



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**“Bioestratigrafía y Tafonomía  
de la sección estratigráfica  
Puerto Piñones (Jurásico Superior)  
del área de Saltillo, Coahuila, México”**

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PRESENTA

**BIÓL. GUADALUPE IRILIANA LÓPEZ CABALLERO**

JURADO EXAMINADOR

- 1) DRA. ANA BERTHA VILLASEÑOR MARTÍNEZ (DIRECTOR DE TESIS)
- 2) DRA. BLANCA ESTELA BUITRÓN SÁNCHEZ (PRESIDENTE)
- 3) DRA. CELESTINA GONZÁLEZ ARREOLA (VOCAL)
- 4) DR. CARLOS M. GONZÁLEZ LEÓN (SUPLENTE)
- 5) DR. GUSTAVO MURILLO MUÑETÓN (SUPLENTE)



MÉXICO, D. F.

NOVIEMBRE, 2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México mi *alma mater*, por permitirme formar parte de la mejor universidad de Iberoamérica.

Al Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM por el apoyo para concretar una meta personal.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante la estancia en el posgrado.

Al proyecto PAPIIT IN109208 por el apoyo económico.

Al Instituto de Geología, por permitirme hacer uso de la infraestructura, así como la beca para la obtención del grado.

Con afecto y cariño agradezco a mi directora de tesis, Dra. Ana Bertha Villaseñor Martínez por el apoyo brindado a lo largo de mi formación, así como su paciencia durante el desarrollo de este trabajo, por los buenos consejos y los acertados comentarios, por compartir sus conocimientos y encausar mi gusto en la paleontología de los ammonites.

A los miembros del comité revisor, integrado por la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez, Dra. Celestina González Arreola, Dr. Carlos Manuel González León, Dr. Gustavo Murillo Muñetón por sus acertados comentarios, observaciones y sugerencias, los cuales ayudaron sustancialmente a mejorar el presente trabajo.

A todos mis profesores del Posgrado: Dr. Juan Araujo Mendieta, Dr. Ricardo Barragán Manzo, Dr. Oscar Carranza Edwards, Dra. Elena Centeno García, Dr. Armando García Palomo (†), Dr. Gustavo Murillo Muñetón, Dra. Beatriz Ortega Guerrero, Dr. Fernando Ortega Gutiérrez, Dr. Gustavo Tolson Jones, por los conocimientos transmitidos, no sólo dentro de las aulas.

Al Dr. Federico Olóriz Sáez, al Sr. Marco Antonio Argáez Martínez y a Iván David Hernández Mena, por el apoyo en el trabajo de campo. A José Carlos Jiménez López por el apoyo en la captura de datos tafonómicos. A José Luis Martínez por el dibujo de tafonomía. Al Sr. Antonio Altamira Gallardo por fotografiar los ejemplares, que se ilustran las láminas de este trabajo.

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

A mis amigos del Posgrado y del Instituto de Geología: Alejandro Cristin, Antonia López, Augusto Rodríguez, Becket Lailson, Berenice Solís, Cecilia Limón, César Cuapio, César Salcido, Claudia de Gante, David Blanco, Ericka Enríquez, Ernesto Hernández, Fabián Durán, Felipe Armas, Francisca García, Guadalupe Dávalos, Jesús Alvarado, José Juan González, Josué Salazar, Judith Callejas, Haydar Martínez, Isabel López, Iván David Hernández, Leonardo Minchaca, Lourdes Omaña, Lourdes Serrano, Marco Argáez, Margarita Ramírez, Miguel Ángel Luque, Nelda Treviño, Octavio Chávez, Patricia de Anda, Pedro Santillán, Pilar Melgarejo, Rosa E. Tovar, Sandra Briceño y Vicente Páez por el apoyo, los conocimientos y la convivencia que enriquecieron mi vida durante mi estancia en el instituto.

A MIS AMIGOS, Antonia, César, Felipe, Fran, Judith, Iván David, Maggie, Paty y Vicente, por los consejos, el apoyo en los momentos más extenuantes, las lágrimas, pero sobre todo por las risas.

A MI HERMOSA FAMILIA, mis padres Jorge López Ruiz y Martha Caballero García y a mis hermanos Carolina y Jorge, por el amor, las palabras acertadas, por la fortaleza que siempre me han brindado para conseguir mis metas y sueños.

A Pedro Santillán por el amor, la comprensión y la fe para que no me diera por vencida, aún en los momentos más difíciles.

## **DEDICATORIA**

A mis Padres Jorge y Martha,  
a mis hermanos Carolina y Jorge,  
a Pedro

Por enseñarme a disfrutar al máximo cada instante de la vida.

**GRACIAS**

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

CAPÍTULO III. CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE ESTUDIO

CAPITULO IV. ANTECEDENTES BIOESTRATIGRÁFICOS Y TAFONÓMICOS  
SOBRE EL JURÁSICO SUPERIOR DE MÉXICO

CAPÍTULO V. GENERALIDADES DE LA TAFONOMÍA DE  
MACROINVERTEBRADOS

CAPÍTULO VI. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE BRAQUIÓPODOS Y  
PELECÍPODOS

CAPÍTULO VII. SISTEMÁTICA Y BIOESTRATIGRAFÍA

CAPÍTULO VIII. DATOS TAFONÓMICOS E INTERPRETACIÓN

CAPÍTULO IX. CARACTERÍSTICAS DEPOSITACIONALES y  
PALEOECOLOGÍA

CAPITULO X. CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LÁMINAS

Apéndice 1. Base de datos tafonómicos

## Resumen

El siguiente trabajo representa uno de los primeros análisis tafonómicos sobre asociaciones de macroinvertebrados fósiles del Jurásico Superior de México. La investigación se desarrolló para una sección estratigráfica denominada Puerto Piñones 1 (PP-1), ubicada en las cercanías de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México.

La recolecta del material con estricto control estratigráfico y su análisis, permitieron reconocer que el registro de la fauna es biocronológicamente discontinuo, lo que dificultó la interpretación bioestratigráfica, no obstante registros puntuales de ammonites tales como: *Ataxioceras* (*Schneidia*) sp. gr. *elmii*, diversas especies del género *Idoceras* (*zacatecanum*, cf. *densicostatum*, cf. *lorioli*, cf. *tamaulipanum*, gr. *duranguense*), *Nebroditis* cf. *rota*, *Glochiceras* (*Lingulaticeras*) *semicostatum*, *Hybonoticeras* (*Hybonoticeras*) sp. gr. *beckeri*, *Hybonoticeras* (*Hybonotella*) *mundulum attenuatum*, *Virgalithacoceras* aff. *albulus*, *Salinites grossicostatum*, *Durangites heilprini*, *Substeuroceras kellumi*, entre otros especímenes identificados a nivel genérico, permitieron asignar la sección del Kimmeridgiano inferior (no basal) a la base del Berriasiano inferior.

Se realizó el análisis tafonómico de 1687 macrofósiles (especímenes y fragmentos) que incluye ammonites, aptychii, belemnites, bivalvos, gasterópodos y braquiópodos, se evaluó el grado de conservación, tamaño, posición dentro del estrato, posición de las valvas (cóncavo/convexo), "corrasion", fragmentación y articulación, y se obtuvieron los siguientes resultados, las asociaciones de macroinvertebrados están claramente dominadas por bivalvos (59.4%), los ammonites representan sólo el 25.3%, los aptychii el 5.4%, otros moluscos como los belemnites el 3.8%, gasterópodos el 0.3% y finalmente los braquiópodos el 5.8%.

Se identificaron cinco litofacies: arenosa-calcárea, limolítica (inferior y superior), calcárea condensada tipo 1 y tipo 2 y limolítica-calcárea.

El análisis conjunto de las litofacies y los datos tafonómicos, posibilitó el reconocimiento de cuatro tafofacies distribuidas a lo largo del afloramiento. La Tafofacies I se caracteriza por presentar el mayor número de registros en

posición diversa a la horizontal, con el mayor índice de “corrasion”, una fragmentación relativamente baja y la mayor articulación. La Tafofacies II con la mayor proporción de registros en posición horizontal, con un índice de “corrasion” alto, mayor número de epibiontes, fragmentación y desarticulación alta. La Tafofacies III presenta el promedio más alto de ejemplares por volumen de roca, todos en posición horizontal, “corrasión” baja, el mayor índice de fragmentación. La Tafofacies IV presenta el menor promedio de registros en posición horizontal, el índice de “corrasion” es bajo, y el de fragmentación es medio.

La Tafofacies I se interpreta como un frente de delta, la abundante presencia de bentónicos (braquiópodos y pelecípodos) y el registro fortuito de ammonites, es una evidencia de condiciones de fondo aeróbicas en un contexto marino marginal. La Tafofacies II se desarrolló en una plataforma somera, idea compartida con otros autores (Michalzik y Schumann, 1994); la abundancia de organismo bentónicos presentes en Puerto Piñones, habla de un fondo bien oxigenado. La Tafofacies III es condensada y se podría clasificar como *una asociación ambientalmente condensada (sensu Kidwell, 1993)* ya que se mezclaron “especies” no relacionadas ecológicamente (aptychus y bivalvos). La Tafofacies IV también condensada casi monoespecifica (*Salinites grossicostattum*) con algunos bivalvos, relacionada con una rápida inundación de la plataforma, con energía relativamente alta, pero un corto tiempo de exposición de los restos, un alta tasa de acumulación de restos pero con una baja tasa de sedimentación.

La interpretación de las tafofacies aunado al estudio de la litofacies permiten reconocer variaciones en el ambiente de depósito que indican la profundización de la plataforma, cambiando de una plataforma restringida a una plataforma externa, con fluctuaciones del tirante de agua debidos principalmente a efectos tectono-eustáticos locales y globales, los cuales muy probablemente están interrelacionados con los cambios estratigráficos de las asociaciones faunísticas.

## Abstract

The present investigation represents one of the first taphonomic analyses about macroinvertebrate fossil assemblages from the Upper Jurassic of Mexico.

The studied section (Puerto Piñones section PP-1) is located near Saltillo city, State of Coahuila. The material was collected with strict stratigraphic control, its analysis allows the recognition of a biochronological discontinuous record of the fauna, which difficult the biostratigraphic interpretation, but the record of *Ataxioceras* (*Schneidia*) sp. gr. *elmii*, *Idoceras* (i. e. *zacatecanum*, cf. *densicostatum*, cf. *lorioli*, cf. *tamaulipanum*, gr. *duranguense*), *Nebroditis* cf. *rota*, *Glochiceras* (*Lingulaticeras*) *semicostatum*, *Hybonoticeras* (*Hybonoticeras*) sp. gr. *beckeri*, *Hybonoticeras* (*Hybonotella*) *mundulum attenuatum*, *Virgalithacoceras* aff. *albulus*, *Salinites grossicostatum*, *Durangites heilprini*, *Substeuroceras kellumi*, helps to recognize rocks from lower Kimmeridgian (not basal) to basal lower Berriasian ages.

The taphonomic analysis on 1687 macrofossils (specimens and fragments) was carried out on ammonites, aptychii, belemnites, bivalves, gastropods and brachiopods, the taphonomic characteristics studied were preservation state, size, orientation, concavity/convexity relation, corrosion, fragmentation and articulation.

The macroinvertebrate assemblages are dominated by bivalves (59.4%), ammonites (25.3), aptychii (5.4 %), others mollusks are poorly represented [belemnites (3.8%), gastropods (0.3%)], and finally brachiopods (5.8%).

Five lithofacies were recognized: sandy-calcareous lithofacies, lower and upper siltstone lithofacies, condensed calcareous lithofacies type1 and type 2, and siltstone-calcareous lithofacies.

On the basis of taphonomic data available and the lithofacies analysis four taphofacies were established and interpreted paleoenvironmentally:

Taphofacies I characterized by the great number of specimens in life-position, high corrosion index and articulation, and the lower fragmentation index. This taphofacies correspond to a dental front. The abundance on

benthonic fauna and fortuity ammonite record evidence well oxygenated bottom conditions in a marginal context.

Taphofacies II characterized by high proportion of horizontal position, and high disarticulation, corrosion and fragmentation indexes, and frequent epibionts. This taphofacies was developed in a shallow platform environment with well oxygenated bottom conditions, as previously was established by (Michalzik y Schumann, 1994) in near areas.

Taphofacies III shows the highest percentage of specimens per rock volume, high fragmentation index, and low corrosion index. Taphofacies IV has a low percentage of records in horizontal position, low corrosion index and medium fragmentation index. Both taphofacies were condensed horizons and were interpreted as *environmentally condensed assemblages* (*sensu* Kidwell, 1993), related to rapid floodings of the platform, but they are different in environmental energy, lower in Taphofacies III.

The lithofacies and taphonomic interpretation point to shifting in the paleoenvironmental conditions from restricted to external platforms, with local fluctuations of the water column throughout the time, maybe due to tectono-eustasy, which influenced the composition of faunal assemblages.

# **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

El Sistema Jurásico a nivel mundial es de gran importancia desde el aspecto paleontológico, ya que después de la extinción de finales del Triásico Superior, se experimenta una gran diversificación de la vida tanto en el continente como en los océanos, siendo particularmente importante la que registran los cefalópodos, especialmente los ammonites, cuya rápida evolución y características ecológicas permiten un análisis preciso de la bioestratigrafía y paleoecología de los diferentes pisos pertenecientes a este Sistema.

Particularmente, el Jurásico Superior marino de México ha sido objeto de diversos estudios, abarcando tópicos como la paleontología sistemática, bioestratigrafía y recientemente algunos aspectos sobre la tafonomía, paleobiogeografía y paleoecología. Cabe señalar que como parte fundamental de las interpretaciones tafonómicas, se deben considerar aspectos paleoecológicos y de reconstrucción de los ambientes sedimentarios, hasta la fecha aspectos poco abordados.

## **I.1. OBJETIVOS**

El objetivo general del presente trabajo es dar a conocer la bioestratigrafía y tafonomía de la fauna recolectada de la sección denominada Puerto Piñones 1 (PP-1) del Jurásico Superior.

Los objetivos particulares consisten en:

- La identificación taxonómica de la fauna recolectada.
- Reconocimiento de la distribución estratigráfica de la fauna en la sección.
- Identificar las asociaciones faunísticas registradas.
- Establecer con base en fauna de ammonites la edad de la sección.
- Comparar y correlacionar los datos bioestratigráficos con las propuestas biozonales existentes.
- Realizar el análisis tafonómico para identificar tafofacies.

- Hacer la interpretación del ambiente de depósito.

De tal manera que la investigación que se realizó abarca aspectos básicos metodológicos e interpretativos como los sistemáticos, bioestratigráficos y tafonómicos, para así conocer los procesos que tuvieron lugar en la formación de la sección estudiada.

## **I.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA**

La sección Puerto Piñones se localiza en el Altiplano de la Sierra Madre Oriental (en la parte interna) cerca de la Ciudad de Saltillo, Coahuila; concretamente aflora en parte de la vía del ferrocarril Saltillo a Concepción del Oro, a 5 km de la estación ferroviaria Carneros. En las coordenadas geográficas 25° 2' 4.8" N y 101° 3' 22.4" W, a una altura de 2,015 msnm (Figura 1).

La zona de estudio está bien comunicada por diversas carreteras principales y secundarias. Para llegar al perfil estudiado desde la Ciudad de México, 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 1).

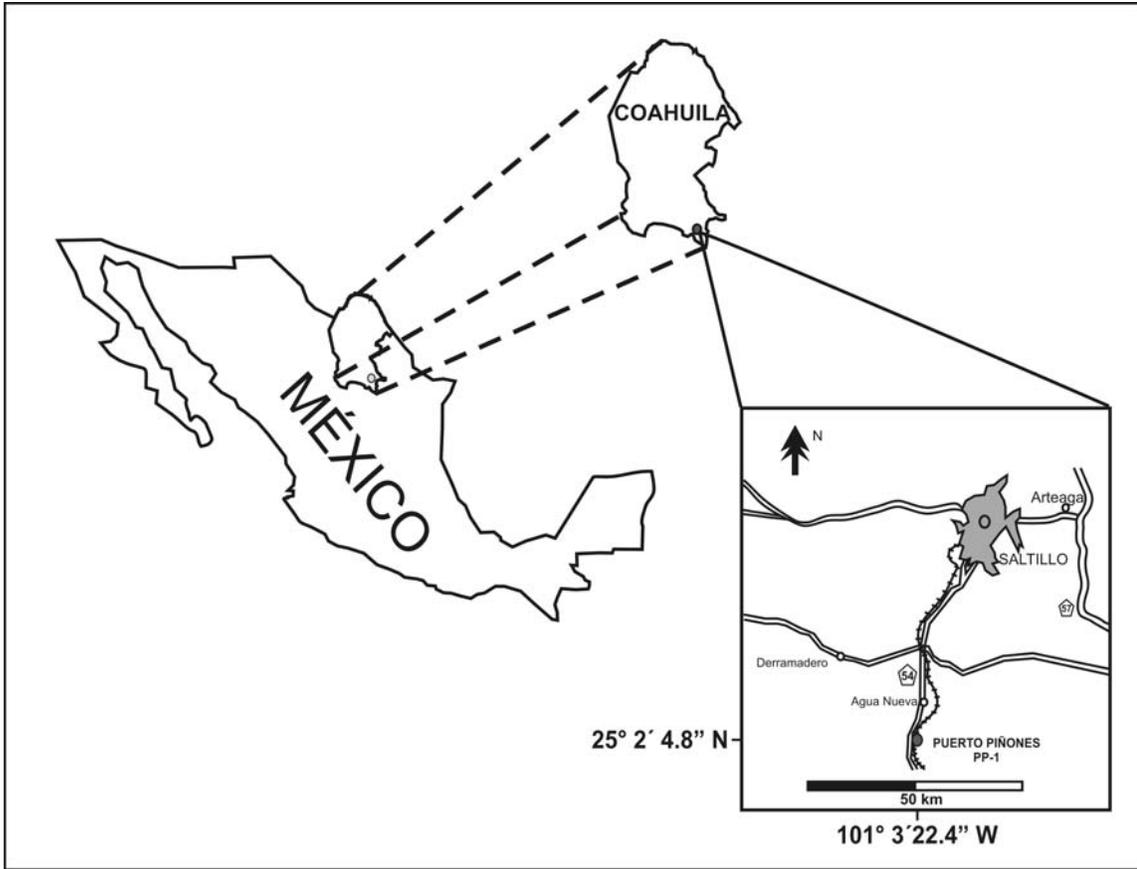


Figura 1. Mapa de localización geográfica y vías de acceso a la localidad.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **II.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Como parte inherente del trabajo de investigación, se realizó una recopilación y revisión bibliográfica que abarcó aspectos geológicos, paleontológicos, tafonómicos y petrológicos, cuyo estudio y análisis se plasmará en los siguientes capítulos.

Para la clasificación taxonómica de los ammonites fueron considerados los lineamientos del *Treatise on Invertebrate Paleontology Mollusca 4, part L* (Arkell *et al.* 1957, Wright *et al.* 1996), así como la más reciente revisión de Donovan *et al.* (1981). Además, se consideró bibliografía especializada sobre ammonites del Jurásico Superior. Para los casos de nomenclatura abierta se consideró la propuesta de Bengtson (1988).

Para la fauna constituida por bivalvos y braquiópodos principalmente se realizó un estudio preliminar sobre su biología, considerando los trabajos de Buitrón-Sánchez (1990) y Harold (1999). Para la clasificación a nivel de grupo se siguieron los lineamientos establecidos en el *Treatise on Invertebrate Paleontology Mollusca 6, part N* (Cox *et al.* 1969).

### **II.2. MÉTODOS DE CAMPO**

El material estudiado en este trabajo, proviene del afloramiento denominado Puerto Piñones reconocido con las siglas PP-1, y fue recolectado en dos campañas de campo, la primera del 16 al 25 de marzo de 2007 y la segunda del 9 al 10 de febrero de 2008. El muestreo se realizó bajo un estricto control estratigráfico, considerándose los datos litológicos y realizándose el levantamiento de la sección, empleando el método del Báculo de Jacob y cinta métrica. Se identificaron los estratos donde se recolectó el material con una numeración ascendente estratigráficamente, además de la toma de datos tafonómicos relacionados con la orientación de la fauna. También se recolectaron muestras de roca fresca, a cada cambio de litología, con el fin de elaborar secciones delgadas para realizar el análisis de litofacies (Figura 2).

### **II.3. TRABAJO DE LABORATORIO Y GABINETE**

El material fósil recolectado se limpió y catalogó para su identificación y estudio. La limpieza de las muestras consistió en el lavado con agua corriente para eliminar el exceso de sedimento. El material que presentó sedimento más compacto se limpió con la ayuda de un lápiz neumático. 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. Posteriormente, el material se rotuló con las siglas de la sección (PP-1) y el estrato de procedencia.

Para llevar a cabo el análisis tafonómico de las asociaciones de macroinvertebrados fósiles registradas se estudiaron alrededor de 1687 restos incluyendo ejemplares completos y fragmentos. Las características tafonómicas analizadas fueron tamaño de los restos, posición en el estrato, "corrasion" (abrasión, bioerosión, disolución), grado de fragmentación, desarticulación y deformación de los restos, cuyo significado y características se explican más adelante en el Capítulo V. Todos los datos obtenidos fueron vaciados a una base de datos elaborada en Excel, misma que soporta la interpretación tafonómica que se propone (Apéndice 1).

Para realizar el estudio petrográfico de las muestras de mano se procedió a la elaboración de las láminas delgadas siguiendo la metodología tradicional. La descripción petrográfica de 40 secciones delgadas, 10 de las cuales pertenecen a la Formación Zuloaga y las restantes a la Formación La Caja/La Casita, se realizó con un microscopio petrográfico (Olympus). La descripción de las rocas carbonatadas se realizó siguiendo los lineamientos propuestos por Dunham (1962). Para hacer las interpretaciones sobre el ambiente de depósito se siguieron los lineamientos generales propuestos por Flügel (1982, 2004).

Para la elaboración de las láminas que ilustran esta tesis fueron fotografiados los distintos sectores del afloramiento, tanto a nivel panorámico como detalles del mismo. Además a los especímenes más representativos, que sustentan las determinaciones taxonómicas se les aplicó una película delgada

de sulfato de amonio o al natural cuando se trataba de ejemplares muy lisos, para tomar las fotografías. También se ilustran algunas de las características tafonómicas consideradas en la interpretación de las tafofacies. Fotomicrografías de las láminas de distintos niveles estratigráficos fueron tomadas tanto en microscopio estereoscópico como petrográfico (marca Leica y Olympus).

### **CAPÍTULO III. CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE ESTUDIO**

El área de estudio se localiza en el Altiplano Mexicano 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). A lo largo y ancho de la Sierra Madre Oriental, existen cambios litológicos y acñamientos que forman una cubierta heterogénea. El basamento cristalino está localmente involucrado en la deformación Laramídica, aunque ésta afecta principalmente a estratos mesozoicos y del Paleógeno con un estilo de cubierta delgada (*thin-skinned*) (Eguiluz *et al.* 2000).

La deformación correlativa con las orogenias Marathon-Oachita y Apalacheana, aparece esporádicamente en el área ocupada por la Sierra Madre Oriental. Rocas del basamento cristalino formado por esquistos, gneises e intrusivos precámbricos, paleozoicos y triásicos afloran localmente y no se tiene claro su papel de bloques paleotectónicos reactivados durante la extensión asociada con la apertura del Golfo de México y posteriormente, durante la deformación Laramídica (Tardy, 1980).

Los principales elementos tectónicos originados en esta región durante la etapa de rifting comprenden altos de basamento, entre los que destacan el Bloque de Coahuila (= Isla de Coahuila), la Península de Burro-Peyotes, el Archipiélago de Tamaulipas (= Península de Tamaulipas), y las Islas de La Mula y Monclova, así como bloques bajos de basamento que conforman la Cuenca de Sabinas. La composición litológica de los bloques es diferente de un área a otra debido al acomodo de éstos por movimientos de fallas regionales con desplazamiento lateral (González-Sánchez *et al.* 2007) (Figura 2).

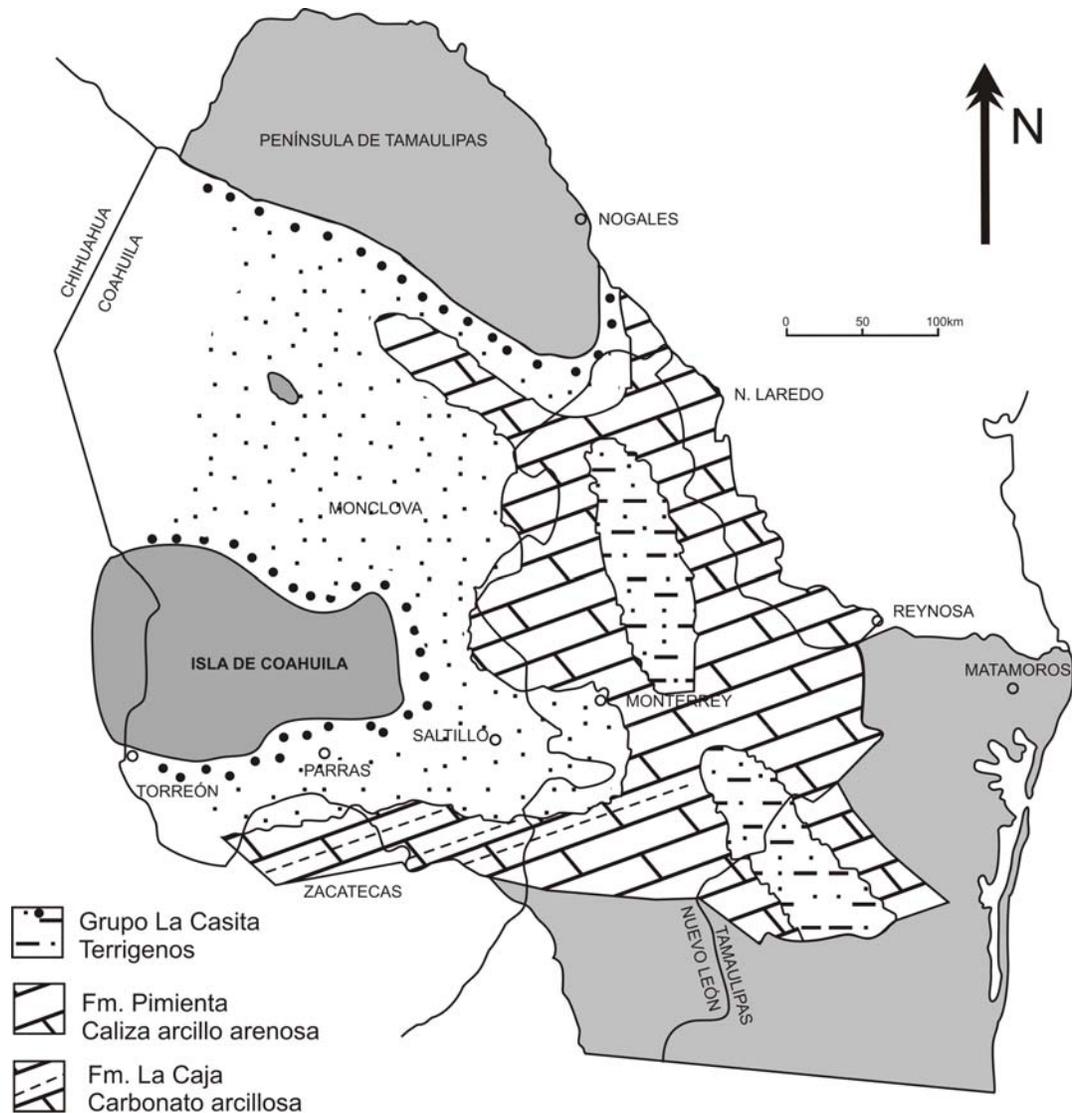


Figura 2. Paleogeografía del Jurásico Superior (Kimmeridgiano-Tithoniano de noreste de México (modificado de Morán-Zenteno, 1994).

