato, de espesor variable (20 a 45 cm) y de litología semejante al de los otros perfiles. Este perfil muestra similitudes con la litología que infra y suprayace a las acumulaciones fosilíferas (Figura 29). Se analizaron un total de 917 ejemplares, entre especímenes completos y fragmentos, de los cuales 520 correspondieron a ammonites (57% del total de la fauna). Lo que destaca de este perfil, es que un solo estrato presentó una gran variedad de géneros de ammonites.

Litofacies de limolita. Esta litofacies se presenta en el metro de espesor que infrayace y en los 80 cm que suprayacen al nivel más carbonatado. En la parte inferior se identificaron tres estratos (1, 2 y 3), mientras que en la parte superior también se identificaron otros 4 estratos (5, 6, 7 y 8). De esta litofacies se analizaron 493 restos fosilíferos (completos y fragmentos), presentando una conservación tipo limolítica (EL). El tipo de conservación fue la identificada como no recristalizada (EL), presentándose los ejemplares como moldes internos comprimidos (“*leaf preservation*”) y huellas (“*imprints*”) (Figura 29).

Características tafonómicas. El análisis tafonómico permite reconocer que en esta litofacies el tamaño predominante de los restos está por debajo de los 30 mm. La posición preferencial es la posición paralela (92).

La relación posición cóncavo/convexa es de 26% y 74%, la desarticulación es del 100% y el tipo de conservación principalmente es de molde interno (70%) (Figura 33).

En esta litofacies se presenta el índice de *corrasion* es del 63 al 80%; y el índice de fragmentación es del 45 al 78%.

Litofacies de caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas. Es el afloramiento que difiere de todos, ya que las acumulaciones fosilíferas no se distribuyen a lo largo del perfil en diferentes estratos, sino que se restringen a un solo estrato, una caliza limolítica, estrato identificado con el número 4, en donde se estudiaron 424 restos fosilíferos, los cuales muestran una conservación tipo recristalizada (ER).

Características tafonómicas. Respecto a los caracteres tafonómicos evaluados permite reconocer que en esta litofacies el tamaño dominante de los restos es menor a los 30 mm, y que se presentan las tres posiciones evaluadas, la orientación más frecuente es concordante o paralela (84%), aunque también hay restos en posición oblicua (15%) y perpendicular o vertical (1%) (Figura 33).

La relación de la posición de los ejemplares con valvas es cóncava/convexa es de 28% y 42%. Además, que es el único perfil donde se registraron bivalvos articulados (46%) y desarticulados (54%), lo que nos da información de poco transporte. El tipo de conservación principalmente es de molde interno (82%), por lo que tuvieron que ser cubiertos rápidamente, además de se presentan recristalizados. En esta litofacies se presenta el índice de *corrasion* del 65%; y el índice de fragmentación es del 46%. además

de la presencia de ejemplares de tamaños diferentes de un mismo taxón (distintas etapas de crecimiento) constituyen índices para diferenciar las concentraciones esencialmente autóctonas (Brett y Baird, 1986).

La mayoría de los ejemplares se obtuvieron del estrato de caliza limolítica denominado 4 (=caliza condensada de Villaseñor, 1991), representan fauna autóctona con poco transporte *post-mortem*. Lo cual concuerda con lo mencionado por Olóriz *et al.* (1993), los cuales realizaron un estudio en el área de Cuencamé, Durango, con base en la distribución del género *Hybonoticerias*, y concluyeron que las asociaciones de ammonites, podrían haber sido esencialmente autóctonas. En la interpretación ecosedimentaria proponen que es propia de un ambiente epicontinental (somero) que corresponde con un ambiente proximal no profundo con poca oxigenación, el registro de capas sólo con bivalvos se interpreta como fases de crisis para los cefalópodos, que podrían correlacionarse con influencia de aguas continentales (Olóriz *et al.* 1988).

12.6. Interpretación del perfil Puerto Piñones 1 (PP-1).

Este perfil tuvo un espesor de 260 cm, los estratos que presentan las concentraciones fosilíferas se encuentran principalmente en la parte media y superior del perfil, en los primeros 104 cm de espesor (Figura 36). En él se analizaron un total de 1,060 ejemplares, entre especímenes completos y fragmentos, de los cuales 510 son ammonites.

Litofacies de limolita. Está litofacies comprende 140 cm de espesor, y se presenta en la parte basal, media y superior del perfil, comprendiendo los diferentes estratos que infrayacen (11-A), en la parte media (11-15) y suprayacen (11-25), y en donde se analizaron un total de 230 restos fosilíferos (completos y fragmentos), presentando una conservación tipo limolítica (EL), y en donde sólo hubo 95 ammonites. El tipo de conservación fue la identificada como no recristalizada (EL), presentándose los ejemplares como moldes internos comprimidos ("*leaf preservation*") y huellas ("*imprints*") (Figura 36).

Características tafonómicas. El análisis tafonómico permite reconocer que en esta litofacies el tamaño total de los restos está por debajo de los 30 mm. La posición preferencial es la posición paralela (94%), excepto en los escasos registros de

gasterópodos (1%,) los cuales se presentan perpendicularmente, sin que ello signifique posición de vida (Figura 40).

La relación posición cóncavo/convexa es de 18% y 82%, la desarticulación es del 100% y el tipo de conservación principalmente es de molde interno (68%). La frecuencia de la disposición mayoritariamente convexa del total de valvas desarticuladas se interpreta como resultado de corrientes débiles, en ocasiones asociadas a los procesos erosivos.

En esta litofacies se presenta el índice de *corrasion* es del 61 al 69%; y el índice de fragmentación es del 79 al 84%.

Litofacies caliza limolítica con acumulaciones fosilíferas. Esta litofacies se presenta en los niveles con composición notablemente más calcárea. En los estratos identificados con los números 11-1 al 11-23, en donde se estudiaron 830 restos fosilíferos, los cuales muestran una conservación tipo recristalizada (ER).

Características tafonómicas. El análisis tafonómico permite reconocer que en esta litofacies el tamaño dominante de los restos es menor a los 30 mm, y la posición preferente de los clastos que guardan los restos es la paralela (94%) (Figura 40).

La relación de la posición de los ejemplares con valvas es cóncava/convexa es de 82% y 18%, la desarticulación es del 100%.

El tipo de conservación principalmente es de molde interno (82%). En esta litofacies se presenta el índice de *corrasion* del 64 al 72%; y el índice de fragmentación es del 80 al 86%.

López-Caballero (2009) realizó el estudio de la sección completa del PP-1, la cual comprende 86 m, (en este trabajo se estudió una subsección de escasos 260 cm), registró evidencia sobre que la plataforma sufrió una profundización, reflejándose en el cambio litológico, existiendo un mayor aporte de terrígenos provenientes del continente, además de que aumento el tirante de agua, por lo que se modificaron las condiciones ambientales, así como el aporte bioclástico. Esto es una respuesta al cambio en la energía del ambiente, ya que disminuyó, la distribución de los nutrientes fue diferente, etc.; lo que se reflejó en el contenido fósil. Identificó al nivel 11 como un nivel condensado.

12.7. Interpretación general

De manera general se pueden precisar algunas características que se presentaron en todos los perfiles, dentro de la clasificación de Kidwell (1991) podemos asegurar que todas las concentraciones de este estudio pertenecen a concentraciones episódicas (*event-concentrations*).

Los rasgos tafonómicos reconocidos, como la imbricación, la orientación en posiciones de máxima estabilidad (relaciones de convexidad/concavidad), el alto porcentaje de desarticulación, los altos índices de fragmentación y de *corrosion*, la ausencia de bentos diversificado *in situ*, la ausencia de bioturbación y el estudio de las microfacies (*floatstone-wackestone* de bioclastos con parches locales de *packstone*, y *wackestone* de radiolarios, ambas con matriz calcisiltítica en el rango de limos de tamaño medio a grueso y abundantes ferruginizaciones relacionadas con restos de materia orgánica), son coherentes con la idea de que el fondo estuvo sujeto a condiciones de escasa oxigenación, que junto con los datos paleobiológicos, indican poblaciones propias de plataformas someras. Además de las conchas recristalizados de ammonites en los niveles más carbonatados, y de manera excepcional en los limolíticos, implica profundidades en el rango de preservación de la aragonita y menores que el de implosión para conchas de ammonites (> 400–700 m en Olóriz *et al.* 2002a; incluso de 150 m a 400 m en la mayoría de los casos según índices de resistencia del sifúnculo para Westermann (1982) y de 100–250 m para análogos nautilidos en Hewitt *et al.* 1991). Información que contrasta con el contexto de profundidades batiales-abisales propuesto por Pessagno y Martin (2003).

La ausencia de estructuras originadas por deslizamientos gravitatorios sinsedimentarios en los sedimentos limolíticos, permite asumir fondos de relieve suave, lo que resulta especialmente relevante para la interpretación del cambio de facies de limolita y caliza limolítica, lo que reduce las posibilidades de registro para algunos tipos de eventitas (depósitos locales relacionados con regímenes de flujo turbulento; Seilacher, 1982). Por lo que se interpreta un contexto paleoambiental de plataforma mixta siliciclástica-carbonatada, ubicado en sectores de plataforma media a externa.

El análisis de los horizontes y/o estratos con acumulaciones fosilíferas presenta un registro discontinuo. Y de acuerdo con la fábrica se pueden distinguir variedades caóticas e imbricadas, lo que refleja un grado creciente de estabilidad y ordenamiento hidráulico

(*sensu* Kidwell *et al.* 1986 y Kidwell, 1991). De acuerdo con la geometría y disposición de las concentraciones pueden diferenciarse en pavimentos (ER1-ER2) y capas de conchas (ER3-ER4) (*pavements* y *shell beds sensu* Kidwell *et al.* 1986), compuestos por ejemplares bien preservados entre detritus bioclásticos muy fragmentados e indeterminables. La intensidad de fragmentación de los restos constituye un índice particularmente útil para evaluar relativamente el transporte.

Los patrones de organización de estos horizontes y/o estratos, vienen establecidos por sucesiones de tipos de empaquetamiento y la intercalación “irregular” de episodios de depósito desprovistos de macrofósiles (ER0) y/o empobrecidos en restos macroscópicos (ER0.5). Dichos patrones son coherentes con secuencias de redepósito ligadas a eventitas (*eventites sensu* Seilacher, 1982) que muestran empaquetamiento de densidad decreciente cuyas variaciones en el patrón se consideran desviaciones de una secuencia tipo: (i) horizonte con empaquetamiento comparativamente denso de bioclastos; (ii) empaquetamiento nulo; y (iii) empaquetamiento incipiente de restos “flotados” en la matriz. La secuencia de redepósito tipo se registra entre eventos de energía relativa alta en relación con superficies hiatales o erosionales cuya expresión es sutil a moderada, y acumulación de bioclastos con empaquetamiento mínimo tipo ER2 sobre un cuerpo sedimentario que representa las condiciones eco-sedimentarias normales o de “*background sedimentation*” para el enclave estudiado, de acuerdo con el registro estratigráfico (empaquetamientos tipo ER0.5-ER1 según los casos). Desviaciones del patrón tipo responderán a los efectos de procesos erosivos y/o de procesos intempestivos (*winnowing*), con o sin superposición de cuerpos sedimentarios retrabajados (redepositados con mayor o menor transporte). Mientras que el desarrollo vertical y lateral de los horizontes enriquecidos en fósiles es esencialmente genético, relacionado con los procesos ambientales-sedimentarios involucrados y la fisiografía del fondo, su reconocimiento local dependerá de las condiciones del afloramiento.

El patrón de la secuencia de redepósito tipo responde a eventos energéticos (huracanes, tormentas, eventos intempestivos), disipación progresiva pero rápida de la energía, y retorno a condiciones eco-sedimentarias normales para el enclave de depósito de referencia. En principio, y en ambiente de plataforma, el patrón reconocido es coherente con eventos de tormenta y/o intempestivos (*winnowing*), cuya recurrencia y variaciones en la energía efectiva (combinación de energía y distancia relativas) forzaría el registro sedimentario identificado en todos los perfiles. Consideraciones tafonómicas,

sedimentológicas y estratigráficas sirven para matizar la interpretación de los procesos relacionados con el depósito de los distintos tipos de horizontes enriquecidos en fósiles, de acuerdo con la biofábrica y tipo de empaquetamiento. La compactación sedimentaria ha sido tenida en cuenta, además se ha visto que los ammonites del Kimmeridgiano superior, poseen conchas comprimidas, conservando las cámaras de habitación, comúnmente con los peristomas o los apticus, características observadas principalmente en haplocerátidos (Olóriz *et al.* 1997, p. 345, Fig. 6A, 6B), estas características lo que indican es un rápido hundimiento después de la muerte.

En términos paleoambientales de ámbito regional, Olóriz *et al.* (2000) interpretaron ambientes neríticos de baja energía mostrando un gradiente deposicional N-S de depósitos siliclásticos (Formación La Casita) a carbonatados (Formación La Caja), profundidades de decenas de metros para intervalos con bivalvos y ammonites dominantes, limitaciones paleoambientales (ecológicas) como posibles factores incidentes en la alteración local de rangos bioestatigráficos, inundaciones episódicas que mejorarían las limitadas conexiones con masas de agua de mar abierto, e inestabilidad de fondos relacionada con actividad tectónica.

Para corroborar esta propuesta Ramírez-Peña (2017 *com pers*) realizó porcentajes de acortamiento cortical con la posición actual de los perfiles estudiados para tratar de tener una idea real de la posición de las localidades, determinando que para las localidades que se ubican en la Sierra de Santa Rosa (MZ-3 y MZ-5), Sierra de Ramírez (TO-1-C) y Sierra de Palotes (CU-1), el acortamiento fue del 34% aproximadamente ya que desde una perspectiva regional todas estas localidades parecen estar ubicadas a la misma distancia del frente tectónico de la Sierra Madre Oriental, siendo el resultado muy parecido al obtenido por Eguiluz *et al.* (2000), ya que ellos proponen que el acortamiento fue del 37%.

Para la localidad PP-1, la cual se ubica en la Sierra de Piñones, Ramírez-Peña (2017 *com pers*) calculó un acortamiento del 23%, este porcentaje coincide con el reportado por Padilla y Sánchez (1985).

Para las localidades de TO-1-C y CU-1, Ramírez-Peña (2017 *com pers*) menciona que probablemente sean remanentes de antiguos anticlinales, hoy rotos por fallas normales

asociados a la extensión cenozoica y sepultados en cuencas y grabens rellenos por rocas volcánicas o por depósitos continentales recientes, por lo que no se pudo calcular el acortamiento (Figura 50).

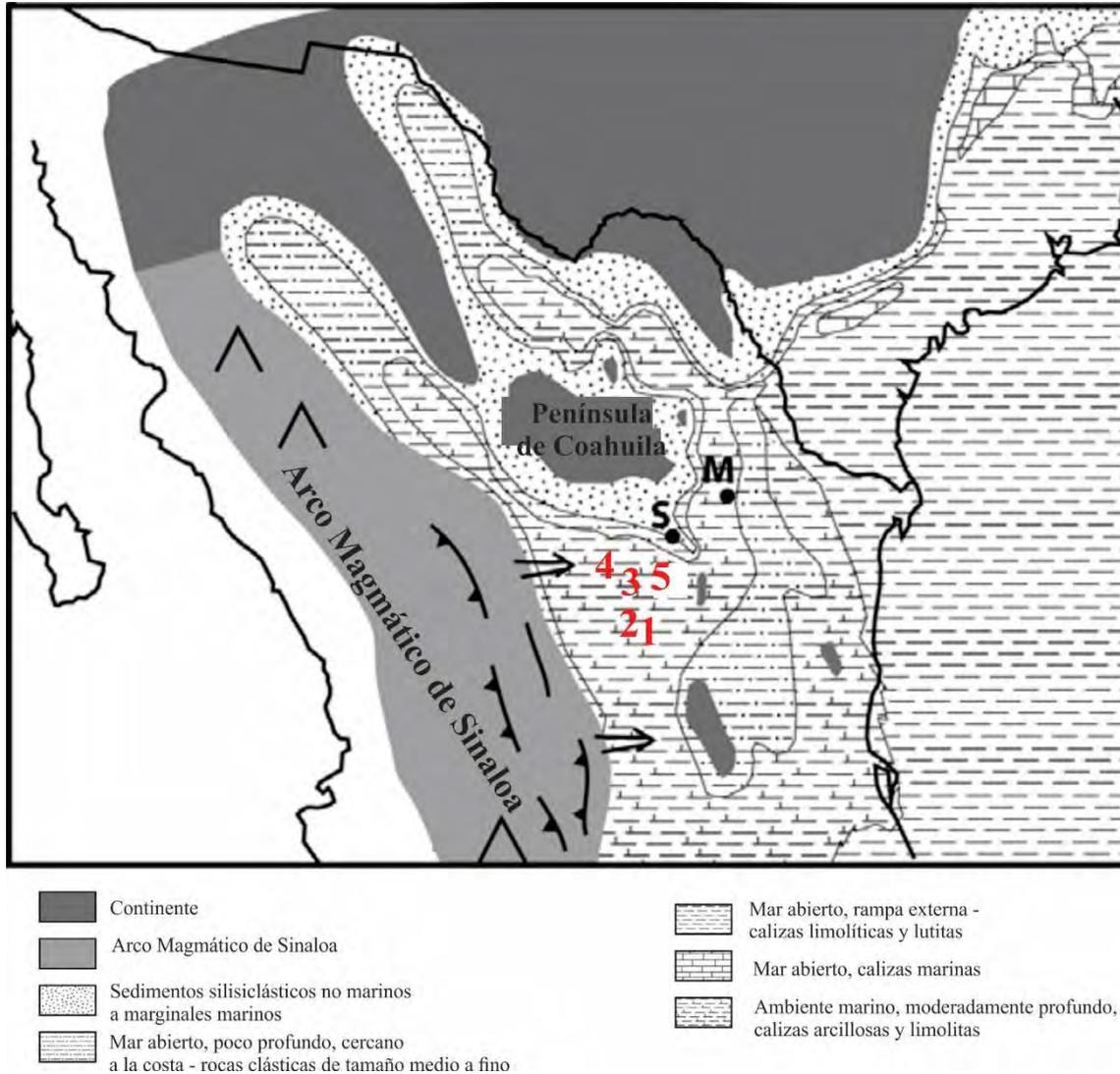


Figura 50. Mapa paleogeográfico del Jurásico superior del noreste de México con la disposición de los perfiles estudiados, 1) MZ-3; 2) MZ-5; 3) TO-1-C; 4) CU-1; y 5) PP-1. (modificado de Zell *et al.* 2014). S = Saltillo, M = Monterrey.

13. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en la parte baja y media de los perfiles, se identificaron las siguientes especies de ammonites: *Taramelliceras (Metahaploceras) costatum* (Burckhardt, 1906b), *Taramelliceras (Metahaploceras) aff. costatum* (Burckhardt, 1906b), *Glochiceras (Coryceras.) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895)

y *Glochiceras (Coryceras) cf. carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895); las cuales se encuentran en una biozona de asociación de *Haploceras - Glochiceras (Coryceras) - Taramelliceras (Metahaploceras)*, lo que permitió asignar a una edad del Kimmeridgiano superior. Para la parte alta de los perfiles, se identificó a *Hybonoticerias* sp., *Procraspedites* sp., las cuales se encuentran en una biozona de asociación de *Hybonoticerias - Procraspedites*, asegurando para la parte alta del perfil la edad del Kimmeridgiano superior.

Derivado del análisis de la sistemática paleontológica se ha corroborado la edad propuesta por Villaseñor *et al.* (2000, 2012), correspondiente al Kimmeridgiano superior, abarcando la Zona Eudoxus y la Zona Beckeri, de la escala biocronoestratigráfica de la Provincia Submediterránea para Europa (Hantzpergue *et al.* 1997).

El registro de *Glochiceras (Coryceras) carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) y *Glochiceras (C.) cf. carinatum* (Del Castillo y Aguilera, 1895) favorecen la propuesta de reconocimiento de la subbiozona de *Glochiceras (Coryceras) carinatum* para cuatro de los cinco perfiles estudiados (MZ-3, MZ-5, CU-1 y PP-1).

Las concentraciones fosilíferas registradas se interpretan como eventitas distales, resultantes de procesos con energía efectiva variable cuya incidencia alcanzó sectores proximales de la plataforma externa, en torno al nivel de base de tormentas. Secuencias de redepósito incompletas se relacionan con eventos de mayor energía efectiva. Al presentar conchas orientadas en posición horizontal, con las valvas en posiciones de mayor estabilidad hidrodinámica (convexidad dominante), angulosidad a pesar de estar fragmentadas, sugiere poco transporte y un depósito “*in situ*” de baja energía. Cabe la probabilidad que hubiese un retrabajamiento local de las conchas dentro de algunos metros a la redonda del lugar final de depósito debido a procesos intempestivos (*winnowing*). Estos procesos fueron los responsables de lavar la mayor parte del sedimento y permitir la acumulación de los restos esqueléticos.

De acuerdo con el registro estratigráfico, el patrón de la secuencia de redepósito tipo responde a eventos energéticos (huracanes, tormentas, eventos intempestivos), posteriormente hubo una disipación progresiva de la energía, y retorno a condiciones eco-sedimentarias normales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adatte, T., Stinnesbeck, W., Hubberten, H., Remane, J., 1991, Correlaciones multiestratigráficas en el límite Jurásico-Cretácico en el Noreste de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 51, 23-51.
- Adatte, T., Stinnesbeck, W., Hubberten, H., Remane, J., 1992, The Jurassic-Cretaceous boundary in northeastern and central Mexico. A Multistratigraphical approach (resumen), *en* Civis-Llovera, J., Sierro Sánchez, F.J., Sánchez de Posada, L.C., (eds.), III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca, España, 4, 23-29.
- Adatte, T., Stinnesbeck, W., Hubberten, H., Remane, J., 1993, Nuevos datos sobre el límite Jurásico-Cretácico en el Noreste y en el Centro de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 52 (1-2), 11-14.
- Adatte, T., Stinnesbeck, W., Remane, J., 1994, The Jurassic-Cretaceous Boundary in northeastern Mexico. Confrontation and correlations by microfacies, clay minerals mineralogy, calpionellids and ammonites: *Geobios*, 17, 37-56.
- Adatte, T., Stinnesbeck, W., Remane, J., Hubberten, H., 1996, Paleooceanographic changes at the Jurassic-Cretaceous boundary in the Western Tethys, northeastern Mexico: *Cretaceous Research*, 17, 671-689.
- Arkell, W.J., Kummel, B., Wright, C.W., 1957, Mesozoic ammonoidea *in* Moore, R. C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Pt. L. Mollusca 4 (Cephalopoda, Ammonoidea): Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence, 80-471.
- Barboza-Gudiño, R., Hoppe, M., Gómez-Anguiano, M., Martínez-Macías, P., 2004, Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21 (3), 299-319.
- Berckhemer, F., H. Hölder. 1959. Ammoniten aus dem Oberen Weissen Jura Süddeutschlands. Beihefte zum: *Geologischen Jahrbuch*, 35, 1-135.
- Böse, E; 1923, Algunas faunas cretácicas de Zacatecas, Durango y Guerrero: Boletín del Instituto Geológico de México, 42, 1-219.

- Brandt, D.S., 1989, Taphonomic Grades as a Classification for Fossiliferous Assemblages and Implications for Paleoecology: *Palaios*, 4, 303-309.
- Brett, C.E., 1995, Sequence stratigraphy, biostratigraphy, and taphonomy in shallow marine environments: *Palaios*, 10, 597-616.
- Brett, C.E., Baird, G.C., 1986, Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation: *Palaios*, 1, 207-227.
- Brett, C.E., Kirchner, B.T., Tsujita, C.J., Dattilo, B.F., 2008, Sedimentary Dynamics in a Mixed Siliciclastic-Carbonate System: The Kope Formation (Upper Ordovician), Southwest Ohio and Northern Kentucky: Implications for Shell Beds Genesis in Mudrocks, *in* Holmden, C., Pratt, B.R. (eds.), Dynamics of Epeiric Seas: Sedimentological, Paleontological and Geochemical Perspectives, Geological Association of Canada, Special Paper, 48, 406.
- Buchy, M.C., 2010, First record of *Ophthalmosaurus* (Reptilia. Ichthyosauria) from the Tithonian (Upper Jurassic) of Mexico: *Journal of Paleontology*, 84 (1), 149-155.
- Buchy, M.C., Stinnesbeck, W., Frey, E., González-González, A.H., 2006, A new Tithonian (Upper Jurassic) marine vertebrate concentration Lagerstätte in north-eastern Mexico: *Hantkeniana*. 5, 17-19.
- Buchy, M-C., Young, M.T., Andrade, M.B., 2013, A new specimen of *Cricosaurus saltillensis* (Crocodylomorpha: Metriorhynchidae) from the Upper Jurassic of Mexico: evidence for craniofacial convergence within Metriorhynchidae: *ORYCTOS*, 10, 9-21.
- Buckman, S. S., 1909-30. Yorkshire Type Ammonites *in* Buckman, S.S., (ed.), Type Ammonites, Wesley and Sons, London, 5-54.
- Burckhardt, C., 1906a, Géologie de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa : X Congreso Geológico Internacional, Guía excursiones, 1- 26.
- Burckhardt, C., 1906b, La faune jurassique de Mazapil avec un appendice sur les fossiles du Crétacique inférieur: *Boletín del Instituto Geológico de México*, 23, 1-216.
- Burckhardt, C., 1912, Faunes jurassiques et crétaées de San Pedro del Gallo (Durango, México): *Boletín del Instituto Geológico*, 29, 1-264.

- Burckhardt, C., 1919-1921, Faunas jurásicas de Symón (Zacatecas) y faunas cretácicas de Zumpango del Río (Guerrero): Boletín del Instituto Geológico, 33, 1-135.
- Burckhardt, C., 1930, Étude synthétique sur le Mésozoïque Mexicain: Mémoires de la Société Paléontologique Suisse, 49-50, 1-280.
- Callomon, J.H., 1992, Upper Jurassic, especially Mexico, *in* Westermann, G.E.G. (ed.). The Jurassic of the Circum Pacific. Cambridge University Press, New York, 261-272.
- Cantú-Chapa, A., 1967, El límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec, Puebla (México): Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, Sección Geología, Monografía, 1, 3-24.
- Cantú-Chapa, A., 1968, El límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec, Puebla (México): Ingeniería Petrolera, 8, 2, 5-26.
- Cantú-Chapa, A., 1980, El límite Jurásico-Cretácico en México *en* Actas de II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología, Asociación Paleontológica Argentina, 177-184.
- Cantú-Chapa, A. 1982. The Jurassic-Cretaceous boundary in the subsurface of Eastern Mexico: Journal of Petroleum Geology, 4, 3, 311-318.
- Cantú-Chapa, A., 1984, El Jurásico Superior de Tamán, San Luis Potosí, Este de México, *en* Perrilliat, M.C., (ed.), Memoria III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Oaxtepec, Morelos, México, 207-215.
- Cantú-Chapa, A., 1989, Precisiones sobre el límite Jurásico-Cretácico en el subsuelo del Este de México: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, 2, 1, 26-69.
- Carrillo, M., 1990, Geometría estructural de la Sierra Madre Oriental, entre Peña Miller y Jalpan, estado de Querétaro: Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 9, 62-70.
- Cecca, F., Enay, R., 1991, Les ammonites des zones à semiforme et à fallauxi du Tithonique de l'Ardeche (Sud-Est de la France) – Stratigraphie: Paleontologie, Paleobiogeographie. Palaeontographica, Abt. A, 219, 1, 1-87.
- Chávez-Lara, C.M., 2014, Ostrácodos y geoquímica como indicadores de variabilidad hidrológica y climática en los últimos 27 mil años calibrados de la parte central

- del desierto de Chihuahua (México): Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis Maestría, 118 p.
- Cobiella-Reguera, J.L., Olóriz, F., 2009, Oxfordian – Berriasian stratigraphy of the North American paleomargin in western Cuba: Constraints for the geological history of the proto-Caribbean and the early Gulf of Mexico, *in* Bartolini, C. Román Ramos, J.R. (eds.), *Petroleum systems in the southern Gulf of Mexico*, American Association of Petroleum Geologist Memoir 90, 421– 451.
- Contreras-Montero, B., Gómez, M. E., Martínez, A., 1988, Bioestratigrafía y sedimentología del Jurásico Superior en San Pedro del Gallo, Durango, México: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 20, 3, 5-49.
- Copper, P., 1997, Articulate brachiopod shellbeds: Silurian examples from Anticosti, Eastern Canada: *Geobios* 30, 133-148.
- Córdoba-Méndez, E., 1964, Geology of Apizolaya Quadrangle (East Half), Northern Zacatecas, Mexico: Texas, Faculty of the Graduate School of The University of Texas, Tesis Maestría, 111 p.
- Cuvier, G., 1798, *Tableau Elémentaire de L'Histoire Naturelle des Animaux*, Paris. Baudouin, 1-710.
- Dattilo, B.F., Brett, C.E., Schramm, T.J., 2012, Tempestites in a Teapot? Condensation-Generated Shell Beds in the Upper Ordovician, Cincinnati Arch, USA: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 367–368, 44–62.
- Davies, D.J., Powell, E. N., Stanton, R. J., 1989, Taphonomic signature as a function of environmental process. shells and shell beds in a hurricane-influenced inlet on the Texas Coast: *Palaeogeography, Palaeoclimatology; Palaeoecology*, 72, 317-356.
- De Cserna, Z., 1956, Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey en XX Congreso Geológico Internacional. México, Contribución del Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales de México, 1-88.
- De la Mora, A., 1998, Análisis tafonómico e interpretaciones paleoecológicas del bentos en una sucesión del Jurásico Superior (Kimmeridgiano-Tithoniano) del área de Mazapil, Zacatecas: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis Maestría, 154 p.