En el Jurásico Tardío los cambios eustáticos registrados durante la formación del Golfo de México se han manifestado como etapas periódicas de transgresiones y regresiones (Michalzik, 1988; Salvador, 1991), lo que propició la depositación de 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). En este tiempo los mares alcanzan una gran amplitud a

lo largo de todo el territorio mexicano, estando representadas varias formaciones como La Casita, La Caja, Olvido en el noreste de México (Figura 2), con sus equivalentes Cotton Valley, Buckner y Smackover en Texas; Tamán y Pimienta en la zona centro-este de México; San Andrés en la zona de Poza Rica; Tepexilotla en la zona de Veracruz y Caliza Chinameca inferior y Caliza Mogoñé inferior en la zona meridional, participando prácticamente todos los ambientes marinos: cuenca (Tamán), nerítico abierto (Pimienta), mares someros y lagunas (San Andrés), cuencas restringidas o lagunares (Olvido), costeros o del nerítico superior (La Casita) y finalmente posibles grandes cuencas evaporíticas (antiguo Golfo de México) (López-Ramos, 1981; Morán-Zenteno, 1984, 1994).

La extensión de los mares jurásicos del Kimmeridgiano-Tithoniano, registran un movimiento transgresivo primeramente sobre una plataforma al oriente y posteriormente la gran cuenca central, que se ha considerado como el inicio del geosinclinal por algunos autores. La entrada principal de las aguas marinas provinieron del oriente, distribuyéndose en brazos a veces muy someros al sureste de México (Chiapas), al sur por la cuenca de Guerrero y una estrecha entrante para formar la pequeña cuenca de Tlaxiaco, que fue desplazada al oriente por movimientos tectónicos y prácticamente estrangulada al finalizar el Jurásico o principios del Cretácico.

Salvador *et al.* (1992) mencionan que particularmente para México la distribución de la fauna (especialmente ammonites) y las litofacies sugieren que el clima para este tiempo fue cálido, con variantes en la precipitación; corroborándolo con el incremento del sedimento fino. Concluyendo que durante el Jurásico Superior, el tipo de ambiente marino donde se encontraban los ammonites fue de plataformas extensas poco profundas, con pisos oceánicos irregulares.

La interpretación tectono-eustática propuesta Goldhammer (1999) y más tarde la de Olóriz *et al.* (2003a) afinada con datos bioestratigráficos más precisos para el Jurásico Superior en el noroeste de México, señala para el Oxfordiano tardío - Kimmeridgiano temprano, la existencia de una tendencia de somerización que se interpreta como el resultado de una amplia interacción entre la tectónica y la eustacia, lo que determina las condiciones ambientales.

Posteriormente, del Kimmeridgiano al Tithoniano se reconoce un periodo de reestructuración con fluctuaciones en el nivel relativo del mar, con un depósito relativamente homogéneo con algunos eventos en el Kimmeridgiano medio-tardío y Tithoniano temprano-medio que indican nuevamente la interacción entre tectónica y eustacia. Respecto al Tithoniano tardío - Berriasiano Olóriz *et al.* (2003a) comentan que no hay datos bioestratigráficos fiables que permitan la interpretación.

### **III.1. ESTRATIGRAFÍA DEL SECTOR ESTUDIADO**

Las rocas que afloran en el área de estudio corresponden principalmente a una secuencia de rocas carbonatadas y terrígenas del Jurásico Superior hasta del Cretácico Inferior, en un depósito casi continuo, constituyendo una gama variada de ambientes sedimentarios controlados por los elementos paleogeográficos que conforman la historia geológica del lugar. En particular las formaciones que afloran en el área de estudio son:

#### *Formación Zuloaga*

Se reconoce como base de la transgresión marina del Jurásico Superior, al igual que a cualquiera otra facies clástica, calcárea o evaporítica del denominado Grupo Zuloaga. Fue descrita por Imlay (1938, p. 1657) en la Sierra de Sombrerillo, situada al norte de la población de Melchor Ocampo, Zacatecas. Este autor señala que la Caliza Zuloaga aflora al sur y al este del Anticlinorio de Parras y está cubierta por la Formación La Caja. En el Anticlinorio de Arteaga, está sobreyacida por la Formación La Casita y el área de su afloramiento es muy reducida, mientras que hacia el sur, donde la Formación La Caja sobreyace a esta unidad, la Caliza Zuloaga forma los núcleos y al mismo tiempo las cumbres más altas de las sierras. Según el autor la ausencia de areniscas indica que la Caliza Zuloaga fue depositada lejos del lugar de donde provinieron los sedimentos, y fue clasificada como una facies extralitoral (*off shore*) del "Argoviano" en el Geosinclinal Mexicano.

Recientemente, Barboza-Gudiño *et al.* (2004) para el área de Real de Catorce mencionan que está constituida por una secuencia de calizas micríticas a microesparíticas que pudieran considerarse equivalentes en edad de la secuencia evaporítica de la Formación Minas Viejas del noreste de México. La Formación Zuloaga o su equivalente lateral, la Formación La Gloria, ha sido fechada de manera general en el Oxfordiano, esencialmente por su fauna de ammonites, pelecípodos (Burckhardt, 1930; Imlay, 1938) y corales (Reyer de Castillo, 1978), aunque la fauna más característica de la Formación Zuloaga es la de gasterópodos nerineidos (Contreras *et al.* 1988; Barboza-Gudiño *et al.* 2004).

#### *Formación La Casita/La Caja*

La Formación La Caja (Burckhardt, 1930) y sus equivalentes las Formaciones La Casita (Imlay, 1936) y Pimienta (Heim, 1926) son bien conocidas en el noroeste y este de México por su diversidad y abundancia de invertebrados, representan ambientes deltáicos y de plataforma interna. La edad que se les asigna va del Kimmeridgiano al Berriasiano, siendo depositadas en un tiempo con actividad tectónica regional causando una irregularidad en el piso oceánico; las facies de plataforma interna y externa fueron afectadas por las variaciones en el nivel del mar en la cuenca (Buchy, 2008).

Según diversos autores la Formación La Caja está caracterizada por capas delgadas de calizas margosas alternando con limolitas, areniscas bituminosas y fosforitas, con cefalópodos, gasterópodos, pelecípodos y braquiópodos, y sobreyace a la Formación Zuloaga con un contacto gradual.

Diversas asociaciones de ammonites han sido descritas (Castillo y Aguilera, 1895; Burckhardt, 1906, 1930; Imlay, 1939, 1984; Cantú-Chapa, 1963, 1968, 1971, 1979; Verma y Westermann, 1973; Adatte *et al.* 1992, 1993-1994; Olóriz *et al.* 1996, 1999; Villaseñor *et al.* 2000a), pero también se encuentran belemnites, bivalvos, braquiópodos y serpúlidos. Además, se han registrado vertebrados marinos tales como peces, ictiosaurios, cocodrilos y pliosaurios (Frey *et al.* 2002; Olóriz *et al.* 2003b; Buchy *et al.* 2003, 2006; Villaseñor *et al.* 2006; Buchy, 2008)

La Formación La Caja es correlacionable con la Formación La Casita del noreste de México, la cual se considera una facies equivalente de plataforma más cercana a la costa (*near shore*) que evoluciona desde facies deltáicas en la periferia de la Península de Coahuila hasta las facies más profundas hacia el suroeste.

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. En la Formación La Casita se diferencian dos miembros; el inferior que consiste de areniscas grises conglomeráticas y areniscas friables que contienen braquiópodos, bivalvos y belemnites; el miembro superior consiste principalmente de 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 diatratificación (*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.

De acuerdo con Adatte *et al.* (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.

### *Formación Taraises*

La Formación Taraises (Imlay, 1936) de edad cretácica, consiste en una alternancia de capas delgadas a medianas de calizas fosilíferas y calizas arcillosas con algunas bandas de pedernal negro y alternancia de horizontes delgados de materiales terrígenos.

El contacto de la Formación Taraises con la Formación La Casita (infrayacente), es de carácter concordante cerca del poblado de La Casita, mientras que con la Formación Cupido (suprayacente) el contacto es transicional.

Debido a la litología que caracteriza a esta formación, se ha considerado que fue depositada en facies de cuenca de aguas tranquilas y profundas, marcando el inicio de una transgresión progresiva. Durante la última etapa de depósito de esta formación existió una aportación de sedimentos terrígenos, lo cual se debió a un levantamiento en condiciones regresivas desarrollándose ambientes cercanos a la costa; la piritización sugiere o indica que el ambiente se caracterizó por una pobre circulación y condiciones de estancamiento en el fondo del mar.

La edad que comprende esta formación es del Berriasiano al Valanginiano (González-Arreola *et al.* 1992; Barboza-Gudiño *et al.* 2004), esto se estipula con base en la presencia de ammonites y calpionélidos.

### **III.2. LITOESTRATIGRAFÍA DEL PERFIL PUERTO PIÑONES (PP-1)**

El perfil estudiado denominado Puerto Piñones 1 (PP-1, Figura 3), fue levantado en las dos laderas del pequeño cerro por donde cruza la vía del tren Saltillo-Concepción del Oro, comprende las formaciones Zuloaga (o Formación Olvido según Goldhammer, 1999), La Casita/La Caja y parte de Taraises; el estudio que se presenta se enfoca únicamente a la Fm. La Casita/La Caja, sin embargo es importante mencionar las rocas encajonantes.

En la base de la sección aflora la Formación Zuloaga (= Formación Olvido según Goldhammer, 1999) que está caracterizada por bancos gruesos de caliza negra que intemperiza en color gris, varios de éstos estratos a techo presentan superficies endurecidas “hardgrounds”, de aspecto nodular, rojizas ferruginosas (Lámina 1, Figura A), el contacto de las rocas de la Formación Zuloaga con la Formación La Casita/La Caja es concordante y se observa una superficie endurecida (Lámina 1, Figura A).

La Formación La Casita/La Caja en su base está constituida por 2 m de arenisca calcárea de grano fino en estratos delgados de 10 a 20 cm de espesor, el color de intemperismo es café rosado, se presenta de forma tableada (Lámina 1, Figura C), macroscópicamente se observan braquiópodos en posición de vida. Le sobreyacen 6.5 m de estratos calcáreo limosos con espesores de 5 a 26 cm (Lámina 1, Figura F), con algunas intercalaciones arenosas, que igualmente intemperizan en café rosado, con bivalvos trigónidos (Lámina 8, Figura M) y escasos ammonites.

Este paquete es sobreyacido por estratos más calcáreos, de espesores ligeramente mayores (30 cm) identificados en la columna con el número 5 (Lámina 2, Figura A). Algunos de estos niveles presentan superficies ferruginosas (Lámina 2, Figura B), otros gran cantidad de gasterópodos y restos de moluscos fragmentados y braquiópodos articulados (Lámina 2, Figuras A, B) y, en especial el nivel 5F muestra en la parte basal una caliza masiva que a techo presenta una trama de icnofósiles (Lámina 2, Figura C).

A estos niveles le sobreyace una secuencia limolítica calcárea cuyo espesor total es de aproximadamente 20 m, los estratos son muy delgados, en ocasiones milimétricos, muy tableados (Lámina 3, Figura A), ligeramente plegados (Lámina 3, Figura E), principalmente con fauna de ammonites como impresiones y bivalvos, aunque existen capas con una gran abundancia de moldes internos de belemnites fragmentados (Lámina 3, Figura B y Lámina 9, Figuras B5, B6). Existen niveles con nódulos alargados y/o concreciones calcáreas medianas y grandes, con escasa fauna ó sin ella (Lámina 3, Figura D y E, Lámina 4, Figura A).

Sobreyaciendo a estas rocas se presenta aproximadamente 1m de caliza tableada (Niv. 11, Lámina 4, Figura A derecha), de color negro y con manchas cafés. En las superficies de estratificación se observan abundantes conchas de bivalvos (*Aulacomyella*, Lámina 8, Figura J), gran cantidad de aptychus y muy escasos ammonites aplastados, en corte se observan láminas de color negro correspondientes a las valvas de los bivalvos y aptychus, se trata de un nivel condensado (Lámina 4, Figura B). Las características litológicas de condensación imposibilitaron la extracción de fauna.

En niveles superiores se reestablece la sedimentación limolítica y se presentan estratos delgados de color rosa, cuyas características de afloramiento no son buenas lo que imposibilitó el muestreo detallado (Figura 3). Los fósiles fueron relativamente poco abundantes y principalmente conservados como impresiones.

Coronando estos niveles limolíticos, aflora un nivel calcáreo condensado (Niv. 15) de 30 a 50 cm de espesor, se trata de una caliza negra que intemperiza a gris rojizo (Lámina 4, Figura C), con gran cantidad de fauna de ammonites (*Salinites*) depositada en diversas posiciones, así como escasos bivalvos de gran tamaño, mal conservados (Lámina 4, Figura D).

Le sobreyacen aproximadamente 14 m de limolita, con algunos bancos más calcáreos, la estratificación es delgada (5 a 15 cm de espesor) de apariencia tabular (Lámina 4, Figura E).

Casi en la cima de la sección, antes de presentarse el primer estrato de lo que se considera la Formación Taraises (Niv. 22), en lo que corresponde a la ladera este, se presentan algunos problemas estructurales, al parecer cambia la dirección de los estratos, pero es difícil comprobarlo ya que se podría tratar de crucero muy importante (Lámina 5, Figura A). Sin embargo en la ladera oeste el contacto con los estratos calcáreos de la Formación Taraises es muy claro (Lámina 5, Figura C y D), aquí se observa un cambio importante tanto en la composición de la roca de más a menos limolítica, así como en el espesor que se presenta estratocreciente (Lámina 5, Figura C). En esta litología se recolectaron escasos especímenes, principalmente ammonites con registros aislados de bivalvos.



### III.2.1. Litofacies perfil Puerto Piñones (PP-1)

#### *Litofacies arenosa-calcárea*

Esta litofacies sobreyace a la litofacies calcárea de grainstone con pellets de una plataforma restringida de la Formación Zuloaga (Lámina 1, Figuras A, B); se trata de los primeros 10 m de la Formación La Casita/La Caja (Niveles 1-5K, Figuras 3, 12). El análisis petrográfico de las secciones delgadas muestra una variación en sentido estratigráfico, los primeros niveles se componen de arenisca calcárea de grano fino. Al microscopio se observa una arenisca moderadamente seleccionada, con clastos sub-angulosos de cuarzo, calcita y líticos, los contactos son puntuales, longitudinales y en menor proporción se encuentran granos flotantes. Además se presentan galerías de serpúlidos (Lámina 1, Figuras D y E); los niveles que le sobreyacen de caliza limolítica presentan variantes en su composición, los más inferiores se clasifican como un packstone/wackestone con bioclastos (Lámina 1, Figuras G y H); y los superiores como un grainstone/packstone con bioclastos (Lámina 2, Figuras D y E).

#### *Litofacies limolítica (inferior y superior)*

Esta litofacies se presenta tanto en la parte inferior como superior de la sección, en la parte inferior sobreyace a la litofacies arenosa-calcárea previamente descrita, se trata de aproximadamente 20 m (Niveles 6 a 10D, Figuras 3, 12) de una limolita calcárea de grano fino que al microscopio presenta cristales de cuarzo y de calcita (Lámina 3, Figura F), algunos niveles además presentan granos revestidos (ooides) embebidos en una matriz calcárea (Lámina 3, Figuras C). Esta litofacies se trunca por la litofacies calcárea condensada (tipo 1), y se reconoce nuevamente sobreyaciéndola (= litofacies limolítica superior), se trata de aproximadamente otros 15 m (Niveles 11A a 11K, Figura 3, 12) de una limolita muy deleznable (Lámina 4, Figura A), y debido a las características limosas de la roca no fue posible realizar láminas delgadas para el análisis detallado al microscopio.

### *Litofacies calcárea condensada (Tipo 1)*

Esta litofacies de aproximadamente 1 m de espesor (Nivel 11, Figuras 3 y 12) sobreyace a la litofacies limolítica calcárea. El análisis de la sección delgada indica que se trata de un floatstone/rudstone con matriz micrítica recristalizada, tanto en las superficies de estratificación, como en sección perpendicular se puede observar que los “filamentos” pertenecen mayoritariamente a bivalvos y *aptychii*.

### *Litofacies calcárea condensada (Tipo 2)*

Esta litofacies sobreyace a la litofacies limolítica (superior), se trata de un estrato de caliza de 30 a 50 cm de espesor (Nivel 15, Figuras 3 y 12, Lámina 4, Figuras C, D). La clasificación corresponde a un floatstone con matriz micrítica, se observan vetillas rellenas de calcita, los bioclastos son de ammonitellas, ammonites y bivalvos, los fósiles presentan rellenos de esparita, son ligeramente geopetales oblicuos, en algunos casos se observa disolución de las conchas ligadas a estilolitas (Lámina 4, Figura F).

### *Litofacies limolítica-calcárea*

Esta litofacies sobreyace a la litofacies calcárea condensada (tipo 2), se trata de aproximadamente 9 m de espesor (entre nivel 15 y nivel 22, Figuras 3, 12) de limolita con algunos bancos más calcáreos (Lámina 4, Figura F y Lámina 5, Figuras A, C). Un nivel calcáreo en la parte más alta de este espesor, se reconoce como un mudstone con microfósiles pelágicos principalmente calpionélidos (Lámina 5, Figura E).

## CAPITULO IV. ANTECEDENTES BIOESTRATIGRÁFICOS Y TAFONÓMICOS SOBRE EL JURÁSICO SUPERIOR DE MÉXICO

En diversos trabajos de tesis (Villaseñor, 1991; López-Palomino, 2002; López-Caballero, 2006; López-Gómez, 2006) se ha hecho la revisión cronológica de los trabajos publicados sobre el Jurásico de México, para lo cual se refiere a dichas tesis para obtener una lista completa de citas. En esta ocasión se presenta un análisis sintético de la información publicada, haciendo énfasis en las aportaciones bioestratigráficas más sobresalientes. Cabe mencionar que aspectos tafonómicos y paleoecológicos han sido poco abordados, por lo que en este caso se ampliará el análisis de la información existente.

En el siglo pasado los dos investigadores que mayores aportes hicieron al conocimiento bioestratigráfico basado en ammonites del Jurásico Superior de México fueron Burckhardt (1906, 1912, 1919-1921) e Imlay (1936, 1938, 1939, 1943, 1953). Siendo Burckhardt el que propuso las primeras unidades bioestratigráficas de referencia; mismas que consideró en sus síntesis sobre el Mesozoico de México (Burckhardt, 1930), y que hasta la fecha son de consulta obligada y se mencionan a continuación:

Para el Oxfordiano inferior la unidad de “Calizas con *Nerineas*”; para el Oxfordiano superior la unidad de *Perisphinctes* gr. *plicatilis* por debajo de la Zona de *Ochetoceras*. Para el Kimmeridgiano de manera estratigráfica ascendente, la unidad de Capas con *Idoceras*, el “Banco de *Aucella* y la unidad de Capas con *Haploceras fialar*. Para el Portlandiano inferior la unidad de 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*.

Imlay (1936, 1938, 1939, 1943, 1953, 1980 y 1984) da formalidad a la denominación de las sucesiones litoestratigráficas mencionadas por Burckhardt y otros geólogos y propone nombres formacionales que hasta a la fecha se siguen utilizando (p. e. La Gloria, La Casita, Taraises, Parritas, Cupido, La Peña, Cuesta del Cura, Lutita Parras, Caracol y el Grupo Difunta).

El autor antes mencionado hace una revisión, de los aspectos bioestratigráficos propuestos por Burckhardt, en ocasiones ampliando la información paleontológica y en otras concretando algunos de los alcances bioestratigráficos de las faunas, afinando la temporalidad de las Capas con *Idoceras*, Capas de *Waagenia*, Capas de *Mazapillites* y *Torquatisphinctes*, ubicándolas en el Kimmeridgiano inferior-medio, además de que registra las Capas con *Durangites* y las de *Kossmatia* para el Portlandiano.

Más adelante en el siglo pasado, Cantú-Chapa (1967, 1968, 1969, 1971, 1976, 1977, 1979, 1982, 1989, 1990 y 1998) se enfoca a estudiar afloramientos importantes para la exploración petrolera del centro-este de México. Este autor hace algunas nuevas propuestas bioestratigráficas para esta región y trata de correlacionar con lo publicado por Burckhardt e Imlay.

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 las Capas con *Idoceras*, para el Tithoniano medio la Capa de *Virgatosphinctinae* y para la base del Tithoniano superior la Capa de *Kossmatia-Durangites-Corongoceras* y para la cima la Capa con *Substeueroceras* y *Berriasella*. Por su parte Olóriz *et al.* (1996, 1999) hacen un trabajo bioestratigráfico detallado en dos localidades de esta misma región y establecen una bioestratigrafía y correlación más precisa que la propuesta por Verma y Westermann (1973). En particular llama la atención la interpretación de la denominada “Capa 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 permanece incierta. Por otra parte el rango del género *Kossmatia* en México se establece de la parte media del Tithoniano inferior al Berriasiano.

Adatte y colaboradores de 1991 a 1996 realizan estudios sobre el límite Jurásico-Cretácico, basándose en análisis de microfacies, bioestratigrafía (con micro y macropaleontología) y geoquímica. Muestran que la sucesión de calpionélidos en el noroeste de México es análoga a la establecida en el dominio mediterráneo, y con la calibración con calpionélidos de las

asociaciones de ammonites resuelven las 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 hasta el Berriasiano inferior.

Hillebrandt *et al.* (1992) realizan un análisis de las zonas de ammonites propuestas para el Jurásico de la región del Circum-Pacífico, Callomon (uno de los coautores) realizó un análisis bibliográfico para establecer la biocronoestratigrafía del Jurásico Superior de México, con base en comparaciones con faunas europeas establece 22 biozonas que representan ajustes respecto a lo propuesto por Burckhardt, Imlay y Cantú-Chapa. Por su parte Villaseñor *et al.* (2000b) basándose en información de campo y lo publicado por ellos mismos (Villaseñor, 1991; Olóriz *et al.* 1993, 1998; Villaseñor *et al.* 1993, 1995) hacen otra propuesta biozonal para el Jurásico Superior (Kimmeridgiano–Tithoniano) del norte-centro de México, la cual sintetizan en dos figuras (p. 251 y 255). La diferencia de esta propuesta con las anteriores radica en la discontinuidad del registro, así como el establecimiento de otras asociaciones que son producto de los nuevos datos de estos autores, y que además será tomada aquí como referencia biozonal (Figuras 4 y 5).

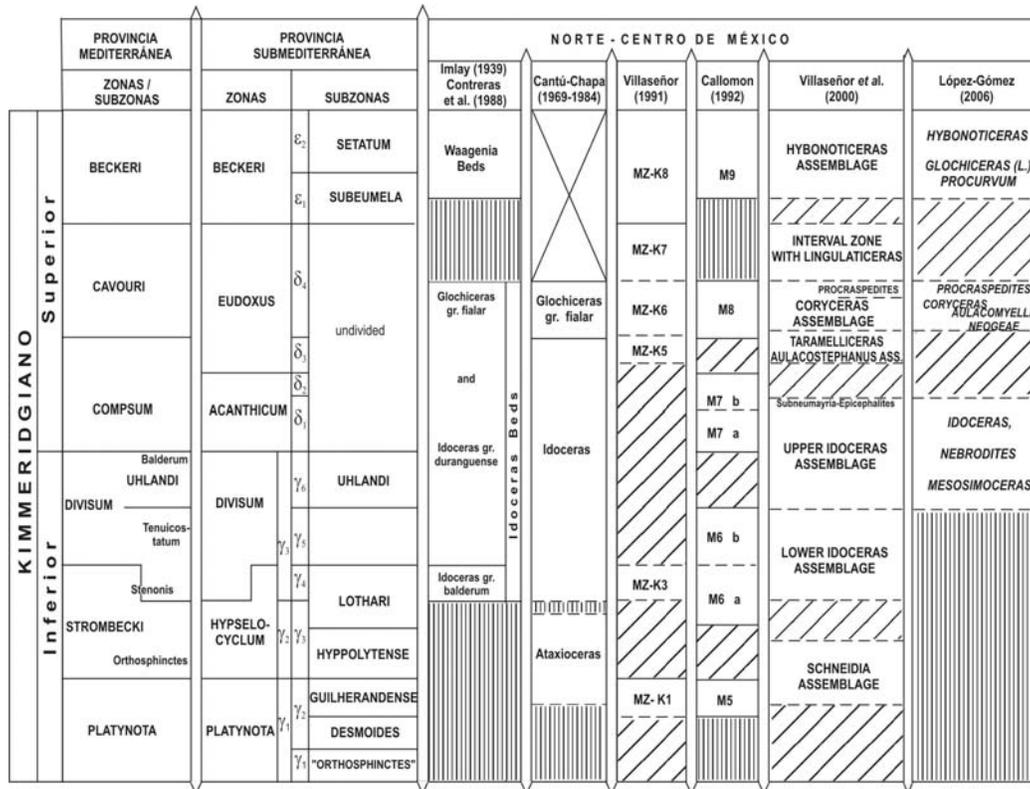


Figura 4. Propuesta biozonal para el Kimmeridgiano del noreste y centro de México (modificado de Villaseñor *et al.* 2000b).

Villaseñor *et al.* (2005) realizaron un estudio de la fauna de ammonites y bivalvos de una sección que corresponde a la parte superior de la Formación Cucurpe en Sonora. Cabe resaltar que por primera vez se establecen edades más precisas y esto posibilita correlaciones con esta parte de México.

Olóriz y Villaseñor (2006) reportan por primera vez el registro de *Ceratosphinctes rachistrophus amatitlaensis* n. subsp. para el centro-este de la Huasteca Mexicana, con un rango bioestratigráfico correspondiente a la parte más alta del Kimmeridgiano inferior a la parte más baja del Kimmeridgiano superior. Este hallazgo es de suma importancia, ya que refuerza la interpretación paleobiogeográfica y reafirma los modelos paleogeográficos interpretados para las asociaciones de ammonites del Jurásico Superior hechas con anterioridad por Villaseñor *et al.* (2000b) para las "capas de *Idoceras*" en México.