- De la Mora, A., Olóriz, F., González-Arreola, C., 1999a, Datos preliminares sobre el megabentos de bivalvos del Jurásico Superior – Cretácico basal en el Cañón de San Matías (Zacatecas, México): *Geogaceta*, 26, 19-22.
- De la Mora, A., Olóriz, F., González-Arreola, C., Villaseñor, A.B., 1999b, Using bivalve assemblages for reconstruction of depositional conditions in fine-grained deposits from the Upper Jurassic of Mexico. Abstracts European Paleontological Association Workshop, Lisboa, 137-141.
- De la Mora, A., Olóriz, F., González-Arreola, C., 2000, “Autochthonous” bivalve assemblages and palaeoecologic interpretation in the Upper Jurassic-Lowermost Cretaceous La Caja Formation from the Cañón de San Matías (Zacatecas, México): *Compté Rendus Earth and Planetary Sciences*, 331, 741-747.
- Del Campana, D., 1904, Faunula del Giura superiore di Collato di Solagna (Bassano): *Bolletín di la Sociedad Geologize di Italia*, 23, 2, 239-269.
- Del Castillo, A., Aguilera, J.G., 1895, Fauna fósil de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí: *Boletín de la Comisión Geológica de México*, 1, 1-55.
- Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), 1978, Carta Geológica Doce de Diciembre GI3D65 Durango, escala 1: 50,000: Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, México, D. F., 1 mapa.
- Donze, P., Enay, R., 1961, Les Céphalopodes du Tithonique inférieur de la Croix-de-Saint-Concors près Chambéri (Savoire): *Travaux du Laboratoire de Geologie de la Faculte des Sciences de Lyon*, 7, 7-236.
- Eguiluz, A. S., García, M.A., Marrett, R., 2000, Tectónica de la Sierra Madre Oriental: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 53, 1-26.
- Eguiluz, A. S., Olivares-Ramos, D., López-Martínez, R., 2012, Discordancia entre el Jurásico y Cretácico en Huizachal, Tamaulipas, México: Su posible correlación con un límite de secuencia global: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29, 1, 87-102.
- Enciso de la Vega, S., 1978, Notas para la geología del Estado de Zacatecas, *GEOMIMET*, 3a Época, 107-114.
- Fernández-López, S., 1984, Nuevas perspectivas de la tafonomía evolutiva: tafosistemas y asociaciones conservadas: *Estudios Geológicos*. 40, 215-224.

- Fernández-López, S., Gómez, J.J., 1991, Condensación. significados y aplicaciones al análisis de cuencas: *Estudios Geológicos*, 47, 169-181.
- Flügel, E., 2010, *Microfacies of Carbonate Rocks*, 2nd ed., Heidelberg, Springer-Verlag Berlin, 1-1005.
- Fortunato, K.S., Ward, W.C., 1982, Upper Jurassic-Lower Cretaceous fan delta complex, La Casita Formation of the Saltillo area Coahuila, Mexico: *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, 32, 473-482.
- Frey, E., Buchy, M.C., Stinnesbeck, W., López-Oliva, J.G., 2002, *Geosaurus vignaudi* n. sp. (Crocodyliformes. Thalattosuchia), first evidence of metriorhynchid crocodylians in the Late Jurassic (Tithonian) of central-east Mexico (State of Puebla): *Canadian Journal of Earth Sciences*, 39, 10, 1467-1483.
- Futterer, E., 1978, Hydrodynamic behavior of biogenic particles: *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaeontologie, Abhandlungen*, 157, 37-42.
- Fürsich, F.T., 1978, The influence of faunal condensation and mixing on the preservation of fossil benthic communities: *Lethaia* 11, 243-250.
- Fürsich, F.T., Oschmann, W., 1993, Shell beds as tools in basin analysis. the Jurassic of Kachchh, western India: *Journal of the Geological Society*, 150, 169-185.
- Fürsich, F.T., Pandey, D K., 1999, Genesis and environmental significance of Upper Cretaceous shell concentrations from the Cauvery Basin, southern India: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 145, 119-139.
- Goldhammer, R.K., 1999, Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of northern Mexico, *in* Bartolini, C., Wilson, J.L., Lawton, T.F. (eds.), *Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico: Geological Society of America Special Paper 340*, 1-58.
- Goldhammer R.K., Lehmann P.J., Todd, R.G., Wilson J.L., Ward, W.C., Johnson C.R., 1991, Sequence stratigraphy and cyclostratigraphy of the Mesozoic of the Sierra Madre Oriental, Northeastern Mexico a field guidebook, Gulf Coast Section, Society for Sedimentary Geology (SEPM), 1-85.
- Gómez, J.J., Fernández-López, S., 1994, Condensation processes in shallow platforms: *Sedimentary Geology*, 92, 147-159.

- Gómez-Luna, M. E., 1985, Estudio paleontológico de las amonitas de la Formación La Casita en el área de Placer de Guadalupe, Chihuahua, y sus implicaciones bioestratigráficas, Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Tesis Licenciatura, 105 p.
- González-Arreola, C., Olóriz, F., Villaseñor, A.B., Lara, L., 1992, Precisiones bioestratigráficas sobre la Formación Taraises en el área tipo (Sierra de Parras, Coahuila, México), (resumen), *en* Civis Llovera. J. Sierro Sánchez, F.J., Sánchez de Posada, L.C. (eds.), III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca, España, 260–265.
- González-Sánchez, F., Puente Solís, R., González Partida, E., Camprubí, A., 2007, Estratigrafía del Noreste de México y su relación con los yacimientos estratoligados de fluorita, barita, celestina y Zn-Pb: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 49, 1, 43-62.
- Grabau, A.W., 1904, On the classification of sedimentary rocks: *American Geologist*, 33, 228-247.
- Hantzpergue, P., Atrops, F., Enay, R., 1997. Kimmeridgien, *in* Cariou, C., Hantzpergue, P., (eds.), *Biostratigraphie du Jurassique Ouest-Européen et Méditerranéen*. Groupe Français d'étude du Jurassique. Elf-ep éditions. France. Mémoire 17, 87-96.
- Hara, U., Taylor, P.D., 2009; Cyclostome bryozoans from the Kimmeridgian (Upper Jurassic) of Poland: *Geodiversitas* 31, 3, 555-575.
- Hewitt, R.A., Yoshiike, T. Westerman, G.E.G., 1991, Shell microstructure and ecology of the Cretaceous coleoid cephalopod *Naefia* from the Santonian of Japan: *Cretaceous Research*, 12, 47-54.
- Hillebrandt Von A., Smith, P., Westermann, G.E.G., Callomon, J.H., 1992, Ammonite zones of the Circum-Pacific region *in* Westermann. G.E.G. (ed.), *The Jurassic of the Circum-Pacific*, part 4. *Biochronology* 12. Cambridge University Press, 247-272.
- Hölder, H., 1955, Die Ammoniten – Gattung *Taramelliceras* im Südwestdeutschen Unter und MittelMalm. Morphologische und Taxonomische Studien an *Ammonites flexuusus* BUCH (Oppeliidae): *Paleontographica Abt A*, 106, 37-153.

- Holz, M., Simões, M.G., 2005, Taphonomy – overview of main concepts and application to sequence stratigraphy analysis *in* Koutsoukos, E., (ed), Applied Stratigraphy, Topics in Geobiology: Springer, 249-278.
- Hyatt, A., 1889, Genesis of the Arietidae. Smithsonian Contributions to Knowledge, Washington D. C., 11, 1-238.
- Hyatt, A., 1900, Cephalopoda *in* Zittel, K.A., Eastman, R., (eds.), Textbook of Paleontology, Macmillan Press, New York, 502-604.
- Imlay, R.W., 1936, Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. Part IV, Geology of the Western part of the Sierra de Parras: Bulletin of the Geological Society of America, 47, 1091-1152.
- Imlay, R.W., 1938, Studies of Mexican Geosyncline: Bulletin of the Geological Society of America, 49, 1651-1694.
- Imlay, R.W., 1939, Upper Jurassic Ammonites from Mexico: Bulletin of the Geological Society of America, 50, 1-78.
- Imlay, R.W., 1943, Jurassic formations of Gulf Region: Bulletin American Association Petrologist Geologist, 27, 1407-1533.
- Imlay, R.W., 1944, Cretaceous formations of Central America and Mexico: Bulletin American Association Petrologist Geologist, 28, 1077-1195.
- Imlay, R.W., 1953, Las formaciones jurásicas de México: Boletín Sociedad Geológica Mexicana, 16, 1, 1-66.
- Imlay, R.W., 1980, Jurassic paleobiogeography of the Conterminous United States in its Continental Setting: United States Geology Survey Professional Paper, 1062, 1-134.
- Imlay, R.W., 1984, Jurassic ammonite successions in North America and biogeographic implications, *in* Westermann, G.E.G. (ed.), Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America. Geological Association of Canada, Special Paper, 27, 224-232.
- Imlay, R.W., Herman, G., 1984, Upper Jurassic ammonites from the subsurface of Texas, Lousian and Mississippi *in* GCSSEPM Foundation Third Annual Research Conference Proceedings, 149-170.

- Jank, M., Wetzel, A., Meyer, Ch.A., 2006, Late Jurassic sea-level fluctuations in NW Switzerland (Late Oxfordian to Late Kimmeridgian), closing the gap between the Boreal and Tethyan realm in Western Europe: *Facies* 52, 487-519.
- Jeletzky, J.A., 1984, Jurassic-Cretaceous boundary beds of Western and Arctic Canada and the problem of the Tithonian-Berriasian Stages in the Boreal Realm *in* Westermann, G.E.G. (ed.), Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America: Geological Association of Canada Special Paper 27, 175-256.
- Jiménez-López, J.C., 2011, Sistemática y bioestratigrafía de ammonites del Jurásico Superior de Tamán, San Luis Potosí, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis Licenciatura, 77 p.
- Kay, G.M., 1951, North American geosynclines: *Geological Society of America*, 48, 1-143.
- Kellum, L.B., 1932, Reconnaissance studies in the Sierra de Jimulco, Mexico: *Bulletin Geological Society American*, 43, 541-564.
- Kidwell, S.M., 1986, Models for fossil concentrations, paleobiological implications: *Paleobiology* 12, 6-24.
- Kidwell, S.M., 1991, The stratigraphy of shell concentrations *in* Allison, P.A., Briggs, D.E.G. (eds.), *Taphonomy. Releasing the data locked in the fossil record. Topics in Geobiology* (9), New York., Plenum Press, 211-290.
- Kidwell, S.M., Aigner, T., 1985, Sedimentary dynamics of complex shell beds. Implications for ecologic and evolutionary patterns, *in* Bayer, U., Seilacher, A., (eds.), *Sedimentary and Evolutionary Cycles*: Berlin. Springer-Verlag, 382-395.
- Kidwell, S.M., Jablonski, D., 1983, Taphonomic feedback, ecological consequences of shell accumulation, *in* Tevesz, J.S. McCall, P.L., (eds.), *Biotic interactions in recent and fossil benthic communities*: New York, Plenum Press, 195-248.
- Kidwell, S.M., Bosence, D.W.J., 1991, Taphonomy and Time-Averaging of Marine Shelly Faunas *in* Allison, P.A., Briggs, D.E.G., *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record. Topics in Geobiology* 9, Chapter 4, Plenum Press, New York, 116-209.

- Kidwell, S.M., Holland, S.M., 1991, Field description of coarse bioclastic fabrics: *Palaios*, 6, 426-454.
- Kidwell, S.M., Fürsich, F.T., Aigner, T., 1986, Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations: *Palaios*, 1, 228-238.
- Lara-Morales, L., 1991, Contribución a la bioestratigrafía y ecoestratigrafía del Jurásico Superior (Kimmeridgiano-Tithoniano) de Cuencamé (Durango), Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis Licenciatura, 107 p.
- Lara-Morales, L., 1994, Revisión del género *Idoceras* BURCKHARDT, 1906 (Ammonitina), Análisis numéricos e interpretaciones paleobiológicas, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis Maestría, 122 p.
- Lawton, T.F., Molina-Garza, R.S., 2014, U-Pb geochronology of the type Nazas Formation and superjacent strata, northeastern Durango, Mexico: implications of Jurassic age for continental-arc magmatism in north central Mexico: *Geological Society of America, Special Paper*, 126, 1181-1199.
- Leanza, H.A., 1980, The Lower and the Middle Tithonian ammonite fauna from Cerro Lotena, Province of Neuquén, Argentina: *Zitteliana*, 5, 1-49.
- Linné, C. 1754. *Systeme naturel du regne animal: Par classes, familles ou ordres, genres et especes avec une notice de tous les animaux. Les noms grecs, latins et vulgaires, que les naturelites leur ont donnes.* Carolus Linné. Paris. J. B. Bauche, 1-999.
- Longoria, J.F., 1984, Mesozoic tectonostratigraphic domains in east-central Mexico, *in* Westermann. G.E.G. (ed.), *Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America: Geological Association of Canada Special Paper 27*, 65-76.
- López-Caballero, G. I., 2006, Estudio bioestratigráfico de la fauna de ammonites del Jurásico Superior del área de Mazatepec, Puebla: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Tesis Licenciatura, 126 p.
- López-Caballero, G.I., 2009, Bioestratigrafía y Tafonomía de la sección estratigráfica Puerto Piñones (Jurásico Superior) del área de Saltillo, Coahuila, México. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis Maestría, 168 p.

- López-Caballero, G.I., Olóriz, F.; Villaseñor, A. B., 2018, Concentraciones fosilíferas del kimmeridgiano Superior en Mazapil, Zacatecas, México: Tafonomía e interpretación paleoambiental: Boletín de la Sociedad Geológica de México, 70, 1, 241-280.
- López-Gómez, P. 2006, Estudio de la fauna de ammonites del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) en una sección estratigráfica en el Noroeste del Estado de Hidalgo. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias, Tesis Licenciatura, 109 p.
- López-Palomino, R.I., 2002, Análisis bioestratigráfico basado en fauna de ammonites del oxfordiano (Jurásico Superior) en la region de Taman, San Luis Potosí: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis Maestría, 172 p.
- López-Palomino, R.I., 2013, Bioestratigrafía y análisis ecoestratigráfico de la formación Santiago (jurásico superior-oxfordiano) en el centro-este de México: Implicaciones paleoecológicas y paleobiogeográficas: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis Doctorado, 186 p.
- López-Palomino, I., 2015, Formación La Caja. Léxico Estratigráfico de México, Servicio Geológico Mexicano, 1-4.
- Mann, P., 1999, Caribbean Sedimentary Basins: Classification and Tectonic Setting from Jurassic to Present, *in* Mann (ed.), Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World 4P: Ámsterdam, Elsevier Science, 3-31.
- McLeroy, D.F., Clemons, R.E., 1965, Hoja Pedriceñas 13R-1(4) con resumen de la geología de la Hoja Pedriceñas, estados de Coahuila y Durango: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Carta Geológica de México, escala 1: 100,000.
- Michalzik, D., Schumann, D., 1994, Lithofacies relations and palaeoecology of a Late Jurassic to Early Cretaceous fan delta to shelf depositional system in the Sierra Madre Oriental of north-east Mexico: *Sedimentology*, 41, 463-477.
- Moliner, L., Olóriz, F., Villaseñor, A.B., 2016, *Ataxioceras (Ataxioceras) lopeztihae* Cantú-Chapa, 1991: Updating the systematic and palaeobiogeographic

interpretation: *Palaeontologia Electronica* 19.2.19A: 1-16 palaeo-electronica.org/content/2016/1485-ammonites-kimmeridgian-mexico.

Myczynski, R., 1989, Ammonite biostratigraphy of the Tithonian of Western Cuba: *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 59, 43-125.

Newell, C.R., Hidu, H., 1981, The effects of sediment type on growth rate and shell allometry in the soft-shelled clam *Mya arenaria*: *Journal of Marine Biology and Ecology*, 65, 285-295.

Olóriz, F., 1978, Kimmeridgiense – Tithónico inferior en el sector central de las Cordilleras Béticas (Zona Subbética) *Paleontología, Bioestratigrafía*. Universidad de Granada. España, Tesis Doctorado, 758 p.

Olóriz, F., 1987, El significado biogeográfico de las plataformas mexicanas en el Jurásico Superior. Consideraciones sobre un modelo eco-evolutivo: *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 1, 1, 219-247.

Olóriz, F., 1992, Northcentral and eastern Mexico, in Westermann, G.E.G. (ed.), *The Jurassic of the Circum Pacific*: New York, Cambridge University Press, 93-121.

Olóriz, F., Villaseñor, A.B., 2018, New species of Lower Tithonian macroconchiate *Hybonoticer*s from Mexico and the co-occurrence of *Mazapilites* and *Hybonoticer*s in the Mexico-Caribbean area: *Journal of Paleontology*, 92 (S75), 1-43.

Olóriz, F., López-Galindo, A., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., 1988, Análisis isotópicos y consideraciones paleoecológicas en el Jurásico Superior de México (Fm. La Casita, Cuencamé, Durango). Datos preliminares. *Comunicaciones 1*, Congreso geológico de España, 144-148.

Olóriz, F., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., Westermann, G.E.G., 1990, Las plataformas mexicanas durante el Jurásico Superior. Un ejemplo de áreas de recepción en biogeografía: *Actas de Paleontología, IV Jornadas de Paleontología*, Salamanca, España, 68, 277-287.

Olóriz, F., Lara, L., De la Mora, A., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., 1993, The Kimmeridgian/Tithonian boundary in the “Barranquito del Alacrán” section at Cuencamé (Durango, México); its biostratigraphy and ecostratigraphic interpretation: *Acta Geologica Polonica*, 43, 3-4, 273-288.

- Olóriz, F., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., Westermann G.E.G., 1996, Ammonite biostratigraphy and correlations in the Upper Jurassic-Lowermost Cretaceous La Caja Formation of North-Central Mexico (Sierra de Catorce, San Luis Potosí) Abstracts, *in* Olóriz, F., Rodríguez-Tovar, F.J. (eds.), IV International Symposium Cephalopods Present and Past: Granada, Spain, 134-136.
- Olóriz, F., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., 1997, Factors controlling upper Jurassic ammonite assemblages in north-central Mexico: *Lethaia*, 30, 337-351.
- Olóriz, F., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., 1998, Re-evaluation of *Procraspedites* Spath, 1930 (ammonitina) from the upper Kimmeridgian of Mexico: *Bulletin de la Société géologique de France*, 169, 22, 243-254.
- Olóriz, F., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., Westermann, G.E.G., 1999, Ammonite biostratigraphy and correlations in the late Jurassic- earliest Cretaceous La Caja Formation of north-central Mexico. (Sierra de Catorce, San Luis Potosí) *in* Olóriz, F., Rodríguez-Tovar, F.J. (eds.), *Advancing Research in Living and Fossil Cephalopods*: New York, Plenum Press, 463-492.
- Olóriz, F., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., 2000, Geographic control on phenotype expression. The case of *Hybonoticeras mundulum* (Oppel) from the Mexican Altiplano: *Lethaia*, 33, 157-174.
- Olóriz, F., Palmqvist, P., Pérez-Claros, J. A., 2002a, Morphostructural constraints and phylogenetic overprint on sutural frilling in Late Jurassic ammonites: *Lethaia*, 35, 158-168.
- Olóriz, F., Reolid, M., Rodríguez-Tovar, F.J., 2002b, Fossil assemblages, lithofacies and taphofacies for interpreting depositional dynamics in epi-continental Oxfordian (Prebetic Zone, Betic Cordillera, southern Spain): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 185, 53-75.
- Olóriz, F., Villaseñor, A.B., Aranda-Manteca, F.J., 2003a, The co-occurrence of a Late Jurassic Ichthyosaurian reptile and ammonites in Durango, Mexico. Preliminary report on taphonomy, systematics and biochronology Abstracts, *in* 99th Annual Meeting of the Geological Society of America, Puerto Vallarta, México, 194.
- Olóriz, F., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., 2003b, Major lithostratigraphic units in land-outcrops of north-central Mexico and the subsurface along the northern

- rim of Gulf of Mexico Basin (Upper Jurassic–lowermost Cretaceous). a proposal for correlation of tectono-eustatic sequences: *Journal of South American Earth Sciences* 16, 119–142.
- Oppel, A., 1856-1858, Die Juraformation Englands, Frankreichs und des Südwestlichen Deutschlands. *Jahresverhandlungen der Naturhistorischen Vereins in Württemberg*, 13, 439-694.
- Oppel, A., 1863, Über jurassische Cephalopoden: *Palaeontologische Mitteilungen aus dem Museum des Königlich-Bayerischen Staates Berlin*. 3, 127-266.
- Oppel, A., 1865, Die tithonische Etage. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*. 17, 535-558.
- Padilla y Sánchez, R.J., 1982, Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción del Oro, Saltillo, and Monterrey, Mexico: The University of Texas at Austin, tesis doctorado, 217 p.
- Pessagno, E.A.Jr., Hull, D.M., Martin, C.B., Meng, X., Montgomery, H., Ogg, J.G., Urrutia-Fucugauchi, J., 1999, Stratigraphic evidence for northwest to southeast tectonic transport of Jurassic terranes in Central Mexico and the Caribbean (western Cuba), in Mann, P. (ed.), *Caribbean Sedimentary Basins: Sedimentary Basins of the World*, 4, 123–150.
- Pessagno, E.A.Jr., Martin, C., 2003, Tectonostratigraphic evidence for the origin of the Gulf of Mexico, in Bartolini, C., Buffler, R. T., Blickwede, J. (eds.), *The Circum-Gulf of Mexico and Caribbean. Hydrocarbon habitats, basin formation and plate tectonics*. *American Association of Petroleum Geologist Memoir*, 79, 46-74.
- Pineda-Becerril, V., 2012, Determinación de la evolución térmica de las rocas generadoras de petróleo: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis Licenciatura, 102 p.
- Quenstedt, F.A., 1887-1888, Die Ammoniten des Schwäbischen Jura, Atlas, lám. 91-126.
- Regalet-Figueroa, J.I., 2011, Bioestratigrafía, análisis microfacial y geoquímico de la Formación La Casita, Jurásico Tardío (Kimmeridgiano-Tithoniano) en Cerro Prieto, Galeana, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, 93 p.

- Rodríguez-Tovar, F. J., 1993, Evolución sedimentaria y ecoestratigráfica en Plataformas epicontinentales del Margen Sub-ibérico durante el Kimmeridgiense inferior. Universidad de Granada, España, Tesis Doctoral, 377 p.
- Rogers, C., De Cserna, Z., Tavera, E., Van Volten, R., Ojeda, J., 1961, Reconocimiento Geológico y depósitos de fosfatos del norte de Zacatecas y áreas adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí: Boletín Comisión de Recursos Naturales no Renovables, 56, 1-322.
- Rogers, R.R., Kidwell, S.M., 2007, A conceptual framework for the genesis and analysis of vertebrate skeletal concentrations, *in* Rogers, R.R., Eberth, D.A., Fiorillo, A.R. (eds.). *Bonebeds -Genesis, Analysis and Paleobiological Significance*: Chicago, London, The University of Chicago Press. 1-65.
- Salvador, A., Westermann, G.E.G., Olóriz, F., Gordon, M.B., Gursky, H.J., 1992, Meso-america *in* Westermann, G.E.G. (ed.): *The Jurassic of the Circum-Pacific*, part 4. *Biochronology* 12, Cambridge University Press. 93-121.
- Schumann, D., 1985, Environment and post-mortem History of Upper Jurassic ammonites in Nuevo León, NE Mexico *in* Wiedmann, J., Kullman, J. (eds.), *Cephalopods Past and Present*, O. H. Schindewolf-Symposium Tübingen, 2nd International Cephalopod Symposium: Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller), 731-736
- Schumann, D., 1988, Observaciones paleoecológicas en secuencias del Kimmeridgiano/Tithoniano (Formación La Casita) de Nuevo León, Noreste de México: *Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra*, Universidad Autónoma de Nuevo León, 3, 43-59.
- Seilacher, A., 1982, General remarks about event deposits, *in* Einsele, G., Seilacher, A. (eds.), *Cyclic and Event Stratification*. Springer-Verlag. New York, 161-174.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM)., 1999, Carta Geológico-Minera Juan Aldama G-13-12, Durango, Zacatecas y Coahuila, escala 1: 250,000: Servicio Geológico Mexicano, Pachuca, Hidalgo, 1 mapa.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM)., 2000, Carta Geológico-Minera Concepción del Oro G-1410, Zacatecas, Nuevo León, Coahuila y San Luis Potosí, escala 1: 250,000: Servicio Geológico Mexicano, Pachuca, Hidalgo, 1 mapa.

- Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2008, Carta Geológico-Minera Agua Nueva G-14-C43, Coahuila, escala 1: 50,000: Servicio Geológico Mexicano, Pachuca, Hidalgo, 1 mapa.
- Spath, L.F., 1922, On Cretaceous Ammonoidea from Angola. Transactions of the Royal Society of Edimburgh, 53, 91-160.
- Spath, L.F., 1923, A monograph of the Ammonoidea of the Gault. Memoires Paleontological Society London, 1-72.
- Spath, L.F., 1924, On the Blake collection of ammonites from Kachh, India: Palaeontologia Índica, 9, 1, 1-29.
- Spath, L.F., 1925, Ammonites and Aptichy *in*. Gregory, J.W., (ed.), The collection of fossils and rocks from Somaliland made by Messrs, B.N. K., Wyllie., W.R., Monographs of the Geological Department of the Hunterian Museum, Glasgow University, 111-1154.
- Spath, L.F., 1927-1933, Revision of the Jurassic cephalopod fauna of Kach (Cutch): Palaeontologia Índica, 9, 1-495.
- Speyer, S.E., Brett, C.E., 1988, Taphofacies models for epeiric sea environments - middle Paleozoic examples: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 63, 225-262.
- Steinmann, G., Döderlein, L., 1890, Elemente der Paläontologie, Engelmann, W., Leipzig, 1-848.
- Tarango-Terrazas, C.M., 2017, Edad e Interpretación de los paleoambientes del Jurásico Tardío de la Formación La Casita, en la fosa de Chihuahua, Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, Tesis Maestría, 120 p.
- Tavera, J.M., 1985, Los ammonites del Tithonico superior – Berriasense de la Zona Subbética (Cordilleras Béticas), Universidad de Granada, España, Tesis Doctoral, 381 p.
- Velasco Segura, J., 2005, Análisis litológico y estratigráfico de la Formación La Caja en la ‘Sierra el Jabalí’, Saltillo, Coahuila, México, Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma De Nuevo León, Tesis Licenciatura, 142 p.