		PROVINCIA MEDITERRÁNEA	PROVINCIA SUBMEDITERRÁNEA	ARGENTINA	NORESTE Y CENTRO-ESTE DE MÉXICO			
		ZONAS	ZONAS	Olóriz y Tavera (1989)	Cantú-Chapa (1967-1984)	Callomon (1992)	Villaseñor et al. (2000)	López-Caballero (2006)
TITHONIANO	superior	DURANGITES	TRANSITORIUS / MICROCANTHUM	KOENERI ALTERNANS	PODOLISOCERAS	M 19-20 M 18		
	medio	MICRO-CANTHUM / TRANSITORIUS / SIMPLISPHINCTES	SCRUPOSUS	INTERNISPINOSUM	SUARITES	M 17 M 16 M 15		ASOCIACIÓN DE MICRACANTHOCERAS (CORONOCERAS) SUARITES
		PONTI / BURCKHARDTICERAS	PALMATUS / PUSCHI			M 14		ASOCIACIÓN DE AULACOSPHINCTES - PARAGLOMICERAS
		FALLAUXI / ADMIRANDUM / BIRUNCINATUM	CILIATA	PROXIMUS		M 13		
	inferior	SEMIFORME / VERRUCIFERUM	BAVARICUM / PENICILLATUM / ROTHPLETZI	ZITTELI	KOSSMATIA / PSEUDO-LISSOCERAS	M 12 b	ASOCIACIÓN DE ANDICERAS-KOSSMATIA	ASOCIACIÓN DE BUTTICERAS - PSEUDOLISSOCERAS (+ SIMOCOSMOCERAS/SIMOCERAS VILLASEÑOR ET AL. 2003/ GLOSZ ET AL. IN LIT.)
		ALBERTINUM / DARWINI	VIMINEUS / PALATINUM / VIMINEUS	MENDOZANUM	MAZAPILITES	M 12 a	ASOCIACIÓN DE PARASTREBLITES-TORQUATSPHINCTES	
		HYBONOTUM / LITHOGRAPHICUM	TRIPPLICATUS / MUCRONATUM		VIRGATOSPHINCTES	M 11 M 10	ASOCIACIÓN DE LISSOCERAS-FRANCONITES / MAZAPILITES / ASOCIACIÓN DE HYBONOTICERAS	

Figura 5. Propuesta biozonal para el Tithoniano del noreste de México (modificado de Villaseñor *et al.* 2000b).

Como se mencionó al inicio de este apartado, a continuación se expondrá el análisis de los trabajos que de una manera u otra contemplan interpretaciones tafonómicas y paleoecológicas para el Jurásico Superior de la región noreste de México.

Una de las primeras interpretaciones, aunque de carácter bastante vago es la de Verma y Westermann (1973) quienes reconocen que la abundancia relativa de fauna bentónica y los ammonites fuertemente ornamentados sugieren que el ambiente de depósito de la Formación La Caja, fue de aguas someras. Hay que señalar que esta interpretación es de carácter cualitativo ya que no se presentan datos sobre porcentajes de faunas, ni hay diferenciación entre los dos miembros que ellos reconocen para la Formación La Caja.

Más tarde, Schumann (1985 y 1988) realiza estudios paleoecológicos basado en análisis de facies y de la fauna de ammonites, bivalvos, madera y otros restos de plantas del Kimmeridgiano y Tithoniano de la Formación la Casita en el noreste de México, reconoce que la falta de organismos epi y endobentónicos, junto con la litología indica un ambiente pobre en oxígeno durante periodos largos. La presencia del bivalvo *Aulacomyella*, la justifica como organismos que se fijaron a la madera y otra flora "hipotética", y señala que los bivalvos no son parte de la biocenosis de fondo. La abundancia de

fósiles en las concreciones, la explica por medio de eventos extremos, como huracanes que ocasionaron el transporte y acumulación de material de diferentes tamaños. Además, menciona que la presencia de rocas fosforíticas indican una profundidad máxima de 300 m en un período transgresivo entre el Kimmeridgiano y el Tithoniano. No obstante la importancia de este trabajo cabe destacar el carácter generalizado de la interpretación, sin mencionar ninguna diferenciación estratigráfica, en una secuencia que puede medir más de 300 m de espesor (ver Michalzik y Schumann, 1994).

Olóriz y colaboradores en diversos trabajos del norte-centro y noreste de México (Olóriz, 1987; Olóriz *et al.* 1988, 1990) establecen las bases para el inicio de los análisis ecoestratigráficos y ecoevolutivos en México. Basándose en las fluctuaciones de las asociaciones de macroinvertebrados del Jurásico Superior señalan que los conjuntos faunísticos están formados principalmente por ammonites y bivalvos, entre los ammonites hay un claro predominio de perisphinctidos y haplocerátidos. Específicamente para el Kimmeridgiano y Tithoniano, proponen que el medio marino donde se desarrollaron los ammonites mexicanos fue el de plataformas extensas y relativamente someras, con fondos irregulares e inestables, sometidos a un clima cálido con pluviometría moderada-alta. Con datos isotópicos revelan fluctuaciones en el carácter marino de la secuencia (Olóriz *et al.* 1988). Se considera a la región mexicana como un área de inmigración y posterior evolución *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.

Villaseñor (1991) para afloramientos del Jurásico Superior de la región de Mazapil, y basada en espectros faunísticos y datos litológicos, propone que el área era una plataforma somera, con valores medios de profundidad entre los 30-50 m, encontrando un alto grado de endemismo a nivel específico, lo que hace suponer que dicha plataforma estuvo subdividida y en ocasiones desconectada de la influencia de las aguas oceánicas permitiendo la evolución de la fauna *in situ*.

Villaseñor *et al.* (1991) con el análisis de los cambios en la composición de las asociaciones faunísticas constataron que existen diferencias de comportamiento entre el Kimmeridgiano y el Tithoniano. Mencionan que

diversos factores determinan estas diferencias y se relacionan con la dinámica ecológica durante este intervalo de tiempo. Algunos de estos factores son: características litoestratigráficas, profundidad de la plataforma, gradiente de proximalidad-distalidad. Además, debido al porcentaje alto de ammonites pertenecientes a la superfamilia Perisphinctaceae, se confirma que la plataforma donde se desarrollaron las asociaciones faunísticas debió tener una profundidad entre 50 y 70 m.

Olóriz (*in* Salvador *et al.* 1992) analiza la información obtenida en campo y retomando los estudios previos, propone que la distribución de la fauna del Jurásico Superior y las litofacies sugieren que el clima de esa época fue cálido, con variantes en la precipitación. Señala que esto es concordante con el incremento de la sedimentación clástica fina y el desarrollo de arrecifes en la periferia del Golfo de México. Confirma la interpretación de plataformas extensas poco profundas, con pisos oceánicos irregulares; y menciona que la presencia de terrígenos finos en las rocas pertenecientes al Kimmeridgiano y Tithoniano revelan la relativa proximidad a las áreas continentales y la temperatura del agua oceánica debió haber sido cálida con una salinidad variable. Además 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 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) ciertas fluctuaciones que se observan en las asociaciones de ammonites aparentemente se encuentran relacionadas a cambios de nivel del mar.

Olóriz *et al.* (1993) mediante el análisis tafonómico de las asociaciones de invertebrados (ammonites-bivalvos), en una región de Cuencamé, Durango y 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*, por otra parte los

perisphíntidos podrían haber sido mayormente trasportados o las estructuras más frágiles de ellos fueron más fácilmente perdidas después de la muerte. Con todo ello realizan una interpretación ecosedimentaria donde el mayor número de bivalvos se interpreta como un carácter típico de un ambiente proximal no profundo y la laminación sedimentaria indica poca oxigenación. Además, 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).

En este mismo sentido, Olóriz *et al.* (1997) estudiaron secciones pertenecientes al Kimmeridgiano inferior y Tithoniano inferior en la Sierra de Palotes, Durango y Sierra de Catorce, San Luis Potosí, e indican que se presentó una diferencia notoria en el depósito, con fluctuaciones en la tasa de sedimentación; además 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 debido a las inundaciones. Estos cambios afectaron las áreas con sedimentación terrígena dominante, lo que provocó fluctuaciones notables en la variación de los ecoespacios de acuerdo a su relación con las condiciones ecológicas cambiantes, sin presentar una relación directa con los cambios en la composición de las litofacies.

De la Mora (1998) realiza un trabajo sobre pelecípodos 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.

De la Mora *et al.* (2000) realizan la interpretación paleoecológica basándose en el reconocimiento de 12 asociaciones autóctonas de bivalvos, ubicadas temporalmente en el Jurásico Superior – Cretácico Inferior, provenientes de la Formación La Caja, en la sección Cañón de San Matías (Mazapil, Zacatecas). Los depósitos de grano fino y los fósiles de pelecípodos (dependientes de oxígeno) son considerados como evidencia de ambientes de baja energía y rico en nutrientes.

## **CAPÍTULO V. GENERALIDADES DE LA TAFONOMÍA DE MACROINVERTEBRADOS**

La transición de los restos orgánicos de la biosfera a la litosfera es un proceso registrado únicamente en los fósiles, por lo que la Tafonomía puede ser considerada como una de las disciplinas más importantes dentro de la Paleontología. El entendimiento de los procesos de fosilización es primordial para el estudio del registro fósil.

Los estudios tafonómicos más allá de valorar objetivamente la calidad del registro fósil (p. ej. la cantidad de información que se gana o se pierde), proveen de nueva información valiosa sobre los aspectos de la muerte, descomposición de los organismos y de los procesos bioestratigráficos, para entender aspectos que tienen que ver con la paleoecología y el paleoambiente. Interpretaciones que tienen aplicación en la estratigrafía y el análisis de cuencas (Brett y Baird, 1986, Speyer y Brett, 1988; Brett, 1995). Por su parte, el análisis fósil-diagenético revela información importante acerca de la transformación de los sedimentos dentro de la roca. Por todas estas razones, desde los tiempos de Efremov (1940, quien acuñó el término de Tafonomía), el desarrollo de esta ciencia ha sido tal que ha llegado a ser la parte central o la base de la Paleontología (Martinell *et al.* 2008).

### **V.1. CARACTERÍSTICAS TAFONÓMICAS ESTUDIADAS**

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.* 2002, 2008), cuyo reconocimiento, análisis e interpretación, permiten evaluar los procesos que participaron en la conformación del fósil mismo, de sus asociaciones y por último de los yacimientos fósiles, para finalmente entender aspectos paleoecológicos y paleoambientales. De manera general, dentro de las características tafonómicas más empleadas, dada la información que generan, se encuentran:

tamaño de los restos, posición dentro del estrato, fragmentación, desarticulación, desacomplamiento, epibiontes y encostramientos, abrasión, disolución, bioerosión y deformación. A continuación se explican cada uno de estos caracteres 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, por una parte se estudió el tamaño medio de los restos en el total de cada asociación registrada, y por otra parte, se tuvo en cuenta el tamaño más frecuente.

#### *Posición en el estrato*

Luego de la muerte, los restos esqueléticos pueden ser enterrados *in situ* o transportados y orientados de acuerdo a 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) ó 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.* 2002).

### *“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%.

En índice de “corrasion” (IC), fue definido por Olóriz *et al.* (2002) 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:

$$IC = \frac{[(n_{CGA} \times 100) + (n_{GCM} \times 50) + (n_{GCB} \times 1)]}{N}$$

### *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.

Asimismo, se han propuesto formas cuantitativas de evaluar la fragmentación introduciendo un índice de fragmentación (IF) (Olóriz *et al.* 2002) en el que se expresa en términos de porcentaje el grado de fragmentación de un conjunto de individuos. Se ha calculado como la suma de los productos resultantes de multiplicar el número de los individuos (n) que presentan los distintos grados de fragmentación y dividido el valor resultante entre el número total de individuos considerado (N), incluidos aquellos que no presentan fragmentación:

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

### *Epibiontes y encostramientos*

El sobrecrecimiento de las superficies esqueléticas duras por otros organismos es un fenómeno común. Este rasgo además de ser considerado dentro del aspecto de la “corrosión”, también se evalúa como indicador de la exposición del esqueleto por encima de la interfase sedimento-agua, la incrustación también puede especificar el ambiente. Diferentes patrones de incrustación así como diferentes biotas ocurren en diferentes ambientes.

La colonización es frecuente en conchas y moldes, siendo los organismos colonizadores fundamentalmente serpúlidos y foraminíferos encostrantes, y en menor porcentaje briozoarios, balánidos y pequeños ostreidos.

### *Desarticulación*

Aquellos esqueletos formados por diversas partes articuladas se pueden desarticular 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.

### *Desacoplamiento*

Término empleado por Olóriz *et al.* (2002) el cual se refiere a la disgregación registrada en moldes internos de ammonites extraídos del interior del estrato; para que ocurra el desacoplamiento es necesaria la disolución de la concha (paredes y septos), lo que produce zonas de cohesión mínima a favor de los septos y entre las regiones ventrales y dorsales de las distintas vueltas de la espira.

### *Deformación*

La deformación se aprecia fundamentalmente en moldes internos de ammonoideos y otros organismos, como bivalvos, gasterópodos, braquiópodos, etc.; se relaciona con la carga sedimentaria a la que se somete durante la diagénesis temprana (Olóriz *et al.* 2002).

## **V.2. GRADOS TAFONÓMICOS**

Los caracteres tafonómicos reflejan las condiciones de los ambientes de depósito (p. ej. energía, tasa de sedimentación, etc.) y son utilizados en la

reconstrucción de la historia deposicional y en las relaciones paleoecológicas en estratos fosilíferos (Brett y Baird, 1986).

Las características tafonómicas son independientes de la composición taxonómica de la asociación. Brandt (1989) propone que los grados tafonómicos se derivan de las observaciones físicas determinadas por la cantidad de transporte y de retrabajo que experimentan los organismos una vez muertos y contempla los porcentajes de fragmentación, articulación, “corrasion”, orientación; estableciendo que si los porcentajes de estas características son mínimos entonces el grado de conservación será bueno; mientras que por el contrario si la cantidad de retrabajo y transporte son altas, el estado de conservación será malo. Por lo que se entiende que a mayor grado de conservación equivale tener un buen grado tafonómico. El grado tafonómico es una característica que se evalúa estrato-estrato. La definición de las categorías de los grados tafonómicos está basado en el trabajo en campo, en el espécimen de mano, en el estudio petrográfico, la composición faunística y de preservación. De esta manera, este autor reconoce la existencia de cuatro características tafonómicas y tres criterios sedimentológicos que definen cada grado tafonómico.

### **V.3. MODELOS TAFONÓMICOS**

El objetivo de un modelo tafonómico es el de conocer como se forman las asociaciones fósiles, la visión de los modelos ha demostrado que a pesar de la complejidad de las asociaciones fósiles, el carácter y la utilidad de éstas puede ser predicha, y aunque hay pérdida de información en cuanto a la calidad de conservación del resto fósil, se puede ganar información paleoambiental a través de un análisis tafonómico cuidadoso (Behrensmeyer y Kidwell, 1985), además de utilizar todos los criterios paleontológicos, sedimentológicos y estratigráficos que se tengan. Algunos modelos han demostrado el valor de comparación de asociaciones fósiles de diferentes edades pero con una misma historia de preservación.

Johnson (1960) desarrolló uno de los primeros modelos para el análisis de asociaciones marinas (especialmente para bivalvos) donde propone el uso del modo tafonómico, el cual es un patrón recurrente de preservación de los restos particularmente en un contexto sedimentario acompañado de características tafonómicas (Behrensmeyer, 1988; p. 183). Cada asociación está caracterizada por ciertos criterios tafonómicos de acuerdo a los efectos de exposición (estancia en la interfase sedimento-agua) contra los efectos de transporte (energía + importe de conchas). El **modelo I** representa una *asociación censu* la cual fue enterrada rápidamente y presenta poco o nulo transporte, la mayoría son restos autóctonos y algunos se encuentran en posición de vida; el **modelo II** representa una asociación de baja energía (homogeneizada temporalmente dentro del hábitat) dominado por partes duras parautóctonas, las cuales presentan rasgos de corriente y bioturbación y; por último el **modelo III** consiste principalmente en restos parautóctonos y partes duras de restos aloctónos, representando la versión de alta energía del modelo II.

Por su parte Kidwell *et al.* (1986) desarrollan una nomenclatura descriptiva y una clasificación genética, que utiliza cuatro características: 1) composición taxonómica, 2) empaquetamiento bioclástico (biofábrica), 3) geometría y, 4) estructura interna. Con ello valoran el significado genético de los factores bioestratinómicos, lo que caracteriza una identificación sistemática en términos de la concentración esquelética que se encuentran en las facies sedimentarias. La clasificación genética es representada por un diagrama ternario constituido por características litológicas, biológicas y diagenéticas la cual es aplicada a los gradientes ambientales batimétricos de ambientes actuales y antiguos.

## **V.5. HOMOGENEIZACIÓN TEMPORAL**

La homogeneización temporal “time averaging” se considera como el proceso por el cual, los restos orgánicos de diferentes intervalos de tiempo llegan a preservarse juntos. Basados en el contexto geológico de las asociaciones fósiles, los paleontólogos han reconocido que el fenómeno de la

homogeneización temporal puede operar sobre un amplio rango de escalas de tiempo, tales que los restos orgánicos de generaciones, comunidades y cronozonas sucesivas pueden llegar a unirse dentro de una sola capa o un intervalo estratigráfico estrecho (Fürsich, 1978; Kidwell, 1998).

Para muchos estudios paleontológicos es muy importante evaluar la escala relativa de la homogeneización temporal de las asociaciones fósiles, pero en otras instancias la estimación absoluta de la duración es muy valorada.

La forma en la cual se ha identificado la escala relativa de la homogeneización temporal se basa en un proceso de eliminación, que requiere múltiples líneas de investigación tafonómica, sedimentológica, estratigráfica y evidencia paleontológica, ya que un solo tipo de evidencia no es suficiente.

## **V.6. TAFOFACIES**

Las tafofacies o facies tafonómicas consisten en un conjunto de rocas sedimentarias caracterizadas por rasgos preservacionales del contenido fósil (Brett y Baird, 1986). Las tafofacies no se encuentran definidas con base en los taxa fósiles, sino sobre la base de las características de conservación y los rasgos tafonómicos; proporcionando información vital para las comparaciones estratigráficas. Varios estudios han demostrado la correlación entre las características tafonómicas y las condiciones ambientales (Brett y Baird, 1986; Kidwell y Behrensmeyer, 1988; Speyer y Brett, 1988) y han facilitando una reconstrucción paleoambiental y su relación con las facies; sin embargo, estos estudios no toman en cuenta una variable muy importante que es el tiempo (Speyer y Brett, 1991).

Las diferencias o similitudes en la preservación de los fósiles entre facies reflejan diferencias biostratinómicas y/o procesos diagenéticos en varios ambientes.

El estudio de las tafofacies permite reconocer ciertos parámetros ambientales que influyen en la preservación. Estos factores incluyen: 1) la relativa frecuencia de episodios de tormenta y otras perturbaciones; 2) tasas relativas de sedimentación de fondo; 3) la energía del ambiente, incluyendo

intensidad y dirección de corrientes y, 4) la geoquímica y nivel de oxigenación de la interfase sedimento-agua (Brett y Speyer, 1990).

El concepto de tafofacies se ha aplicado para la subdivisión e interpretación de antiguos ambientes sedimentarios. Ejemplo de ello es el trabajo de Speyer y Brett (1988), en el que se plasma una aproximación deductiva para desarrollar un modelo de tafofacies hipotético para ambientes de océanos epicíclicos antiguos.

## **CAPÍTULO VI. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE BRAQUIÓPODOS Y PELECÍPODOS**

Se sabe que las asociaciones de macroinvertebrados marinos del Jurásico Superior de México, están constituidas principalmente por ammonites, braquiópodos y pelecípodos, por lo que se consideró conveniente conocer de manera general su biología y hábitat, ya que esto ayudará más adelante en la identificación de las asociaciones faunísticas, así como para sustentar la interpretación tafonómica. La biología de los ammonites fue excluida ya que durante el desarrollo de la tesis de licenciatura se abordaron aspectos sobre el grupo (López-Caballero, 2006).

### **VI.1. BRACHIOPODA**

Los braquiópodos son organismos con concha asimétrica, marinos, bentónicos; la mayoría fijos al fondo por un pedúnculo y algunos por espinas. Viven a diferentes profundidades, pero sobre todo en la zona nerítica.

Su esqueleto está formado por una concha con dos valvas desiguales entre sí, una más pequeña que la otra; la mayor es la peduncular, presenta dientes en la charnela y un foramen por donde sale el pedunculo, de allí su nombre; la valva menor es la braquial, la cual contiene el aparato esquelético (braquidio) que sostiene una estructura muscular ciliada (lofóforo), además de que presenta las fosas que reciben los dientes de la valva peduncular. Se diferencian dos tipos de braquiópodos, los denominados articulados y los inarticulados, en ambos se pueden presentar valvas con perforaciones, llamándose valvas puntuadas e impuntuada si carece de ellas (Buitrón-Sánchez, 1990) (Figura 6).

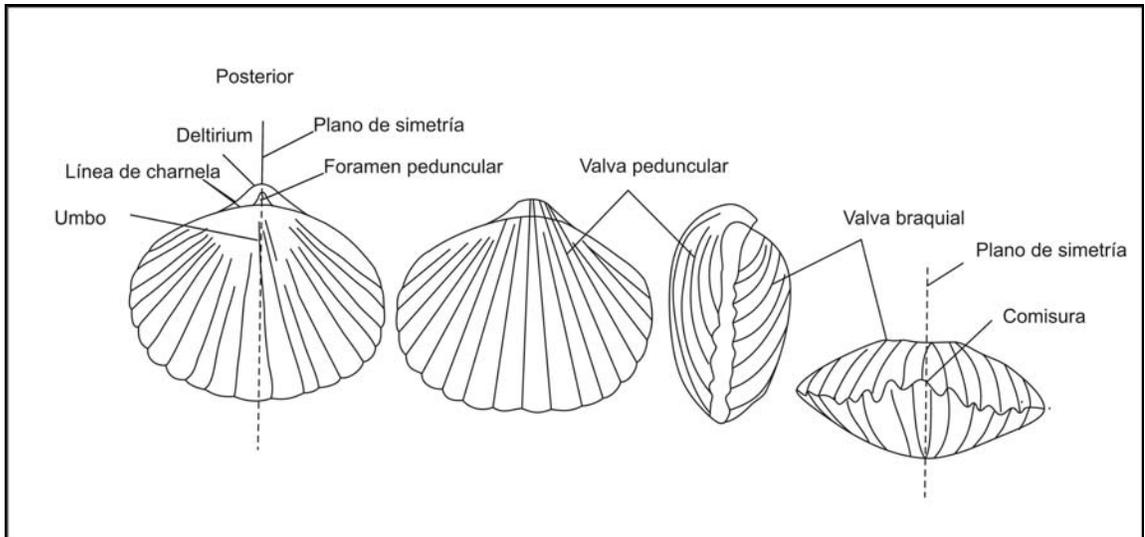


Figura 6. Morfología externa de braquiópodos (modificado de Harold, 1999)

El plano de simetría pasa a través de las valvas, no entre ellas, como en los moluscos. La línea que pone en contacto las dos valvas es llamada comisura (Figura 6).

Existen varias modalidades en el crecimiento de la concha: cuando éste se efectúa en todas direcciones se llama holoférico y la concha es circular o cónica, ya sea plana o convexa; siendo característico de los inarticulados. Cuando la concha crece hacia los lados del margen anterior, a este tipo de crecimiento se le conoce como hemiperiférico. El tercero, denominado mixosférico, es una variedad del hemiperiférico y se efectúa alrededor del protégulum pero con diferente intensidad, pues es menor hacia el margen posterior y mayor hacia el margen anterior. En las conchas de los articulados, se observan los tres tipos (Buitrón-Sánchez, 1990; Harold, 1999).

Los braquiópodos inarticulados se caracterizan porque la concha es de composición quitinofosfática, característica de la clase más primitiva. Carecen de nototirium y deltirium, de dientes y fosetas; las valvas están sostenidas por numerosos músculos. Las conchas están ornamentadas por líneas de crecimiento concéntricas muy tenues.

En los braquiópodos articulados la concha es de carbonato de calcio y las valvas están unidas por una charnela formada por dos dientes en la valva peduncular y dos fosetas en la valva braquial. La valva peduncular tiene crecimiento; la valva braquial lo tiene hemiperiférico y excepcionalmente mixoperiférico, El margen próximo al umbón es el posterior, el opuesto es el anterior o frontal y los laterales se encuentran entre ambos (Harold, 1999).

Los articulados se desarrollan mejor en agua fría y viven en medios tranquilos, entre los 27 y 50 m de profundidad, lo cual les permite su fijación al sustrato. Sin embargo, hay especies que prefieren las zonas rocosas de las costas. Mientras que los inarticulados tienen preferencia por los medios someros, no mayores de 100m y habitan generalmente en lugares cálidos de agua salobre, como en la desembocadura de los ríos o en los estuarios. Son animales cavadores en medios principalmente arcillosos, donde se fijan por el pedúnculo, como es el caso de *Lingula* (Buitrón-Sánchez, 1990).

## **VI.2. BIVALVIA (PELECIPODA)**

Los términos *Pelecipoda* y *Lamellibranchia* también han sido empleados para referirse a esta clase, pues el órgano que emplean para adherirse al sustrato (pie) presenta forma de hacha y por sus branquias laminares.

La concha generalmente es macroscópica y está formada por dos piezas valvares iguales de naturaleza calcárea, unidas dorsalmente por un ligamento córneo y elástico. La concha es secretada por el manto que es un tejido que forma dos pliegues. En la concha se distinguen cuatro partes: la anterior donde se encuentra la boca, la ventral con el pie, la posterior donde se halla la abertura anal y la dorsal con la charnela y el umbón (Harold, 1999) (Figura 7).

Las dos valvas están unidas por la charnela donde se encuentra una estructura que se denomina ligamento, formado por conquiolina y espículas calcáreas. El ligamento es externo y se localiza arriba de la charnela y detrás del umbón; no se conserva pero ocasionalmente deja un surco que es el escudo. La charnela o bisagra se encuentra más o menos desarrollada debajo de los umbones, tiene forma de lámina o placa gruesa y cubre parcialmente la

cavidad umbonal; ahí se localizan los dientes y las fosetas (Buitrón-Sánchez, 1990) (Figura 7).

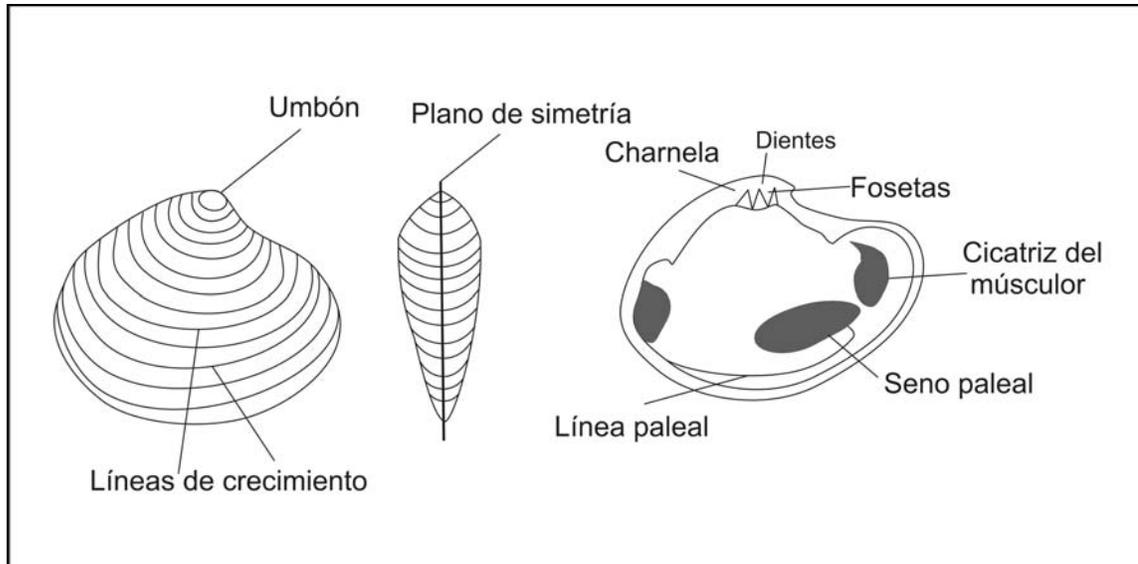


Figura 7: Morfología de pelecípodos (modificado de Harold, 1999).