- Velasco-Segura, J.A., Stinnesbeck, W., López-Oliva, J.G., González-González, A.H., 2004, Resultados preliminares de la evolución estratigráfica y paleoecológica en un perfil de la Formación La Caja del Jurásico Superior en la Sierra El Jabalí, Coahuila, México: GEOS, 24, 2, 216.
- Vera, J.A., 1989, Diferenciación de unidades estratigráficas en materiales pelágicos: Revista de la Sociedad Geológica de España, 2, 3-4, 335-374.
- Verma, H.M., Westerwenn, G.E.G., 1973, The Tithonian (Jurassic) ammonite fauna and Stratigraphy of Sierra Catorce, San Luis Potosí, México: Bulletins of American Paleontology, 63, 108-137.
- Verma, H.M., Westerwenn, G.E.G., 1984, The ammonoid fauna of the Kimmeridgian-Tithonian boundary beds of Mombasa, Kenya. Life Science Contribution: Royal Ontario Museum, 135, 1-124.
- Villaseñor, A.B., 1991, Aportaciones a la bioestratigrafía, basada en la fauna de ammonites de la sucesión del Jurásico Superior (Kimmeridgiano-Tithoniano) del área de Mazapil, Zacatecas, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis Doctoral, 156 p.
- Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., 1988, Fauna de amonitas y presencia de *Lamellaptychus murocostatus* TRAUTH del Jurásico Superior de la Sierra de Palotes, Durango: Revista del Instituto de Geología, UNAM, 7, 71-77.
- Villaseñor, A.B., Olóriz, F., González-Arreola, C., 1991, Las plataformas marinas del Jurásico Superior en el área de Sierra de Catorce, Estado de San Luis Potosí, una aproximación a la interpretación ecostratigráfica: Memoria de la Primera Convención sobre la Evolución Geológica de México, 238-240.
- Villaseñor, A.B., Olóriz, F., De La Mora, A., 1995, Consideraciones sobre el registro del género *Hybonotoceras* (Ammonitina) en México, resumen, Memoria de resúmenes del V Congreso Nacional de Paleontología, 46-47.
- Villaseñor, A. B., Olóriz, F., González-Arreola, C., 2000, Recent Advances in Upper Jurassic (Kimmeridgian-Tithonian) Ammonite Biostratigraphy of North-Central Mexico Based on Recently Collected Ammonite Assemblages: GeoResearch Forum, 6, 249-262.

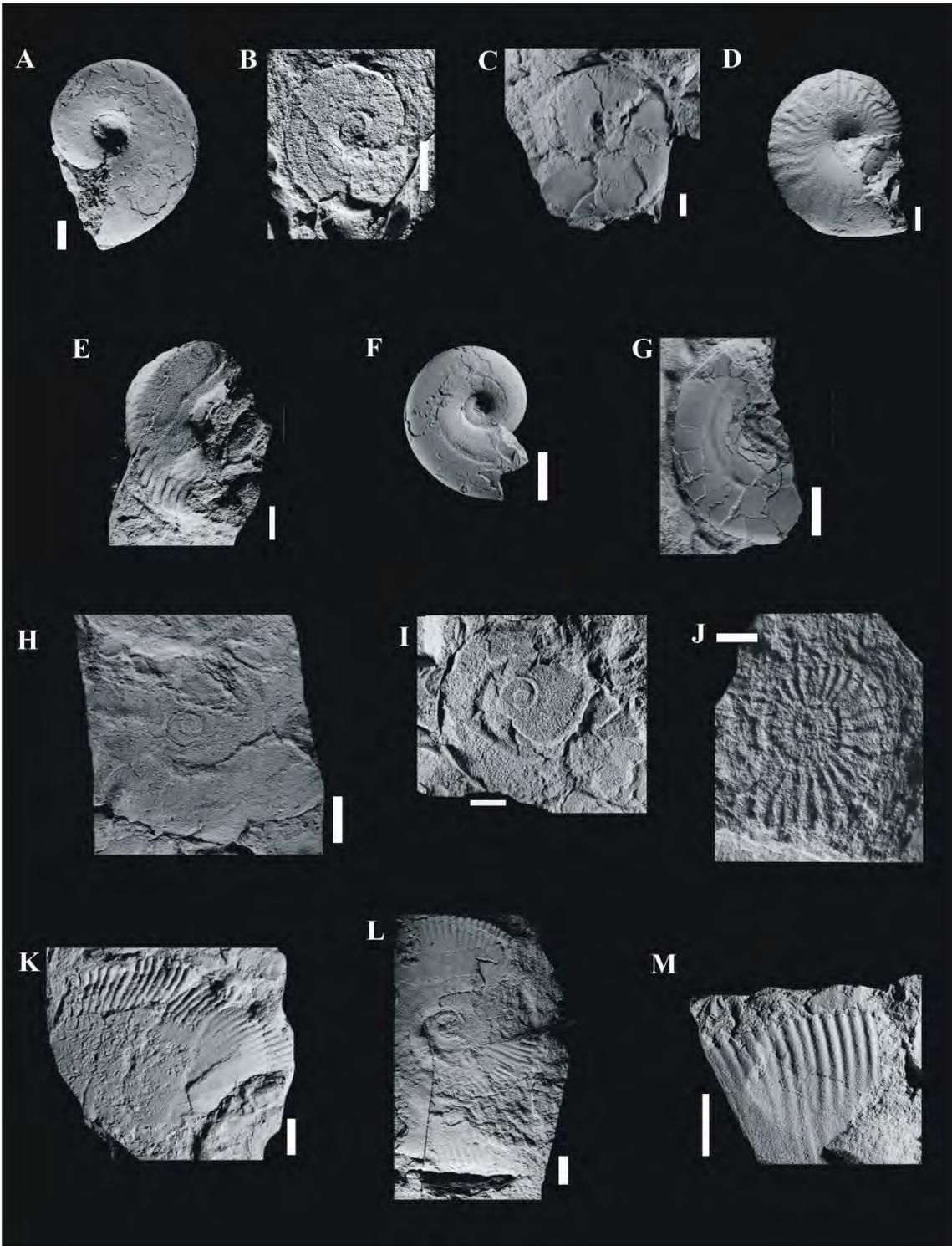
- Villaseñor, A.B., Silva-Martínez, L.E., Olóriz, F., Blanco-Piñón, A., Alvarado-Ortega, J., 2006, Nuevo registro de peces Jurásicos en México, resumen, X Congreso Nacional de Paleontología, 137.
- Villaseñor, A.B., Olóriz, F., López-Palomino, I., López-Caballero, I., 2012, Updated ammonite biostratigraphy from upper Jurassic deposits in Mexico: *Revue de Paléobiologie*. Volume Spécial 11, 249-267.
- Villaseñor, A.B., Moliner, L., Olóriz, F., 2015, *Schneidia zacatense* sp. nov. -First population level study of Ataxioceratinae from the Lower Kimmeridgian in northern Mexico and Biostratigraphic and palaeobiogeographic significance: *Journal of South American Earth Sciences*, 63, 217-243.
- Waisfeld, B.G., 1997, Concentraciones fosilíferas en las formaciones Acoite y Sepulturas, cordillera oriental jujeña. Análisis tafonómico y paleoecológico: *Ameghiniana*. 34, 3, 317-332.
- Westermann, G.E.G., 1982, The connecting rings of Nautilus and Mesozoic ammonoids: implications for ammonoid bathymetry: *Lethaia* 15, 373-384.
- Wierzbowski, A., Atrops, F., Grabowski, J. Hounslow, M., Matyja, B. A., Olóriz, F., Page, K., Parent, H., Rogov, M. A., Schweigert, G., Villaseñor, A.B., Wierzbowski, H., Wright, J. K., 2016, Towards a consistent Oxfordian-Kimmeridgian global boundary: current state of knowledge: *Volumina Jurassica*, 14, 15–50.
- Zeiss, A. 1968, Untersuchungen zur Paläontologie der Cephalopoden des Unter-Tithon der Südlichen Frankenalb. Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Abhandlungen-Neue Folge. 132, 1-190.
- Zell, P., Stinnesbeck, W., 2016, Paleobiology of the Latest Tithonian (Late Jurassic) Ammonite *Salinites grossicostatum* Inferred from Internal and External Shell Parameters: *PlosOne*, 56, 91-109.
- Zell, P., Beckmann, S., Stinnesbeck, W., 2013, Late Jurassic-earliest Cretaceous belemnites (Cephalopoda: Coleoidea) from northeastern Mexico and their palaeobiogeographic implications: *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 270, 3, 325–341.

- Zell, P., Beckmann, S., Stinnesbeck, W., 2014, Age and depositional conditions of the marine vertebrate concentration Lagerstätte at Gómez Farías, southern Coahuila, Mexico: *Journal of South American Earth Sciences*. 56, 91-109.
- Zell, P., Stinnesbeck, W., Hering, F., 2016, A coral-rich unit of Berriasian (Early Cretaceous) age in the Sierra Madre Oriental of northeastern Mexico: *Journal of South American Earth Sciences*, 69, 91-102.
- Ziegler, B. 1958. Monographie der Ammonitengattung *Glochiceras* im epikontinentalen Weissjura Mitteleuropas: *Palaontographica Abt. A*, 110, 4-6, 93-164.
- Ziegler, B. 1974. Über Dimorphismus und Verwandtschaftsbeziehungen bei "Oppelien" des oberen Juras (Ammonoidea: Haplocerataceae), *Beiträge zur Naturkunde*. Stuttgart, Serie B, 11. 42 p.
- Zittel, K. A., 1868-1870, Die Cephalopoden der Stramber Schichten: *Palaontographica* Mitteilungen Museum Bayern Staates. Tomo 2, 1a, 33-118.
- Zittel, K. A. 1881-1885. *Handbuch der Paläontologie*. I Abt: Palaeozoologie. II Band. Mollusca und Arthropoda, München und Leipzig (Oldenbourg). 1-983.

Lámina 1. Sistemática Paleontológica

- (A) *Haploceras* cf. *trasatlanticum* (MZ-3, horizonte 14F cima).
- (B) *Haploceras* spp. (MZ-3, estrato 21).
- (C) *Tarammelliceras* sp. (PP-1, estrato 9).
- (D) *Tarammelliceras* (*Metahaploceras*) *costatum* (CU-1, estrato 4).
- (E) *Tarammelliceras* (*Metahaploceras*) aff. *costatum* (PP-1, estrato 9).
- (F) *Glochiceras* (*Coryceras*) *carinatum* (MZ-3, horizonte 14F cima).
- (G) *Glochiceras* (*Coryceras*) cf. *carinatum* (MZ-3, horizonte 15 cima).
- (H) *Glochiceras* sp. A (MZ-5, estrato 138).
- (I) *Glochiceras* spp. (MZ-3, estrato 26).
- (J) *Hybonoticerias* sp. (MZ-3, estrato 26).
- (K) *Procraspedites* sp. (MZ-3, estrato 26).
- (L) Tipo “*Procraspedites*” (MZ-3, estrato 26).
- (M) *Lithacoceras* sp. (MZ-3, estrato 26).

Escala 1 cm.



ANEXO 1

Abundancia de bioclastos (representada en porcentajes) reconocidos en las microfácies de los horizontes y estratos del perfil Cañón de San Matías (MZ-3). Asterisco (*) para un solo ejemplar.

Microfácies	Estrato	Bioclasto	Abundancia bioclastos (%)
<i>Floatstone-Wackestone</i> de bioclastos con parches locales de <i>packstone</i>	14F base	Ammonites	2
		Ammonitellas	1
		Apticus	5
		Bivalvos articulados	10
		Braquiópodos	3
		Calciesferas	1
		Radiolarios	1
<i>Floatstone-Wackestone</i> de radiolarios	14F media	Calciesferas	4
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (bivalvos)	5
		¿Foraminíferos?	1
		¿Litoclastos?	1
	14 cima	Bivalvos articulados	10
		Calciesferas	7
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	5
	15 base	Bivalvos articulados	5
		Calciesferas	5
		Radiolarios	15
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5
	15 cima	Apticus	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5
	16	Apticus	5
		Calciesferas	5
		Radiolarios	15
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5
	17	Apticus	4
		Bivalvos articulados	8
Calciesferas		5	
Radiolarios		10	
Fragmentos de molusco (no determinados)		3	
<i>Saccoccoma</i>		*	
18	Apticus	5	
	Bivalvos articulados	10	

		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	5
	19	Apticus	3
		Bivalvos articulados	8
		Calciesferas	5
		Radiolarios	10
		Litoclastos?	1
		Fragmentos de molusco (no determinados)	3
	20	Bivalvos articulados	8
		Calciesferas	3
		Radiolarios	15
		¿Dinoflagelados?	1
		Fragmentos de molusco (no determinados)	3
	21	Apticus	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5

MZ-3 Horizonte 14F base

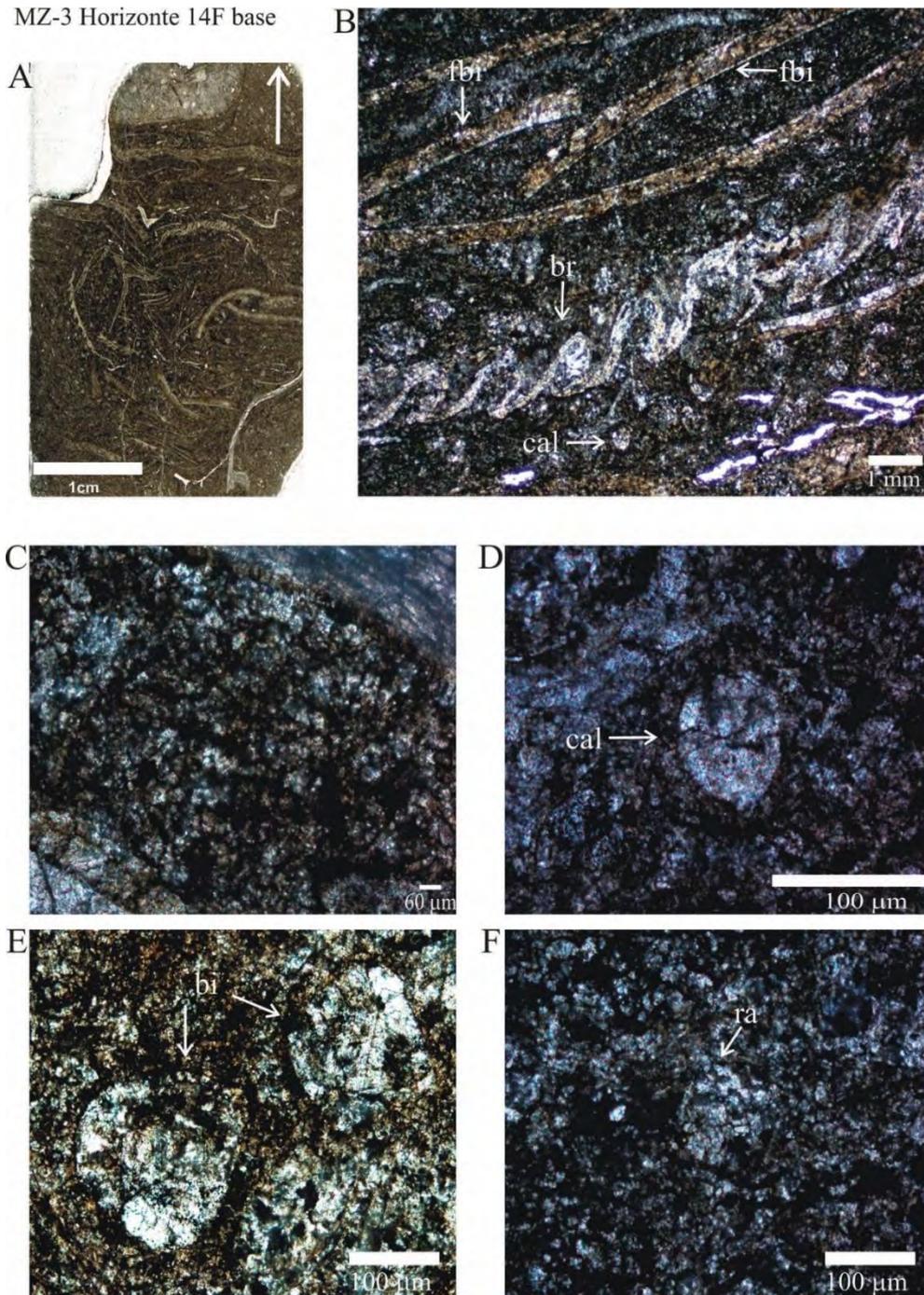


Figura 1. Fotomicrografías del horizonte 14F base. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando organización caótica de bioclastos y empaquetamiento tipo packstone con biofábrica caótica. (B) Fragmentos de bivalvos (bi) y braquiópodo (br) con orientación oblicua. (C) Matriz de microesparita y calcisiltita con tamaño de grano de 30 a 80 μm . (D) Calciesfera (cal). (E) Posibles bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi). (F) Radiolario (rad). Nótese la recrystalización acentuada de los bioclastos y la presencia de envueltas y corpúsculos de posible origen orgánico. Todas las imágenes con luz transmitida y corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

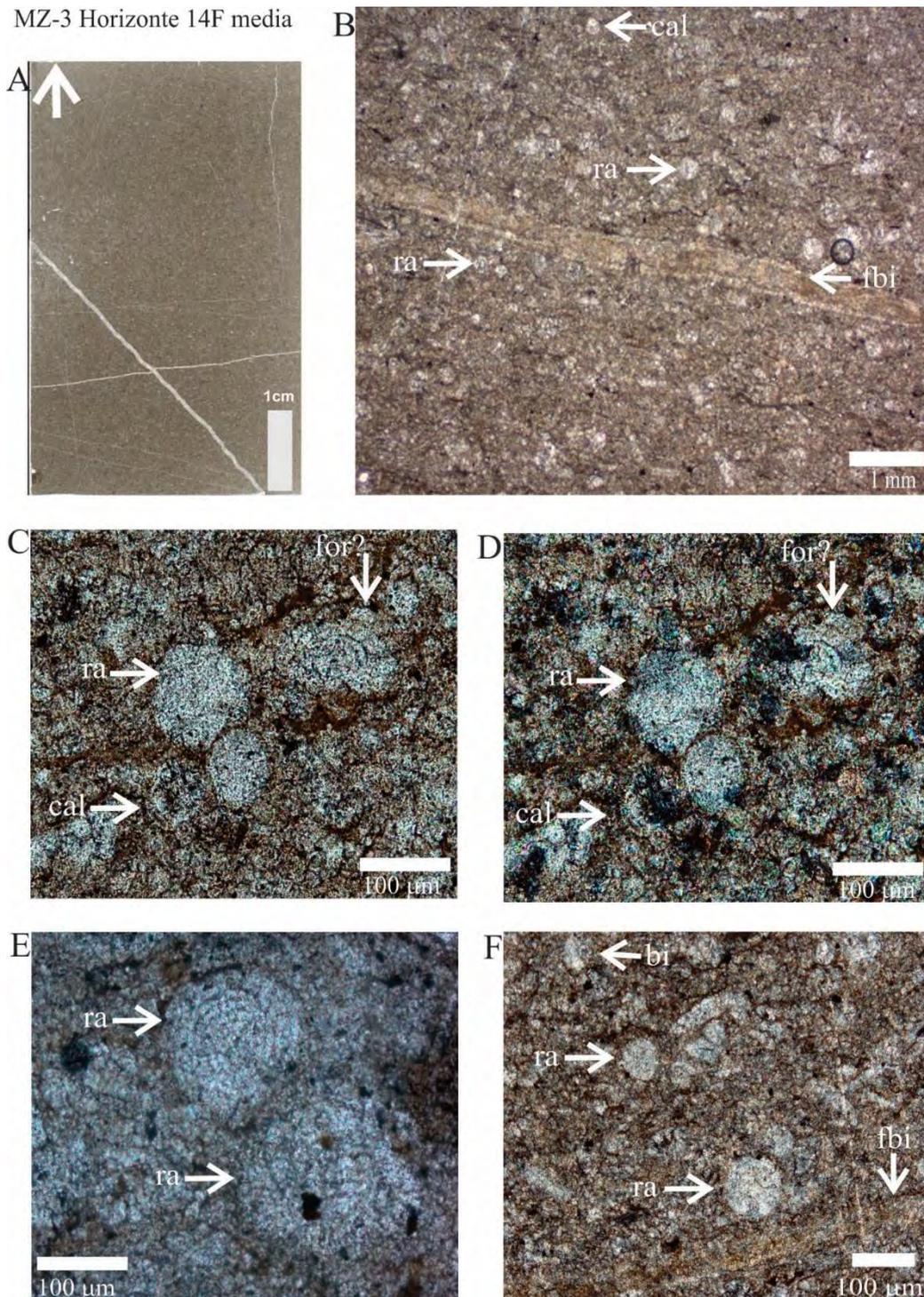


Figura 2. Fotomicrografías del Horizonte MZ-3 14F media. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación en matriz fina con pequeños granos de cuarzo. (B) Bivalvo (fbiv), Calciesfera (cal) y radiolarios (ra) y. (C) y (D) Calciesfera (cal), posible foraminífero (for?) y litoclasto (lit?) rad. (E) Radiolario (ra) y foraminífero (for?). (F) Bivalvos articulados (bi) y fragmentos de bivalvo (fbi), radiolarios (ra). Todas las imágenes con luz transmitida, excepto D que está con luz polarizada (giro 90°). Nótese la posición oblicua de los fragmentos.

MZ-3 Horizonte 14F techo

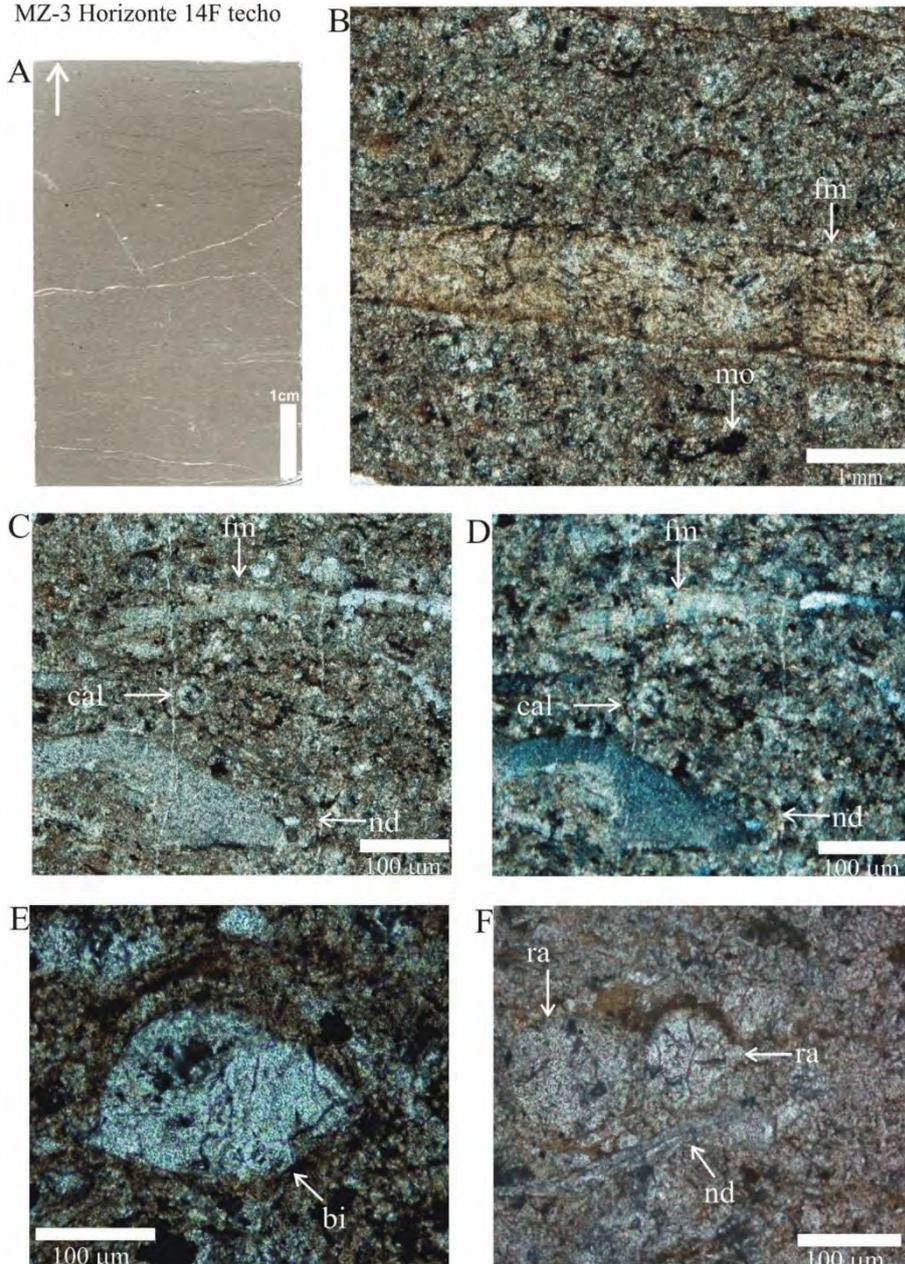


Figura 3. Fotomicrografías del Horizonte MZ-3 14F cima. (A) Sección delgada en corte perpendicular a la estratificación, mostrando laminación producida por bioclastos alargados en matriz fina, tamaño de grano de limo medio a grueso (30 a 60 μm). (B) Fragmento de molusco (fm). (C) y (D) Calciesfera (cal), fragmento de molusco (fm) y fragmento no determinado (nd). (E) Bivalvo articulado en fase larvaria (bi), corte transverso separado del umbo. (F) Radiolarios (ra) y fragmento no determinado (nd). Todas las imágenes con luz transmitida, excepto D con luz polarizada. Nótese la posición ligeramente oblicua de cuerpos alargados (fragmentos de molusco y fragmentos no determinados), la recristalización acentuada, la presencia de envueltas y corpúsculos ferruginosos de posible origen orgánico (mo). Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