En la superficie externa de las valvas existe una ornamentación variada, ya sea en forma de costillas radiales, pliegues concéntricos, líneas de crecimiento, carinas, tubérculos o espinas. En ocasiones se presentan tanto costillas radiales como líneas concéntricas que dan una apariencia reticulada. La clasificación de los bivalvos se basa principalmente en las características de la charnela (dientes y fosetas), en el ligamento, los músculos y la ornamentación de la concha.

A diferencia de los braquiópodos, los pelecípodos poseen el plano de simetría a lo largo del cierre de las dos valvas; son equivalvos y la mayoría inequilaterales; tienen ligamento que deja huellas externas; la charnela de las dos valvas presenta indistintamente dientes y fosetas en número variable. La estructura de la concha también es diferente, pues la siguiente capa al periostraco es fibrosa con las fibras alargadas en la dirección del eje cristalográfico; debajo de ella se encuentra una capa nacarada formada por conquiolina (Buitrón-Sánchez, 1990; Harold, 1999).

Los bivalvos son organismos principalmente marinos bentónicos, aunque algunos se han adaptado exitosamente a los ambientes de agua dulce. Tienen una distribución condicionada a la temperatura, salinidad, profundidad y tipo de sedimento.

Efectúan la fijación por secreción de un cementante calcáreo o mucilaginoso. Algunos viven hundidos en los sedimentos blandos para lo cual se desarrollan los sifones y otros perforan la roca por una secreción ácida de una glándula del pie o por rotación de sus conchas. Muy pocos se desplazan con el pie a modo de saltos o son nadadores.

La temperatura es un factor limitante de la distribución de los bivalvos, viven mejor en las regiones tropicales cercanas a la costa donde se desarrollan conchas gruesas y ornamentadas; en las regiones frías o a mayor profundidad, las conchas son pequeñas, delgadas y carecen de ornamentaciones, como acontece con los bivalvos de agua dulce (Buitrón-Sánchez, 1990; Harold, 1999).

Las corrientes, el oleaje, etc., influyen en las formas que pueden adoptar las conchas, pues se observa que en agua tranquila, éstas son de contorno redondeado y en lugares agitados son alargadas. En la actualidad muchos bivalvos muestran una tendencia de distribución en lugares lejanos de la costa, como acontece con los trigónidos.

## CAPÍTULO VII. SISTEMÁTICA Y BIOESTRATIGRAFÍA

Dado el carácter primordialmente bioestratigráfico y tafonómico de esta tesis la fauna de bivalvos y braquiópodos sólo se identificó a nivel de grupo, sin hacer un apartado sistemático especial, por ser fauna bentónica interesante como entidades tafonómicas. Por su parte, los ammonites dado su valor bioestratigráfico fueron estudiados detalladamente para poder hacer la propuesta de edad de la fauna y por ende de la sección estudiada.

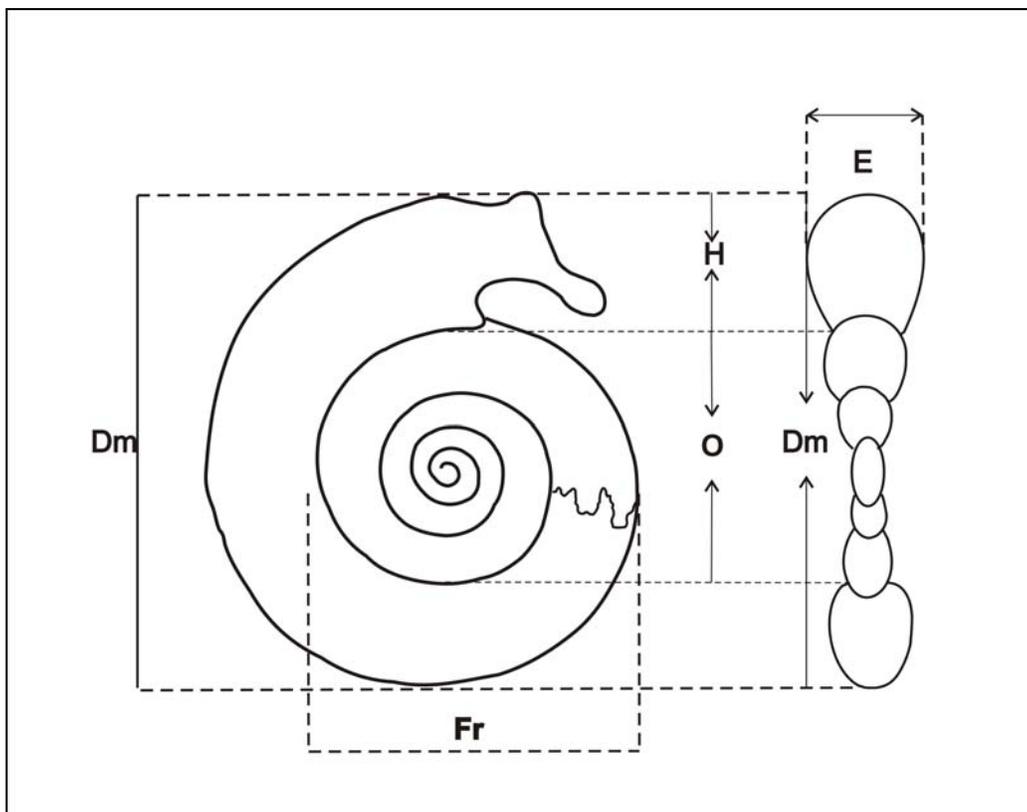


Figura 8. Diagrama que muestra los parámetros mensurables más importantes.

Los parámetros mensurables son los típicos en el estudio de los ammonites (Figura 8). En las tablas se usan las siguientes abreviaturas: Dm (diámetro máximo en milímetros), O (diámetro umbilical en milímetros), H (altura de la vuelta en milímetros), 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 asteriscos significan medidas aproximadas.

## VII.I. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA DE AMMONITES

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, 1868

Especie tipo *Ammonites elimatus* OPPEL, 1865; por designación subsiguiente SPATH, 1923.

Diagnosis: Género que reúne formas de conchas lisas o con ornamentación (costillas o estrías) muy débil, de enrollamiento variable. En la región ventral pueden presentarse hendiduras, pliegues, cóstulas o estar desprovista de ornamentación. De tamaño y ombligo variable. La sección de la vuelta puede ser redondeada, rectangular u ovalada. La línea de sutura no es muy compleja, destacándose el desarrollo de la silla lateral uno. Con peristoma simple o sinuoso (tomado de Olóriz, 1978, p. 12).

***Haploceras*** spp.

(Lámina 6, Figura A)

Niveles y ejemplares:

8 (8-1); 8E (8E-2, 8E-3, 8E-4); 10B (10B-1, 10B-2); 11B (11B-1, 11B-2); 11C (11C-1 al 11C-4); 11H (11H-1 al 11H-11); 11I (11I-1 al 11I-13); 11J (11J-1 al 11J-5); 11K (11K-1 al 11K-4); 15 (15-3); 15D (15D-1 al 15D-3).

Material:

49 ejemplares, entre los cuales se encuentran ejemplares completos y fragmentos, todos ellos son impresiones y su estado de conservación es deficiente.

Descripción:

Concha oxycona, con flancos amplios, los cuales se desarrollan conforme avanza el crecimiento; la región umbilical es estrecha y superficial, sin rasgos de ornamentación ni sutura.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D
8	8-1	19.4	6.2	7.5	0.319	0.386
8E	8E-2	31.6*	9.9*	11.1	0.313	0.351
10B	10B-1	32.2*	10.6	11.0*	0.329	0.342
		31.7	8.0	13.3	0.252	0.419
11A	11A-2	27.7*	9.2	13.0*	0.332	0.469
11B	11B-1	35.0*	11.3	9.8	0.323	0.280
11C	11C-1	22.3	7.2	9.4	0.323	0.421
	11C-3	22.0	7.1	8.6	0.323	0.391
	11C-4	22.0*	6.0	7.6*	0.273	0.345
11H	11H-1	27.9	9.6	10.8	0.344	0.387
	11H-2	16.2	9.2*	10.0*	0.568	0.517
	11H-3	27.5*	10.2	11.5*	0.370	0.418
	11H-4	34.0*	7.5*	17.9*	0.221	0.526
	11H-7	35.0*	9.5*	17.5*	0.271	0.50
	11H-8	21.1*	7.8*	8.2*	0.370	0.388
	11H-10	39.0*	16.7	16.3*	0.428	0.417
	11H-11	47.0*	16.5*	17.6*	0.351	0.353
11I	11I-1	29.5	10.5*	14*	0.356	0.474
	11I-2	29.3	8.3*	13.2*	0.283	0.450
	11I-4	34.5*	-	13.5*	-	0.391
	11I-7	14.0	4.9*	5.9*	0.350	0.421
	11I-8	17.5*	8.1*	7.4*	0.462	0.423
11J	11J-1	23.5	8.0*	10.4*	0.340	0.443
	11J-2	29.2	9.9	11.8*	0.339	0.404
	11J-3	10.7	3.6*	5.2*	0.336	0.486
11K	11K-1	27.0	8.5	10.4	0.270	0.385
	11K-2	40.1*	12.7*	15.3	0.317	0.382
	11K-3	23.4	7.5	9.1	0.360	0.389
	11K-4	31.7*	9.4*	13.1*	0.296	0.413
	11K-5	44.1*	14.2*	19.1*	0.322	0.433

Discusión y afinidades:

Los ejemplares estudiados presentan un amplio rango en el grado de involución (O/D= 0.22 a 0.57), esto debido a la presencia de ejemplares de tamaño y ombligo variable; además por el tipo de conservación, no es posible definir si se trata de conchas completas y/o adultas, lo que hace difícil la interpretación a nivel específico; inclusive debido a la diferencia estratigráfica

entre los ejemplares aquí agrupados se podría considerar la existencia de varias especies; pero sin lugar a duda se trata de representantes del género *Haploceras* ZITTEL, 1868.

Alcance estratigráfico:

Arkell *et al.* (1957) señalan que el género *Haploceras* ZITTEL tiene un alcance estratigráfico amplio, que va desde el Kimmeridgiano al Tithoniano. Berckhemer y Hölder (1959) señalan que el género está presente en el Kimmeridgiano superior. Por su parte Olóriz (1978) indica que su alcance estratigráfico probablemente se extiende hasta el Berriasiano. López-Gómez (2006) registró el género en una asociación y le asigna una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior (Zona de Beckeri).

Al asignarse dentro del género formas de distintos niveles estratigráficos, el alcance que se le da va del Kimmeridgiano inferior, por estar asociado a *Nebrodites* y *Taramelliceras*, al Tithoniano superior por encontrarse asociado a los géneros *Salinites grosicostatum* y *Durangites*.

Distribución geográfica:

Europa, norte de África, Kurdistán, India, Madagascar, Tanganica, Cuba, y México (Coahuila, Durango, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Sonora, Veracruz y Zacatecas).

Familia Oppellidae DOUVILLÉ, 1890

Subfamilia Taramelliceratinae SPATH, 1928 sensu ZIEGLER, 1974

Género *Taramelliceras* DEL CAMPANA, 1904

Especie tipo *Ammonites trachinotus* OPPEL, 1863

Diagnosis: Conchas más o menos discoidales, sección de la vuelta más ancha que alta. La costulación es más o menos sinuosa y forma a medio flanco un codo muy característico. La involución es variable entre (0.06 – 0.26%). La cámara de habitación ocupa, aproximadamente, media vuelta de espira. Aptychus de tipo *Lamellaptychus*. Siempre existen costillas falciformes; cuyo

número se incrementa en el borde externo debido a la presencia de bifurcaciones, geniculaciones o residuales. En algunos grupos desde la vuelta interna y en otros en el estadio adulto, se desarrollan costillas margino-ventrales arqueadas. A veces las geniculaciones se refuerzan a mitad del flanco. Con frecuencia, los tubérculos, que ocupan el extremo de las costillas tienen una evolución ontogenética a lo largo de la concha; según esto, pueden ser redondeados en las primeras vueltas y después alargados tangencialmente. La sutura es similar a la de *Haploceras* (tomado de Olóriz, 1978; p. 79).

***Taramelliceras* sp.**

(Lámina 6, Figura B)

Niveles y ejemplares:

11B (11B-2); 11C (11C-6 al 11C-10); 11F (11F-1); 11H (11H-12).

Material:

7 ejemplares en impresión, su estado de conservación es deficiente.

Descripción:

Concha discoidal, semi-involuta, con flancos amplios, región umbilical estrecha y poco profunda. Debido a que los ejemplares son impresiones, no se observan rasgos de muralla ni borde umbilical. La ornamentación está constituida por costillas reforzadas en el último tercio del flanco, formando un arco cóncavo dejando la parte interna del flanco liso. En algunos casos estos reforzamientos pueden considerarse como tubérculos externos. No se observa sutura ni apertura.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D
11B	11B-2	33.1	-	13.9	-	0.420
11C	11C-6	14.4*	3.1	5.5	0.215	0.382
	11C-7	22.0*	-	7.7*	-	0.350
	11C-8	20.4*	-	7.8*	-	0.382
	11C-10	34.2	3.5	18.1	0.102	0.529
11H	11H-12	32.8*	7.6*	13.8*	0.231	0.421

#### Descripción y afinidades:

Debido a la conservación deficiente es difícil su asignación específica, sin embargo, la forma general y la presencia de las costillas flexuosas y los probables tubérculos en el borde externo, son semejantes a los presentes en el género *Taramelliceras*, al menos en su concepción más amplia.

#### Alcance estratigráfico:

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 estudio se le ha asignado una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior, por estar asociado con ejemplares del género *Glochiceras* sp. y *Glochiceras* (*Lingulaticeras*) *semicostatum*, tomando en cuenta que Olóriz *et al.* (1993), reconocen formas que asignan como cf. *semicostatum* para el Kimmeridgiano Superior (Zona de Eudoxus? a la parte baja de Zona de Beckeri)

#### Distribución geográfica:

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

Subfamilia Glochiceratinae HYATT, 1900

Subgénero *Glochiceras* HYATT, 1900

Especie tipo *Glochiceras nimbatum* (OPPEL) 1863

Diagnosis: Formas de concha pequeña, con visera, de involución variable, sección de la vuelta lenticular, la cámara de habitación ocupa media vuelta o más, con surco medio lateral y orejillas grandes (tomado de Ziegler, 1958; p. 104).

***Glochiceras* sp.**  
(Lámina 6, Figura C)

Niveles y ejemplares:

10B (10B-3); 11A (11A-1 al 11A-3); 11G (11G-1, 11G-2); 11H (11H-13 al 11H-16); 11K (11K-6).

Material:

11 ejemplares, dentro de los cuales hay fragmentos y ejemplares completos, todos ellos se encuentran en impresión, y su estado de conservación es deficiente.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D
11A	11A-2	27.7*	9.2	13.0*	0.332	0.469
11G	11G-1	29.7	9.6	13.0	0.241	0.438
	11G-2	45.5*	18.5	16.2*	0.407	0.356
11H	11H-13	28.3*	11.3*	10.7*	0.399	0.378
	11H-16	46.1*	10.1*	18.4*	0.219	0.399
11K	11K-6	41.2*	12.0	15.9*	0.291	0.386

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, en algunos ejemplares se puede observar una depresión muy marcada, lo que hace suponer la conservación de la cámara de habitación, la cual abarca la mitad de la vuelta y es aquí donde 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 (O/D= 0.22 al 0.41), 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 diagnosticas, 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, en la 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 estudio se le ha asignado una edad correspondiente al Kimmeridgiano superior, ya que se encuentra en asociación con *Glochiceras (Lingulaticeras) semicostatum*.

Distribución geográfica:

Europa, Rusia, Arabia, India, Kurdistán, Somalia, Tanganica, Japón, Cuba, Argentina y México (Coahuila, Hidalgo, Puebla, Sonora y Zacatecas).

Subgénero *Lingulaticeras* ZIEGLER, 1958

Especie tipo *Ammonites nudatum* OPPEL, 1858

Diagnosis: “*Glochiceras*” con peristoma sin visera y con pedúnculo arqueado en ángulo recto. Sección rectangular a subcuadrada o algo deprimida. Sin tubérculos marginales. Para una diagnosis más amplia consultar Ziegler, 1958 (p. 127).

***Glochiceras (Lingulaticeras) semicostatum* (BERCKHEMER)**

(Lámina 6, Figura D)

## Sinonimia

1958 *Glochiceras (Lingulaticeras) cf. crenosum* (QUENSTEDT). Ziegler, p. 139, lám. 13, fig. 16.

1958 *Glochiceras (Lingulaticeras) semicostatum* BERCKHEMER. Ziegler, p. 159.

1991 *Glochiceras (Lingulaticeras) semicostatum* (BERCKHEMER). Villaseñor, p. 46, lám. 2, figs. 10-11.

1993 *Glochiceras (Lingulaticeras) semicostatum* (BERCKHEMER). Olóriz *et al.*, p. 276, lám. fig. 2.

## Nivel y ejemplares

11E (11E-1); 11H (11H-17); 11J (11J-6); 11K (11K-7).

## Material:

4 ejemplares en impresión, en buen estado de conservación.

## Descripción:

Concha pequeña, con ombligo variable (O/D= 0.19-0.32), los flancos amplios; por tratarse de impresiones no se tienen datos de la sección de la vuelta ni la región ventral. Se observa un canal débil ubicado por debajo de la mitad del flanco, no se puede determinar con certeza a que diámetro inicia. En la parte externa del flanco se presentan costillas cóncavas hasta un diámetro aproximado de 37 mm., después de este diámetro las conchas se observan lisas.

## Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D
11E	11E-1	36.7*	11.7	15.4*	0.319*	0.420
11H	11H-17	45.9*	9.5*	17.5*	0.207	0.381
11J	11J-6	31.0	8.3	11.0	0.268	0.355
		25.4	5.5	11.5	0.217	0.453
		17.8	4.1	9.0	0.230	0.506
		15.7	3	6.8	0.191	0.433

#### Discusión y afinidades:

El diámetro de los ejemplares estudiados es un poco mayor que el de los ejemplares reportados por Villaseñor (1991) y Olóriz *et al.* (1993), aunque hay que tomar en cuenta que las medidas de los ejemplares aquí estudiados son aproximadas; sin embargo, la ornamentación y la presencia del canal lateral es muy similar a lo descrita para la especie.

Al compararlo con los ejemplares de Ziegler (1958) se observó cierta semejanza con *G. (L.) lingulatum* (pág. 131, lám 12, figs. 1-6) y *G. (L.) nudatum* (pág. 12, lám. 12, figs. 8-11), sin embargo, se diferencia en que la primera especie es más involuta, los ejemplares son de tallas menores y el canal presenta pequeñas protuberancias ligadas al ramillete de estrías y costillas falciformes; mientras que la segunda especie es un poco más evoluta y las costillas son más densas.

#### Alcance estratigráfico:

Kimmeridgiano superior, Zona de Beckeri (Berckhemer y Hölder, 1959; Olóriz, 1978; Villaseñor, 1991; Villaseñor *et al.* 2000b). Olóriz *et al.* (1993), reconocen formas que asignan como cf. *semicostatum* para el Kimmeridgiano superior (Zona de Eudoxus? a la parte baja de Zona de Beckeri).

En este estudio se decidió ubicarla en el Kimmeridgiano superior (Zona de Beckeri) debido a que se encuentra asociada a *Hybonoticeras* (*Hybonoticeras*) gr. *beckeri* e *Hybonoticeras* (*Hybonotella*) *mundulum-attenuatum* especies propias de esta edad.

#### Distribución geográfica:

Europa y México (Coahuila, Durango y Zacatecas).

### Género *Salinites* CANTÚ-CHAPA, 1968

Especie tipo *Hildoglochiceras grossicostatum*. IMLAY

Diagnosis: Formas casi involutas que presentan una depresión medio lateral, tienen costillas o estrías falciformes que a veces atraviesan la región ventral

donde pueden proyectarse bastante hacia adelante, la región ventral es ancha y con quilla, poseen una sección de la vuelta rectangular, más alta que ancha con vientre convexo. En ciertas formas grandes, la última vuelta lleva estrangulaciones irregulares. La sutura es haploceratoide (tomado de Cantú-Chapa, 1968, p. 21).

***Salinites grossicostatum* (IMLAY)**

(Lámina 6, Figuras E - J)

1939 *Hildoglochiceras grossicostatum* IMLAY. Imlay, p. 27, lám. 2, figs. 5-11., lám. 3, figs. 1-7, 9-11.

1968 *Salinites grossicostatum* (IMLAY). Cantú-Chapa, p. 21, lám. 4, figs. 1, 4, 7 y 9., lám. 5, figs. 3, 8 y 10.

1976 *Salinites grossicostatum* (IMLAY). Cantú-Chapa, p. 61, lám. 1, figs. 1a, b, c, d, f, g; 2g, 7a, 8e, f; lám. 2, figs. 4a; fig. 9.

1984 *Salinites grossicostatum* (IMLAY). Imlay y Herman, p. 160, lám. 1, figs. 9-11.

1989 *Salinites grossicostatum* (IMLAY). Myczynski, p. 86, lám. 1, fig. 4; lám. 2, figs. 11-13, non 10; lám. 3, figs. 1-3, 5, 8, 12, non 9; lám. 4, figs. 1, 2 y 11b non 10b, 11a.

Nivel y ejemplares

15 (15-4 al 15-143)

Material:

139 ejemplares, dentro de los cuales se encuentran moldes externos e impresiones, el estado de conservación generalmente es bueno.

Descripción:

Concha pequeña a mediana, discoidal, involuta, flancos ligeramente aplanados que convergen en la región ventral, los flancos recubren más de tres cuartos de las vueltas precedentes. La sección de la vuelta, a diámetros menores de

14mm, es ovalada (más alta que ancha), mientras que a diámetros mayores es sub-rectangular. La región ventral es redondeada con una quilla media bien desarrollada a partir de un diámetro de 14mm.

La ornamentación varía con el crecimiento de manera general, a diámetros menores a 7 mm, las vueltas internas son lisas, aunque algunos ejemplares pueden presentar estrías muy tenues en forma de hoz curvándose hacia delante desde la muralla umbilical hasta el primer tercio del flanco y posteriormente se curvan hacia atrás. A diámetros entre 10 a 14 mm, algunas de las estrías llegan a presentarse agrupadas dando origen a costillas de formas falcoides altas y angulosas. El surco aparece en el flanco a partir de los 14 mm, permaneciendo hasta el final de la concha, aunque es más somero.

Conforme avanza el crecimiento en las vueltas medias se presentan costillas reforzadas en el borde externo del flanco; a diámetros mayores la vuelta externa está caracterizada por costillas tenues y estrías en forma de hoz en casi  $\frac{3}{4}$  del flanco y en el último cuarto están bien reforzadas y son cóncavas, además se observa un surco moderadamente desarrollado por arriba de la mitad del flanco, justo donde se inflexionan las costillas tenues. Las costillas detienen su crecimiento en los flancos de la quilla sin atravesarla.

Algunos ejemplares muestran rasgos suturales, presentan sillas que son de apariencia cuadrática, bipartitas, asimétricas con lóbulos tripartitos, con lóbulos tripartitos el primero más largo que el segundo, y se observan hasta 4 lóbulos umbilicales. La silla ventral es cuadrática con un lóbulo corto y ancho (Lámina 6, Figuras I, J). Ningún ejemplar conservó la apertura.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D
15	15-4	25.7	4.9	12.9	0.191	0.510
	15-5	25.1*	3.7	12.2	0.147	0.486
	15-6	21.3	3.9	10.8	0.183	0.507
	15-7	19.5	3.6	9.7	0.185	0.497
	15-8	19.4	4.1*	9.6	0.211	0.494
	15-9	7.6	1.7*	2.9	0.224	0.382
	15-10	9.1	1.5*	3.5*	0.165	0.385
	15-11	9.4	2.0*	4.9	0.213	0.521
	15-12	10.5	2.6	5.7	0.247	0.543
	15-13	10.6	2.4*	5.4*	0.226	0.509
	15-14	11.9*	2.6	5.3*	0.218	0.445
	15-15	13.2*	3.2	6.0	0.242	0.455
	15-16	15.0*	3.1	7.0*	0.207	0.467
	15-17	16.2*	3.2	6.2*	0.198	0.383

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D
	15-18	10.6	3.3	4.1	0.311	0.387
	15-19	8.7	1.3	3.0	0.149	0.345
	15-24	8.0*	1.7*	3.6*	0.213	0.450
	15-25	23.1	3.6	10.0*	0.174	0.483
	15-27	24.2*	3.7	9.3*	0.185	0.465
	15-30	13.8	2.8	5.0	0.203	0.362
	15-31	15.4*	3.7*	5.8	0.240	0.377
	15-33	15.0*	3.7*	6*	0.247	0.400
	15-34	16.4	2.8	7.1	0.171	0.433
	15-36	14.6*	2.9	6.7	0.199	0.459
	15-37	16.7*	3.3	7.8*	0.198	0.467
	15-38	14.1	3.0	5.7*	0.213	0.404
	15-39	13.0	2.6*	5.5	0.200	0.423
	15-41	11.*	2.6	6.4	0.236	0.582
	15-42	4.5	0.4*	2.2	0.089	0.489
	15-43	19.0*	2.5	7.7*	0.132	0.405
	15-44	15.0*	3.2	8.0*	0.213	0.533
	15-45	17.2*	4.2	8.8	0.244	0.512
	15-46	11.0*	2.6	5.4	0.236	0.491
	15-48	14.5	2.3	7.3	0.159	0.503
	15-55	22.0*	4.7	12.4*	0.214	0.564
	15-56	18.4*	4.0	9.0	0.217	0.489
	15-58	15.4*	4.6*	7.8	0.299	0.506
	15-59	14.7*	2.6*	7.8	0.177	0.531
	15-60	12.8*	2.8	5.5	0.219	0.430
	15-62	11.6	2.0	5.5*	0.172	0.474
	15-63	11.0*	2.7	4.8*	0.245	0.436
	15-66	19.0	2.4	8.6*	0.126	0.453
	15-68	19.6*	4.5*	9.1*	0.230	0.464
	15-69	10.9	2.0	5.3	0.183	0.486
	15-71	8.6	2.0	4.7	0.233	0.547
	15-72	10.2	3.0	4.7	0.294	0.461
	15-74	8.2	1.7*	4.0*	0.207	0.488
	15-75	10.2	3.0	4.7	0.294	0.461
	15-76	17.5*	3.9*	8.7*	0.223	0.497
	15-77	8.3*	1.7*	3.7	0.205	0.446
	15-78	14.6*	3.9	6.3	0.267	0.432
	15-79	22.6*	6.6	8.7	0.292	0.385
	15-81	6.8	1.0	2.3	0.147	0.338
	15-82	11.4*	3.0	5.8*	0.263	0.509
	15-83	17.5*	3.4	7.7	0.194	0.440
	15-84	15.9*	3.0	7.5	0.189	0.472
	15-85	16.9*	3.4	7.9*	0.201	0.467
	15-86	13.1*	3.1	5.5*	0.237	0.420
	15-87	11.3*	2.9	5.0*	0.257	0.442
	15-88	21.2*	3.8*	8.0	0.179	0.377
	15-89	18.6*	3.9*	8.0*	0.210	0.430
	15-94	7.3	1.3*	4.0*	0.178	0.548
	15-95	18.0*	3.4	6.6*	0.189	0.367
	15-99	15.4*	4.0	6.2*	0.260	0.403
	15-100	9.9	2.6*	5.4*	0.263	0.545
	15-103	20*	4.9*	11.8*	0.245	0.590
	15-104	33.1*	5.2	13.2*	0.157	0.399
	15-107	13.4*	3.4	6.0*	0.254	0.448
	15-112	20.5*	6.0*	8.6*	0.293	0.420
	15-117	11.4	2.7	5.4	0.237	0.474
	15-119	33.8	5.0	12.5	0.148	0.370
	15-130	16.4*	4.2	8.3	0.256	0.506
	15-131	81.1*	11.9*	32.0	0.147	0.395
	15-132	50.2*	9.7*	24.1	0.193	0.480
	15-133	13.4	2.8	6.0	0.209	0.448
	15-134	20.0*	3.8	6.7*	0.190	0.335
	15-135	13.5*	3.1*	5.5*	0.230	0.407

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D
	15-136	20.4*	4.9	9.3*	0.240	0.456
	15-137	7.6	1.6	3.2	0.211	0.421
	15-138	16.9	4.0	4.6	0.237	0.272
	15-139	10.1	2.0*	4.2	0.198	0.416
	15-140	14.0*	2.3	6.1	0.164	0.436
	15-142	17.4*	4.4*	8.0	0.253	0.460

Afinidades y discusiones:

Los ejemplares que ilustra Imlay (1939, p. 27) asignados a *grossicostatum* son muy similares a los aquí estudiados en todos sus aspectos, no obstante al nivel de sutura no pueden hacerse comparaciones ya que la sutura ilustrada por Imlay (1939, lám. 3, fig. 5) fue obtenida de un ejemplar con un diámetro de 12.3 mm y tal como lo menciona Imlay (1939) probablemente es una forma inmadura.