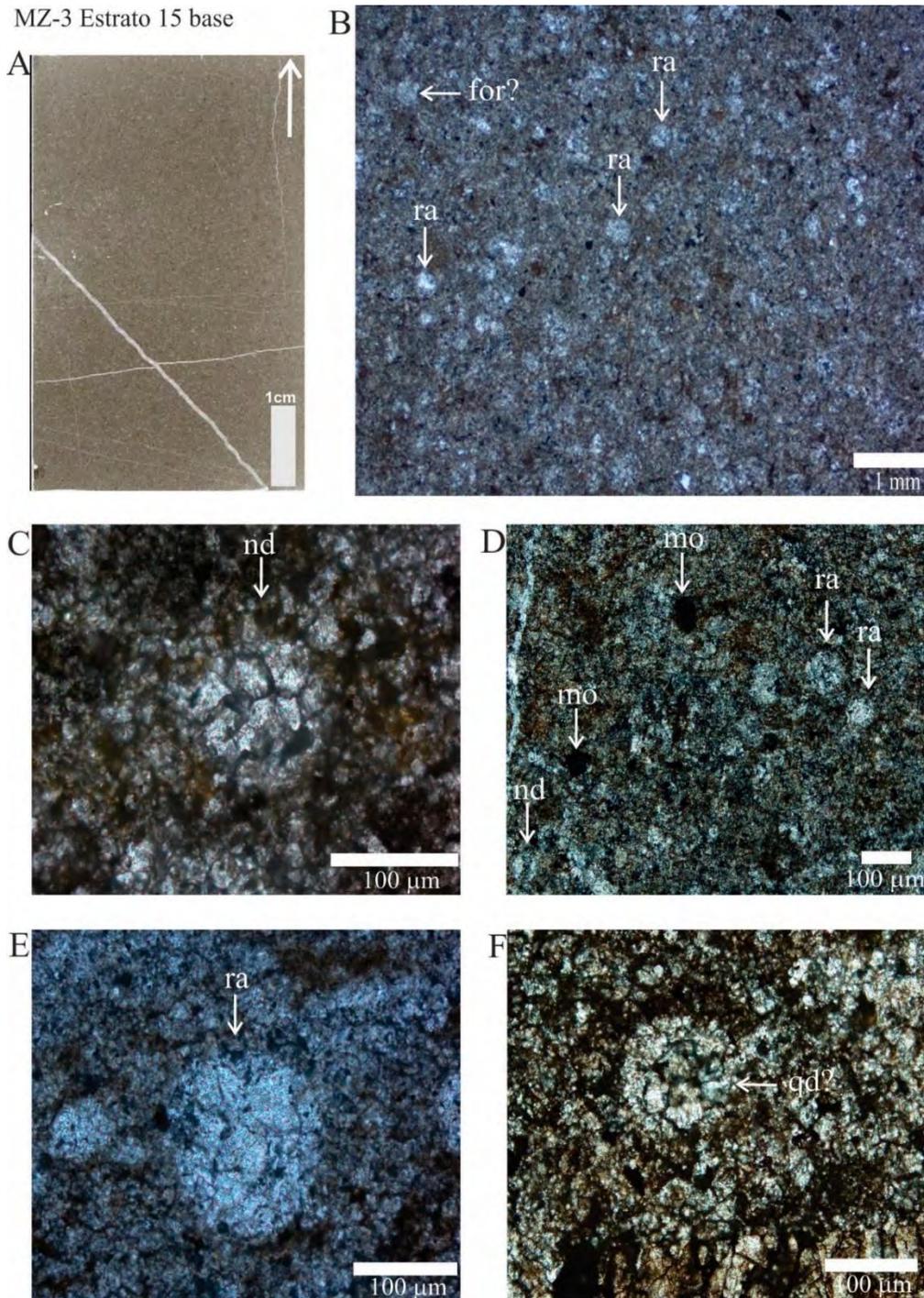


Figura 4. Fotomicrografías del estrato MZ-3 15 base. (A) Sección delgada de plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz fina y ausencia de bioclastos alargados. (B) Radiolarios recrystalizados (ra) en matriz recrystalizada, “microesparítica y un posible foraminífero (for?). (C) bioclasto no determinado (nd). (D) Radiolarios recrystalizados (ra) y corpúsculos de materia orgánica (mo) en matriz “microesparítica”. (E) Radiolario recrystalizado (ra) y (F) Posible quiste de dinoflagelado calcáreo con envuelta orgánica externa (qd?). Todas las imágenes con luz transmitida. Se resalta la presencia de corpúsculos de materia orgánica (mo), la existencia de envueltas de posible origen orgánico y la acentuada recrystalización de matriz y bioclastos. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

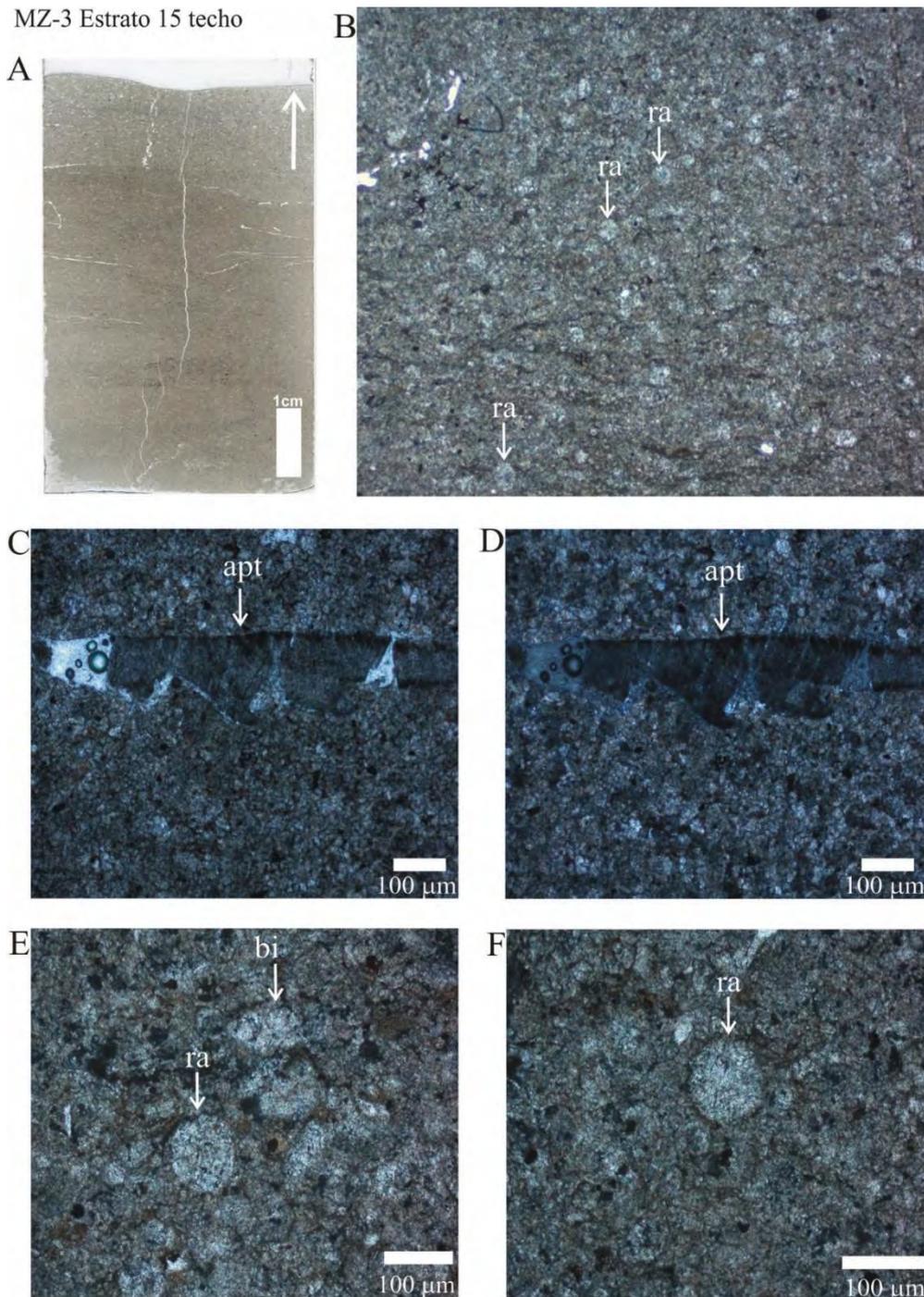


Figura 5. Fotomicrografías del Horizonte MZ-3 15 cima mostrando microlaminación sedimentaria con ondulaciones y acuñaientos laterales (¿laminación cruzada, microripples?) en matriz fina con pequeños granos de cuarzo. (A) Sección delgada, corte paralelo a la estratificación. (B) Radiolarios (RA). (C) y (D) Apticus parcialmente silicificado (apt) en matriz recristalizada. (E) Posible bivalvo articulado en fase larvaria (bi) y radiolarios (ra). (F) Radiolario (ra). Todas las imágenes están en luz transmitida, excepto D con luz polarizada. Se resalta la recristalización de matriz y bioclastos, y la existencia de cuerpos filamentosos discontinuos, corpúsculos y envueltas de posible origen orgánico. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

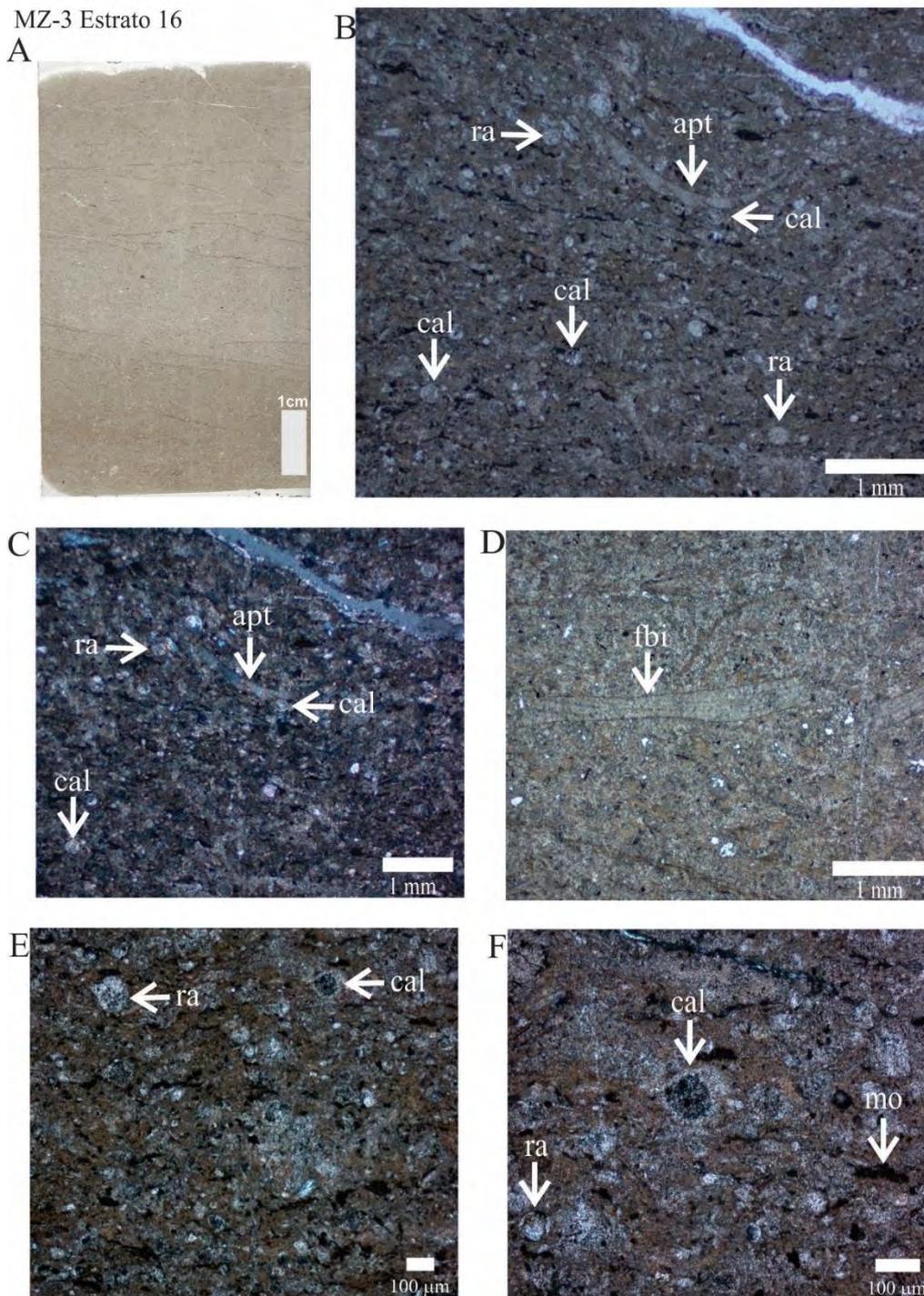


Figura 6. Fotomicrografías del Estrato MZ-3- 16 (A) Sección delgada, en plano de corte perpendicular a la estratificación, mostrando laminación debida a orientación concordante y/o ligeramente oblicua de bioclastos de aspecto filamentoso en matriz fina con pequeños granos de cuarzo. (B) y (C) Radiolarios (ra), calciesferas (cal) y Apticus (apt); Nótense bioclastos parcialmente silicificados. (D) Fragmento de bivalvo (fbi). (E) y (F) Radiolarios (ra) y calciesferas silicificadas (cal). Todas las imágenes con luz transmitida, excepto C con luz polarizada. Se resalta la presencia de materia orgánica (mo) y la recristalización acentuada. Las imágenes B, C y D corresponden a la sección delgada ilustrada en A. E y F corresponden a una segunda sección delgada realizada en el mismo plano de corte.

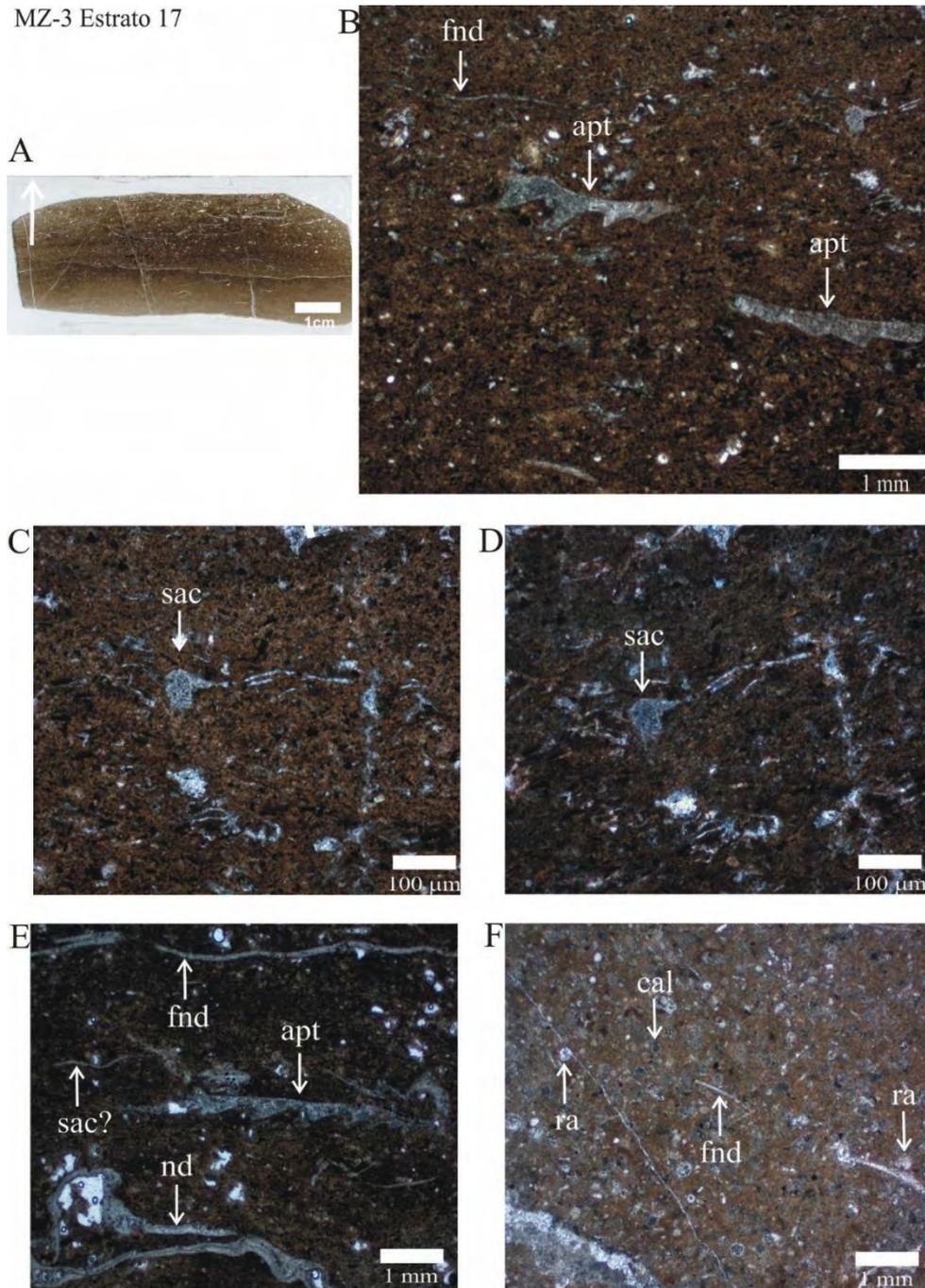


Figura 7. Fotomicrografías del estrato MZ-3-17 (A) Sección delgada, en plano de corte perpendicular a la estratificación, mostrando laminación concordante de bioclastos en matriz ocre, microcristalina. (B) Apticus (apt), filamento no determinado (fnd). (C) y (D) Detalle de (A) mostrando *Saccocoma* (sac). (E) Apticus (apt), posible *Saccocoma* (sac?), bajo interrogación, ya que no se comporta como un monocristal y filamentos no determinado (fnd), el segundo caso frecuentemente interpretados como restos de posibles bivalvos flotadores en fondos blandos o pelágicos). (F) Calciesfera (cal), radiolarios (ra) y filamento no determinado (fnd). Todas las imágenes con luz transmitida, excepto (D) con luz polarizada (giro de 90 grados); oscurecimiento acusado de la matriz relacionado con el contenido en materia orgánica). Bioclastos parcialmente silicificados. Las imágenes B, C, D y E corresponden a la sección delgada ilustrada en A. F corresponde a una segunda sección delgada realizada en el mismo plano de corte.

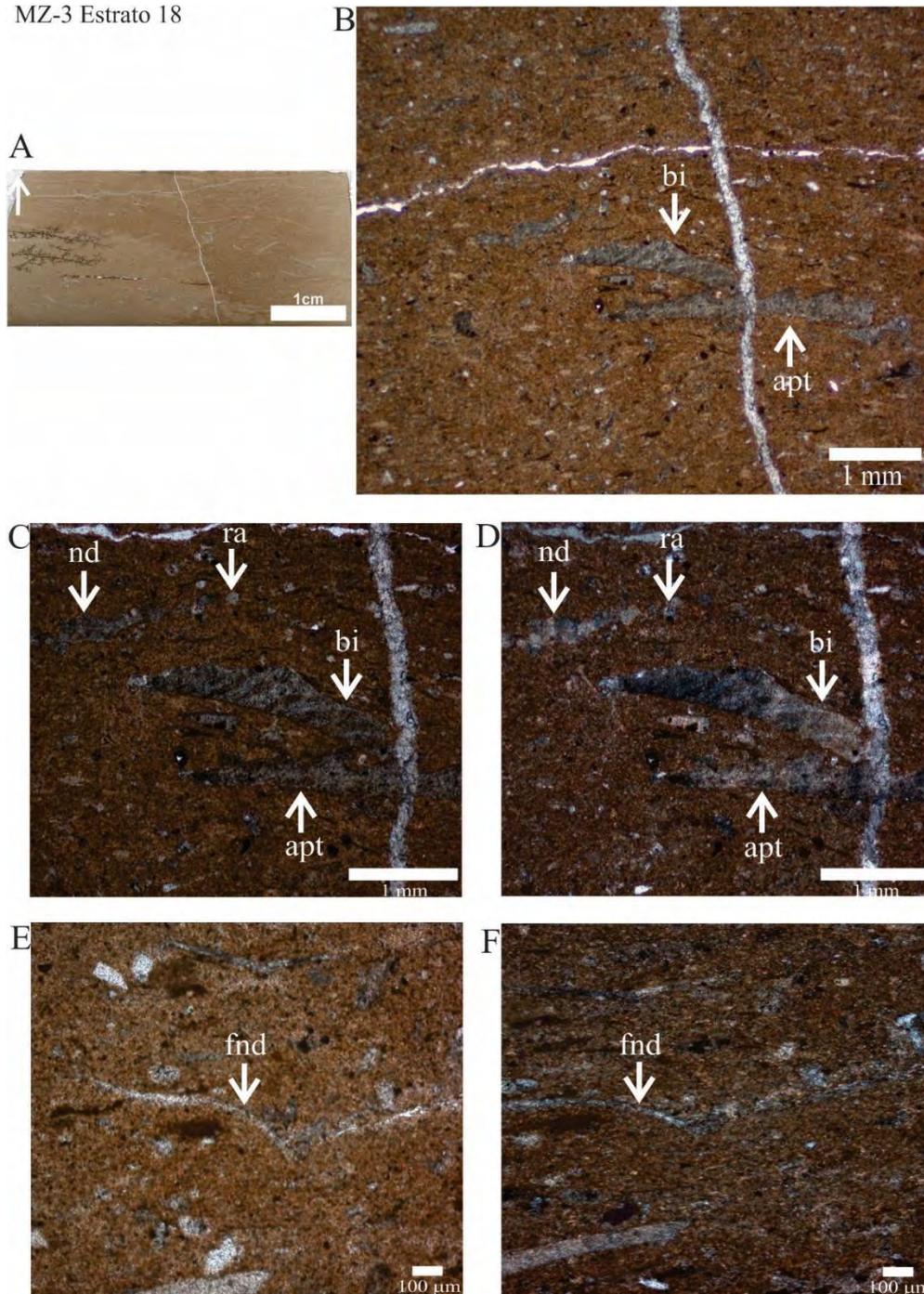


Figura 8. Fotomicrografías del estrato MZ-3-18. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando orientación variable de bioclastos alargados y diferenciación diagenética del color en matriz ocre con crecimientos locales de óxidos de manganeso y pequeños granos de cuarzo. (B) Fragmentos de bivalvo (fbi) y filamentos no determinados (fnd) interpretados como restos de posibles bivalvos flotadores en fondos blandos o pelágicos). (C) y (D) Bivalvo (bi), Apticus (apt), radiolario (ra), fragmento no determinado (nd), (E) y (F) Filamento no determinado (fnd). Nótese silicificación parcial de bioclastos y existencia de cuerpos filamentosos discontinuos, corpúsculos y envueltas ferruginosas de posible origen orgánico. Todas las imágenes con luz transmitida, excepto D y F con luz polarizada (giro 80°). Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

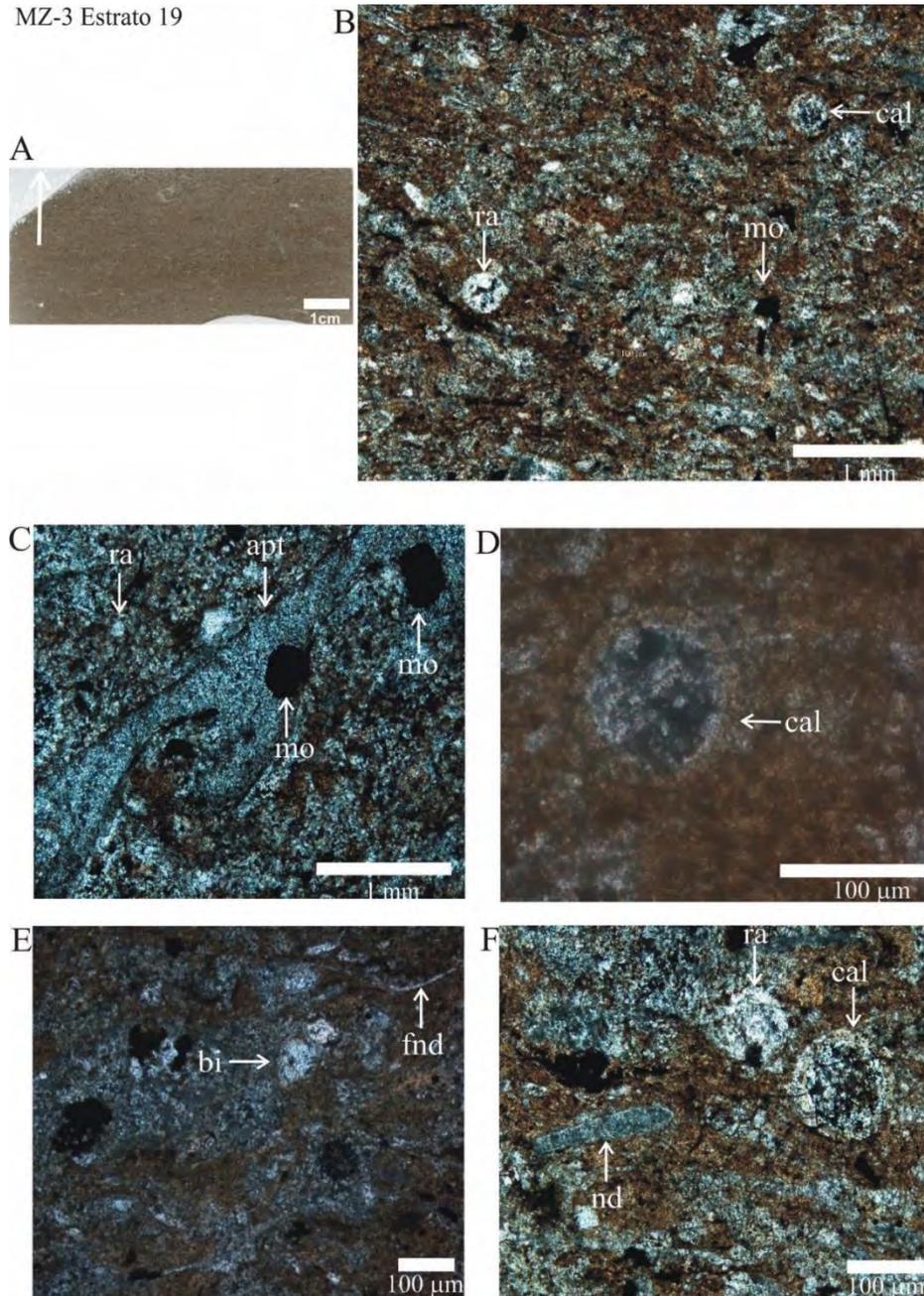


Figura 9. Fotomicrografías del estrato MZ-3-19. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando sutiles indicios de laminación sedimentaria en matriz ocre con pequeños granos de cuarzo. (B) Radiolario (ra), calciesfera (cal) y corpúsculos de posible materia orgánica (mo) o ferruginosos. (C) Apticus (apt), radiolario (ra) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (D) Calciesfera recrystalizada con pared externa microgranular (¿orgánica?) (cal). (E) Fase larvaria de bivalvo articulado (bi) y filamento de no determinado (fnd). (F) Radiolario (rad), Calciesfera recrystalizada con pared externa microgranular (¿orgánica?) (cal) y fragmento de bordes redondeados no determinado (nd). Nótese acentuada recrystalización de bioclastos y matriz, así como silicificación de algunos bioclastos y la existencia de cuerpos filamentosos discontinuos, corpúsculos y envueltas ferruginosas de posible origen orgánico. Todas las imágenes con luz transmitida. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

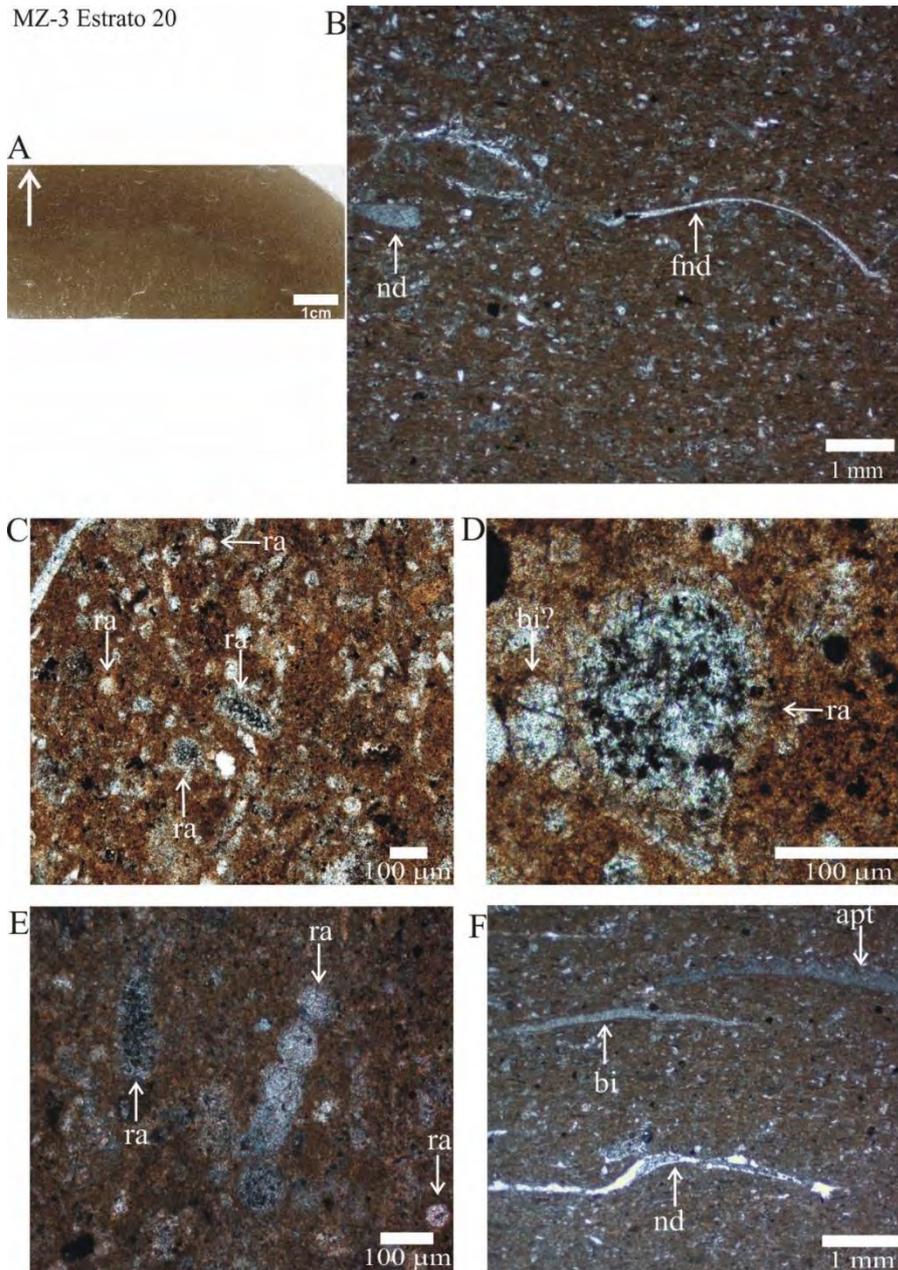


Figura 10. Fotomicrografías del estrato MZ-3-20. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz ocre de grano fino, sutiles indicios de laminación y variación diagenética del color. (B) Filamento no determinado (fnd; ¿bivalvo?) y fragmento redondeado no determinado (nd). (C) Radiolarios (ra) y calciesfera (cal). (D) Calciesfera (cal) y posible bivalvo articulado en fase larvaria no avanzada (bi?), (E) Radiolarios (ra). (F) Apticus (apt), bivalvo (bi) y fragmento no determinado (nd). Nótese acentuada recrystalización de bioclastos y matriz, silicificación de algunos bioclastos y la existencia de cuerpos filamentosos discontinuos, corpúsculos y envueltas ferruginosas de posible origen orgánico. Todas las imágenes con luz transmitida. Los filamentos, son translúcidos, sin microestructura evidente. Hay una notable silicificación de los bioclastos y presencia de corpúsculos de materia orgánica. Todas las imágenes con luz transmitida, excepto E con luz polarizada (giro 80°). Las imágenes C, D y E corresponden a la sección delgada ilustrada en A. B y F corresponden a una segunda sección delgada realizada en el mismo plano de corte.