Los ejemplares que Cantú-Chapa ilustra (1968, lám. 4, figs. 1, 4, 7 y 9., lám. 5, figs. 3, 8 y 10.) difieren en que los ejemplares de tallas grandes (a partir de 32 mm) presentan constricciones, las cuales no se observan en el material estudiado.

En la descripción de los ejemplares que estudian Imlay y Herman (1984, p. 160) presentan las características diagnósticas de la especie, sin embargo, en los ejemplares ilustrados (figs. 9-11) las costillas se muestran más gruesas y un poco más espaciadas.

Por otra parte, los ejemplares de Myczynski (1989, p. 86 lám. 2, fig. 10, lám. 3, fig. 9 y lám. 4, fig. 10b y 11a) presentan costillas fuertes y espaciadas, además forman un arco cóncavo muy pronunciado y estas características no se observan en ningún ejemplar asignado a esta especie.

La especie *Hildoglochiceras ecarinatum* IMLAY (1939, p. 28, lám. 5, figs. 1-4) presenta una ornamentación muy similar a *S. grossicostatum* (IMLAY), sin embargo, los primeros se diferencian principalmente por carecer de la quilla ventral, además de que muestran un grado de involución menor y la inflexión de las costillas y el surco se localizan en el último tercio del flanco

Alcance estratigráfico:

Imlay (1939, p. 27) le confiere un alcance del Portlandiano, "Capa con *Durangites* y *Kossmatia*". Cantú-Chapa (1968, p. 21) la asigna al Tithoniano

medio? - superior. Imlay y Herman (1984, p. 160) y Myczynski (1989, p. 86) ubican a la especie en el Tithoniano superior. Adatte *et al.* (1993-1994, 1996, 2000) previamente han reportado para el mismo perfil aquí estudiado, en su nivel 19.3 a *Salinites grossicostatum* (IMLAY), y le asignan una edad de Tithoniano superior, aunque mencionan que el género como tal transgrede el límite Jurásico - Cretácico, específicamente a la parte basal del Berriasiano.

En este trabajo se le asigna una edad de Tithoniano superior (Zona de Durangites) debido a que se encuentra asociada con *Durangites heilphrini*, *Durangites* sp., especies comúnmente asignadas a esta edad.

Distribución geográfica:

Sureste de Estados Unidos, Cuba y México (Coahuila y Nuevo León).

Superfamilia Perisphinctaceae STEINMANN Y DODERLEIN, 1890

Familia Perisphinctidae STEINMANN Y DODERLEIN, 1890

Subfamilia Idoceratinae SPATH, 1924

Género *Idoceras* BURCKHARDT, 1906

Especie tipo *Ammonites balderus* OPPEL, 1863 por designación de Spath, 1925.

Diagnosis: Formas de involución variable de ombligo de medio a grande. La sección es en general ovalada, presentan una región ventral estrecha, desigualmente convexa y, en ocasiones, ocupada por una banda lisa. También se pueden observar alternancias de las costillas en la región ventral o bien que la atraviesen formando un "sinus" proverso más o menos pronunciado.

La ornamentación está constituida por costillas bifurcadas y simples, y a veces no faltan divisiones costales más complejas e incluso residuales-externas simples. Existen constricciones y en algunos casos, sobre los flancos, se produce un desvanecimiento de la costulación en mayor o menor grado.

En la línea de sutura resalta el lóbulo lateral trífido y profundo, y una silla externa ancha y bífida. Los lóbulos externos, lateral segundo e interno adquieren diferente oblicuidad y desarrollo, al igual que las sillas restantes (tomado de Olóriz, 1978; p. 133).

***Idoceras zacatecanum* BURCKHARDT**

(Lámina 6, Figura K)

Sinonimia

1906 *Idoceras zacatecanum* BURCKHARDT. Burckhardt, p. 42, lám. 9, figs. 1-4.

1984 *Idoceras zacatecanum* BURCKHARDT. Imlay y Herman, p. 166, lám. 2, figs. 1-3.

1988 *Idoceras zacatecanum* BURCKHARDT. Contreras-Montero *et al.*, p. 18, lám. 4, fig. 4.

1991 *Idoceras zacatecanum* BURCKHARDT. Villaseñor, pág. 54, lám. 3, figs. 6-9, lám. 4, fig. 2.

1994 *Idoceras zacatecanum* BURCKHARDT. Lara-Morales, p. 46, lám. 2, figs. 3-6.

1999 *Idoceras zacatecanum* BURCKHARDT. Olóriz *et al.*, p. 468, fig. 3, i.

Nivel y ejemplares

7D (7D-1, 7D-2, 7D-3, 7D-4); 7E (7E-1)

Material:

5 ejemplares, los cuales se encuentran en impresión, generalmente completos.

Descripción:

Concha mediana, tipo discoidal, semi-involuta, las vueltas cubren más de la mitad del flanco de la vuelta antecesora. La región umbilical es pequeña, los flancos van aumentando de tamaño conforme avanza el desarrollo. Los

ejemplares se encuentran en impresión, por lo que no se aprecia la muralla ni el borde umbilical.

La ornamentación de vueltas internas está constituida por costillas simples, fuertes y prorsirradiadas, por el cubrimiento no se puede observar si se dividen o no. Las vueltas medias presentan costillas simples y escasas bifurcadas; las costillas nacen en la base del flanco y todas se muestran fuertes y mantienen la dirección prorsirradiada. La vuelta externa muestra escasas costillas simples, abundantes bifurcadas y escasas residuales, todas son fuertes y prorsirradiadas. La bifurcación se localiza en la parte media del flanco. En el último cuarto de la vuelta externa, en la parte media del flanco las costillas presentan un desvanecimiento, lo que le da la apariencia de costillas residuales. Se observan de dos a tres constricciones por vuelta, las cuales se encuentran flanqueadas por costillas simples y bifurcadas.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
7D	7D-1	44.0*	20.6	11.1*	0.468	0.252	56	30	13*	81	45	23*
		43.5	16.1	15.4	0.370	0.354	47	28	12*	79	44	22
		35.7	11.6	13.1	0.325	0.367	50	34	20	72*	40*	22
		33.2	10.9	12.6	0.328	0.379	53	25	15	69*	41*	23
		33.7	11.2	12.8	0.332	0.380	43*	24	14	65*	39	20*
		22.8	8.0	10.8	0.351	0.474	42	20*	11	61	35*	21
		20.6	7.8	7.4	0.379	0.360	31*	21*	10	56	36	16*
	7D-2	43.1*	20.2	12.0*	0.469	0.278	-	21*	11	-	35	18
		35.8	14.2	12.5	0.400	0.349	-	-	12	-	-	14*
		31.1*	11.2	11.1	0.360	0.357	-	-	-	-	-	-
		23.6	9.6	10.0	0.407	0.424	43	24	13	68*	41	21
	7D-3	25.2	10.4	7.8	0.413	0.309	30	18*	11*	47*	27*	15*
		23.1	9.0	8.2	0.390	0.355	44	23	12*	45*	24*	13*
		18.1	6.4	7.4	0.353	0.409	34	18	9	46	27*	15*
		14.7	6.1	6.0	0.415	0.408	34	20	9	36	23	12
	7D-4	38.8	14.6	12.4	0.376	0.320	42	21	10	55*	31	13
		36.7*	12.9	12.2*	0.351	0.332	41	20	10	59*	36*	20
		26.0	9.7	11.8	0.373	0.454	42	22	11	53*	32*	18*
		23.2*	8.7	11.0*	0.375	0.474	49	21	10*	57	27	16*
7E	7E-1	39.0*	14.1	13.4	0.361	0.343	-	27	9	-	41	21

Discusión y afinidades:

El ejemplar que ilustra Burckhardt (1906, lám. 9, fig. 2) muestra una bifurcación muy alta, localizada en el último tercio del flanco.

Los ejemplares que ilustra Imlay y Herman (1984, lám. 2, figs. 1-3) son más evolutos que los aquí estudiados, además de que las vueltas son muy uniformes, sin un marcado aumento de su tamaño conforme al crecimiento.

El ejemplar que ilustran Contreras-Montero *et al.* (1988, lám. 4, fig. 4) muestra la bifurcación alta, al igual que el ejemplar de Burckhardt (1906), ésta se localiza en el último tercio del flanco.

Los ejemplares que asigna Villaseñor (1991, lám. 3, figs. 6-9, lám. 4, fig. 2) son ejemplares de tamaños mayores (>58 mm) y son más involutos (O/D = 0.24). No se observa ninguna diferencia entre los ejemplares descritos por Lara-Morales (1994, lám. 2) y el material aquí estudiado.

El ejemplar que ilustra Olóriz *et al.* (1999, fig. 1, i) muestra un reforzamiento en las costillas, el cual comienza en la región umbilical hasta la mitad del flanco, esta característica no la presentan los ejemplares de Puerto Piñones.

Todas las diferencias mencionadas en los párrafos anteriores hacen referencia de las variaciones que se pueden presentar dentro de la especie.

Se observa una gran afinidad con *I. striatum* IMLAY (Imlay, 1939., pág. 38, lám. 13, figs. 1-2) e *I. cajense* BURCKHARDT (Buckhardt, 1906, pág. 64, lám. 15, figs. 1-3), en cuanto al tipo y densidad de costulación en vueltas internas y medias, sin embargo, la diferencia se presenta en la vuelta externa, ya que ambas especies muestran estriaciones muy marcadas, las cuales no se observan en *I. zacatecanum* BURCKHARDT.

Alcance estratigráfico:

Diversos autores (Burckhardt, 1906; Imlay y Herman, 1984; Contreras *et al.* 1988) le asignan una edad correspondiente al Kimmeridgiano inferior. Por su parte Villaseñor (1991) y Lara-Morales (1994) le confieren una edad del Kimmeridgiano inferior (en torno al límite de las Zonas Hypselocyclum-Divisum). Olóriz *et al.* (1996, 1999) la ubican en la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum). Villaseñor *et al.* (2000b) mencionan que la especie *I. zacatecanum* BURCKHARDT se encuentra dentro de su "Asociación Superior de *Idoceras* con *Sutneria*", a la cual asignan una edad de la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

A pesar de que en este estudio no se hallaron ejemplares de *Sutneria*, se encuentran en asociación con *Idoceras* cf. *tamaulipanum*, *Idoceras* gr.

*durangense*, *Idoceras* sp. *Nebrodites rota*, que son especies mencionadas por Villaseñor *et al.* (2000b) en la asociación señalada y para una edad de parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Distribución geográfica:

México (Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas).

### ***Idoceras* cf. *densicostatum* IMLAY**

(Lámina 6, Figura L)

Sinonimia

1939 *Idoceras densicostatum* IMLAY. Imlay, p. 40, lám. 8, figs. 3-5.

1984 *Idoceras densicostatum* IMLAY. Imlay y Herman, p. 165, lám. 2, fig.10.

1999 *Idoceras densicostatum* BURCKHARDT. Olóriz *et al.*, p. 468, fig. 3, c.

Nivel y ejemplares

7F (7F-1)

Descripción

Únicamente se cuenta con un fragmento que corresponde a la vuelta externa, al parecer es una concha discoidal, la región umbilical es estrecha y los flancos son amplios, la ornamentación consiste en costillas simples y en mayor abundancia costillas bifurcadas, todas ellas son finas, densas, con una clara inclinación hacia delante, la bifurcación se presenta a diferentes alturas del flanco, siendo más común por arriba de la mitad de éste. Se observa el desvanecimiento de las costillas en la parte media.

Discusión y afinidades:

El ejemplar que ilustra Imlay de *I. densicostatum* IMLAY (1939, lám. 8, fig. 3) muestra una costulación similar al ejemplar aquí estudiado, las demás

características lamentablemente sólo se infieren, ya que el estado de conservación no es muy bueno.

El ejemplar que presenta Imlay y Herman (1984, lám. 2, fig. 10) aunque presenta el mismo tipo de costulación, éste parece ser más evolutivo, además de que la altura del flanco parece muy constante a través del desarrollo ontogenético.

El ejemplar de Olóriz *et al.* (1999) no obstante de estar deformado, muestra las características ornamentales semejantes a las observadas en el ejemplar de Puerto Piñones, como son la densidad, tipo y división de las costillas.

Las vueltas internas de *Idoceras zacatecanum* BURCKHARDT (Burckhardt, 1906, p. 42, lám. 9, figs. 1-4) son muy parecidas a *I. densicostatum*, ya que la costulación es semejante, sin embargo, la diferencia entre estas dos especies radica en la densidad de las costillas y la presencia de constricciones tanto en vueltas medias, como en la vuelta externa, además de que la bifurcación se localiza en el tercer tercio del flanco.

Alcance stratigráfico:

Imlay (1939); Imlay y Herman (1984) le asignan una edad de Kimmeridgiano inferior Olóriz *et al.* (1996, 1999) le reconocen para la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum).

Villaseñor *et al.* (2000b) establecen dos asociaciones para las diferentes especies de *Idoceras*, perteneciendo esta especie a su "Asociación Superior de *Idoceras* con *Sutneria*", a la cual le asignan una edad de la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Igual que en la especie anterior, a pesar de que en este estudio no se encontraron ejemplares de *Sutneria*, se encuentran dentro del rango de otros *Idoceras* y *Nebrodités* que son géneros mencionados por Villaseñor *et al.* (2000b) para la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Distribución geográfica:

Sureste de Estados Unidos y México (Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí).

***Idoceras cf. lorioli* BURCKHARDT**

(Lámina 6, Figura M)

Sinonimia

1912 *Idoceras lorioli* BURCKHARDT. Burckhardt, p. 109, lám. 28, figs. 1-3, 5.

1994 *Idoceras lorioli* BURCKHARDT. Lara-Morales, p. 57, lám. 1, fig. 2, lám. 3, figs. 1-4.

Nivel y ejemplares

7A (7A-3, 7A-4, 7A-5)

Material:

Tres ejemplares en impresión, que se encuentran moderadamente conservados.

Descripción:

Concha grande, discoidal, semi-evoluta, las vueltas cubren el último tercio del flanco. La región umbilical es amplia, debido a que no se encuentra en volumen no se puede saber la forma de la muralla ni del borde umbilical. Los flancos presentan un tamaño muy regular en las vueltas internas y medias.

Las vueltas internas y medias tienen el mismo tipo de costulación de costillas simples, radiales o ligeramente inclinadas hacia delante, finas. Hacia el final se presentan costillas bifurcadas. En la última vuelta conservada hay escasas costillas simples y bifurcadas fuertes, cuya división se localiza en el último tercio del flanco. Todas muestran una dirección prorsirradiada. No se observan constricciones, hay un debilitamiento de la ornamentación a la altura de la mitad del flanco.

## Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
7A	7A-3	64.5*	33.6*	15.0	0.521	0.232	-	12	7	-	22	12
		58.0*	26.2*	16.8	0.452	0.290	23*	13*	8	-	24	14

## Discusión y afinidades:

El ejemplar que ilustra Burckhardt (1912, lám. 28) a diferencia de los ejemplares aquí estudiados, muestran tres constricciones, superficiales pero anchas, hay que hacer hincapié de que éstas aparecen a partir de los 80 mm aproximadamente y ninguno de los ejemplares de este estudio alcanza esas tallas.

Lara-Morales (1994) puntualiza que *I. lorioli* BURCKHARDT tiene relación con *I. santarosatum* de Burckhardt, ya que ambas tienen el mismo patrón ornamental del grupo de los idocerátidos con conchas colubrinoideas, semievolutas y con costulación espaciada.

Se observa una semejanza en el tipo de ornamentación presente en vueltas internas y medias de *I. tamaulipanum* IMLAY (Imlay, 1939., p. 40, lám. 12, figs. 1 y 2) aunque las costillas en esta especie son mucho más densas, además de que la ornamentación es muy fuerte y no se observa debilitamiento alguno.

## Alcance stratigráfico:

Kimmeridgiano inferior (Burckhardt, 1912). Kimmeridgiano inferior, restringida en torno al límite de las Zonas Hypselocyclum-Divisum (Lara-Morales, 1994).

Como se mencionó a pesar de que en este estudio, no se encontraron ejemplares de *Sutneria*, se hallan en asociación con *Idoceras* cf. *tamaulipanum* IMLAY, *Idoceras* sp. que son especies mencionadas por Villaseñor *et al.* (2000b) para una edad de la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

## Distribución geográfica:

México (Coahuila y Zacatecas).

## *Idoceras cf. tamaulipanum* IMLAY

(Lámina 6, Figura N)

### Sinonimia

1939 *Idoceras tamaulipanum* IMLAY. Imlay, p. 40, lám. 12, figs. 1 y 2.

1994 *Idoceras tamaulipanum* IMLAY. Lara-Morales, p. 35, lám. 1, figs. 3.

### Nivel y ejemplares

7A (7A-1, 7A-2); 7D (7D-5)

### Material:

Tres ejemplares en impresión, en buen estado de conservación.

### Descripción

Concha mediana, discoidal, semi-evoluta, las vueltas cubren el último tercio del flanco. La región umbilical es amplia, no se puede saber cómo es la muralla ni el borde umbilical. Los flancos presentan un tamaño muy regular durante todo el desarrollo de la concha.

Las vueltas internas y medias no se aprecian debido a la presencia de epibiontes (bivalvos). En la última vuelta conservada, se presentan costillas simples y bifurcadas, densas y fuertes. Todas muestran una dirección prorsirradiada. No se observan constricciones, ni desvanecimiento en la ornamentación.

### Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
7A	7A-1	68.0*	32.9	20.5	0.484	0.301	50	24	13	83	41	22
		59.9	30.6	17.4	0.511	0.290	46	26	13	83	44	21
		49.6	22.5	15.4	0.454	0.310	40	20	10*	68	35	20
		42.2	15.1*	13.8	0.358	0.327	-	24	11	-	37	21
		36.2	13.8*	12.7	0.381	0.351	-	-	-	-	-	-
	7A-2	42.9*	19.1	12.4*	0.445	0.289	-	-	-	78*	45*	24
		35.9	15.2	12.2	0.423	0.340	-	-	-	72	40	21*
		31.2	14.6	12.1	0.468	0.468	47	26	12	63	35	18
		24.1	12.3	8.2	0.510	0.510	44	25	12	58	33	18
7D	7D-5	54.2*	31.6	13.8	0.583	0.255	54*	34	19*	82*	46*	25*
		53.6*	25.8	15.0*	0.481	0.280	53	31	18*	75	46	24*
		44.4	20.3	13.0	0.457	0.293	43*	26	14	73	38	22
		39.8	17.6	13.3	0.442	0.334	-	29	15	-	39	20*

Discusión y afinidades:

El tipo de ornamentación presente en *I. tamaulipanum* IMLAY es muy parecida a la observada en *I. lorioli* BURKHARDT (Burckhardt, 1912, p. 109, lám. 28, figs. 1-3, 5) la única diferencia radica en que la ornamentación de la primera especie no presenta desvanecimiento en ningún estadio de desarrollo.

Lara-Morales (1994) realiza una revisión del género y puntualiza que *I. tamaulipanum* IMLAY, tiene relación con *I. figueroae* BURCKHARDT e *I. lorioli* BURCKHARDT, que en conjunto representarían la variabilidad morfológica del grupo de los idocerátidos con conchas colubrinoides, semievolutas y con costulación espaciada.

Alcance stratigráfico:

Kimmeridgiano inferior (Imlay, 1939) entorno a la Zona Divisum (Lara-Morales, 1994). Villaseñor *et al.* (2000b) establecen dos asociaciones para las diferentes especies de *Idoceras*, perteneciendo esta especie a su “Asociación Superior de *Idoceras* con *Sutneria*”, a la cual asignan una edad de la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

En este estudio no se encontraron ejemplares de *Sutneria*, sin embargo, se encuentran en asociación con *Idoceras* cf. *lorioli* BURCKHARDT e *Idoceras* sp. especies mencionadas por Villaseñor *et al.* (2000b) para una edad de parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Distribución geográfica:

México (Coahuila y Zacatecas).

***Idoceras* sp. gr. *durangense* BURCKHARDT**

(Lámina 6, Figura Ñ)

Sinonimia

1912 *Idoceras durangense* BURCKHARDT. Burckhardt, p. 107, lám. 26, figs. 1-6., lám. 27, figs. 1-2.

1984 *Idoceras* cf. *I. durangense* BURCKHARDT. Imlay y Herman, p. 165, lám. 2, fig. 10.

1999 *Idoceras densicostatum* BURCKHARDT. Olóriz *et al.*, p. 468, fig. 4.

2006 *Idoceras* gr. *durangense* BURCKHARDT. Villaseñor y Olóriz, p. 245, fig. 1.

Nivel y ejemplares:

7C (7C-1 al 7C-5); 7D (7D-6); 7E (7E-1 7E-12)

Material:

18 impresiones regularmente conservadas algunas con bivalvos incrustados, dentro de los cuales se encuentran fragmentos y ejemplares completos.

Descripción:

Concha grande, serpenticon, evoluta, las vueltas cubren el último tercio del flanco, pero la última vuelta conservada es más alta. La región umbilical es amplia, debido a que no se encuentra en volumen no se puede saber la forma de la muralla ni del borde umbilical. Los flancos son amplios y aumentan su tamaño conforme avanza el crecimiento.

En vueltas internas se observan costillas simples, las cuales nacen en la sutura umbilical, las costillas son gruesas y su dirección es prorsirradiada. En la vuelta media, las costillas continúan presentando la misma dirección, aunque éstas son más gruesas, se observan costillas bifurcadas o residuales, ya que la división no es clara, las costillas tienen un pequeño reborde o un engrosamiento en la parte inferior. En la última vuelta conservada, las costillas son gruesas en la base del flanco pero hacia la mitad se desvanecen, y hacia el último cuarto del flanco vuelven a ser notorias, lo que les da una apariencia de ramilletes o de costillas más complejas, al parecer las costillas son simples, bifurcadas y debido al desvanecimiento, en algunos casos se observaron

costillas residuales. También se presentan constricciones bien definidas, las cuales son largas, gruesas y profundas, tienen tres constricciones por vuelta.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
7C	7C-1	101.5	43.3	32.0	0.427	0.315	-	-	-	-	-	-
		84.5*	39.4	32.0	0.466	0.379	-	-	-	-	-	-
		75.5	32.6	25.4	0.432	0.336	39	22	11	74*	42*	22*
		58.3	29.0	19.4	0.497	0.333	37*	22	10	69*	42	19
7D	7D-6	71.0	37.8	19.0	0.532	0.268	-	-	-	-	36*	20*
		65.5*	28.1	19.6	0.429	0.299	-	-	-	46*	39*	20
		50.5	25.1	15.5	0.497	0.307	-	-	-	-	41	22*
		42.2	18.1*	12.5	0.429	0.296	-	-	-	-	-	20
7E	7E-3	87.4	36.2	27.0	0.414	0.309	-	-	-	78*	47	24
		70.0	26.1	24.6	0.377	0.351	-	-	-	77*	44*	22
		60.2	22.7	24.2	0.377	0.402	-	-	-	68*	42*	24*
		45.3	18.0	19.2	0.397	0.423	-	-	-	67*	41	22
		36.2	17.8	12.7	0.492	0.351	44	24	13	54	32	18
		26.1	12.0	13.0	0.460	0.498	43	23*	12	56	28*	13

Discusión y afinidades:

Burckhardt (1912, p. 102) hace una división del género *Idoceras* en dos grupos, debido a la diferencia de ornamentación. Los ejemplares de este trabajo se refieren al grupo durangense, ya que son conchas de diámetros grandes, más o menos evolutas, la ornamentación que se observa consiste en costillas fuertes, con divisiones más complejas (tripartitas, bidicotómicas) además de simples y bipartitas. Otra característica de este grupo radica en el desvanecimiento de la ornamentación en la mitad del flanco a partir de la vuelta externa. Por todo ello los ejemplares estudiados se asignan a este grupo.

Aunque los ejemplares que muestran Imlay y Herman (1984, lám. 2, figs. 9, 11 y 12) son fragmentos se observa el desvanecimiento de las costillas en la parte media propias del grupo *durangense*, además de la presencia de costillas complejas.

El ejemplar que presentan Olóriz *et al.* (1999, fig. 4) no obstante tener un tamaño mayor a los 190 mm, la relación O/D (=0.474) y H/D (=0.316) es muy similar a la que presentan los ejemplares de Puerto Piñones.

El ejemplar que ilustra Villaseñor y Olóriz (2006, fig. 1) es similar a los ejemplares aquí estudiados, la única diferencia radica en que las costillas externas se ubican en la parte final del flanco, mientras que las de los ejemplares aquí estudiados, se localizan en el inicio del último tercio del flanco.

Alcance estratigráfico:

Burckhardt (1912) e Imlay y Herman (1984) le asignan a la especie una edad correspondiente al Kimmeridgiano inferior. Olóriz *et al.* (1996, 1999) le asignan una edad de la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum). Villaseñor y Olóriz (2006) lo asignan a la parte superior del Kimmeridgiano inferior. Villaseñor *et al.* (2000b) establecen dos asociaciones para las diferentes especies de *Idoceras*, perteneciendo esta especie a su “Asociación Superior de *Idoceras* con *Sutneria*”, a la cual asignan una edad de la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Como se ha indicado, aunque no se encontraron ejemplares de *Sutneria* asociados, se encuentran con *Idoceras* cf. *tamaulipanum*, *Idoceras zacatecanum*, *Idoceras* sp., y *Nebroditis rota* que son especies mencionadas por Villaseñor *et al.* (2000b) para una edad correspondiente a la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Distribución geográfica:

México (Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas).