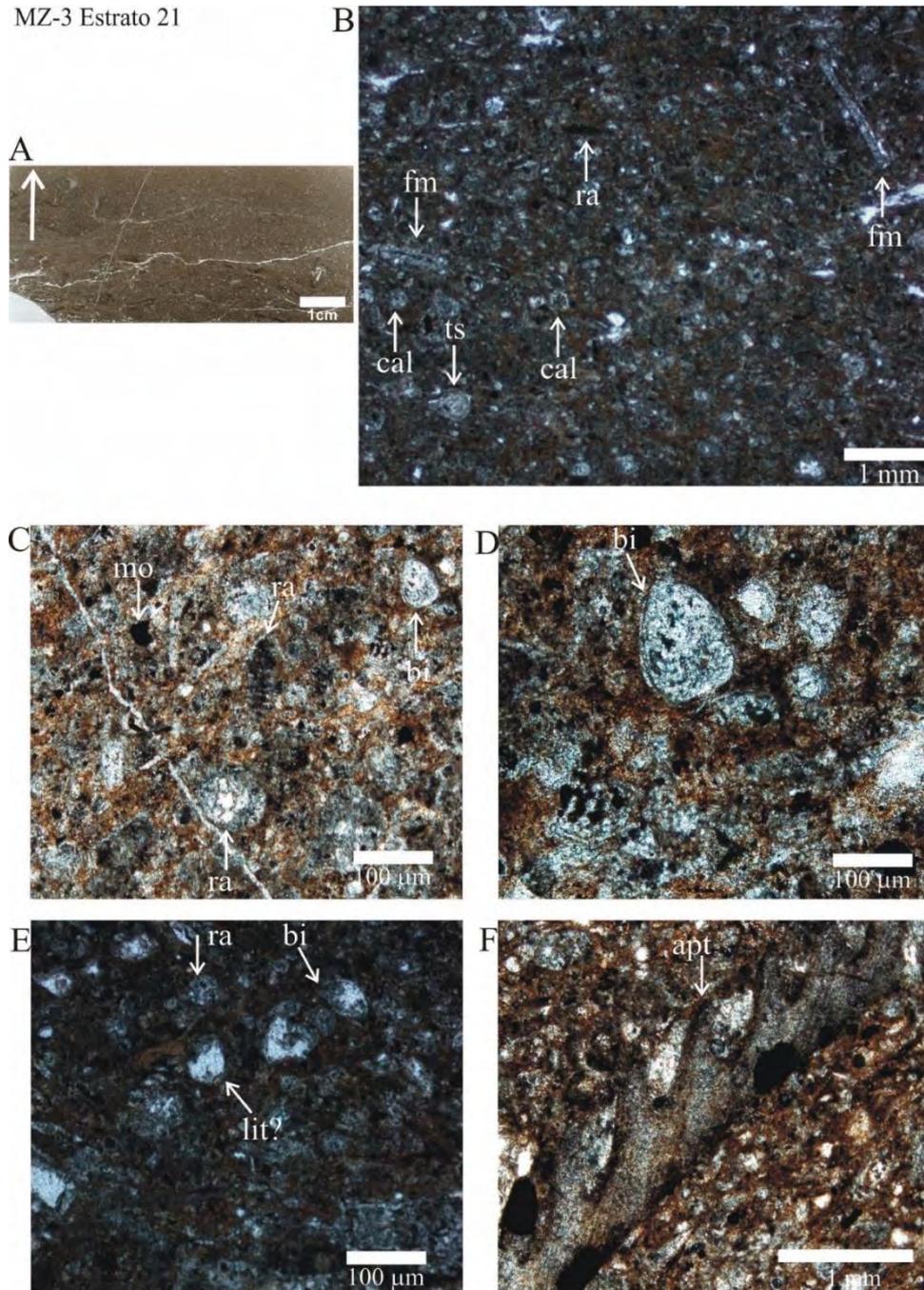


Figura 11. Fotomicrografías del estrato MZ-5-21. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz ocre con evidencias de laminación ondulada y raros bioclastos alargados en la parte superior. (B) Radiolarios (rad), calciesferas (cal), fragmentos de molusco recristalizados (fm) y posible tubo de serpúlido recristalizado (ts). (C) Radiolarios (ra), bivalvo en fase larvaria (bi) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (D) Bivalvo (bi). (E) Radiolario (rad), bivalvo en fase larvaria (bi) y posible litoclasto (lit?). (F) Apticus (apt) Todas las imágenes con luz transmitida, excepto E con luz polarizada (giro 80 grados mostrando tonos oscuros relacionados a la existencia de materia orgánica). Nótese bioclastos parcialmente silicificados, presencia de cuerpos filamentosos discontinuos, corpúsculos y envueltas ferruginosas de posible origen orgánico.

Abundancia de bioclastos (representada en porcentajes) reconocidos en las microfacies de los horizontes y estratos del perfil Cañada Las Bocas (MZ-5).

Microfacies	Estrato	Bioclasto	Abundancia bioclastos (%)
<i>Floatstone-Wackestone</i> de bioclastos con parches locales de <i>packstone</i>	128	Ammonites	2
		Ammonitellas	5
		Apticus	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	2
		Fragmentos de molusco (bivalvos)	10
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	5
	129 base	Apticus	5
		Bivalvos articulados	5
		Radiolarios	2
Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)		5	
<i>Floatstone-Wackestone</i> de radiolarios	129 cima	Bivalvos articulados	10
		Calciesferas	7
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	5
	130 base	Bivalvos articulados	5
		Calciesferas	1
		Radiolarios	15
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5
	130 media	Apticus	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5
	130 cima	Apticus	5
		Calciesferas	5
		Radiolarios	15
		¿Foraminíferos?	1
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5
	131	Apticus	4
		Bivalvos articulados	8
		Calciesferas	2
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (no determinados)	3
	132	Apticus	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	5
	133	Apticus	3
		Bivalvos articulados	8
Calciesferas		2	
Radiolarios		10	
Fragmentos de molusco (no determinados)		3	

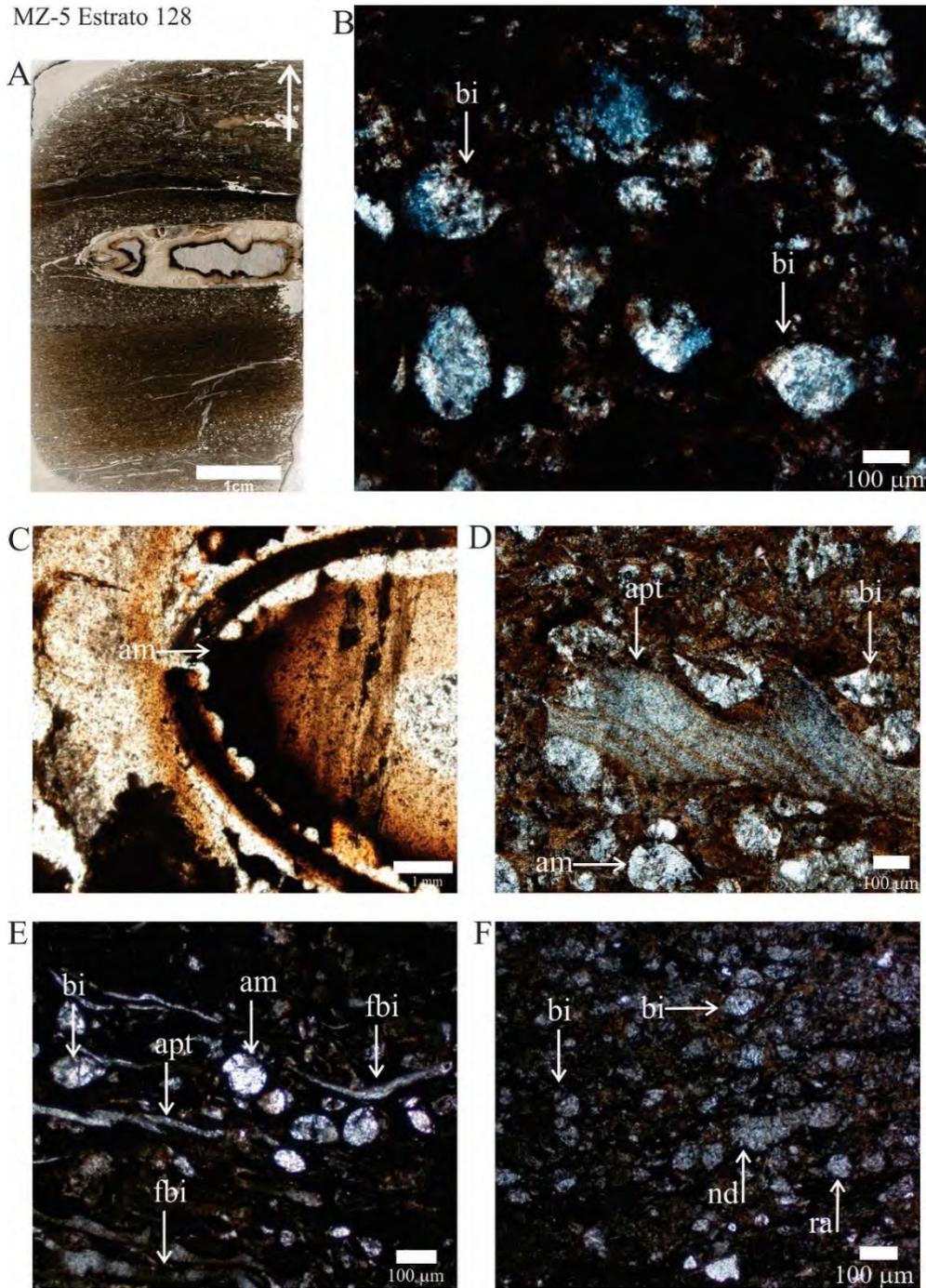


Figura 12. Fotomicrofotografías del estrato MZ-5 128 (A) Sección delgada en plano de corte paralelo a la estratificación, en la parte superior se puede observar la organización caótica de los bioclastos (B) Bivalvos articulados en fase larvaria, parcialmente silicificados y con orientación oblicua y vertical. (C) Ammonite. (D) Apticus (apt), bivalvo (bi) y ammonitella (am). (E) Bivalvo articulado en fase larvaria (biv), ammonitellas (ammon) y fragmentos de bivalvos (fbi). (F) Radiolario (rad), bivalvos articulados (bi) y fragmentos no determinados (dt). Todas las imágenes con luz transmitida, excepto B que está con luz polarizada. Nótese la posición oblicua de los bioclastos. Las imágenes corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

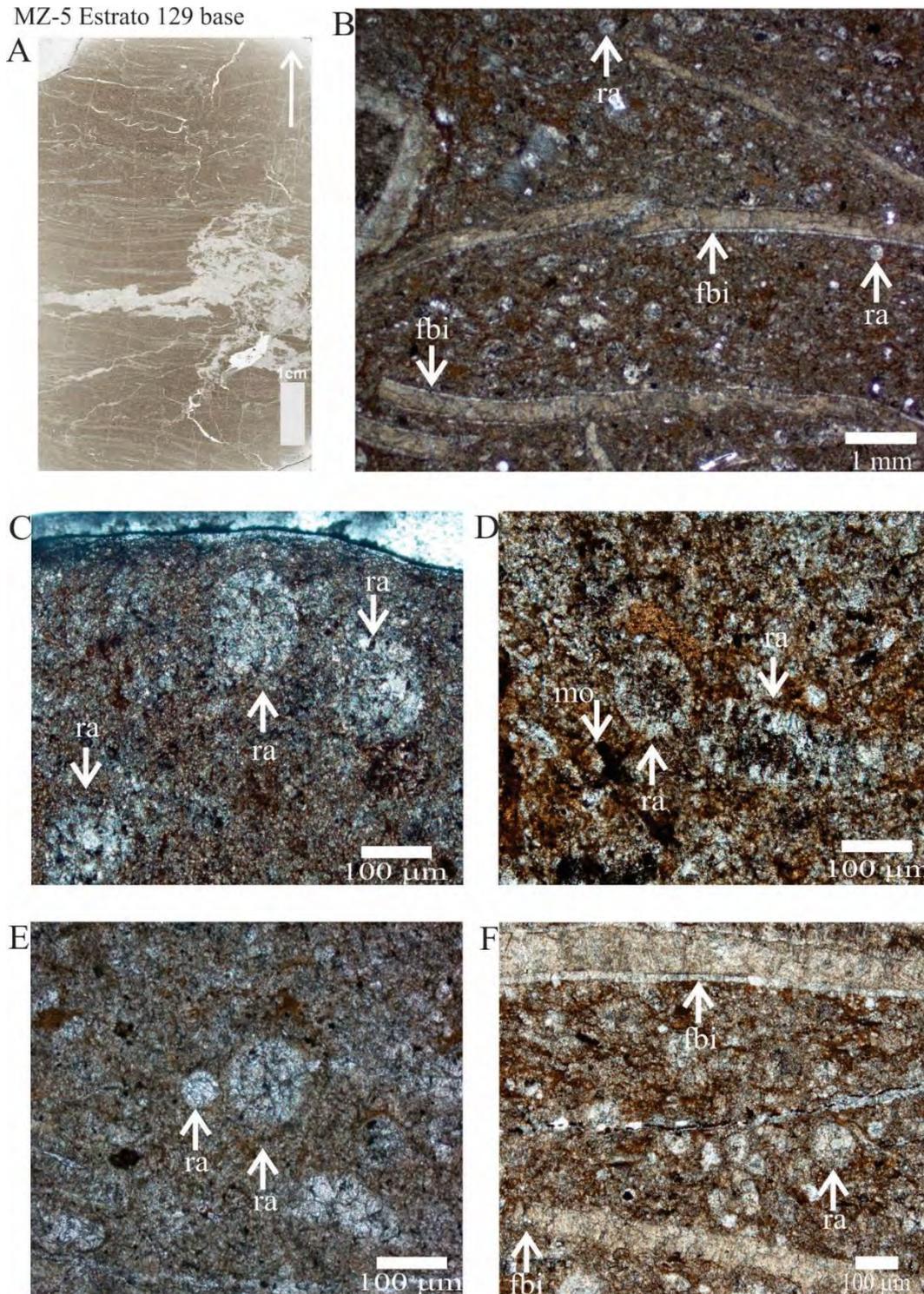


Figura 13. Fotomicrofotografías del estrato MZ-5 129 base. (A) Sección delgada en corte paralelo a la estratificación. (B) Radiolarios (rad) y fragmentos de bivalvo (fbi). (C) Radiolarios (ra) (D) Radiolarios (ra) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (E) Radiolario (rad). (F) Radiolario (ra) y fragmentos de bivalvos (fbi). Todas las imágenes están en luz transmitida, excepto C y D que están en luz polarizada. Nótese la posición oblicua de los bioclastos y la recrystalización de éstos. Las imágenes corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

MZ-5 Estrato 129 techo

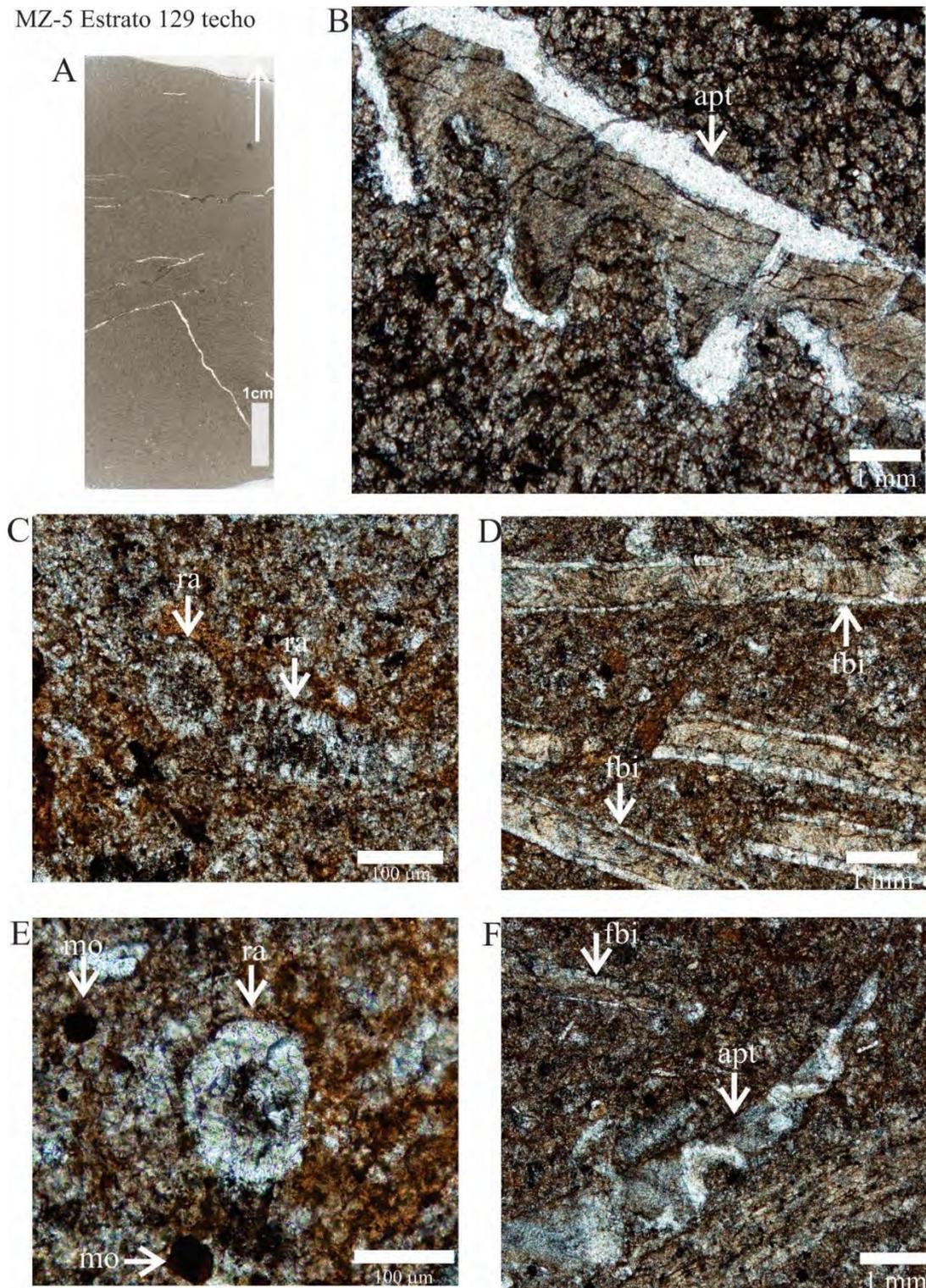


Figura 14. Fotomicrofotografías del estrato MZ-5 129 base. (A) Sección delgada en corte paralelo a la estratificación. (B) Apticus (apt). (C) Radiolarios (ra). (D) Fragmentos de bivalvos (fbi). (E) Radiolario (rad), corpúsculos de materia orgánica (mo). (F) Apticus (apt) y fragmentos de bivalvo (fbi). Todas las imágenes están en luz transmitida. Nótese la posición oblicua de los bioclastos y la recrystalización de éstos. Las imágenes corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

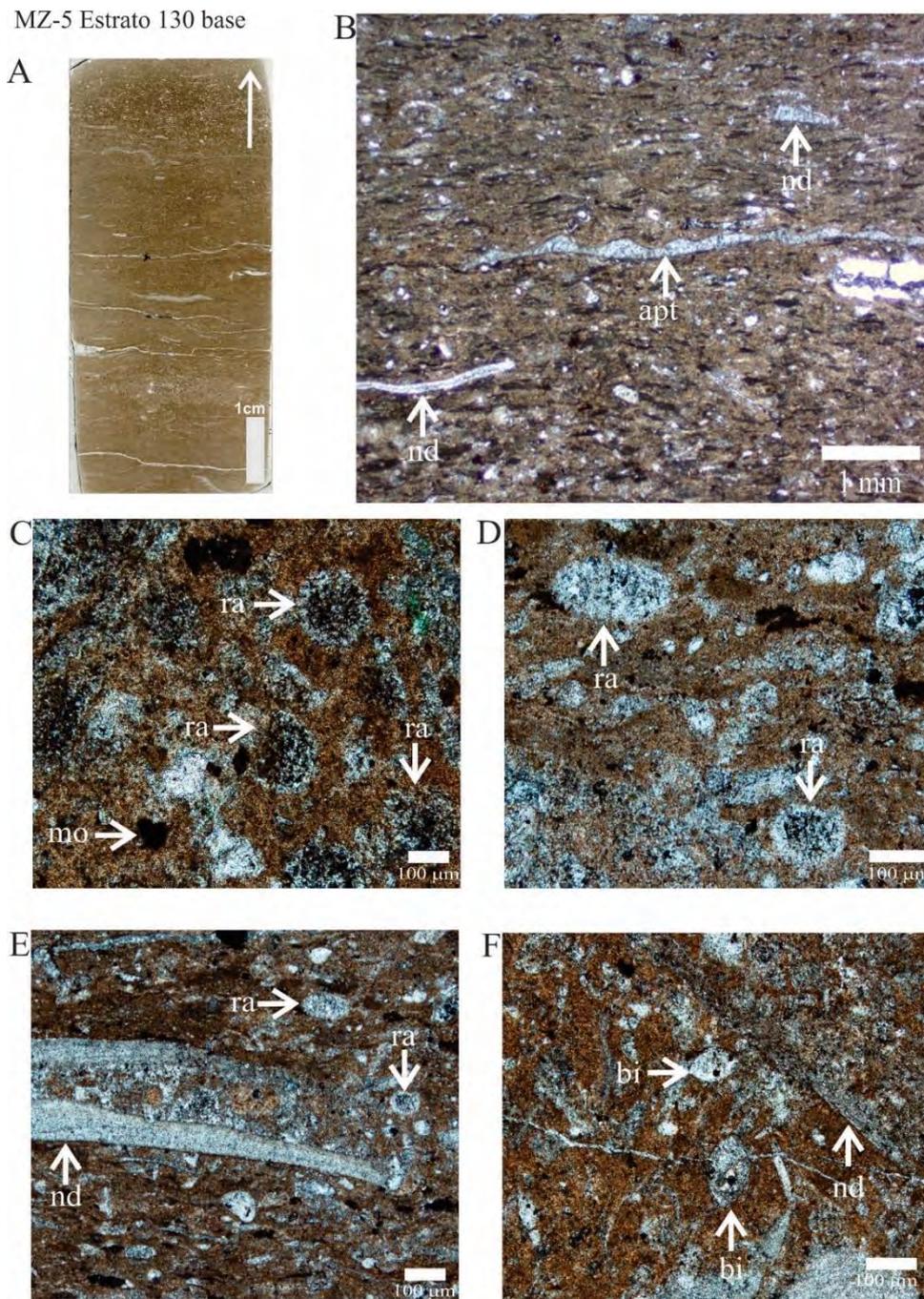


Figura 15. Fotomicrofotografías del estrato MZ-5 130 base. (A) Sección delgada en corte paralelo a la estratificación, mostrando matriz ocre de grano fino, sutiles indicios de laminación. (B) Apticus (apt), fragmentos no determinados (nd). (C) Radiolarios (ra), corpúsculos de materia orgánica (mo). (D) Radiolarios (ra). (E) Radiolarios (ra) y filamento no determinado (nd). (F) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y fragmentos no determinados (nd). Nótese acentuada recristalización de bioclastos y matriz, corpúsculos y envueltas ferruginosas de posible origen orgánico. Los filamentos, son translúcidos, sin microestructura evidente. Todas las imágenes con luz transmitida, excepto C con luz polarizada (giro 80°).

MZ-5 Estrato 130 media

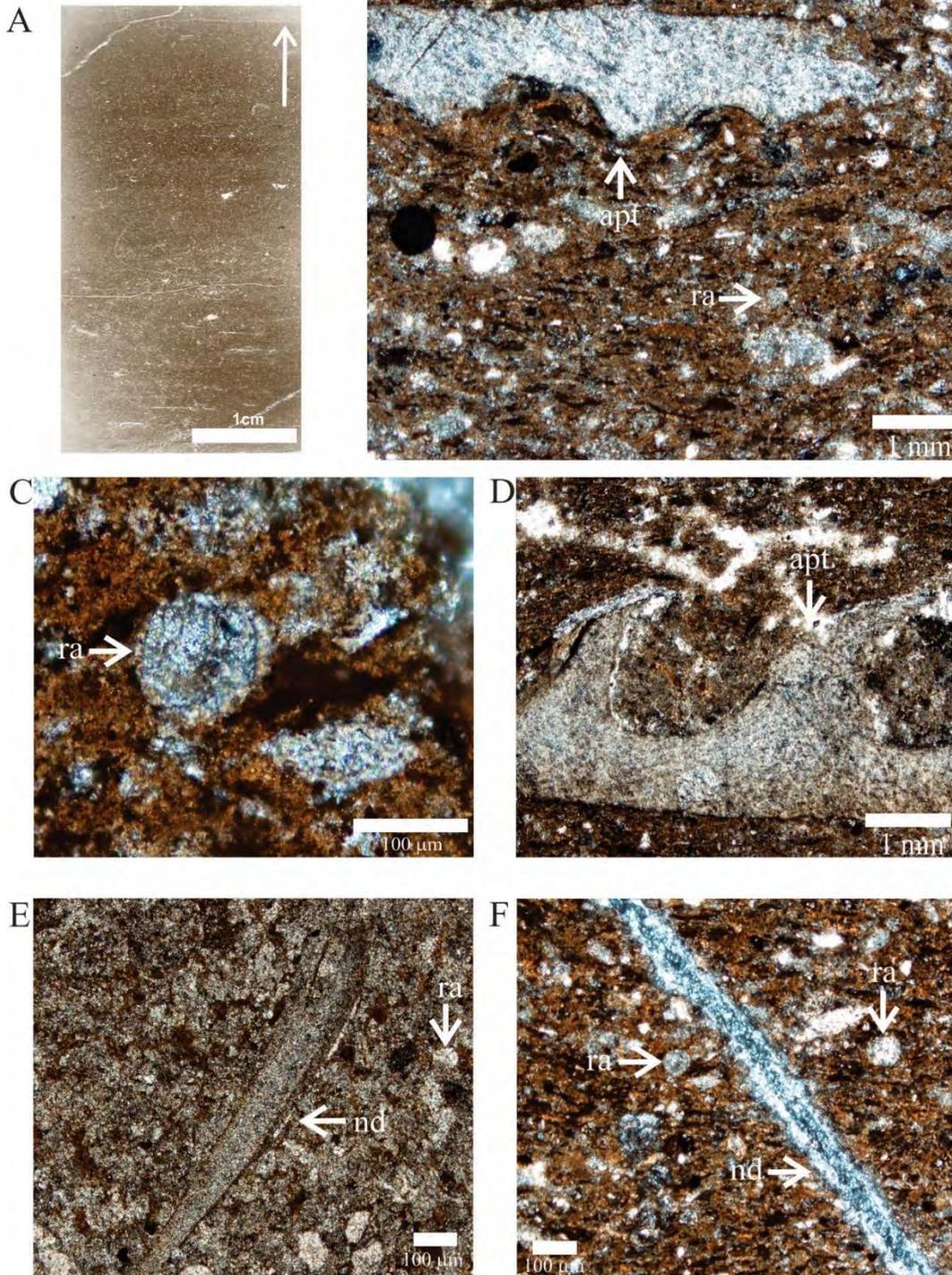


Figura 16. Fotomicrofotografías del estrato MZ-5 130 media. (A) Sección delgada, en plano de corte paralelo a la estratificación, mostrando laminación concordante de bioclastos en matriz ocre, microcristalina. (B) Apticus (apt) y radiolarios (ra). (C) Radiolario (ra). (D) Apticus (apt). (E) Radiolario (ra) y fragmento redondeado no determinado (nd). (F) Radiolarios (ra) y fragmento no determinado (nd). Todas las imágenes están en luz transmitida. Las imágenes B, C, y F corresponden a la sección delgada ilustrada en A. D y E corresponde a una segunda sección delgada realizada en el mismo plano de corte.

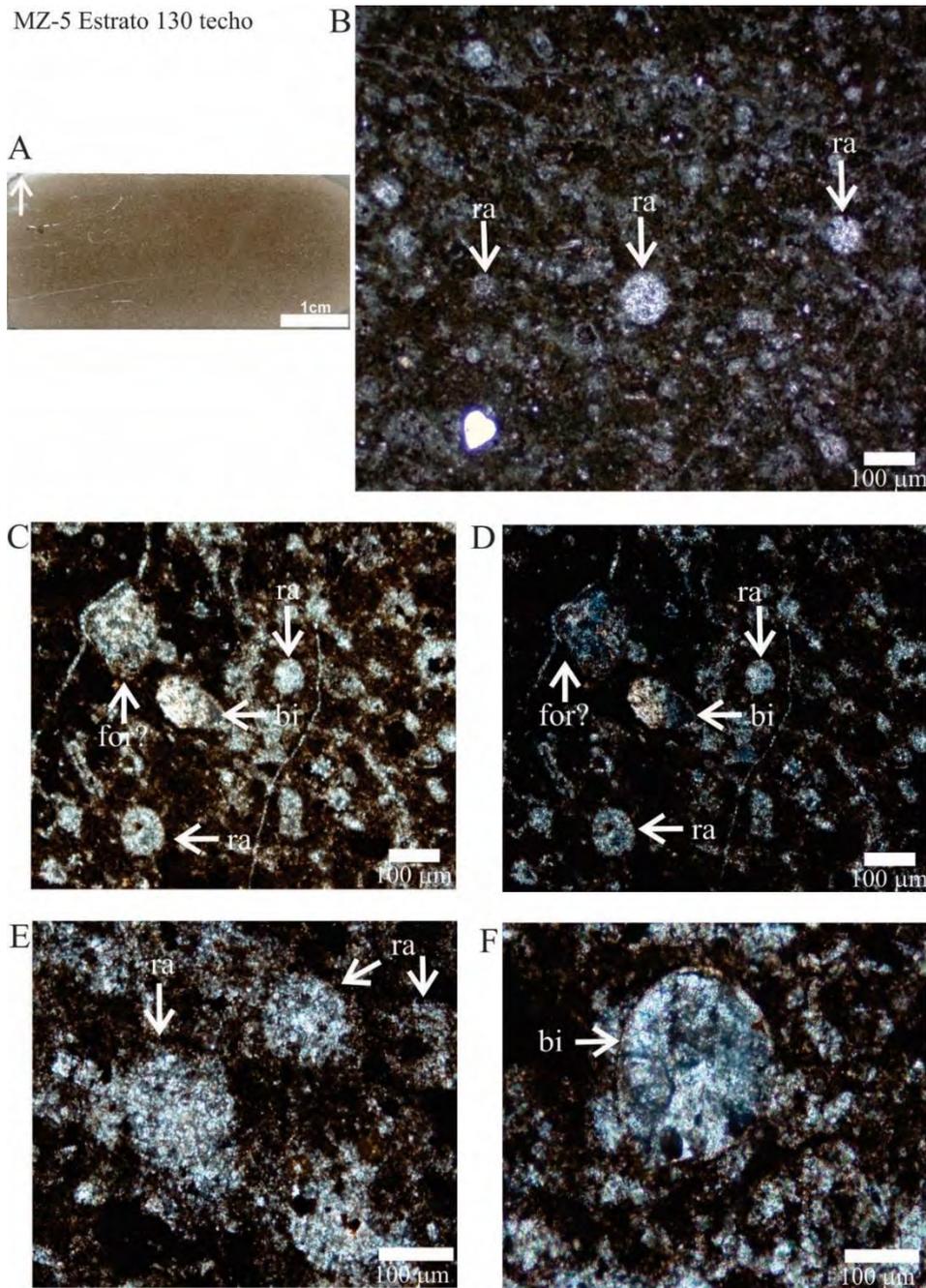


Figura 17. Fotomicrofotografías del estrato MZ-5 130 cima. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz ocre con evidencias de laminación ondulada y bioclastos en posición oblicua en la parte superior. (B) Radiolarios (ra). (C) y (D) Bivalvos articulados en fase larvaria (bi), radiolarios (ra), posible foraminífero (for?). (E) Radiolarios (ra). (F) Bivalvo articulado en fase larvaria (bi). Todas las imágenes están en luz transmitida, excepto D que está con luz polarizada. (giro 80 grados mostrando tonos oscuros relacionados a la existencia de materia orgánica. Nótese bioclastos parcialmente silicificados, presencia de cuerpos filamentosos discontinuos, corpúsculos y envueltas ferruginosas de posible origen orgánico. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

MZ-5 Estrato 131

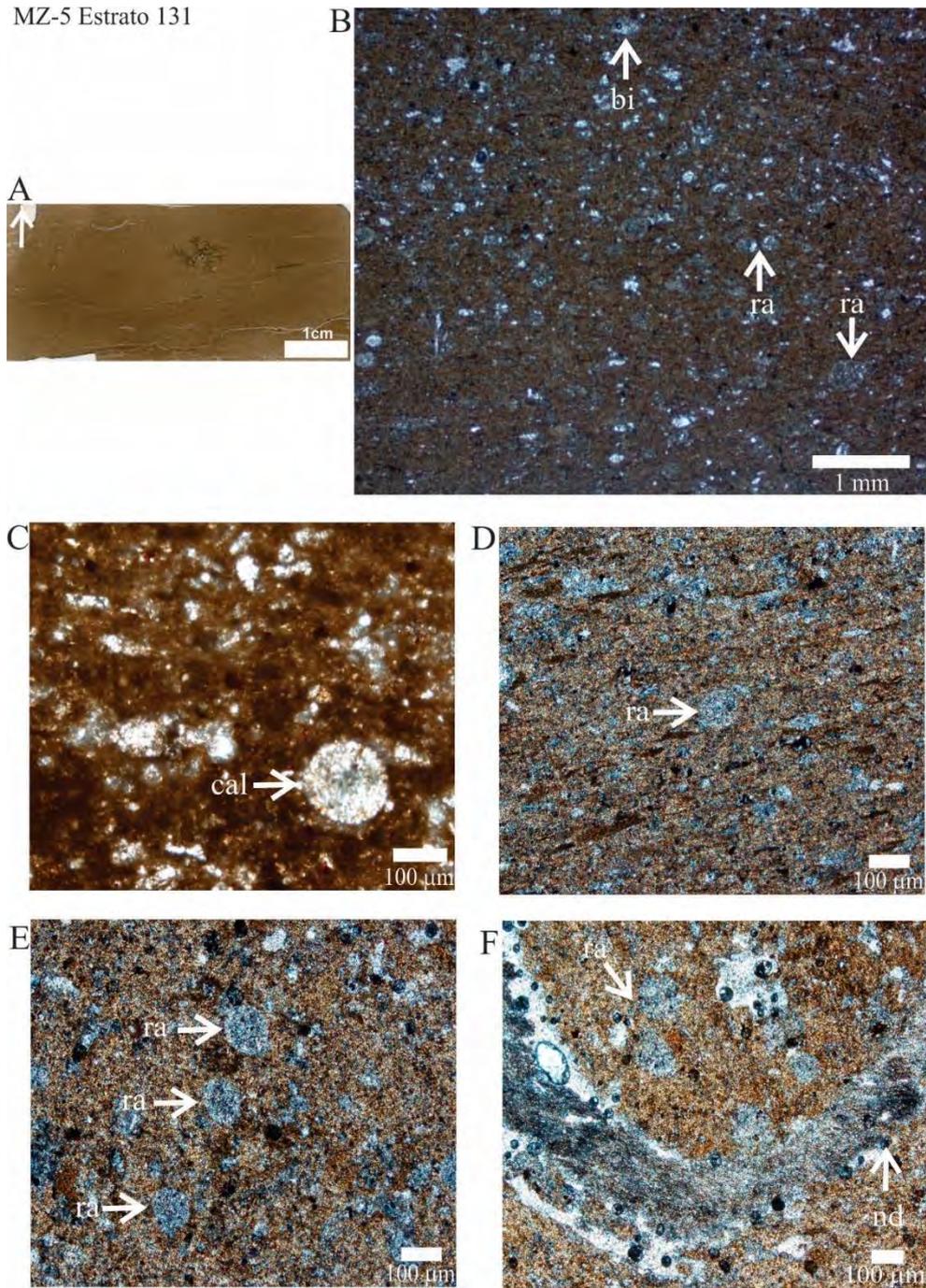


Figura 18. Fotomicrofotografías del estrato MZ-5 131. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz ocre con evidencias de laminación ondulada y bioclastos en posición oblicua en la parte superior. (B) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi), radiolarios (ra). (C) Calciesfera (cal). (D) Radiolario (ra). (E) Radiolarios (ra). (F) Radiolarios y fragmentos no determinados (nd). Todas las imágenes están en luz transmitida. Nótese los bioclastos silicificados y la presencia de corpúsculos de materia orgánica. Las imágenes B y C corresponden a la sección delgada ilustrada en A. D, E y F corresponden a una segunda sección delgada realizada en el mismo plano de corte.

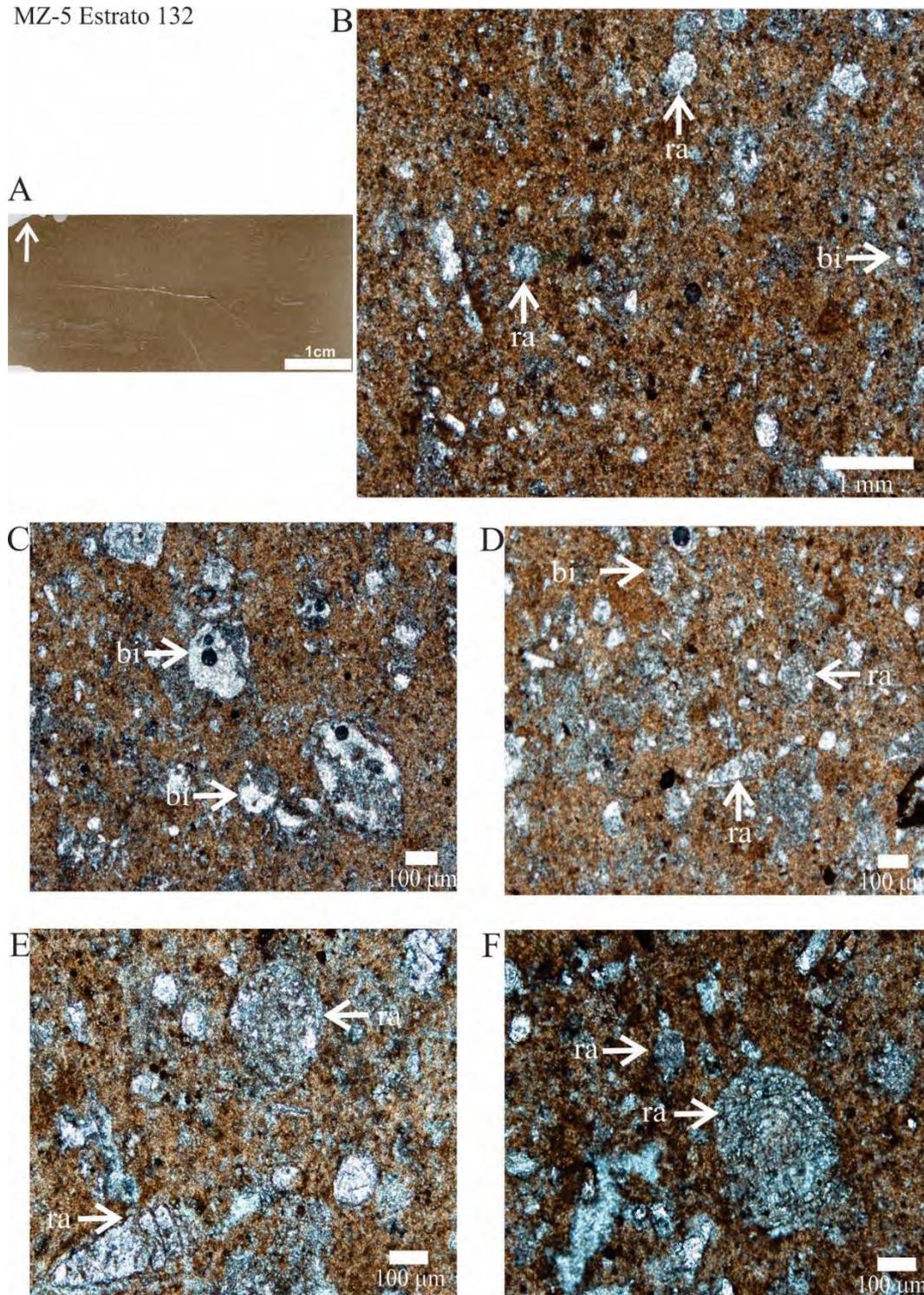


Figura 19. Fotomicrofotografías del estrato MZ-5 132. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz ocre. (B) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi), radiolarios (ra). (C) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi). (D) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y radiolarios (ra). (E) Radiolarios (ra). (F) Radiolarios. Todas las imágenes están en luz transmitida. Nótese los bioclastos silicificados y la presencia de corpúsculos de materia orgánica. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

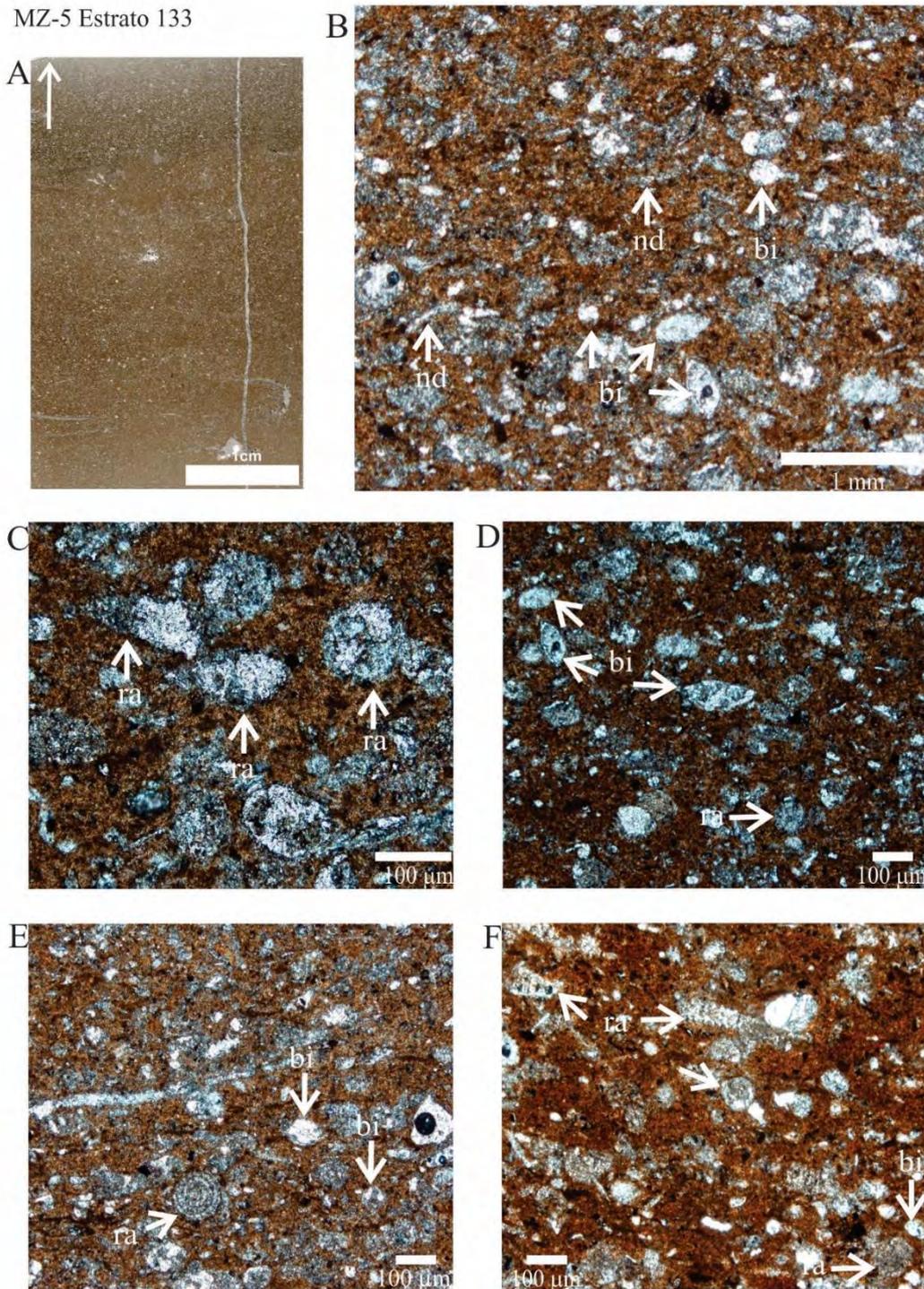


Figura 20. Fotomicrofotografías del estrato MZ-5 133. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz ocre. (B) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y fragmentos no determinados (nd). (C) Radiolarios (ra). (D) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y radiolarios (ra). (E) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y Radiolarios (ra). (F) Radiolarios (ra) y bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi). Todas las imágenes están en luz transmitida. Nótese los bioclastos silicificados y la presencia de corpúsculos de materia orgánica. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

Abundancia de bioclastos (representada en porcentajes) reconocidos en las microfacies de los horizontes y estratos del perfil Cañón del Toboso (TO-1-C).

Microfacies	Estrato	Bioclasto	Abundancia bioclastos (%)
<i>Floatstone-Wackestone</i> de bioclastos con parches locales de <i>packstone</i>	2	Ammonites	10
		Apticus	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	5
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	15
	4	Ammonites	5
		Ammonitellas	10
		Apticus	5
		Bivalvos articulados	5
		Radiolarios	2
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	10
	5	Ammonites	5
		Ammonitellas	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	10
Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)		10	
<i>Floatstone-Wackestone</i> de radiolarios	1	Bivalvos articulados	5
		Calciesferas	1
		Radiolarios	15
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5
	6	Apticus	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5

TO-1-C Estrato 1

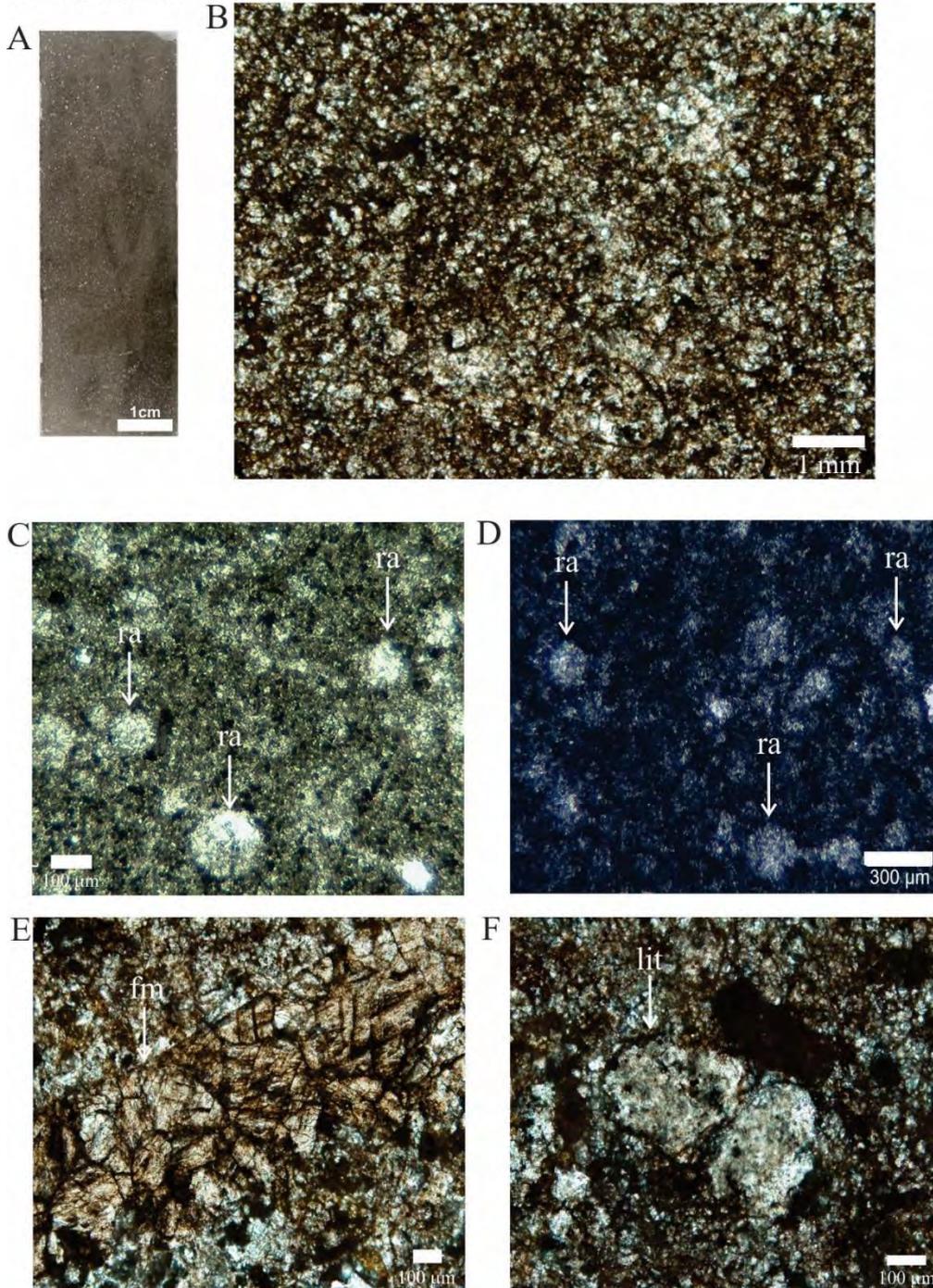


Figura 21. Fotomicrografías del estrato TO-1-C-1. (A) Sección delgada de plano de corte perpendicular a la estratificación. (B) Matriz fina, tamaño de grano de limo medio a grueso (30 a 60 μm) y ausencia de bioclastos alargados. (C) Radiolarios recrystalizados (ra) en matriz recrystalizada, “microesparítica. (D) Radiolarios recrystalizados (ra) en matriz recrystalizada. (E) Fragmento de molusco (fm) y (F) Posible litoclasto. Todas las imágenes con luz transmitida, excepto D. Se resalta la presencia de corpúsculos de materia orgánica (mo), la existencia de envueltas de posible origen orgánico y la acentuada recrystalización de matriz y bioclastos. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

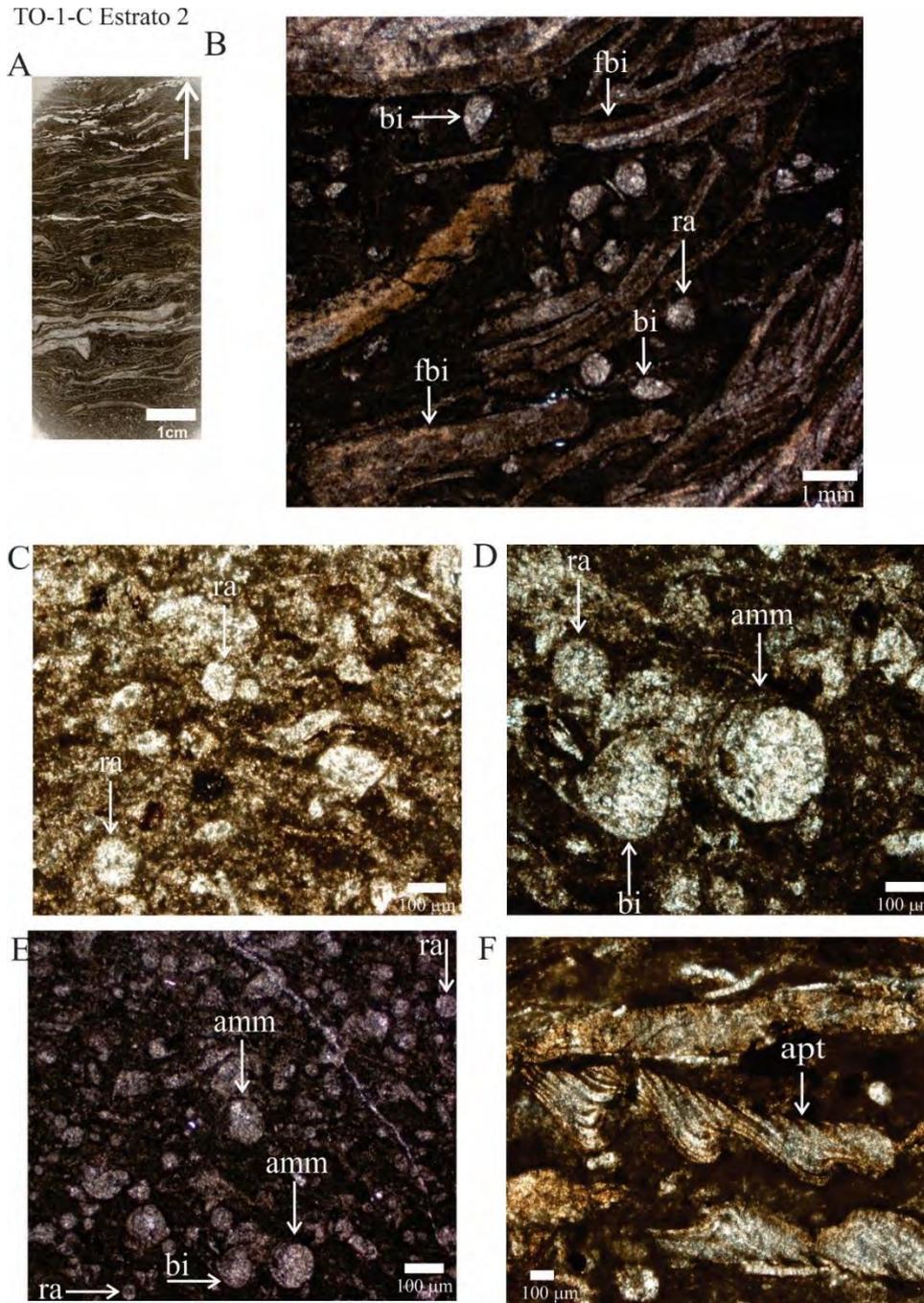


Figura 22. Fotomicrografías del estrato TO-1-C-2. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando organización caótica de bioclastos y empaquetamiento tipo packstone con biofábrica caótica. (B) Fragmentos de bivalvos (fbi) con orientación oblicua, bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y radiolario (ra). (C) Matriz de microesparita y calcisiltita con tamaño de grano de 30 a 80 µm con presencia de radiolarios (ra). (D) Ammonitellas (amm), bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y radiolario (ra). (E) Ammonitellas (amm), bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y radiolario (ra). (F) Apticus (apt). Nótese la recrystalización acentuada de los bioclastos y la presencia de envueltas y corpúsculos de posible origen orgánico. Todas las imágenes con luz transmitida y corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