***Idoceras* sp.**

(Lámina 6, Figura O)

Nivel y ejemplares:

7A (7A-6, 7A-7); 7D (7D-7); 7E (7E-13), 8C (8C-1 al 8C-6); 8D (8D-1, 8D-2).

Material:

12 impresiones fragmentadas más o menos conservadas. Los ejemplares incluidos en el género *Idoceras* sin definir la especie, provienen de los diferentes niveles y se conservan como fragmentos de vuelta.

### Descripción:

La ornamentación en vueltas internas y medias muestran costillas simples y bifurcadas, la bifurcación se localiza por arriba de la mitad del flanco. Todas las costillas se originan en la sutura umbilical y presentan una inclinación prorsirradiada, las costillas secundarias no se observan claramente, ya que están cubiertas por la vuelta antecesora. La vuelta externa presenta costillas simples (escasas) y bifurcadas en su mayoría, las cuales se bifurcan un poco por arriba de la mitad del flanco, también se presentan algunas costillas residuales que se ubican el último tercio del flanco.

### Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
7E	7E-13	25.4	8.7	7.3*	0.342	0.287	38*	20*	10	57*	32*	15
		21.5	8.0	7.2*	0.372	0.335	37*	18*	10*	55*	33*	16*
		17.3*	6.1	7.9*	0.353	0.457	35*	19	8*	49*	29*	14*
		14.0*	4.5	6.5*	0.321	0.464	32*	19	10	43*	25*	14
8C	8C-1	39.4*	15.9*	15.0*	0.403	0.381	-	-	-	-	-	-
	8C-5	56.9*	-	16.4*	-	0.288	-	-	-	-	-	-

### Alcance estratigráfico:

Villaseñor *et al.* (2000b) establecen dos asociaciones para las diferentes especies de *Idoceras*, perteneciendo esta especie a su "Asociación Superior de *Idoceras* con *Sutneria*", a la cual le asignan una edad de la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Estos ejemplares se encontraron en asociación con *Idoceras zacatecanum*, *Idoceras* cf. *tamaulipanum*, *Idoceras* gr. *durangense*. *Nebrodités rota* que son especies mencionadas por Villaseñor *et al.* (2000b) para una edad de parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Distribución geográfica:

México (Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas).

## Género *Nebrodites* BURCKHARDT, 1912

Especie tipo *Nebrodites (Nebrodites) agrigentinus* (GEMMELLARO), 1872

Diagnosis: Bajo esta denominación se agrupan formas de ombligo amplio y sección sub-redondeada a oval, con flancos más o menos planos; no faltan cortes transversos rectangulares e incluso algunos en los que la altura de la espira es menor que el espesor. La región ventral es desigualmente ancha según los casos, está recorrida por una banda lisa de diferente amplitud y sólo excepcionalmente aparecerá atravesada por la postulación en vueltas externas.

La ornamentación está formada por costillas bifurcadas y simples, en distinta proporción según las especies, y no es muy extraña la presencia de costillas residuales. Por otra parte, tanto la densidad como su recorrido por el flanco acusan cierta variabilidad aún manteniéndose en términos bien característicos. En cuanto a las constricciones, éstas son frecuentes, más o en menor grado radiales y a veces acompañadas de rodetes. Por último, cabe destacar, en algunos grupos, la tendencia a la formación de tubérculos sobre el borde externo del flanco.

La línea de sutura responde a un esquema general más o menos complejo, con el lóbulo lateral trífido y flanqueado por sillas bífidas. Los lóbulos externos, lateral dos e interno, así como las correspondientes sillas, son de menor importancia y alcanzan en cada caso un desarrollo diferente (tomada de Olóriz, 1978; p. 150).

### ***Nebrodites cf. rota* BURCKHARDT**

(Lámina 7, Figura A)

#### Sinonimia

1912 *Nebrodites rota* BURCKHARDT. Burckhardt, p. 96. lám. 22, figs. 1, 9-11.

1988 *Nebrodites rota* BURCKHARDT. Contreras *et al.*, p. 19, lám. IV, fig. 5.

#### Nivel y ejemplares:

7D (7D-8)

Material:

Un ejemplar en impresión, en buen estado de conservación.

Descripción:

Concha serpenticonca, evoluta, las vueltas cubren el último tercio del flanco. La región umbilical es amplia, debido a que no se encuentra en volumen, no se puede saber la forma de la muralla ni del borde umbilical.

Las vueltas internas y medias muestran costillas gruesas, rectirradiadas, las cuales al parecer nacen en la región umbilical, y debido al recubrimiento de las vueltas no se observa si existe una división costal. En la última vuelta conservada, se presentan costillas simples y bifurcadas abundantes, la bifurcación se localiza en el último tercio del flanco, con un ángulo bien divergente entre las costillas secundarias, conforme avanza el desarrollo ambas costillas presentan una dirección prorsirradiada. Se encuentra una constricción flanqueada por una costilla poligirada y una costilla simple. No se presentan costillas residuales ni restos de sutura.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
7D	7D-8	37.7	18.3	8.9	0.485	0.236	35	18	8	56*	35	17
		32.1*	14.4	8.8	0.448	0.274	35	18	10	54*	30*	20
		28.1	12.5	9.1	0.445	0.324	32	17	9	43	23	10*
		23.6*	10.4	8.4	0.441	0.356	26	16	9	44	24	13*

Discusión y afinidades:

Debido a que el ejemplar se presenta en impresión, no se pueden observar caracteres que permitan hacer la asignación específica certera, sin embargo dada la presencia de caracteres importantes como el tipo de costillas, la relación O/D y el índice de costulación, se encuentra afín con *N. rota*.

El ejemplar que se ilustra en Contreras *et al.* (1988) es mucho más evolutivo que los ejemplares ilustrados por Burckhardt (1906) y los presentados en este trabajo.

En *Nebrodites flexuosus* (Burckhardt, 1912, p. 92, lám. 21, figs. 4, 5, 10-11) la bifurcación se localiza en el último tercio del flanco, además que como su

nombre lo indica, las costillas presentan flexuosidad, a diferencia de las costillas rectirradiadas observadas en *N. rota*.

Alcance estratigráfico:

Burckhardt (1906) le asigna una edad del Kimmeridgiano inferior. Villaseñor *et al.* (2000b) registran a *Nebrodités rota* BURCKHARDT en asociación con ejemplares del género *Idoceras* BURCKHARDT, por lo que ubican al género *Nebrodités* BURCKHARDT dentro de su "Asociación superior de *Idoceras* con *Sutneria*", a la cual asignan una edad de la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Como se ha indicado aunque no se encontraron ejemplares de *Sutneria*, se hallan en asociación con *Idoceras zacatecanum*, *Idoceras* cf. *tamaulipanum* IMLAY, *Idoceras* gr. *durangense* BURCKHARDT, *Idoceras* sp. que son especies mencionadas por Villaseñor *et al.* (2000b) para una edad de parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Distribución geográfica:

México (Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas).

***Nebrodités* sp.**  
(Lámina 7, Figura B)

Nivel y ejemplares:

8E (8E-1)

Material:

Un ejemplar en impresión, en buen estado de conservación.

Descripción:

Sólo se encuentra conservado un fragmento y la conservación es deficiente, sin embargo, se pueden ver vueltas internas, medias y externa, donde se observan costillas con el patrón característico del género *Nebrodites*.

Alcance estratigráfico:

Villaseñor *et al.* (2000b) establecen que diferentes especies del género *Nebrodites* BURCKHARDT comparten temporalidad y espacio con ejemplares del género *Idoceras* BURCKHARDT, por lo que ubican al género *Nebrodites* dentro de su "Asociación Superior de *Idoceras* con *Sutneria*", a la cual asignan una edad de la parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Aquí se le da esta misma edad es decir parte superior del Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Distribución geográfica:

Sur de Europa, norte de África, India, Madagascar, Tanganica, sureste de Estados Unidos, Argentina y México (Coahuila, Chihuahua, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas).

Familia Aspidoceratidae ZITTEL, 1895

Subfamilia Aspidoceratinae ZITTEL, 1895

Género *Aspidoceras* ZITTEL, 1868

Especie tipo *Ammonites rogoznicensis* ZEUSCHNER, 1846

Diagnosis: Conchas de vueltas redondeadas, a veces deprimidas, con una o dos filas de tubérculos; no es extraño que se desvanezca, de forma más o menos definitiva la serie externa. Existen especies costuladas (tomado de Olóriz, 1978; p. 278).

***Aspidoceras* sp.**  
(Lámina 7, Figura C)

Nivel y ejemplares:

7E (7E-14, 7E-15); 11A (11A-5); 11I (11I-14)

Material:

Cuatro fragmentos conservados en impresión.

Descripción:

Por ser fragmentos, sólo se observan algunos tubérculos espinosos con base circular, en dos hileras, algunos de ellos muy erosionados, los cuales se ubican en el primer y último tercio del flanco, uno de los ejemplares presenta deformación, lo cual se refleja en las medidas.

Discusión y afinidades:

Debido a su estado de conservación no se pudo asignar a una especie, sin embargo es clara su pertenencia al género.

Alcance estratigráfico:

Checa (1985) realizó un estudio sobre la Familia Aspidoceratidae y estableció que el género *Aspidoceras* tiene un alcance amplio, abarcando del Oxfordiano superior al Berriasiano inferior (Zona Bimammatun a Zona Jacobi, p. 54).

En este estudio se decidió darle una edad de Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) por estar en asociación con *Idoceras zacatecanum*, *Idoceras* gr. *durangense* e *Idoceras* sp. al Kimmeridgiano superior (Zona de Beckeri), debido a que se encuentra en el rango estratigráfico de *Hybonoticeras* (*Hybonoticeras*) gr. *beckeri* e *Hybonoticeras* (*Hybonotella*) *mundulum-attenuatum*.

Distribución geográfica:

Sur de Europa, India, Irán, Marruecos, Rusia, Argentina y México (Coahuila, Durango, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Veracruz y Zacatecas).

Subfamilia Hybonoticeratinae Olóriz, 1978

Género *Hybonoticerias* BREISTROFER, 1947

Subgénero *Hybonoticerias* BERCKHEMER Y HÖLDER, 1959

Especie tipo *Ammonites hybonotum* OPPEL, 1863

Diagnosis: conchas evolutas, de diferente talla, con surco ventral limitado por carenas ornamentación de costillas y tubérculos sobre los flancos. No faltan aquellas en las que dicha ornamentación es muy delicada o se reduce a una serie de tubérculos umbilicales; en otros se observa tendencia al desvanecimiento. Sutura desplazada del plano sagital en las formas más típicas; en conjunto, cierto aspecto aspidoceroide (tomado de Olóriz, 1978, p. 332-335).

***Hybonoticerias (Hybonoticerias) sp. gr. beckeri (NEUMAYR)***

(Lámina 7, Figura D)

Sinonimia

1906 *Waagenia* sp. Burckhardt, p. 103, lám. 27, figs. 3 y 4 no 1, 2 y 5.

1959 *Hybonoticerias beckeri* (NEUMAYR). Berckhemer y Hölder, p. 26, lám.1.,figs. 2-3., lám. 4, figs. 13, 15.

1978 *Hybonoticerias (Hybonoticerias) beckeri beckeri* (NEUMAYR). Olóriz, p. 346, lám. 31, fig. 1.

1991 *Hybonoticerias (Hybonoticerias) sp. gr. Hybonoticerias (Hybonoticerias) beckeri* (NEUMAYR). Villaseñor, p. 70, lám. 6, fig. 5-8.

1993 *Hybonoticerias (Hybonoticerias) sp. gr. beckeri* (NEUMAYR). Olóriz *et al.*, p. 279, Pl. 1, fig. 6.

2006 *Hybonoticerias (Hybonoticerias) sp. gr. Hybonoticerias (Hybonoticerias) beckeri* (NEUMAYR). López-Gómez, p. 71, lám. 2, figs. 1-2.

Nivel y ejemplares:

11J (11J-7, 11J-8)

Material:

Dos ejemplares fragmentados.

Descripción:

Concha evoluta, serpenticonca, donde se observa la región umbilical amplia y muy poco profunda. En vueltas internas la ornamentación se constituye por costillas simples, radiales y finas, conforme avanza el crecimiento (vueltas medias y externa) las costillas se presentan sinuosas y mucho más suaves, además de que se presentan dos hileras de tubérculos, la primera se localiza en el área periumbilical y la otra en el borde externo del flanco, algunas de las costillas dan la apariencia de ser costillas geminadas.

A pesar de que los ejemplares son impresiones en el borde del flanco se observan crenulaciones. Típicas de la región ventral de *Hybonoticeras*

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D
11J	11J-7	67.2*	40.6*	21.4	0.604	0.318

Discusión y afinidades:

A pesar de que el estado de conservación no es muy bueno, se puede observar la ornamentación característica de la especie *H. beckeri*, como son la presencia de las hileras de tubérculos y las costillas geminadas, por lo que se puede diferenciar con toda seguridad del subgénero *Hybonoticeras*.

Alcance stratigráfico:

Kimmeridgiano superior, Zona de Beckeri (Berckhemer y Hölder, 1959., Olóriz, 1978, Villaseñor, 1991, López-Gómez, 2006). Algunas de las subespecies de *beckeri* pueden llegar al Tithoniano inferior, la parte más baja de la Zona de Hybonotum (Olóriz *et al.* 1993). Villaseñor *et al.* (2000b) menciona que esta especie pertenece a su "Asociación con *Hybonoticeras*", a la cual asignan una edad de Kimmeridgiano superior (Zona de Beckeri).

Al igual que los anteriores autores en este estudio se decidió ubicarla en el Kimmeridgiano superior (Zona de Beckeri) debido a que se encuentra asociada a *Glochiceras (Lingulaticeras) semicostatum* e *Hybonoticeras (Hybonotella) mundulum-attenuatum* especies propias de esta edad.

Distribución geográfica:

Europa y México (Coahuila, Durango, Hidalgo y Zacatecas).

Subgénero *Hybonotella* BERCKHEMER Y HÖLDER, 1959

Especie tipo *Ammonites mundulum* OPPEL, 1865

En este subgénero se reúnen los hybonoticerátidos de tamaño pequeño con peristoma pedunculado (Berckhemer y Hölder, 1959).

Diagnosis: Tamaño pequeño, evolutivo, sección ovalada. Región ventral estrecha y recorrida por un angosto surco limitado por carenas lisas. Costillas simples, radiales o sinuosas, que pueden desvanecerse hacia el tercio externo del flanco. Peristoma pedunculado. Sin datos sobre la línea de sutura (tomado de Olóriz, 1978, p. 365).

***Hybonoticeras (Hybonotella) mundulum (OPPEL) attenuatum*  
BERCKHEMER Y HÖLDER**

(Lámina 7, Figura E)

Sinonimia

1959 *Hybonoticeras mundulum attenuatum* BERCKHEMER Y HÖLDER.  
Berckhemer y Hölder, p. 35, lám. 3, figs. 10-11.

1978 *Hybonoticeras (Hybonotella) sp. aff. H. (Hybonotella) mundulum attenuatum* BERCKHEMER Y HÖLDER. Olóriz, p. 367, lám. 33, fig. 6.

1991 *Hybonoticeras (Hybonotella) mundulum (OPPEL) attenuatum* BERCKHEMER Y HÖLDER. Villaseñor, p. 74, lám. 6, figs. 11-13.

Nivel y ejemplares:

11J (11J-9, 11J-10)

Material:

Dos ejemplares, aunque uno de ellos se encuentra conservado en menos de la mitad de la vuelta.

Descripción:

Concha pequeña, serpenticonca, evoluta. Debido a que los ejemplares se encuentran en impresión, no se tienen datos de la región ventral.

Se observa el mismo tipo de ornamentación tanto en vueltas internas como en la última vuelta conservada, está constituida por costillas simples, con una dirección tenuemente proversa, las cuales presentan un engrosamiento en el borde externo, el cual puede ser un tubérculo. Hacia la última parte de la vuelta externa las costillas se desvanecen.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
11 J	11J-9	18.3*	6.3	6.6	0.344	0.361	26	15	7	27	17	9*
		15.3*	5.6	6.8	0.366	0.444	24	14	7	24	14	7
		10.9*	5.3	4.8*	0.486	0.440	24	13	7	24	13	7
		9.2*	4.0	4.1*	0.435	0.446	21	12	6	21	12	6

Discusión y afinidades:

Los ejemplares de Berckhemer y Hölder, (1959, lám. 3, figs. 10-11) no muestran ninguna diferencia con los ejemplares aquí estudiados.

El ejemplar que ilustra Olóriz (1978, lám. 33, fig. 6) presenta en la vuelta externa costillas un poco más gruesas y espaciadas que los ejemplares de Puerto Piñones.

Los ejemplares observados en Villaseñor (1991) difieren en cuanto al tamaño, ya que se presentan diámetros mayores. Sin embargo, los ejemplares aquí estudiados no están completos.

Se diferencia de *H. cuencamensis* OLÓRIZ Y VILLASEÑOR (Olóriz y Villaseñor, 1999, p. 564, fig. 8, 1), ya que esta especie, a partir de los 8 mm y hasta los 12 mm presenta costillas extremadamente finas y ligeramente sinuosas en el borde umbilical, además de desarrollar estriaciones.

*H. gonzalezi* OLÓRIZ Y VILLASEÑOR (Olóriz y Villaseñor, 1999, p. 566, fig. 8, 6-9) presenta tallas mayores (22.3 a 32.1 mm), la vuelta externa tiene costulación irregular, ya que algunas costillas se unen a la altura de la región umbilical y otras se unen en espinas en la periferia.

*H. geminatum* OLÓRIZ Y VILLASEÑOR (Olóriz y Villaseñor, 1999, p. 567, fig. 8, 2-5) presenta diámetros mayores (23 a 34 mm) y las costillas se unen en la región ventral en un tubérculo espinoso, dando origen a las costillas geminadas.

Alcance estratigráfico:

Berckhemer y Hölder (1959), Olóriz (1978), Sarti (1988), Villaseñor (1991) establecen la edad en el Kimmeridgiano superior (Zona de Beckeri). Villaseñor *et al.* (2000b) menciona que esta especie pertenece a su "Asociación con *Hybonoticerias*", a la cual asignan una edad de Kimmeridgiano superior (Zona de Beckeri).

Al igual que los anteriores autores en este estudio se decidió ubicarla en el Kimmeridgiano superior (Zona de Beckeri) debido a que se encuentra asociada a *Glochiceras (Lingulaticeras) semicostatum* e *Hybonoticerias (Hybonoticerias) gr. beckeri* especies propias de esta edad.

Distribución geográfica:

Europa y México (Zacatecas, Coahuila, Puebla).

Familia Ataxioceratidae BUCKMAN, 1921

Subfamilia Ataxioceratinae ZEISS, 1968

Género *Ataxioceras* FONTANNES, 1879

Subgénero *Schneidia* ATROPS, 1982

Especie tipo *Ataxioceras (Schneidia) collignoni* ATROPS, 1982

Diagnosis: Subgénero propuesto por Atrops (1982) para las formas microconchas (m.) de *Ataxioceras (Ataxioceras)*. Presentan un tamaño pequeño a

mediano cuyo peristoma porta orejillas laterales largas o relativamente cortas con tendencia a la desaparición. Formas generalmente muy involutas en las especies muy primitivas. La curva de postulación decrece después de un diámetro de 30-50 mm. Presencia casi general de costillas sub-poliplocoides, sobre todo abundantes hacia el final del fragmocono e inicio de la cámara de habitación. Constricciones generalmente numerosas y bien desarrolladas. Ausencia de parábolas (tomado de Villaseñor, 1991).

***Ataxioceras (Schneidia) sp. gr. elmii* ATROPS**

(Lámina 7, Figura G)

Sinonimia

1982 *Ataxioceras (Schneidia) elmii* ATROPS. Atrops, p. 169, lám. 4, fig. 1, 2 y 7.

1991 *Ataxioceras* (m. *Schneidia*) sp. gr. *Ataxioceras (Schneidia) elmii* ATROPS. Villaseñor, p. 78, lám. 7, figs. 2 y 3.

1992 *Ataxioceras (Schneidia) cf. elmii* ATROPS. Finkel, p. 237, fig. 24.

Nivel y ejemplares:

2B (2B-1)

Material:

Un ejemplar en impresión.

Descripción:

Concha grande, serpentina, evoluta, las vueltas cubren un tercio del flanco de la vuelta anterior. La región umbilical es amplia y poco profunda. La muralla umbilical es baja e inclinada. El borde umbilical es redondeado, los flancos son amplios y convergentes en la región ventral, la cual es estrecha y redondeada.

La morfología presente en las vueltas internas se compone de costillas simples, gruesas y rectirradiadas, aunque existen algunas con una ligera inclinación hacia delante, presentando un espaciado constante, el cual se conserva a lo largo de toda la concha. Las costillas se originan en la base de la

muralla umbilical, debido al recubrimiento del flanco, no se observa si existe división alguna. En las vueltas medias se sigue observando el mismo tipo de costulación, pero se observa una constricción flanqueada por una costilla bifurcada o residual, esto debido a que la bifurcación es débil y no se sabe con certeza que tipo de costilla es. En la vuelta externa, se tienen costillas simples, las cuales son abundantes, con respecto a las costillas bifurcadas -la división se localiza en el último tercio del flanco- aunque también se observan costillas más complejas, como la costilla subpoliplocoide incompleta que se localiza en el primer cuarto de la vuelta. En esta vuelta se muestran tres constricciones flanqueadas por costillas bifurcadas. El ejemplar tiene un peristoma de tipo "kilianella".

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
2 B	2B-1	83.7	35.0	29.5	0.418	0.352	40*	23	13	80	46	26
		64.1	23.9	24.2	0.373	0.377	43*	21*	11	62*	30*	21
		58.1	23.2	23.9	0.399	0.411	40*	19*	9*	56*	34*	16*
		40.4	13.4	18.0	0.332	0.445	38*	21*	10*	49*	30*	19*
		35.0	14.5	12.2	0.414	0.348	32	21	12	41	23	13

Discusión y afinidades:

Debido a que únicamente se cuenta con un ejemplar fragmentado la asignación específica se mantiene abierta. Sin embargo, por la similitud de densidad y tipo de costillas que presenta se consideró afín a la especie *elmii*. Los ejemplares de Atrops (1982) son ligeramente más grandes (95 mm) y menos evolutos (O/D= 0.34).

Los ejemplares estudiados por Villaseñor (1991) son menos evolutos (O/D= 0.30), además de que la densidad de costillas bifurcadas es mayor, siendo menos frecuentes las costillas residuales y complejas.

*Ataxioceras (Schneidia) guilherandense* ATROPS (Atrops, p. 158, lám. 2, fig. 5, lám. 3, fig. 3, lám. 6, figs. 1 a 6, 9 y 10, lám. 23. figs. 4 y 5, lám. 24, figs. 1 a 4) se diferencia por presentar constricciones más numerosas, además de que no se observan costillas subpoliplocoides que muestra *A. (Schn.) elmii*.

*Ataxioceras (Schneidia) collignoni* ATROPS (Atrops, p. 174, lám. 3, fig. 4, lám. 23, figs. 1 y 2) se diferencia por ser más densamente costulada y más involuta en las vueltas internas.

Alcance estratigráfico:

Atrops (1982) determina una edad del Kimmeridgiano inferior – parte superior de la Zona de Platynota – Zona de Hypselocyclum en el SE de Francia. Villaseñor (1991) propone una edad del Kimmeridgiano inferior - parte superior de la Zona de Platynota. Villaseñor *et al.* (2000b) le asignan a la asociación compuesta por ejemplares de ataxiocerátidos, pertenecientes al sub-género *Schneidia* un rango estratigráfico del Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona de Platynota – parte más baja de la Zona de Hypselocyclum).

Con base en lo anterior en este trabajo se le asigna una edad perteneciente al Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona de Platynota – parte más baja de la Zona de Hypselocyclum)

Distribución geográfica:

Europa y México (Coahuila y Zacatecas).

***Ataxioceras (Schneidia) sp.***

(Lámina 7, Figura F)

Nivel y ejemplares

2A techo (2At-1, 2At-2); 2B (2B-2)

Material:

Tres impresiones de ejemplares regularmente conservados con volumen parcial.

Descripción:

Concha mediana, semi-involuta, tipo platicona, con una muralla umbilical alta y ligeramente inclinada, la región umbilical es estrecha y profunda, el borde umbilical es redondeado, los flancos son amplios y convergentes en la región ventral, la cual es redondeada. Las vueltas cubren dos tercios del flanco de las vueltas predecesoras.

No se observa la morfología de las vueltas internas. En las vueltas medias se presentan costillas simples, finas y densas, las cuales nacen en la base de la muralla umbilical, mostrando una tendencia hacia delante – prorsirradiada-, aunque no se puede definir con precisión, los flancos son redondeados pero sin llegar a ser globosos. En la vuelta externa se observan costillas simples y bifurcadas, fuertes y densas, la división es variable, ya que en algunos casos se presenta en el último tercio del flanco y en otras hacia la mitad de éste; este tipo de división está relacionado con la presencia de constricciones. También se observan costillas residuales y dos costillas subpoliplocoides incompletas (*sensu* Atrops, 1982). El inicio de las costillas se localiza en la parte media de la muralla umbilical, dejando una banda lisa en la parte inferior. Todas las costillas son gruesas, abundantes y presentan una tendencia prorsirradiada, aunque hacia el último cuarto de vuelta la inclinación se hace más evidente. Al parecer atraviesan la región ventral. En esta vuelta se presentan al menos seis constricciones.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
2A techo	2At-1	36.6*	16.4	12.5*	0.448	0.341	53*	28*	13*	69*	32*	13*
		33.8*	15.2	9.6*	0.450	0.284	50*	28*	16*	66*	34*	21*
		27.4	14.0	9.8*	0.511	0.358	43	28	13	59*	42*	17*
		24.3	8.5	8.8	0.350	0.362	37	22	13	50*	36*	27*
	2At-2	36.2	11.2	14.8	0.310	0.410	35	22	14	-	-	29*
		26.0*	8.3	11.0*	0.320	0.423	25*	18	9*	-	-	-
		20.3	6.6	9.0	0.325	0.443	-	16	11	-	-	-
		15.0	5.5	6.6	0.367	0.440	-	-	6	-	-	-
2 B	2B-2	25.3	10.5*	9.0*	0.415	0.356	-	-	12	-	-	22*

Discusión y afinidades:

El estado de conservación de los ejemplares sólo permitió realizar con certeza la asignación al subgénero, ya que se observan caracteres distintivos como presencia de costillas sub-poliplocoides y constricciones numerosas y bien desarrolladas, sin embargo la asignación específica se prefirió dejar abierta.

Alcance estratigráfico:

Atrops (1982) le asigna al género una edad del Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona de Platynota – Zona de Hypselocyclum) en el SE de Francia. Villaseñor (1991) le asigna una edad del Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona de Platynota). Mientras que Villaseñor *et al.* (2000b) le

asignan a la asociación compuesta por ejemplares de ataxiocerátidos, pertenecientes al sub-género *Schneidia* un rango estratigráfico del Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona de Platynota – parte más baja de la Zona de Hypselocyclum).

En este trabajo se le asigna una edad perteneciente al Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona de Platynota – parte más baja de la Zona de Hypselocyclum), debido a que se encuentra en asociación a ejemplares pertenecientes a *Ataxioceras* (*Schneidia*) sp. gr. *elmii* ATROPS.