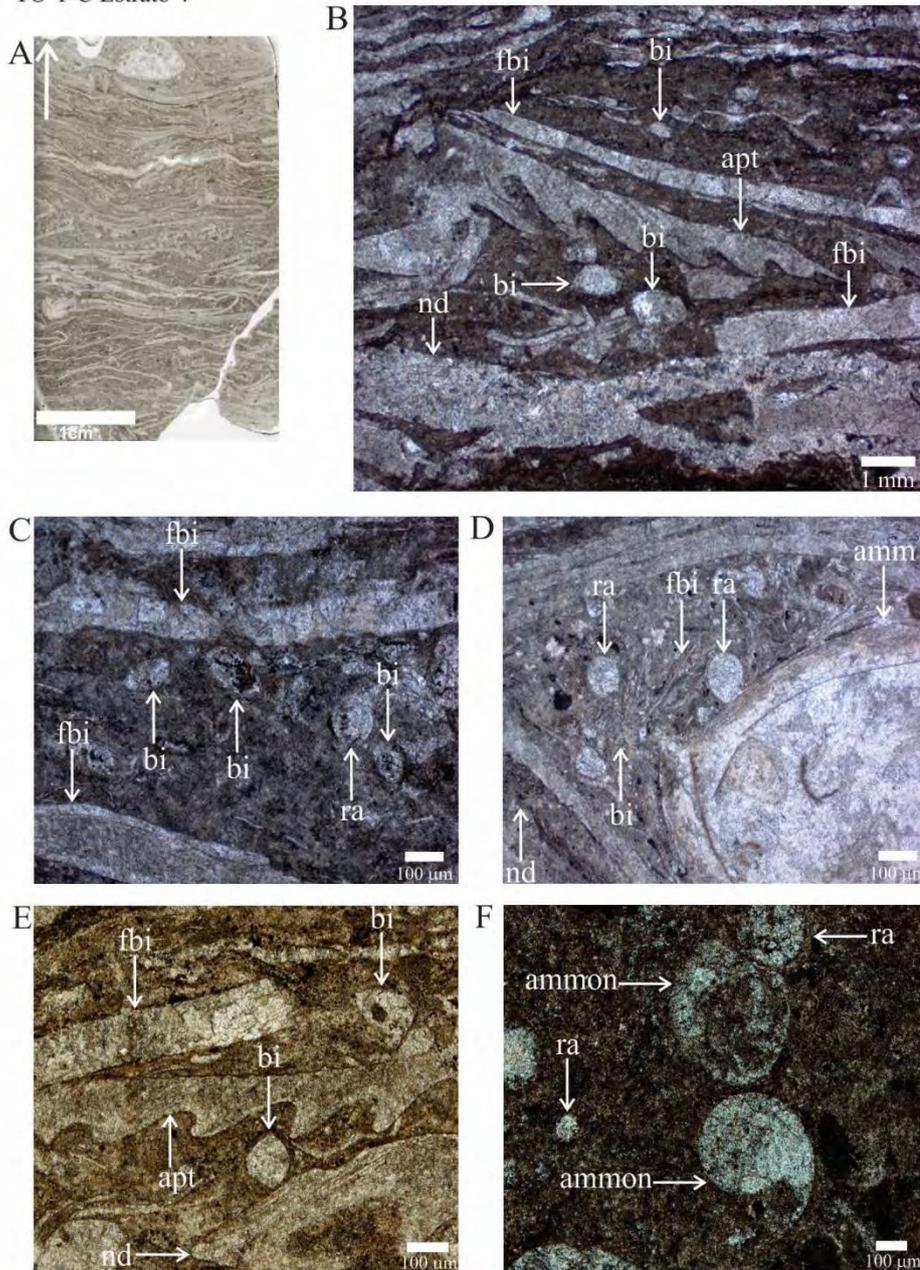


Figura 23. Fotomicrografías del estrato TO-1-C-4. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando organización caótica de bioclastos y empaquetamiento tipo packstone con biofábrica caótica. (B) Fragmentos de bivalvos (fbi) con orientación oblicua, bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi), apticus (apt), fragmentos no determinados (nd). (C) Fragmentos de bivalvos (fbi) con orientación oblicua, bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y radiolarios (ra). (D) Ammonite (amm), bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi), radiolario (ra) y fragmentos de bivalvo (fbi). (E) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi), apticus (apt), fragmentos de bivalvo (fbi) y fragmentos no determinados (nd). (F) Ammonitellas (ammon) y radiolarios (ra). Nótese la recristalización acentuada de los bioclastos y la presencia de envueltas y corpúsculos de posible origen orgánico. Todas las imágenes con luz transmitida y corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

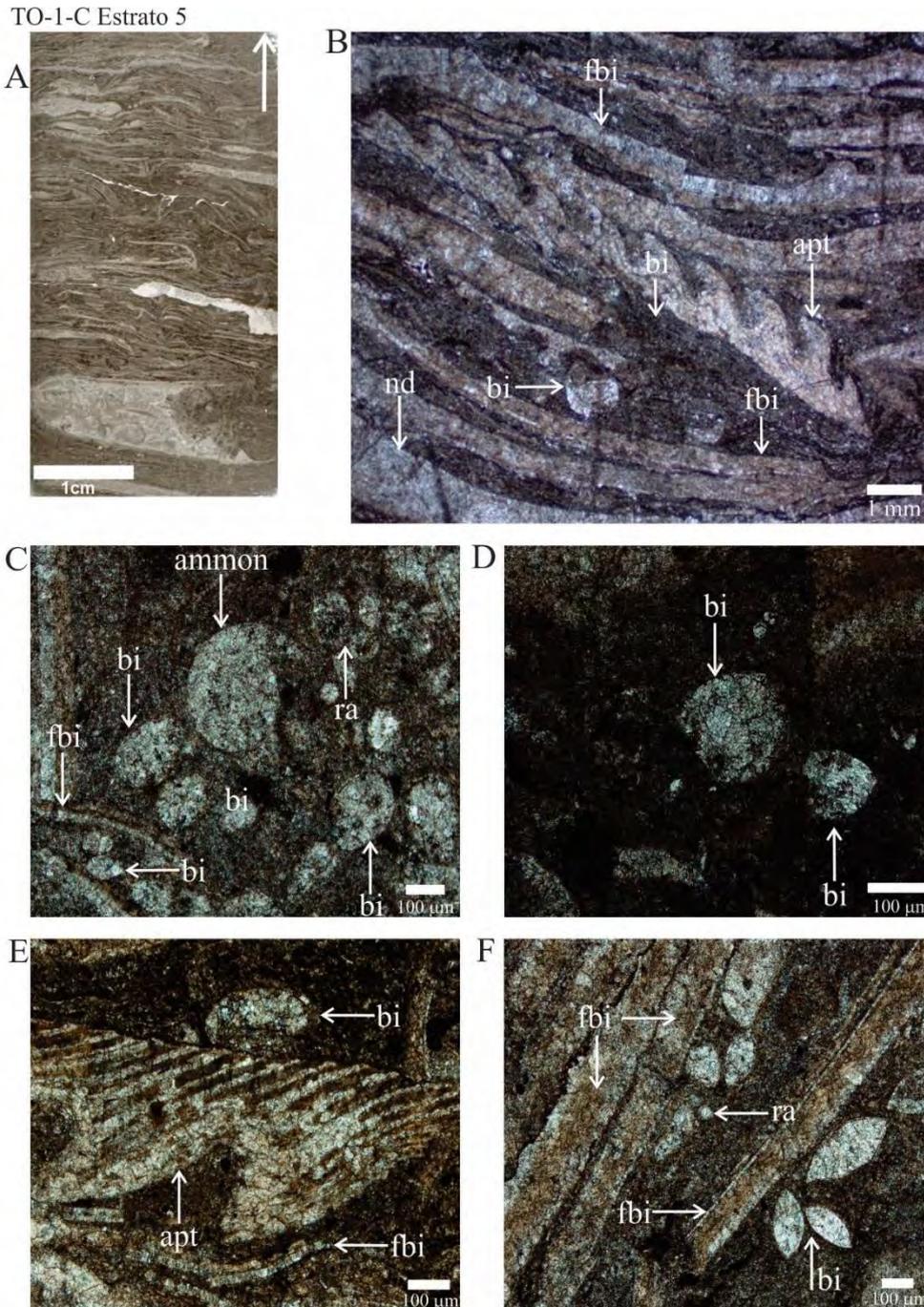


Figura 24. Fotomicrografías del estrato TO-1-C-5. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando organización caótica de bioclastos y empaquetamiento tipo packstone con biofábrica caótica. (B) Fragmentos de bivalvos (fbi) con orientación oblicua, bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi), apíctico (apt), fragmentos no determinados (nd). (C) Ammonitellas (ammon), fragmentos de bivalvos (fbi) con orientación oblicua, bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y radiolarios (ra). (D) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi). (E) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi), apíctico (apt), fragmentos de bivalvo (fbi). (F) Radiolarios (ra), bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y fragmentos de bivalvo (fbi). Nótese la recristalización acentuada de los bioclastos y la presencia de envueltas y corpúsculos de posible origen orgánico. Todas las imágenes con luz transmitida y corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

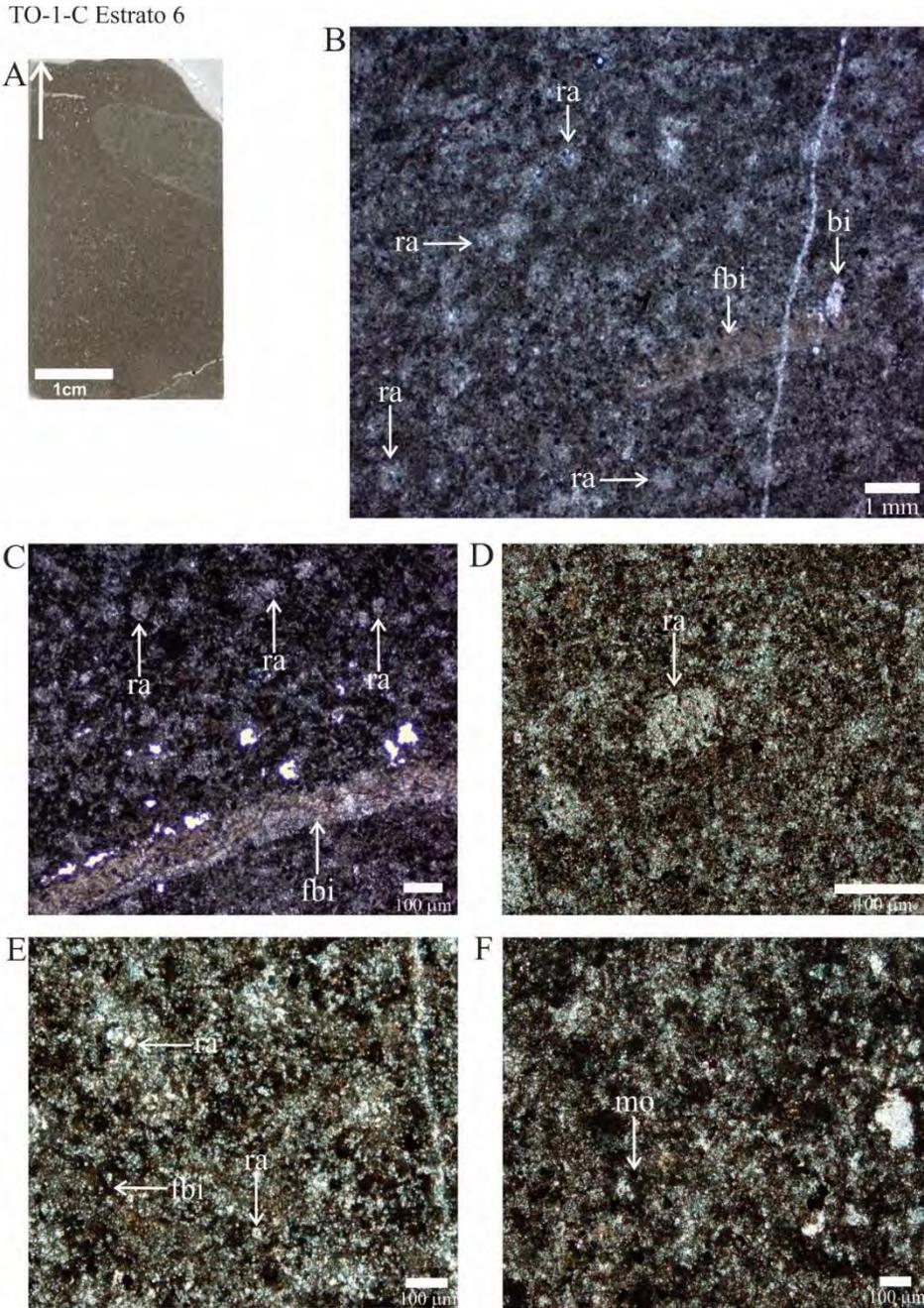


Figura 25. Fotomicrografías del estrato TO-1-C-6. (A) Sección delgada de plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando (B) Radiolarios (ra), bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y fragmentos de bivalvo (fbi). (C) Radiolarios (ra) y fragmentos de bivalvo (fbi). (D) Radiolarios (ra). (E) Radiolarios (ra) y fragmentos de bivalvo (fbi). (F) Matriz fina, tamaño de grano de limo medio a grueso (30 a 60 μm) y ausencia de bioclastos alargados. Todas las imágenes con luz transmitida. Se resalta la presencia de corpúsculos de materia orgánica (mo) y la acentuada recrystalización de matriz y bioclastos. Las imágenes B y C corresponden a la sección delgada ilustrada en A. D, E y F corresponden a una segunda sección delgada realizada en el mismo plano de corte.

Abundancia de bioclastos (representada en porcentajes) reconocidos en las microfácies de los horizontes y estratos del perfil Cuencamé 1 (CU-1).

Microfácies	Estrato	Bioclasto	Abundancia bioclastos (%)
<i>Floatstone-Wackestone</i> de radiolarios	1	Ammonitellas	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	5
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	15
	2	Ammonitellas	10
		Apticus	5
		Bivalvos articulados	5
		Radiolarios	2
		Peloides	1
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	10
	3	Ammonitellas	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	10
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	10
	4	Ammonites	10
		Apticus	5
		Bivalvos articulados	5
		Peloides	1
		Radiolarios	15
		Fragmentos de molusco (no determinados)	5
5	Apticus	1	
	Bivalvos articulados	5	
	Radiolarios	10	
	Fragmentos de molusco (no determinados)	5	

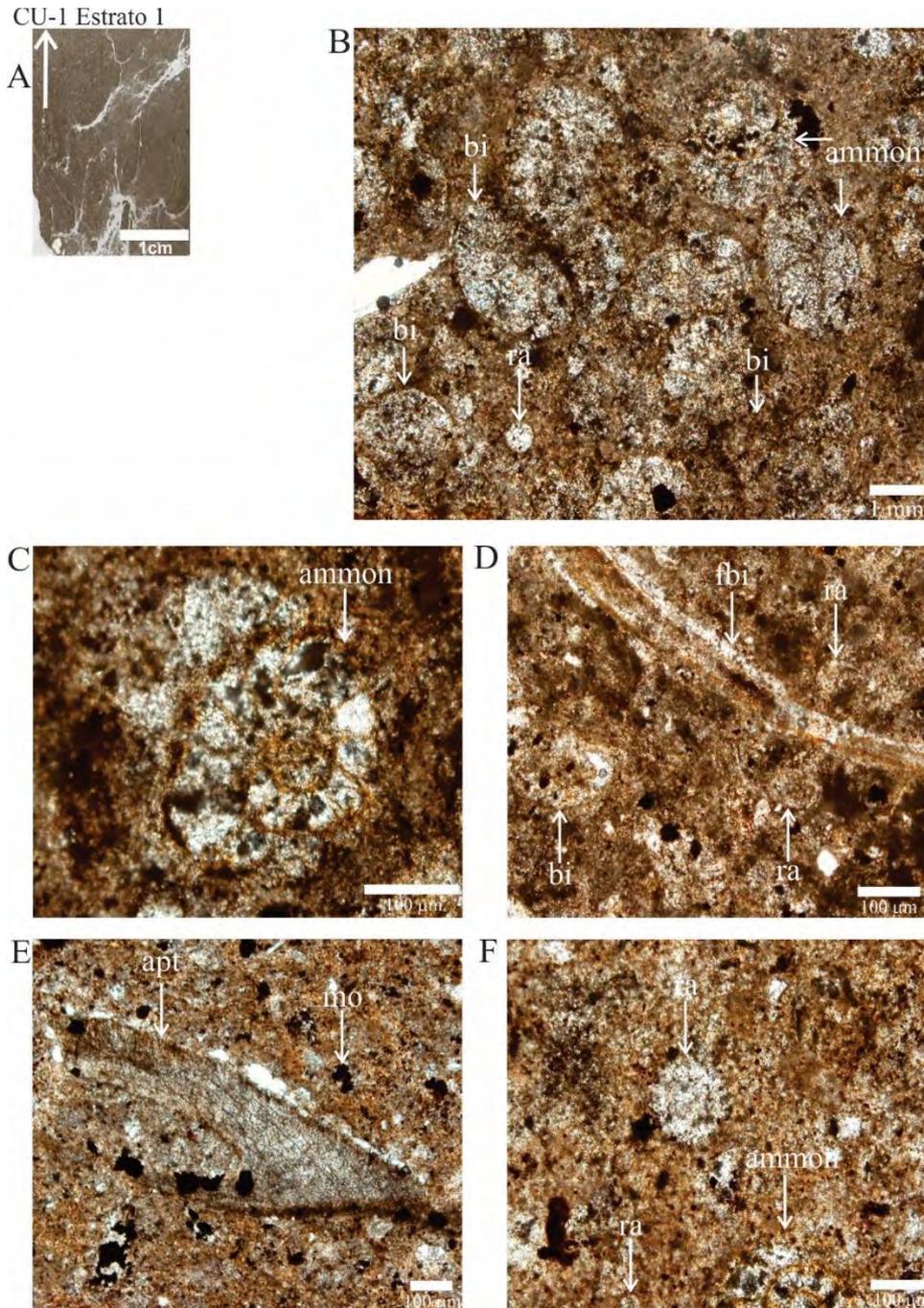


Figura 26. Fotomicrografías del estrato CU-1-1. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz ocre. (B) Ammonitellas (ammon), bivalvos articulados en fase larvaria (bi) y radiolarios (ra). (C) Ammonitella (ammon). (D) Bivalvo en fase larvaria (bi), radiolarios (ra) y fragmentos de bivalvo (fbi). (E) Apticus (apt) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (F) Ammonitella (ammon) y radiolarios (ra). Todas las imágenes con luz transmitida. Nótese bioclastos en posición oblicua. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

CU-1 Estrato 2

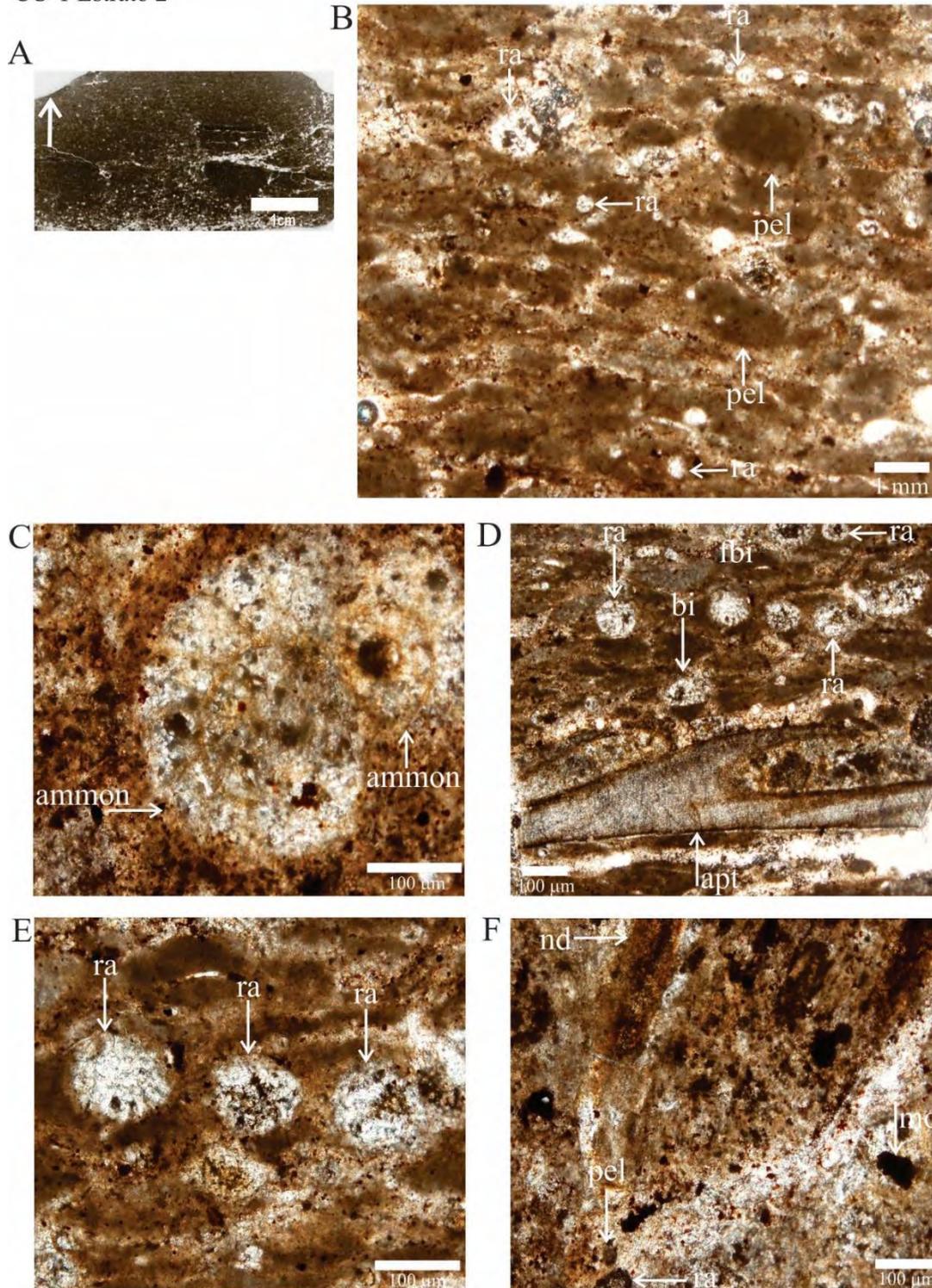


Figura 27. Fotomicrografías del estrato CU-1-2. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz ocre. (B) Radiolarios (ra) y peloides (pel). (C) Ammonitella (ammon). (D) Apticus (apt), bivalvo en fase larvaria (bi), radiolarios (ra) y fragmentos de bivalvo (fbi). (E) Radiolarios (ra). (F) Peloides (pel) y fragmentos no determinados (nd) y corpúsculos de materia orgánica. Todas las imágenes con luz transmitida. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

CU-1 Estrato 3

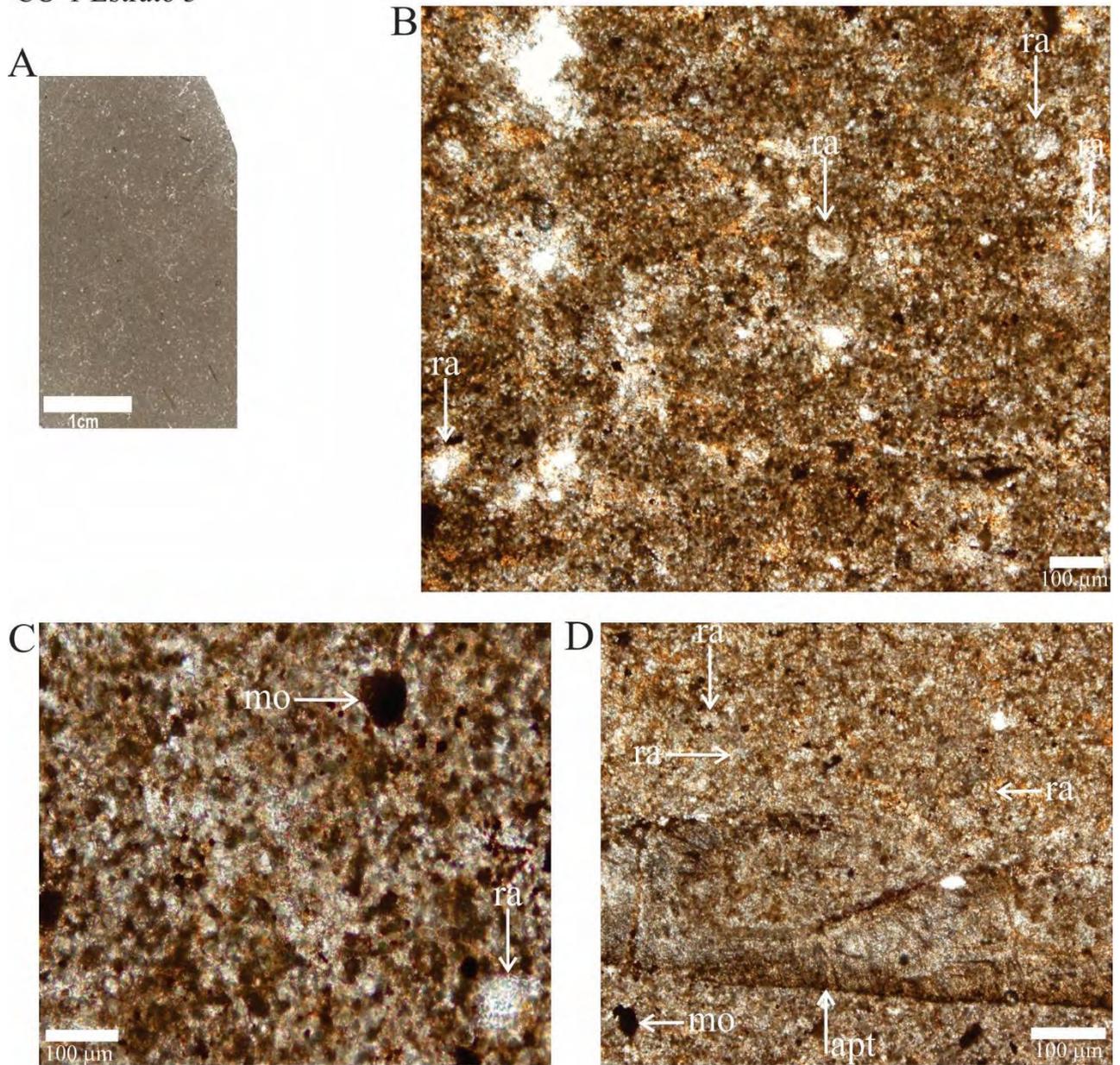


Figura 28. Fotomicrografías del estrato CU-1-3. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando matriz ocre. (B) Radiolarios (ra). (C) Radiolarios (ra) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (D) Apticus (apt), radiolarios (ra) y corpúsculos de materia orgánica (mo). Todas las imágenes con luz transmitida. Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