Distribución geográfica:

Europa y México (Zacatecas, Coahuila).

Subfamilia Lithacoceratinae ZEISS, 1968 emend. TAVERA, 1985

Género *Virgalithacoceras* OLÓRIZ, 1978

Especie tipo *Virgatosphinctes* (*Perisphinctes*) *riedensis* SCHNEID, 1914

Diagnosis: Macroconchas de gran tamaño, evolutas, con sección trapezoidal más o menos ancha hasta ovalada, flancos aplanados y desigualmente convergentes hacia región ventral; en vueltas internas y medias costillas bifurcadas, poligiradas y virgatostomas con residuales. En vuelta externa, poligiradas, virgatostomas - fasciculadas - diversipartitas?, con residuales. No es indispensable que se desarrollen todas las divisiones mencionadas, pero sí es determinante la existencia de un estadio virgatostomo más o menos conseguido: así habrá especies que ya lo presentan en vueltas internas y medias (*riedense-pubescens*), mientras que en otras, la virgatostomía no se encuentra tan realizada, se alcanza en las vueltas más externas, e incluso no resulta excesivamente típica (*abbachiense-supremus-tantalus*). En ambos grupos, pueden encontrarse formas que representan cierta tendencia al debilitamiento de la ornamentación en las vueltas externas (*eysstettense*, *pubescens*). El efecto contrario suele estar ligado al segundo grupo, en el que las formas presentan vueltas internas de ornamentación simple. También cabe destacar la tendencia de ciertas especies a reducir la complejidad de la

ornamentación hacia divisiones más sencillas, generalmente hasta dentro de la cámara de habitación (*riedense*, sp. 1) (tomado de Olóriz, 1978, p. 518).

***Virgalithacoceras aff. albulus* (QUENSTEDT)**

(Lámina 7, Figura H)

Sinonimia

1887 *Ammonites planulatus albulus* QUENSTEDT. Quenstedt, lám. 125, fig. 8.

1959 *Perisphinctes (Lithacoceras) albulus* (QUENSTEDT). Berckhemer y Hölder, p. 55, lám. 9, fig. 48; lám. 10, fig. 51.

1984 *Lithacoceras cf. L. albulum* (QUENSTEDT). Verma y Westermann, p. 49, lám. 8, fig. 3.

Nivel y ejemplar

111 (111-15)

Material:

Impresión de un ejemplar fragmentado.

Descripción:

La impresión fragmentada conserva parcialmente la región umbilical, se puede deducir que la concha es de tamaño grande con un diámetro aproximado de 180 mm, la región umbilical es pequeña, las vueltas recubren aproximadamente el último tercio del flanco.

La parte correspondiente a vueltas internas presenta epibiontes (bivalvos), por lo que la ornamentación no es clara, las costillas posiblemente son bifurcadas y simples, fuertes y rectirradiadas.

La vuelta externa conservada tiene costillas virgatotómicas y bifurcadas (*sensu* Atrops, 1982), reforzadas en el primer tercio del flanco, éstas se presentan intercaladas entre una o dos costillas residuales, las cuales a veces dan la apariencia de costillas palmadas (*sensu* Atrops, 1882).

Discusión y afinidades:

A pesar de que el ejemplar que ilustra Quenstedt (1887, lám. 125, fig. 8) es sólo un cuarto de vuelta externa, tanto la ornamentación que presenta (costillas virgatotómicas y residuales) como la distribución es muy similar a la observada en el ejemplar aquí estudiado.

El ejemplar ilustrado por Berckhemer y Hölder, 1959 (lám. 9, fig. 48) muestra una constricción a un diámetro de 95 mm; y el estado de conservación del ejemplar aquí estudiado no permite apreciar la presencia de constricciones.

El ejemplar de Verma y Westermann (1984) se diferencia por tener marcadas constricciones en la última vuelta conservada, además de presentar mayor densidad de costillas.

*Lithacoceras pubescens* (SCHNEID) ilustrado en Berckhemer y Hölder (1959, lám. 11, figs. 54 y 55) muestra una ornamentación similar a la de *L. albulus* (QUENSTEDT) sin embargo, la diferencia radica en que el primero tiene una costulación mucho más densa, además de que es menos evolutivo.

En *Virgalithacoceras tantalus* (HERBICH) ejemplar estudiado por Olóriz (1978, p. 521, lám. 46, fig. 1) se observa que la costulación en vuelta externa está compuesta por costillas virgatosomas que terminan en cuatro elementos externos.

Alcance stratigráfico:

Quenstedt (1887) y Berckhemer y Hölder (1959) ubican a la especie dentro de su Weißer Jura ζ, el cual corresponde al Kimmeridgiano superior. Verma y Westermann (1984) lo ubican del Kimeridgiano superior (Zona de Beckeri) al Tithoniano inferior (Zona de Hybonotum).

La edad que se le asigna en este estudio es del Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri) debido a que se encuentra dentro del rango stratigráfico de *Glochiceras* (*Lingulaticeras*) *semicostatum*, *Hybonotoceras* (*Hybonotoceras*) gr. *beckeri* (NEUMAYR) e *Hybonotoceras* (*Hybonotella*) *mundulum-attenuatum* especies propias de esta edad.

Distribución geográfica:

Alemania, Kenia y México (Coahuila).

Familia Himalayitidae SPATH, 1925

Género *Durangites* BURCKHARDT, 1912 enmend. CANTÚ-CHAPA, 1968

Especie tipo *Durangites vulgaris* BURCKHARDT, 1912 por designación subsecuente de Cantú-Chapa, 1968.

Diagnosis: cocha evoluta y comprimida, algunas veces con una banda ventral lisa. Costillas simples y bifurcadas, todas con inclinación hacia atrás, con o sin tubérculos a los lados de la bifurcación o en la terminación de las costillas ventro-laterales. La línea de sutura con silla 1 grande e irregular y silla 2 bifida; lóbulo grande y dividido por la silla 1, lóbulo trifido.

Burckhardt (1912 p. 143) reconoce cuatro estadios de ornamentación sucesivos (1. "microcanthus", 2. "köllikeri", 3. "típico" y 4. "adulto"), aunque Roman (1938, p. 323) designó a *D. acanthicus* como la especie tipo de *Durangites*, esta especie sólo presenta el estado "köllikeri", por esta razón Cantú-Chapa (1968) propuso como nueva designación a *D. vulgaris* (Burckhardt, 1912., p. 149, lám. 30, figs. 1, 2). Los estadios que definen propiamente al género *Durangites*, según Burckhardt (1912) son el "típico" y "adulto"; el primero corresponde a ejemplares que poseen costillas simples, bifurcadas y encorvadas hacia atrás; en los lugares de bifurcación se presenta un tubérculo y a veces poseen otro en la región ventral, donde terminan. Mientras que el estadio "adulto" se caracteriza por la ausencia de tubérculos, sobre las costillas opistoclinas (tomado de Cantú-Chapa, 1968., p. 21).

***Durangites heilprini* (AGUILERA)**

(Lámina 8, Figura A)

Sinonimia

1895 *Hoplites heilprini* AGUILERA. Castillo y Aguilera, p. 41, lám. 22, fig. 7)

1973 *Durangites heilprini* (AGUILERA). Verma y Westermann, p. 259, lám. 43, fig. 4., lám. 54, fig. 5, lám. 55, fig. 3, lám. 56, fig. 5.

1985 *Durangites heilprini* (AGUILERA). Tavera, p. 164, lám. 18, figs. 6-7.

## Nivel y ejemplares

20 (20-1, 20-2, 20-3)

Material: tres ejemplares fragmentados conservados en volumen.

## Descripción:

Concha evoluta, pequeña. Los flancos son amplios y sub-redondeados, los cuales convergen en la región ventral, éstos aumentan de tamaño conforme avanza el desarrollo, recubriendo aproximadamente la mitad del flanco. La sección de la vuelta en vueltas internas es subcuadrada, modificándose en la vuelta externa, ya que se vuelve ovalada, más alta que ancha. La región umbilical es amplia y ligeramente profunda. No se aprecia ni muralla ni borde umbilical.

La ornamentación en las vueltas internas y medias está constituida por costillas simples y bifurcadas fuertes, ligeramente inclinadas hacia delante, además de que es muy marcada la presencia de constricciones, aproximadamente tres por vuelta. La bifurcación se localiza un poco por arriba de la mitad del flanco.

En la vuelta externa la ornamentación se modifica, ya que las costillas presentan una sinuosidad muy marcada, presentándose un arco convexo hacia la abertura en la mitad del flanco, posteriormente las costillas se bifurcan, en el punto de bifurcación y en el límite de la región ventral se presenta un engrosamiento, él cual podría ser tomado como un pequeño tubérculo. Estos tubérculos se presentan arbitrariamente en las costillas.

## Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
20	1	27.6	10.5	10.8	0.380	0.391	36	20	9	47	29	15

## Discusión y afinidades:

El ejemplar de Castillo y Aguilera (1895) es semejante en cuanto a caracteres como diámetro total, región umbilical, altura de flanco, etc., con los que muestran los ejemplares de Puerto Piñones.

Los ejemplares que estudiaron Verma y Westerman (1973, lám. 43, fig. 4., lám. 54, fig. 5, lám. 55, fig. 3, lám. 56, fig. 5) son menos evolutos y ligeramente más costulados.

Los ejemplares que ilustra Tavera (1985, lám. 18, figs. 6-7) son más evolutos, además de la vuelta predecesora recubre sólo un tercio del flanco y no la mitad como se observa en los ejemplares de Puerto Piñones.

*Durangites vulgaris* BURCKHARDT (Burckhardt, 1912, p. 149, lám. 37, figs. 1 y 2) se diferencia por presentar bien desarrollados los tubérculos tanto en el flanco como en la región ventral. *Durangites acanthicus* BURCKHARDT (Burckhardt, 1912, p. 146, lám. 36, figs. 7, 8, 10, 11 y 15) muestra una ornamentación rígida y gruesa, además de que los tubérculos están bien desarrollados.

Alcance estratigráfico:

Verma y Westermann (1973) y Tavera (1985) le asignan una edad de Tithoniano superior (Zona de Durangites). Adatte *et al.* (1993-1994, 1996 y 2000) para este mismo afloramiento reportan en su nivel 19.3 la presencia de *Durangites* sp., género que se consideraba típico para el Tithoniano superior, pero que plantean que puede llegar hasta la parte basal del Berriasiano aunque no se justifica tal aseveración, con registros de este género en los estratos superiores estudiados por estos autores.

Enay *et al.* (1998) indican que la edad de los *Durangites* mexicanos corresponderían a la parte inferior de la Zona de Durangites y las subzonas A2 y parte A3 de calpionélidos.

Por todo lo anterior la edad que se le asigna es Tithoniano tardío, Zona de Durangites.

***Durangites* sp.**  
(Lámina 8, Figura B)

Nivel y ejemplares

15 (15-1, 15-2), 20 (20-3, 20-4)

Material:

Cuatro ejemplares fragmentados conservados en volumen.

Descripción:

Concha evoluta, de tamaño pequeño a mediano. Los flancos son amplios y planos, éstos aumentan de tamaño conforme avanza el desarrollo, recubriendo aproximadamente el último tercio del flanco. La región umbilical es amplia y ligeramente profunda. Debido al estado de conservación no se observan otros caracteres.

La ornamentación en las vueltas internas y medias está compuesta por costillas simples y escasas bifurcadas, todas las costillas son fuertes, gruesas y terminan en una pequeña protuberancia, localizada en el inicio de la región ventral. Las costillas muestran una dirección prorsirradiada.

En la vuelta externa, se observan costillas bifurcadas en mayor abundancia y escasas costillas simples, todas las costillas se originan en la sutura umbilical y presentan una ligera inclinación dirigida hacia atrás, la bifurcación se localiza por debajo del último tercio del flanco, y ahí se localiza un pequeño reborde o reforzamiento, después de este punto las costillas se dirigen hacia atrás, lo que les da una apariencia sinuosa. Bordeando la región ventral, las costillas muestran un ligero engrosamiento, dando la apariencia de pequeños tubérculos.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
15	15-1	40.3*	17.2*	15.0*	0.427	0.372						
	15-2	46.3*	19.4	14.4	0.419	0.311	-	-	13*	-	-	24*

Discusión y afinidades:

A pesar de que sólo se encuentran conservados algunos fragmentos de las vueltas, se aprecia muy bien la ornamentación característica del género *Durangites*, sin embargo, se prefirió dejar la asignación específica abierta.

Alcance estratigráfico:

En este caso se aplican los mismos comentarios que para *Durangites heilprini* y por ello se le asigna una edad de Tithoniano tardío, Zona de Durangites.

Género *Micracanthoceras* SPATH, 1925

Subgénero *Corongoceras* SPATH, 1925

Especie tipo *Corongoceras lotenoense* SPATH, 1925

Diagnosis: Formas con estructura de concha diversa, que presentan una ornamentación de fuertes costillas simples, bifurcadas y raras trifurcadas, que portan dos filas de tubérculos, una en el punto de división de las costillas, incluso en la misma posición en costillas simples y otra en la parte más alta de la espira y que delimita una discontinuidad ventral excavada (tomado de Tavera, 1985, p. 176).

***Micracanthoceras (Corongoceras) sp.***

(Lámina 8, Figura C)

Nivel y ejemplares:

15C (15C-1, 15C-2)

Material:

Dos ejemplares fragmentados conservados en volumen.

Descripción:

La concha es serpenticono de enrollamiento evolutivo. La región umbilical es amplia y poco profunda. Tanto las vueltas internas como las externas se encuentran mal conservadas, sin embargo, se puede observar que la ornamentación está constituida por costillas simples y gruesas, las cuales terminan en un engrosamiento muy marcado; no se podría asegurar que se trata de un tubérculo. Debido a lo anterior la asignación específica se mantiene abierta.

Alcance estratigráfico:

Tavera (1985) sitúa al subgénero dentro del Tithoniano superior (Zona de *Simplisphinctes* – Zona de *Transitorius*). Adatte *et al.* (1993-1994, 1996 y 2000)

para este afloramiento en su nivel 19.3 reportan ejemplares de *Corongoceras* sp., para el Tithoniano superior probablemente transgrediendo hasta la parte basal del Berriasiano.

En este trabajo se le asigna una edad del Tithoniano superior (Zona de Durangites) ya que se encuentra entre el rango estratigráfico de los *Durangites*.

Distribución geográfica:

Europa, Argentina (Mendoza) y México (Coahuila y Puebla).

Familia Olcostephanidae HAUG, 1910

Subfamilia Spiticeratinae SPATH, 1924

Género *Proniceras* BURCKHARDT, 1919-1921

Especie tipo *Ammonites pronus* OPPEL, 1865

Diagnosis: Concha aplanada, más o menos evoluta. Ombligo poco profundo. Sección de la vuelta redonda en los primeros estadios, posteriormente conforme avanza el crecimiento se vuelve oval –alargada, más alta que ancha. Las vueltas internas que pertenecen al estadio “idoceroide” presentan costillas simples o bifurcadas a la mitad de los flancos, a veces también costillas libres e intercaladas. Aún faltan por completo los tubérculos umbilicales. Sobre la parte externa las costillas forman caballetes (“chevrons”) siendo a veces debilitadas al pasar por la línea sifonal. Las constricciones suelen ser bien marcadas.

La ornamentación final, se caracteriza por el desarrollo de tubérculos umbilicales más o menos alargados y por la complicación en la subdivisión de las costillas. Al lado de costillas simples, bifurcadas e intercaladas se observan haces de costillas tripartitas o bidicotómicas. En el caso de una costilla tripartita o bidicotómica, ésta se subdivide por primera vez a partir del tubérculo umbilical y después una o las dos ramas secundarias se subdividen de nuevo a alturas diferentes. A veces ninguna de las dos ramas secundarias se subdivide de nuevo, observándose entonces una bifurcación sencilla a partir de los

tubérculos umbilicales. Las costillas forman por lo general caballetes al pasar por la parte externa y son a veces débiles, o interrumpidas sobre la línea media. Raras veces las costillas son solamente arqueadas hacia delante de la parte externa. Las constricciones son bien marcadas y netamente inflexionadas hacia delante, sobre la parte externa, siendo limitadas hacia delante por una costilla simple o bifurcada y hacia atrás por una costilla bi, tri o cuadripartita o bidicotómica. A veces las costillas que limitan las constricciones hacia atrás son precedidas por una costilla libre que suele subdividirse a su vez en dos ramas (modificado de Burckhardt, 1919-1921, p. 40).

***Proniceras? sp.***  
(Lámina 8, Figura D)

Nivel y ejemplares:

15D (15D-4, 15D-5)

Material:

Dos ejemplares fragmentados conservados en impresión.

Descripción:

El estado de conservación de los ejemplares es muy deficiente, sin embargo, lo que se puede observar es una región umbilical amplia, la ornamentación que se aprecia en las vueltas internas está constituida por costillas simples, en la sutura con la siguiente vuelta se observa una hilera que da la apariencia de “crenulaciones”.

En la vuelta externa la ornamentación está constituida por costillas que comienzan siendo simples y éstas presentan un engrosamiento que llega hasta el último tercio del flanco. A esta altura las costillas se subdividen, dando la apariencia de ramilletes. Es por esta ornamentación tan peculiar que se ha asignado al género *Proniceras*, sin embargo, dada la conservación se prefirió mantener una asignación específica abierta.

Alcance estratigráfico:

Tithoniano superior (Burckhardt, 1919-1921). En este trabajo se le asigna dentro del Tithoniano superior (Zona de Durangites) ya que se encuentra dentro del rango estratigráfico de *Durangites*.

Distribución geográfica:

México (Coahuila, Zacatecas, Veracruz)

Familia Neocomitidae SALFELD, 1921

Subfamilia Berriasellinae SPATH, 1922

Género *Berriasella* UHLIG, 1905

Subgénero *Berriasella* (*Berriasella*) UHLIG, 1905

Especie tipo *Ammonites privasensis* PICTET, 1867

Sinonimia *Picteticeras* LE HEGARAT, 1973. *Delphinella* (pars) LE HEGARAT, 1973.

Diagnosis: Subgénero dimórfico, con ombligo moderadamente abierto y poco profundo. El crecimiento de la espira es rápido y la sección comprimida. La ornamentación es de costillas simples y bifurcadas que quedan interrumpidas en la región ventral (tomado de Tavera, 1985, pág. 235)

***Berriasella* (*Berriasella*) *calisto* (D'ORBIGNY)**

(Lámina 8, Figura E)

Sinonimia

1850 *Ammonites calisto* D'ORBIGNY. D'Orbigny, p. 551, lám. 213, figs. 1 y 2.

1906 *Hoplites* cfr. *calisto* (D'ORBIGNY). Burckhardt, p. 140, lám. 38, figs. 1 a 5.

1919-21 *Berriasella callisto* (D'ORBIGNY). Burckhardt, p. 56, lám. 19, figs. 1 y 2.

1939 *Berriasella callisto* (D'ORBIGNY). Mazenot, p. 56, lám. 4, fig. 7.

1982 *Berriasella callisto* (D'ORBIGNY). Company y Tavera, lám. 2, figs. 4 y 5.

1985 *Berriasella (Berriasella) callisto* (D'ORBIGNY). Tavera, p. 255, lám. 35, figs. 7 a 9.

1994 *Berriasella (Berriasella) calisto* (D'ORBIGNY). Enay *et al.*, p. 181, lám. 87, figs. 2a, 2b.

Nivel y ejemplares

22 (22-1 al 22-4)

Material: cuatro impresiones de ejemplares conservados con cierto volumen.

Descripción:

Concha pequeña a media, semi-evoluta, platicona. Los flancos son amplios y ligeramente redondeados, durante el enrollamiento crecen en tamaño, las vueltas cubren aproximadamente arriba de la mitad del flanco. La región umbilical es pequeña y poco profunda. No existe una distinción marcada entre la muralla y el borde umbilical, el cual es redondeado.

Debido al estado de conservación no se observa con claridad la ornamentación de las vueltas internas y medias, no obstante se aprecian costillas simples y bifurcadas, cuya división se localiza arriba de la mitad del flanco. Las costillas son finas, fuertes y con una ligera sinuosidad hacia atrás.

En la vuelta externa conservada, la ornamentación se modifica un poco, ya que las costillas bifurcadas prevalecen sobre las simples, la división de las costillas se mantiene en la misma área. La sinuosidad se hace más notoria, iniciando con un pequeño arqueamiento convexo en la región umbilical y a la altura de la bifurcación se observa el segundo arqueamiento. La fuerza y cantidad de costillas se mantiene, el espacio intercostal es ligeramente profundo.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
22	1	51.6	16.9*	20.0	0.328	0.388	38	21	12*	69	38	21*
		42.3	14.7	18.1	0.348	0.428	39	19*	10	58*	34*	18
		30.8	9.1	15.3	0.295	0.497	31	15*	8*	48*	30	15*
		23.3	8.3	12.7	0.356	0.545	29*	17*	8	45	27	13

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
	2	44.5	17.7	13.3	0.398	0.299	33*	18*	9	53*	34*	18
		39.5	15.2	16.5	0.385	0.418	-	27*	10*	-	36*	15*
		31.4*	10.8*	13.6	0.344	0.433	-	-	-	-	-	-
		22.6*	9.6*	8.4*	0.425	0.372	-	-	-	-	-	-
	3	35.4*	10.9	16.2	0.308	0.458	41	24	13	-	49	26*
		33.1	10	13.5	0.302	0.408	34	22	12	62	42	24
		20.6	6.5	10.1	0.316	0.490	-	19	10	-	33	19
		18.6	4.7	9.9	0.253	0.532	-	21*	9	-	-	14

#### Discusión y afinidades:

Los ejemplares de D'Orbigny (1850, lám. 213, figs. 1 y 2, Enay *et al.* 1994) a pesar de ser sólo fragmentos presentan costulación más densa.

Los ejemplares de Burckhardt tanto de 1906 (lám. 38, figs. 1 a 5) como de 1919-21 (lám. 19, figs. 1 y 2) muestran también una ligera diferencia con respecto a la costulación, ya que en los mismos diámetros presenta de una a 4 costillas más que los ejemplares de Puerto Piñones.

El ejemplar de Mazonot (1939, lám. 4, fig. 7) es un poco menos evolutivo y las costillas no son tan flexuosas, más bien son ligeramente radiales.

Los ejemplares que estudian Company y Tavera (1982, lám. 2, figs. 4 y 5) son los mismos que ilustra Tavera (1985, lám. 35, figs. 7 a 9) y éstos presentan la región umbilical más profunda y son ligeramente más costulados que los ejemplares de Puerto Piñones.

#### Alcance estratigráfico:

D'Orbigny (1850, p. 551) le da a la especie una edad de Berriasiano superior, Zona de Boissieri. Por su parte Burckhardt (1906) menciona que la especie se encuentra en el Portlandiano Superior, mientras que para el año de 1919-21 la registra en las capas que limitan el Jurásico superior y el Cretácico inferior.

La edad que se le asigna en este trabajo corresponde a la base del Berriasiano – Zona de Jacobi, por encontrarse asociada a especies a *Substeueroceras kellumi* IMLAY, *Substeueroceras* sp., *Protancyloceras* sp., especies propias de esta edad.

Cabe mencionar, que aunque Company y Tavera (1982) y Tavera (1985) incluyen en su sinonimia los ejemplares de Burckhardt (1906 y 1919-21) atribuidos al Portlandiano, aunque más tarde Villaseñor (1991) asume la

posibilidad de una edad berriasiana a las rocas correspondientes, por ello la edad propuesta por los primeros autores antes mencionados de Berriasiano – Zona de Boissieri al Valanginiano Inferior – base de la Zona de Otopeta para España, debe ser confirmada para México con más colectas.

Distribución geográfica:

Europa y México (Coahuila).

Género *Substeueroceras* SPATH, 1923

Especie tipo *Odontoceras koeneni* STEUER, 1897

Diagnosis: Un género de Berriasellinae que comprende conchas planuladas, algunas veces formas con flancos planos, paralelos a subparalelos y más o menos una región ventral tabular. La moderada a extrema densidad irregular de las costillas, así como su ligera flexuosidad de las costillas bifurcadas a diferentes alturas. Las cuales atraviesan la región ventral (tomado de Verma y Westermann, 1973., p. 232)

***Substeueroceras kellumi* IMLAY**

(Lámina 8, Figura G)

Sinonimia

1939 *Substeueroceras kellumi* IMLAY. Imlay, p. 50, lám. 14, figs. 1-4.

Nivel y ejemplares:

22 (22-5, 22-6)

Material:

Dos ejemplares bien conservados impresiones con cierto volumen

Descripción:

Se trata de una impresión con poco relieve, concha mediana, involuta, región umbilical mal conservada, al parecer poco profunda, pequeña, los flancos van aumentando de tamaño conforme avanza el crecimiento.

Como se mencionó no se observan con claridad las vueltas internas, en cambio la ornamentación de la vuelta externa está constituida por costillas bifurcadas, escasas simples y esporádicamente alguna residual y una subpoliplocoide incompleta (*sensu* Atrops, 1982). Las costillas muestran una sinuosidad marcada, desde el origen en la sutura umbilical, con un ligero arqueamiento dirigido hacia atrás, posteriormente la inclinación se modifica hacia atrás. La bifurcación se localiza a diferentes niveles, por debajo y por arriba de la mitad del flanco. La densidad de las costillas se mantiene constante a lo largo del desarrollo de la vuelta conservada.

Medidas:

Nivel	Ejemplar	Dm	O	H	O/D	H/D	CU	CU/2	CU/4	CE	CE/2	CE/4
22	22-6	62.8	19.6*	25.4	0.312	0.404	59*	33*	19*	104	67	36
		49.8	15.4*	20.4	0.309	0.410	56*	31*	18	99	66	38
		39.7*	7.4*	19.3*	0.186	0.486	57*	30	18	97	65	37
		29.6*	7.0*	13.4*	0.236	0.453	54*	32	16	96	64	38

Discusión y afinidades:

Los ejemplares ilustrados por Imlay (1939) muestran unas relaciones O/D menores (0.23 a 0.25) a las observadas en este material, sin embargo hay que considerar que la región umbilical del ejemplar de Puerto Piñones no se encuentra bien conservada, de ahí la explicación posible a esta variabilidad.

Esta especie guarda una gran semejanza con *Substeueroceras lamellicostatum* (Burckhardt) (1912, p. 167, lám. 60, figs. 1-4, 6) en cuanto al tipo de ornamentación, sin embargo la diferencia radica en que *lamellicostatum* presenta una tasa de costulación más baja a diámetros similares y que la región umbilical es más pequeña y un poco más profunda.

Alcance estratigráfico:

Imlay (1939) sitúa la especie dentro de sus "Capas con *Substeueroceras*", a las cuales les asigna una edad del Tithoniano. Adatte *et al.* (1993-1994, 1996 y 2000) reconocen en su nivel 21 de Puerto Piñones, a *Substeueroceras kellumi* IMLAY, y le asignan una edad de Berriasiano inferior.

La edad que se le otorga en este trabajo, corresponde a la base del Berriasiano – Zona de Jacobi, por encontrarse asociada a especies a *Substeueroceras* sp., *Protancyloceras* sp., y *Berriasella* (*Berriasella*) *callisto* (D'ORBIGNY), especies propias de esta edad.

Distribución geográfica:

México (Coahuila y Zacatecas).