CU-1 Estrato 4

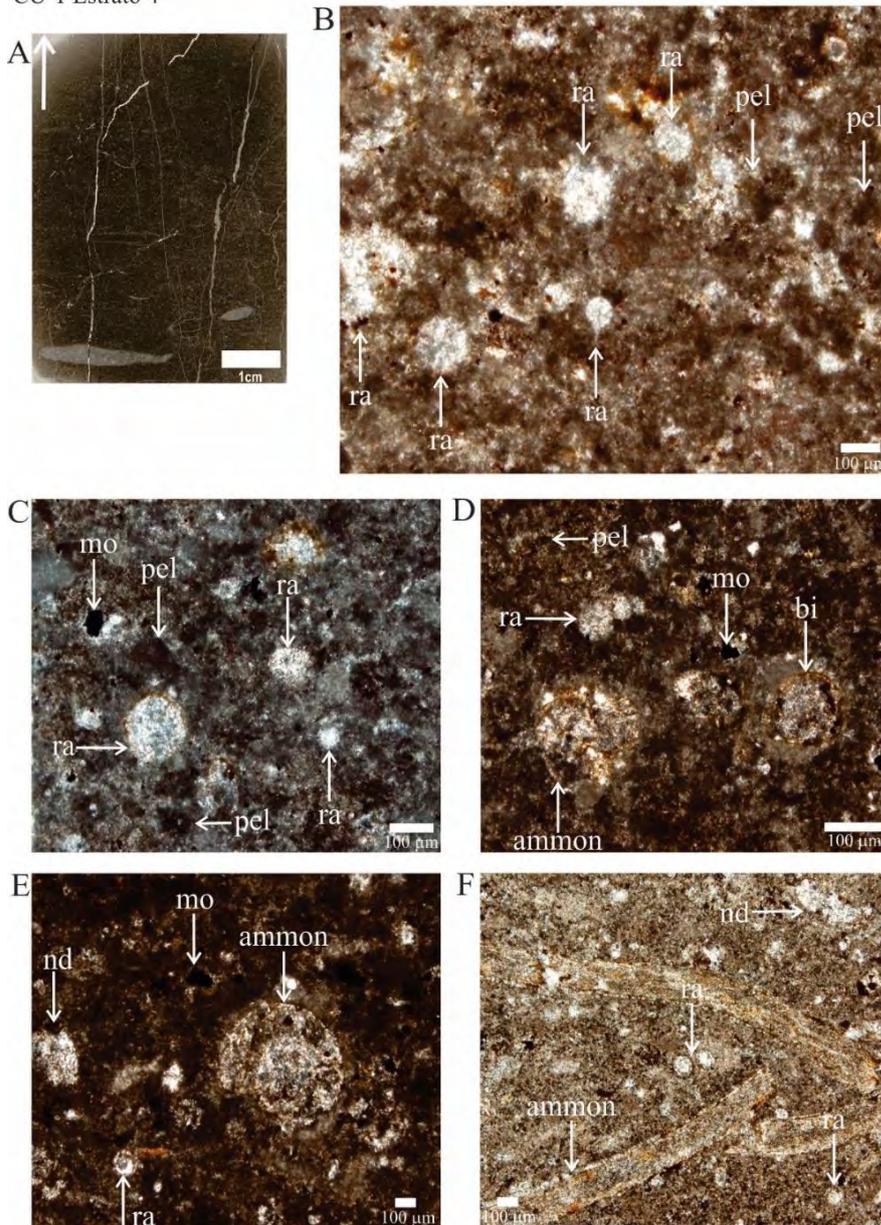


Figura 29. Fotomicrografías del CU-1-4 (A) Sección delgada en corte perpendicular a la estratificación, mostrando laminación producida por bioclastos alargados en matriz fina, tamaño de grano de limo medio a grueso (30 a 60 μm). (B) Radiolarios (ra) y peloides (pel). (C) Radiolarios (ra), peloides (pel) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (D) Ammonitella (ammon), bivalvo articulado en fase larvaria (bi), radiolarios (ra), peloides (pel) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (E) Ammonitella (ammon), radiolario (ra), fragmento no determinado (nd) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (F) Ammonite (ammon), radiolarios (ra) y fragmento no determinado (nd). Todas las imágenes con luz transmitida. Nótese la posición ligeramente oblicua de cuerpos alargados (fragmentos de molusco y fragmentos no determinados), la recrystalización acentuada, la presencia de envueltas y corpúsculos ferruginosos de posible origen orgánico (mo). Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

CU-1 Estrato 5

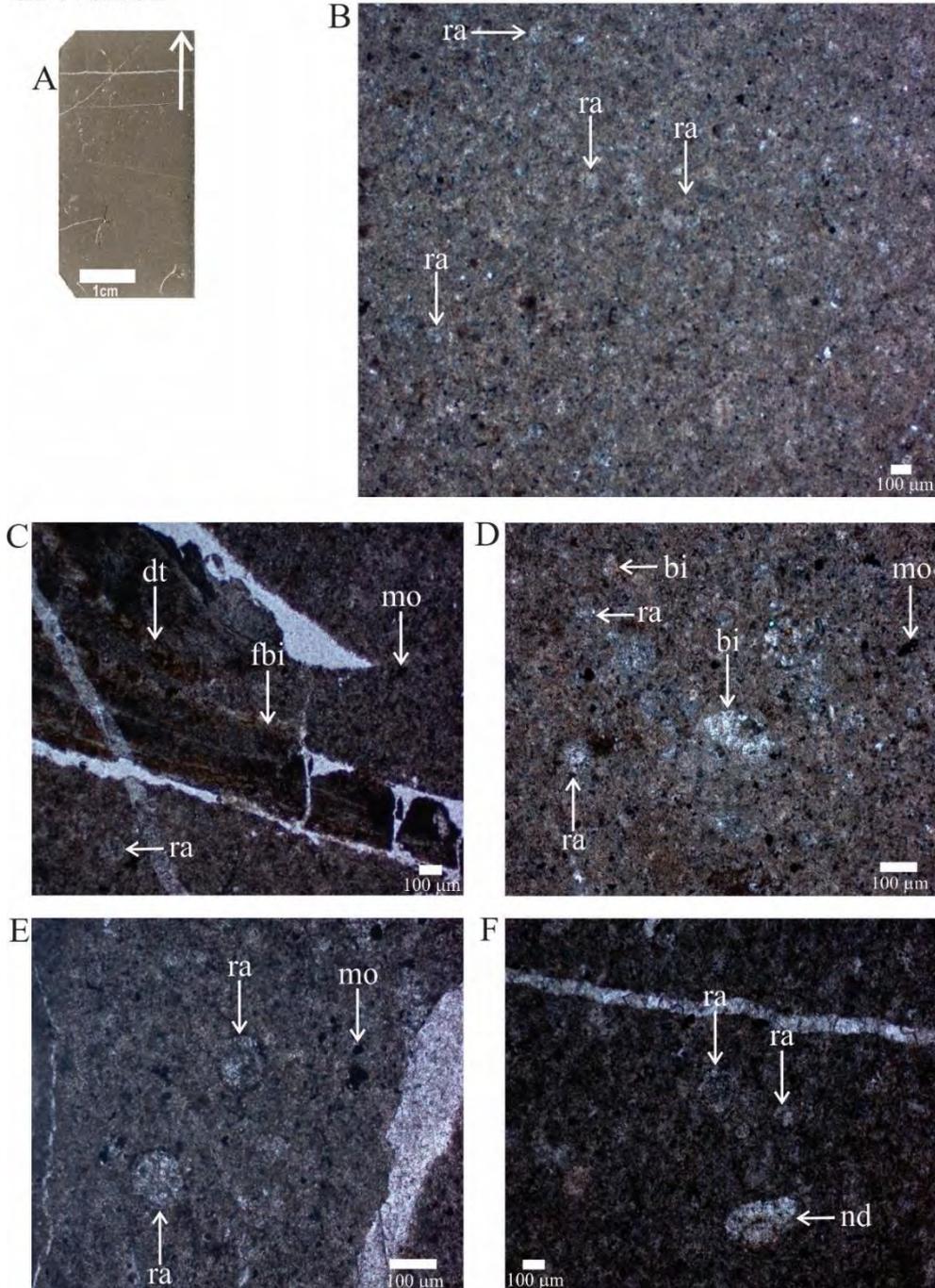


Figura 30. Fotomicrografías del CU-1-5 (A) Sección delgada en corte perpendicular a la estratificación, mostrando laminación producida por bioclastos alargados. (B) Radiolarios (ra). (C) Radiolarios (ra), fragmento de bivalvo (fbi) y fragmento no determinado (nd). (D) Bivalvo articulado en fase larvaria (bi), radiolarios (ra) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (E) radiolario (ra) y corpúsculos de materia orgánica (mo). (F) Radiolarios (ra) y fragmento no determinado (nd). Todas las imágenes con luz transmitida. Nótese la posición ligeramente oblicua de cuerpos alargados (fragmentos de molusco y fragmentos no determinados), la recristalización acentuada, la presencia de envueltas y corpúsculos ferruginosos de posible origen orgánico (mo). Todas las imágenes corresponden a la sección delgada ilustrada en A.

Abundancia de bioclastos (representada en porcentajes) reconocidos en las microfacies de los horizontes y estratos del perfil Puerto Piñones 1 (PP-1).

Microfacies	Estrato	Bioclasto	Abundancia bioclastos (%)
<i>Floatstone-Wackestone</i> de bioclastos con parches locales de <i>packstone</i>	11-1	Ammonites	10
		Ammonitellas	5
		Bivalvos articulados	10
		Radiolarios	5
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	15
	11-9	Ammonites	15
		Ammonitellas	10
		Apticus	5
		Bivalvos articulados	5
		Radiolarios	2
		Peloides	1
		Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)	10
	11-15	Ammonites	10
		Ammonitellas	5
		Bivalvos articulados	10
Radiolarios		10	
Fragmentos de molusco (bivalvos y no determinados)		15	

PP-1 Estrato 11-1

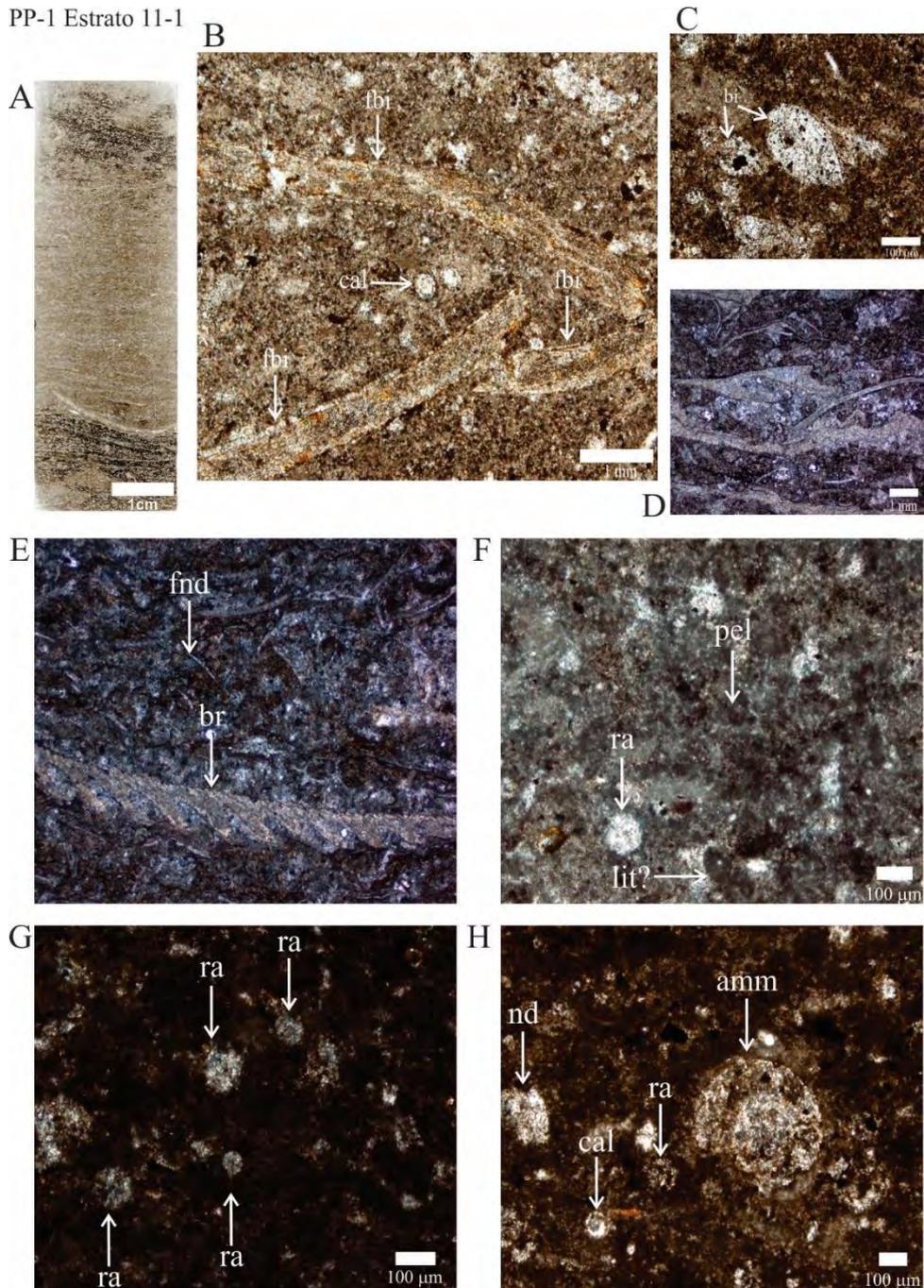


Figura 31. Fotomicrografías del estrato PP-1-11-1. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación mostrando organización caótica de bioclastos y empaquetamiento tipo packstone con biofábrica caótica. (B) Fragmentos de bivalvos (bi) con orientación oblicua y calciesfera (cal), en una matriz de microesparita y calcisiltita con tamaño de grano de 30 a 80 μm . (C) Bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi). (D) Apticus (apt) y fragmentos de bivalvo (fbi). (E) Fragmento de braquiópodo (br) y fragmentos no determinados (nd). (F) Radiolario (rad), peloides (pel) y posible litoclasto (lit?). (G) Radiolarios (ra). (H) Ammonitella (amm), radiolario (ra), calciesfera (cal) y fragmentos no determinados (nd). Nótese la recristalización acentuada de los bioclastos. Todas las imágenes con luz transmitida y corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

PP-1 Estrato 11-9

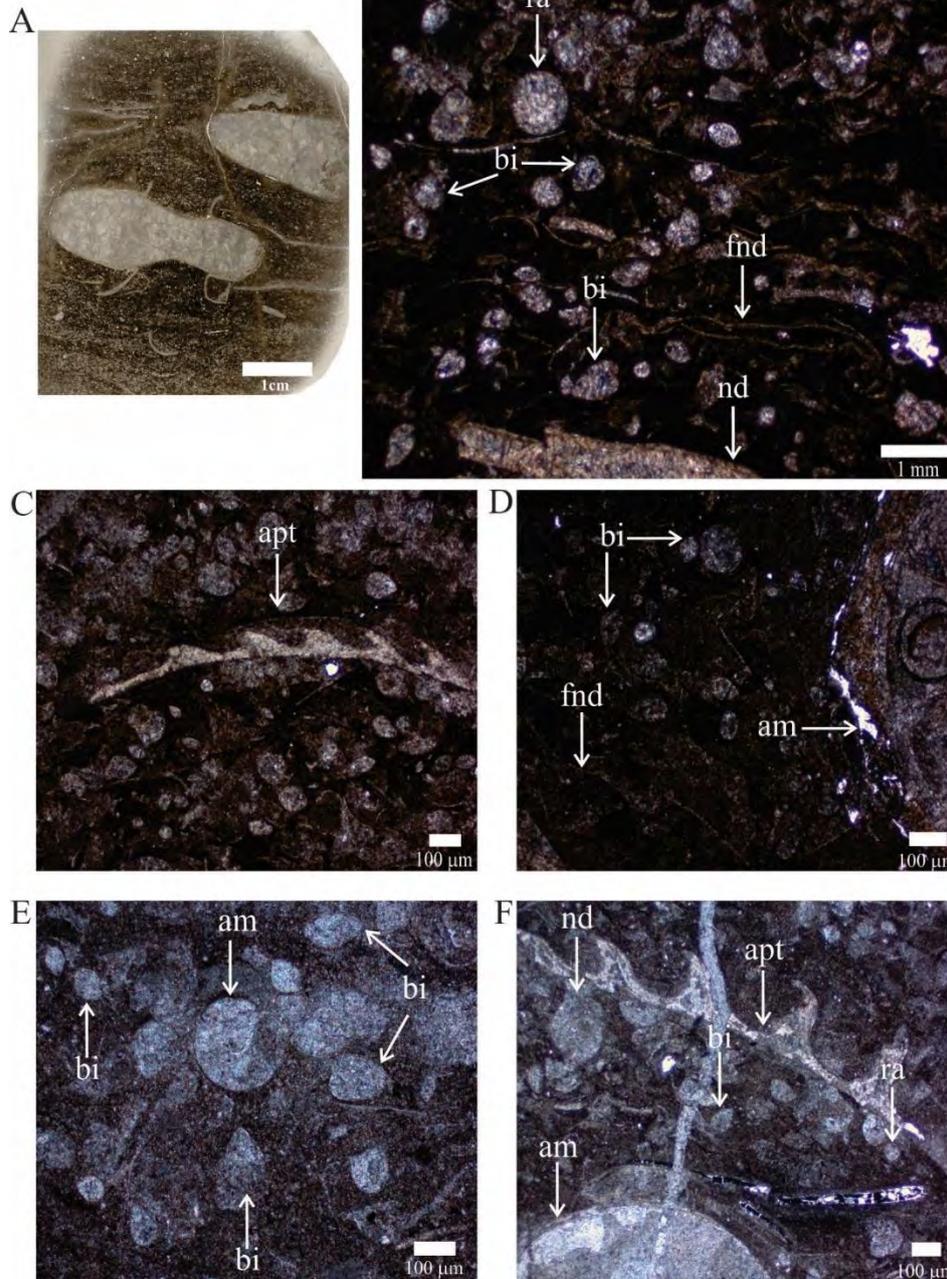


Figura 32. Fotomicrofotografías del estrato PP-1-11-9. (A) Sección delgada en plano de corte paralelo a la estratificación, se puede observar la organización caótica de los bioclastos. (B) Bivalvos articulados en fase larvaria, parcialmente silicificados y con orientación oblicua y vertical, radiolarios (ra) y fragmentos no determinados (nd). (C) Apticus (apt) y radiolarios (ra). (D) Ammonite (am), bivalvo articulado en fase larvaria avanzada (bi) y fragmento no determinado (nd). (E) Bivalvos articulados en fase larvaria (biv) y ammonitella (ammon). (F) Ammonite (am), radiolario (ra), bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi) y fragmentos no determinados (dt). Todas las imágenes con luz transmitida. Nótese la posición oblicua de los bioclastos. Las imágenes corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

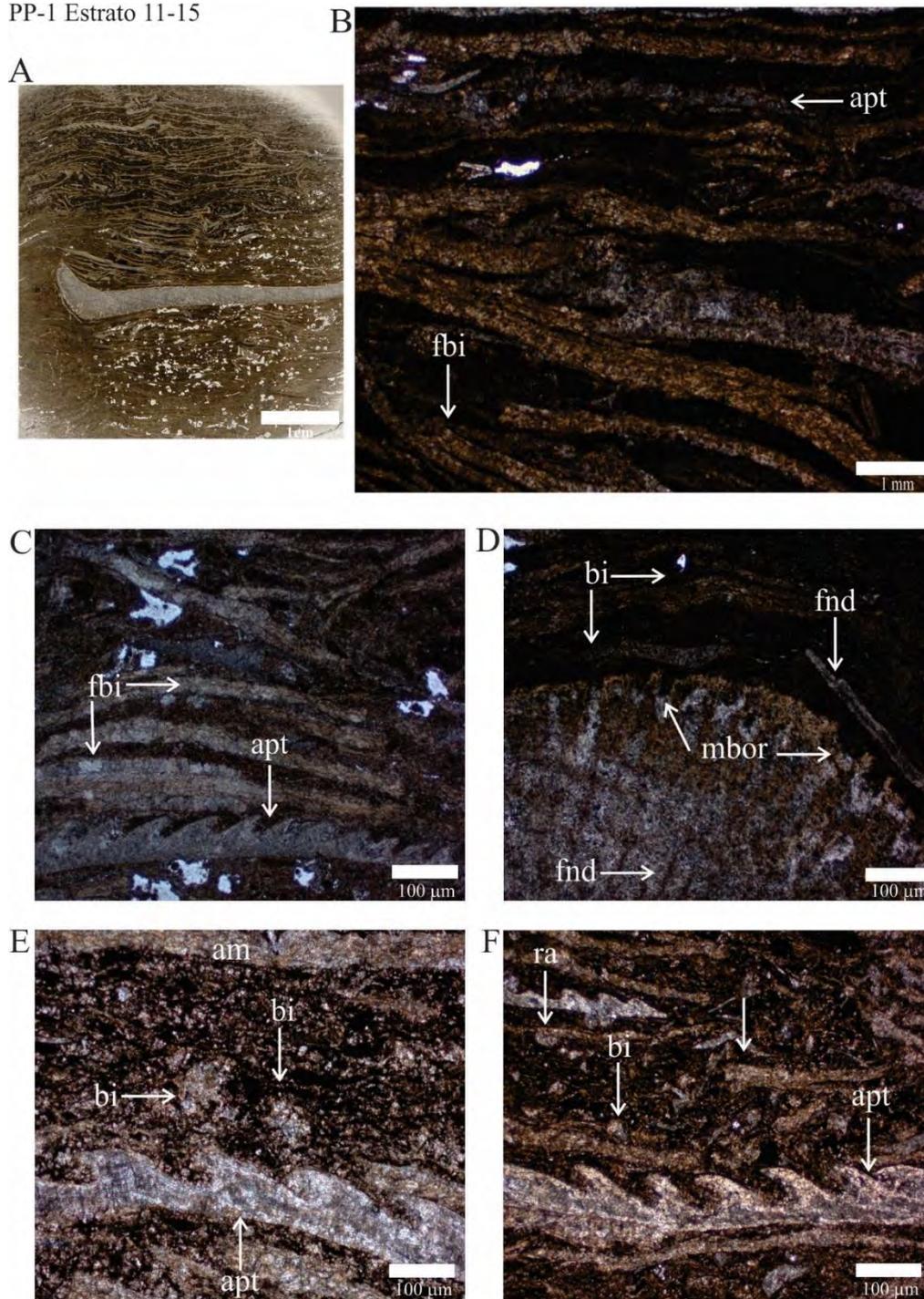
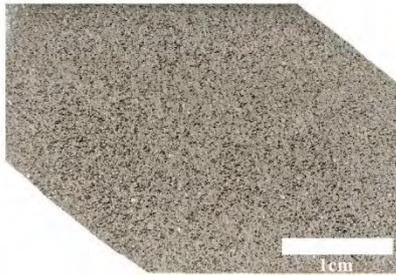


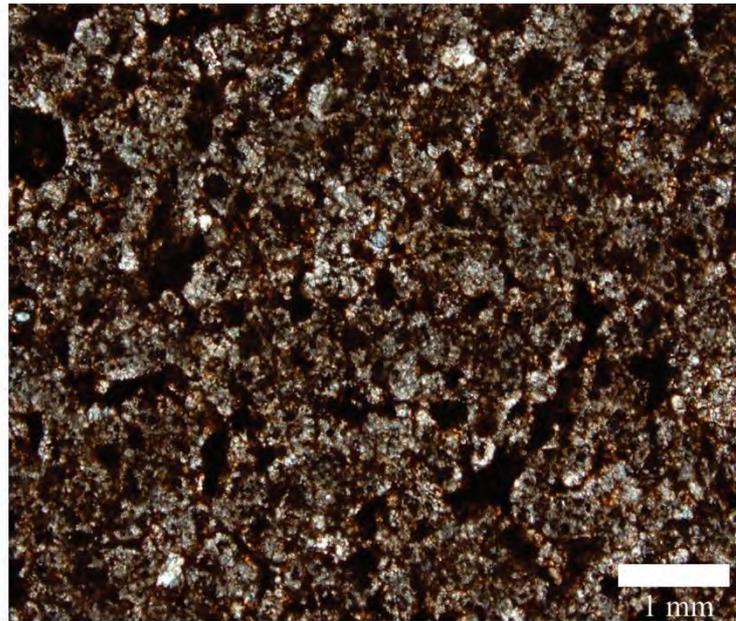
Figura 33. Fotomicrofotografías del estrato PP-1-11-15. (A) Sección delgada en plano de corte paralelo a la estratificación, se puede observar la organización caótica de los bioclastos. (B) Fragmentos de bivalvos (fbi) y apticus (apt) parcialmente silicificados y con orientación oblicua y vertical. (C) Apticus (apt) y fragmentos de bivalvo (fbi). (D) Bivalvos articulados en fase larvaria (biv), ammonite (am) y apticus. (E) Radiolario (ra), bivalvos articulados en fase larvaria avanzada (bi), apticus (apt) y fragmentos no determinados (nd). Todas las imágenes con luz transmitida. Nótese la posición oblicua de los bioclastos. Las imágenes corresponden a la sección delgada que se ilustra en A.

PP-1 Estrato 11-14

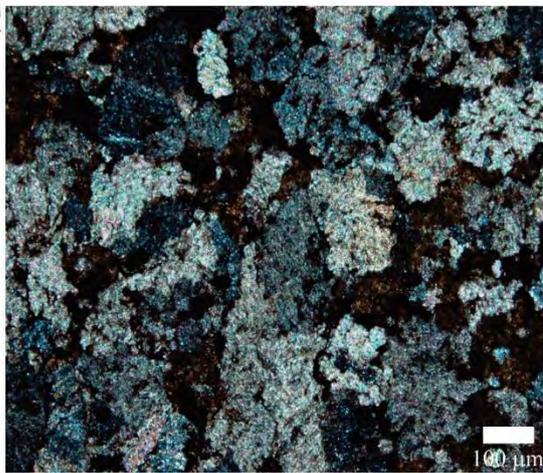
A



B



C



D

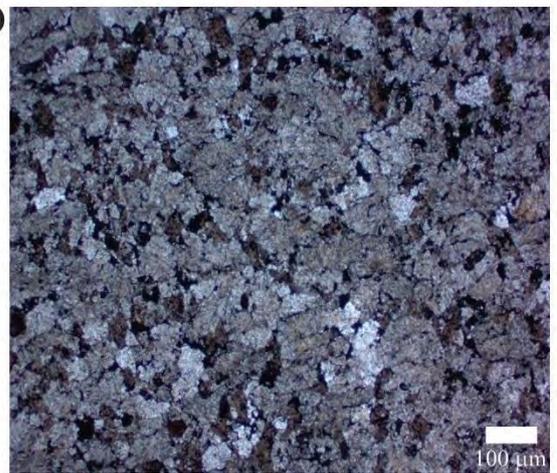


Figura 34. Fotomicrografías del estrato PP-1-11-14. (A) Sección delgada en plano de corte perpendicular a la estratificación sin registro de bioclastos. (B), (C) y (D) Matriz de microesparita y calcisiltita con tamaño de grano de 30 a 80 μm , la cual muestra corpúsculos de materia orgánica.