***Substeueroceras* sp.**

(Lámina 8, Figura F)

Nivel y ejemplares

22 (22-7)

Material:

Un ejemplar fragmentado

Descripción:

Como es un fragmento de vuelta externa, sólo se puede apreciar numerosas costillas robustas, flexuosas, encorvadas hacia atrás en la parte baja del flanco umbilical, posteriormente la dirección cambia hacia delante a la altura de la mitad del flanco, la ornamentación que se observa es de costillas bifurcadas y simples, la altura de la bifurcación es muy irregular a diferentes alturas.

Esta ornamentación es característica del género *Substeueroceras*, sin embargo, debido al estado de conservación del material, la asignación genérica se mantiene abierta.

Alcance estratigráfico:

Fatmi y Zeiss (1994) sugieren que algunas especies mexicanas de *Substeueroceras* son propias del Cretácico, específicamente del Berriasiano Inferior. Olóriz *et al.* (1999) ubican a las especies mexicanas de *Substeueroceras* en el Berriasiano – Zona de Jacobi.

La edad que se le asigna en este trabajo, corresponde a la base del Berriasiano – Zona de Jacobi, por encontrarse asociada a especies a *Substeueroceras kellumi* IMLAY, *Protancyloceras* sp. y *Berriasella* (*Berriasella*) *callisto* (D'ORBIGNY),.

Distribución geográfica:

Europa (España), México (Durango, Coahuila, Zacatecas).

Suborden Ancyloceratina WIEDMANN, 1966

Superfamilia Ancylocerataceae GILL, 1871

Familia Bochianitidae SPATH, 1922

Subfamilia Protancyloceratinae BREISTROFFER, 1947

Género *Protancyloceras* SPATH, 1924

Especie tipo *Ancyloceras guembeli* ZITTEL, 1886

Diagnosis: Enrollamiento en una espiral muy abierta; sección de la vuelta redondeada, oval o subcuadrada, costillas finas en la primera espiral, posteriormente se presentan costillas fuertes o groseras, prorsirradiadas a radiales, formando chevrones o se interrumpen en la región ventral, se pueden presentar tubérculos ventro-laterales en pares o solos. La sutura muestra una silla bífida irregular y lóbulos trifidos (adaptado de Wright *et al.* 1996, p. 208).

***Protancyloceras* sp.**

(Lámina 8, Figura H)

Nivel y ejemplares:

22 (22-8)

Material:

Un fragmento de ejemplar que no presenta las vueltas iniciales

#### Descripción:

Sólo se encuentra conservada parte de la espira, claramente desenrollada, se observan costillas fuertes y espaciadas, el espacio intercostal es el doble de ancho. Al principio de la espira las costillas son radiales y posteriormente se vuelven prorsirradiadas. No se observa la sutura.

#### Alcance estratigráfico:

Wright *et al.* (1996) le asignan una edad al género del Jurásico superior (Tithoniano inferior) al Cretácico inferior (Valanginiano inferior).

La edad que se le otorga en este trabajo, corresponde a la base del Berriasiano – Zona de Jacobi, por encontrarse asociada a las especies *Substeueroceras kellumi* IMLAY, *Substeueroceras* sp., y *Berriasella* (*Berriasella*) *calisto* (D'ORBIGNY).

#### Distribución geográfica:

Europa central, norte de África, Madagascar, Cuba, Perú y México (Durango, Coahuila).

## VII.2. BIOESTRATIGRAFÍA

En el apartado de Paleontología Sistemática de Ammonites (p. 50 ) se mencionó que el estado de conservación de la fauna registrada no es muy bueno, hecho que limita el estudio taxonómico, además, como puede observarse en la Figura 9, el registro de la fauna es discontinuo lo que dificulta el análisis bioestratigráfico, no obstante algunos registros puntuales de ammonites tales como *Ataxioceras* (*Schneidia*) sp. gr. *elmii*, diversas especies del género *Idoceras*, *Hybonoticeras* (*Hybonoticeras*) sp. gr. *beckeri*, *Virgalithacoceras* aff. *albulus*, *Salinites grossicostatum*, *Durangites heilprini*, *Subesteuroceras kellumi*, entre otros especímenes identificados únicamente a nivel genérico, permiten asignar la sección (Perfil Puerto Piñones 1 PP-1) al Kimmeridgiano inferior (no basal) - Berriasiano inferior basal.

Particularmente se reconocen edades correlacionables con otros sectores del noroeste y del altiplano, así como del centro-este de México. La propuesta biozonal más fiable para el Jurásico Superior de México es la de Villaseñor *et al.* (2000b), quienes reconocen diversas asociaciones de ammonites características para las diferentes rocas jurásicas de los sectores mencionados. Tomando esta propuesta biozonal como referente y considerando los registros de ammonites mencionados se propone la siguiente correlación.

Desafortunadamente en las rocas correspondientes a la Formación Zuloaga no se ha podido reconocer fauna que permita un fechamiento preciso. En cuanto a las rocas de la Formación La Casita/La Caja la parte basal (nivel 1 hasta probablemente el nivel 6C, ver Figura 9) tienen una edad de Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona de Platynota – parte más baja de la Zona de Hypselocyclum) no obstante, no se descarta una edad más antigua ya que en los primeros metros del afloramiento no se encontró fauna que permita valoraciones biostratigráficas precisas, como sucede en otras regiones (Villaseñor, 1991, Villaseñor *et al.* 2000b, López-Gómez, 2006).

En discontinuidad, del nivel 7 al nivel 8C (Figura 9) se registró fauna típica del Kimmeridgiano inferior (parte media de la Zona de Hypselocyclum a Zona de Divisum), lo que permite correlaciones con la Asociación de *Idoceras* Superior con *Sutneria* propuesta por Villaseñor *et al.* (2000b); no obstante en el perfil estudiado no se registraron ejemplares pertenecientes al género *Sutneria*, pero la composición faunística registrada es similar a la que reconocen estos autores.

Condiciones del afloramiento y/o registro de fauna identificada sólo a nivel de género, no permitieron precisar el nivel exacto donde la edad de las rocas ya es kimmeridgiana superior, sin embargo se presenta un rasgo sedimentario/tafonomico distintivo, estratos condensados, que pueden correlacionarse a nivel regional (Villaseñor y González-Arreola 1988; Villaseñor 1991, Olóriz *et al.* 1998). En un trabajo posterior, por el contenido faunístico de este nivel estratigráfico Villaseñor *et al.* (2000b) reconocen su Asociación de *Coryceras* a la cual le asignan una edad de Kimmeridgiano tardío (parte de Zona de Eudoxus). También, hacia el centro-este de México, Olóriz y Villaseñor

(2006) reconocen fauna que proponen es correlacionable con el referido nivel condensado. Por todo lo anterior se considera que estas rocas tienen esta misma edad.

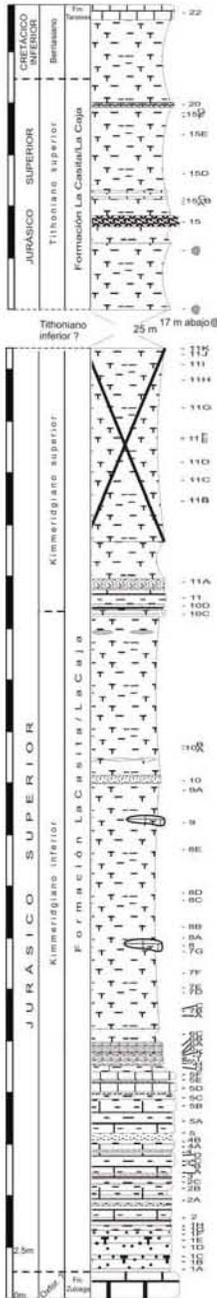
En estratos superiores (nivel 11A a 11K, Figura 9) se reconoció aunque muy escasa fauna característica de la parte alta del Kimmeridgiano superior (Zona de Beckeri), correlacionable con la Asociación de Hybonoticerias en su parte baja.

Nuevamente por problemas de exposición, las rocas correspondientes al Tithoniano inferior y parte basal del Tithoniano superior no pudieron ser faunísticamente caracterizadas. Estratos arriba (nivel 15 al 20, Figura 9) contienen fauna típica de la parte alta del Tithoniano superior (Zona de Durangites). Esta fauna es correlacionable con el Biozona MT-5 propuesta por Villaseñor (1991).

Finalmente, el último nivel estudiado (nivel 22) contiene fauna característica del Berriasiano, pero como en los casos antes mencionados tampoco fue posible definir con precisión el límite entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior.

Cabe mencionar que estudios previos en este mismo afloramiento enfocados a establecer el límite Jurásico/Cretácico (Adate *et al.* 1992, 1993-1994, 1996, 2000), señalan que este límite se encuentra en torno al nivel 20 (19.3m en Adate *et al.* 1992, 1993-1994, 1996, 2000, figuras 2, 4, 22, respectivamente), entre la Zona A y B de calpionélidos, sin embargo en el nivel 20 de esta investigación se han registrado representantes de *Durangites heilprini* fauna considerada a nivel mundial como de la parte más alta del Tithoniano superior (Zona de Durangites), por lo que el límite se ubicaría por arriba del nivel 20 y el nivel 22 (Figura 9).

Columna Puerto Piñones  
PP-1



- Hyaloceras* spp.
- Tarapelliceras* sp.
- Glochiceras* sp.
- Saliniteras* sp.
- Idioceras* (*Lingulaticeras*) *semicoslatatum* (BERCK)
- Idioceras zaezaccatum* (MLAY)
- Idioceras cf. denticostatum* (MLAY)
- Idioceras cf. toroli* BURCK
- Idioceras cf. lamellipatum* (MLAY)
- Idioceras* sp. gr. *durangoense* (MLAY)
- Neorodites* cf. *roti* BURCK
- Aspidoceras* sp.
- Hydrodoceras* sp.
- Hydrodoceras* sp.
- Alaxioceras* (*Hydrodoceras*) sp. gr. *becki* (NEU)
- Alaxioceras* (*Schneidli*) *mundum* (ORB)
- Durangoiceras* (*Schneidli*) sp. gr. *simili* ATROPS
- Atroceras* sp. gr. *abuluis* (QUEENS)
- Plicoceras* sp.
- Berrisella* sp.
- Berrisella* (*Berrisella*) *callisto* (D ORB)
- Substeuroceras* sp.
- Substeuroceras* *keillumi* (MLAY)
- Protancyroceras* sp.

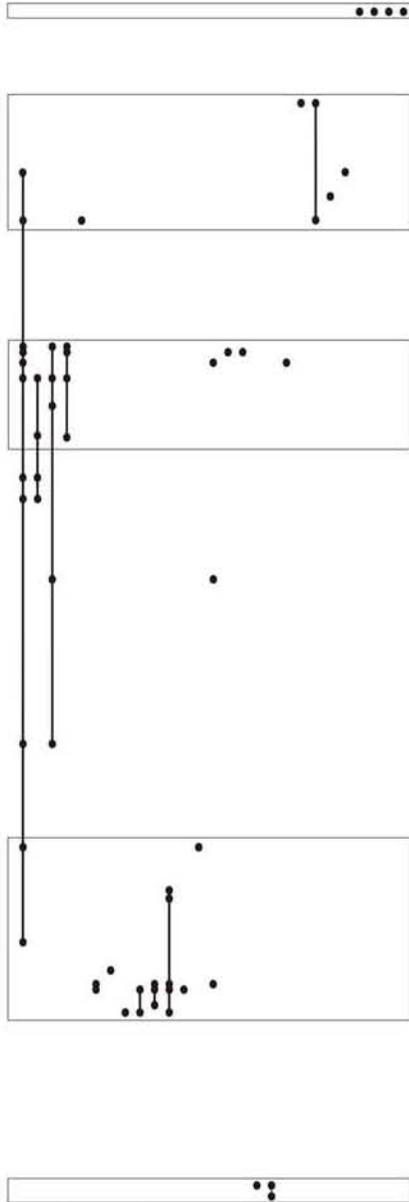


Figura 9. Distribución bioestratigráfica de la fauna de ammonites registrada

## **CAPÍTULO VIII. DATOS TAFONÓMICOS E INTERPRETACIÓN**

### **VIII.I. ASOCIACIONES DE MACROINVERTEBRADOS**

#### VIII.I.1. Composición

De manera general las asociaciones de macroinvertebrados están claramente dominadas por bivalvos (59.4%), los ammonites representan el 25.3%, los aptychus el 5.4 % de las asociaciones. Otros moluscos como los belemnites el 3.8% y gasterópodos el 0.3% (son sólo secundarios) y finalmente los braquiópodos el 5.8% (ver espectros en Figura 10).

Dentro de los ammonites los haplocerátidos son mayoritarios (51%), seguidos por los ataxiocerátidos (13%) y en menor proporción los aspidocerátidos y los himalayítidos. Aunque existe un número considerable de ammonites mas o menos completos y/o fragmentos no identificados. Los aptychus considerados dentro del total de ammonites están representados con un 18%.

Entre los organismos bentónicos los pelecípodos son predominantes (91%) y los braquiópodos (9%) están representados mayoritariamente por terebratulídeos. Los gasterópodos son muy raros.

Particularmente existen diferencias en la composición de las asociaciones a lo largo de la sección estratigráfica, en la parte baja la fauna bentónica es mayoritaria (Figura 10).

#### VIII.I.2. Características tafonómicas generales

El análisis tafonómico se llevó a cabo en un total de 1687 macrofósiles (especímenes y fragmentos). Los caracteres evaluados fueron grado de conservación, tamaño, posición dentro del estrato, posición de las valvas (cóncavo/convexo), "corrasion", fragmentación y articulación.

Dicho análisis revela que existe un volumen de especímenes relativamente bajo por volumen de roca, aunque niveles como el 11 y 15 que son condensados presentan un alto contenido de fauna (Lámina 4, Figura B y D, respectivamente, Lámina 10, Figura E1); la conservación más frecuente es

de impresiones y moldes externos carbonatados, originalmente compuestos de aragonita (ammonites). El tamaño de los restos predominante es el de menor a 30 mm (Figura 10), los microfósiles con talla más grande son los ammonites, en particular los ataxiocerátidos alcanzan las tallas promedio mayores. Los belemnites se encontraron muy fragmentados por lo que no es posible deducir la talla promedio (Lámina 9, Figuras B5, B6). La orientación más frecuente es la horizontal (69%), la inclinada representa el 24%, y la posición vertical aunque no es muy abundante se presenta mayoritariamente en bentónicos (7%).

La mayoría de las conchas de los bivalvos/braquiópodos están en posición convexa alcanzando un 57% y el resto (43%) en posición cóncava. La presencia abundante de epibiontes principalmente bivalvos en carcasas de ammonites revela un tiempo largo de exposición de los restos en el fondo marino, aunque al contar sólo con impresiones no puede ser descartado que la fijación de los bivalvos haya sido en vida (Lámina 10, Figura C7-C12); de un total de 960 restos que presentan cierto grado de "corrasion" el índice de corrasion alto se encuentra en el 44% de los restos, mientras que el medio y el bajo en un 32% y 23%, respectivamente, lo que es congruente con un alto índice de "corrasion" promedio relativamente alto (IC= 35%). La fragmentación es alta, presentándose un índice de fragmentación promedio alto (IF= 51%), el mayor grado de fragmentación se observa especialmente en los ammonites. Los organismos bentónicos presentaron una desarticulación variable, alta en pelecípodos (91%) y menos frecuente en braquiópodos (9%).

A nivel más detallado y en relación a las diferencias en litofacies existen variaciones tafonómicas en la sección, que serán descritas a continuación.

### VIII.1.3. Litofacies arenosa-calcárea

#### *Asociaciones fósiles de macroinvertebrados*

En esta litofacies (ver p. 23) se analizaron un total de 649 restos fósiles (especímenes y fragmentos) predominantemente bentónicos con una abundancia mayor de bivalvos que de braquiópodos (84% bivalvos y 15% braquiópodos), dominando los organismos epifaunales de hábitos suspensívoros. Los ammonites sólo están representados por el 1%.

### *Características tafonómicas*

El análisis tafonómico permite reconocer que en esta litofacies el mayor número de los restos está por debajo del tamaño de los 30 mm, los restos más pequeños corresponden a los bivalvos. Los ataxiocerátidos son los macroinvertebrados más grandes (Figura 10). La frecuencia de especímenes con posición inclinada es alta (42%), presentándose en posición vertical el 9.7%. Respecto a la relación posición cóncavo/convexa está muy equilibrada 42% y 58%, respectivamente.

Las conchas aragoníticas (ammonites) están ausentes, los braquiópodos y bivalvos conservan parte de la concha (Lámina 9, Figuras A1-A3).

En esta litofacies arenosa-calcárea el índice de "corrasion" promedio es alto (43%, Lámina 10, Figuras C1-C6) y la colonización por epibiontes macroscópicos es nula. El índice de fragmentación es medio (38% en promedio). La desarticulación es muy alta 89%, las conchas articuladas principalmente son de braquiópodos.

#### VIII.1.4. Litofacies limolítica (inferior)

##### *Asociaciones fósiles de macroinvertebrados*

En esta litofacies (p. 23) se analizaron un total de 397 restos fósiles (especímenes y fragmentos) donde predominan los bivalvos (52%) y los ammonites (23%), llama la atención el registro puntual pero significativo de belemnites incompletos (16%), los aptychus representados por dos o una valva tienen un registro del 6%, el registro de braquiópodos y gasterópodos es fortuito.

### *Características tafonómicas*

El análisis tafonómico permite reconocer que en esta litofacies el mayor tamaño de los restos está por debajo de los 30 mm, los restos más pequeños corresponden a los bivalvos. Los idocerátidos son los macroinvertebrados más grandes entre 30 y 60 cm, aunque hay algunos registros de tamaños mayores (Lámina 10, Figura C12). La frecuencia de especímenes en posición horizontal

es muy alta (89%), presentándose en posición inclinada el 9%, fortuitamente hay registro de verticales. Respecto a la relación posición cóncavo/convexa es de 31% y 69%, respectivamente.

La conservación es principalmente como impresiones, sólo se conservan como moldes los belemnites (Lámina 3, Figura B), y restos de concha están conservados en bivalvos principalmente ostreidos (Lámina 9, Figura A4).

En esta litofacies limolítica el índice de “corrasion” promedio es elevado (47%) y la colonización por epibiontes macroscópicos es significativa (Lámina 10, Figuras C7-C12). El índice de fragmentación es alto mayor al 50% (54% en promedio) (Lámina 9, Figuras B4-B9). La desarticulación en los bentónicos y aptychus es casi total (99%), aunque hay elementos articulados (Lámina 10, Figuras D4, D5).

#### VIII.I.5. Litofacies calcárea condensada (Tipo 1)

##### *Asociaciones fósiles de macroinvertebrados*

En esta litofacies (p. 24) se analizaron un total de 42 restos fósiles (principalmente fragmentos) aunque el número es muy alto, desafortunadamente no se puede cuantificar con rigor que porcentaje son bivalvos y cual aptychus, pero claramente predominan los bivalvos.

##### *Características tafonómicas*

El análisis tafonómico permite reconocer que en esta litofacies el mayor tamaño de restos está por debajo de los 30 mm. Todos los especímenes están en posición horizontal o quasi horizontal. Respecto a la relación posición cóncavo/convexa es de 55% y 45%, respectivamente. La conservación es principalmente como moldes externos.

En esta litofacies condensada se presenta el índice de “corrasion” promedio bajo (15%). El índice de fragmentación es alto (70% en promedio) y la desarticulación es total.

#### VIII.I.6. Litofacies limolítica (superior)

##### *Asociaciones fósiles de macroinvertebrados*

En esta litofacies (p. 24) se analizaron un total de 396 restos fósiles (especímenes y fragmentos) predominan los bivalvos (64%), los ammonites constituyen el 26%, y los aptychus representados por dos o una valva tienen un registro del 10%.

##### *Características tafonómicas*

El análisis tafonómico permite reconocer que en esta litofacies el tamaño de los restos predominante es menor a 30 mm, los restos más pequeños corresponden a los bivalvos y los ammonites presentan tamaños en el rango medio (30 a 60 mm). Se registró un solo ejemplar en el rango 60 a 90 mm. La frecuencia de especímenes con posición horizontal es muy alta (93%), presentándose en posición inclinada sólo el 4%, fortuitamente hay registro de verticales (3%). Respecto a la relación posición cóncavo/convexa es equilibrada (50 a 50).

Los ammonites están conservados como impresiones y los bivalvos por su relieve se presentan como impresiones y moldes internos y externos, algunos con restos de concha conservada.

En esta litofacies limolítica el índice de "corrasion" promedio es bajo (36%) y la colonización por epibiontes macroscópicos está presente (Lámina 10, Figura C12). El índice de fragmentación es alto mayor al 47% en promedio (Lámina 9, Figura B12). La desarticulación en los bivalvos y aptychus es casi total (87%), presentándose algunos aptychus articulados y bivalvos en "mariposa" (Lámina 10, Figura D6).

#### VIII.I.7. Litofacies calcárea condensada (Tipo 2)

##### *Asociaciones fósiles de macroinvertebrados*

En esta litofacies (p. 24) se analizaron un total de 144 restos fósiles bien conservados de ammonites.

### *Características tafonómicas*

El análisis tafonómico permitió reconocer que en esta litofacies el tamaño de los restos está por debajo de los 30 mm, con escasos registros por arriba de este diámetro. Del total de especímenes se encontraron en posiciones horizontal o quasi horizontal (24%), inclinada (50%) y vertical (26%) (Lámina 10, Figura E1).

La conservación es principalmente de moldes internos y algunas impresiones, pero al parecer estas se deben a disolución por intemperismo. Varios especímenes presentan al menos parte de la cámara de habitación, aunque aplastada, y la conservación de la concha es frecuente (Lámina 9, Figura A5).

En esta litofacies condensada se presenta el índice de “corrasion” promedio muy bajo (15%), encontrándose varios especímenes con gran parte de la concha conservada. Considerando que varios de los especímenes no presentan toda la cámara habitacional el índice de fragmentación es alto (48% en promedio), pero esto no quiere decir que se encuentren fragmentos aislados de vuelta.

### VIII.1.8. Litofacies limolítica-calcárea

#### *Asociaciones fósiles de macroinvertebrados*

En esta litofacies (p. 25) se analizaron un total de 80 restos fósiles ammonites y bivalvos, impresiones con conservación deficiente.

### *Características tafonómicas*

El análisis tafonómico en esta litofacies se vio limitado por el tipo de conservación, algunos de los restos presentan un tamaño por debajo de los 30 mm, sin embargo dada la fragmentación esto es un valor sesgado. Todos los especímenes se encontraron en posición horizontal. Como se mencionó la conservación es como impresiones; por este mismo carácter en esta litofacies el índice de “corrasion” no se pudo evaluar. El índice de fragmentación es alto (81% en promedio).

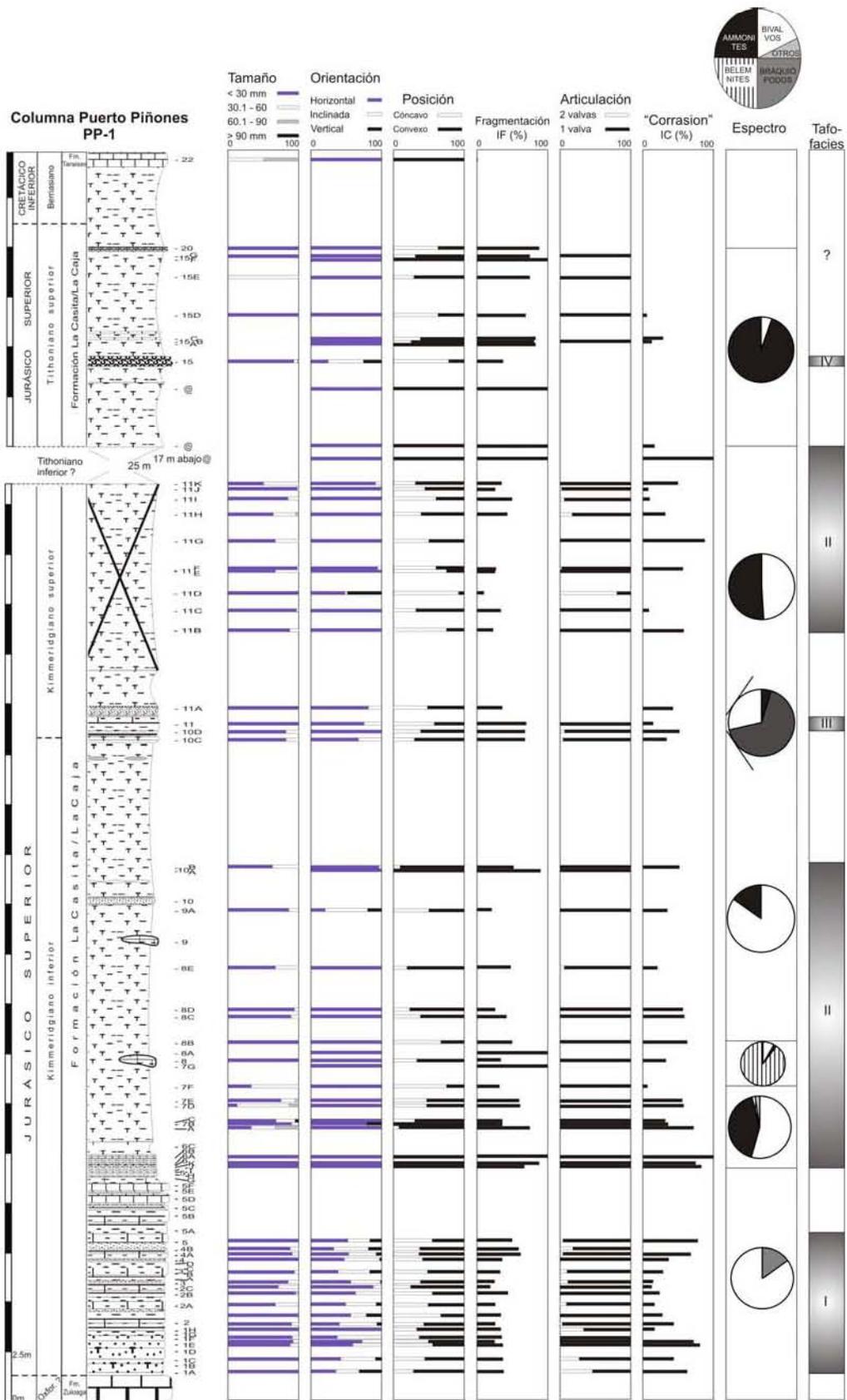


Figura 10. Características tafonómicas de la fauna registrada en los diferentes niveles muestreados.

## VIII.2. TAFOFACIES

De la relación entre las litofacies y los rasgos tafonómicos previamente analizados se pueden establecer cuatro tafofacies principales (Figura 11).

### VIII.2.1. Tafofacies I

Se presenta en la base del perfil estudiado y corresponde a la litofacies arenosa-calcárea, tiene las siguientes características mismas que se pueden observar en la Figura 11A.

1. Posición = 48% horizontal
2. Relación cóncavo/convexa= 42/48%
3. "Corrasion" (IC)= 43% promedio
4. Fragmentación (IF)= 38% promedio
5. Tamaño= 92% abajo 30mm
6. Articulación= 11%

### VIII.2.2. Tafofacies II

Esta tafofacies coincide con los niveles limolíticos, se presenta tanto en la parte media como superior del perfil, interrumpida por las Tafofacies III y IV (Figura 11B)

1. Posición = 91% horizontal promedio
2. Relación cóncavo/convexa= 40% promedio
3. "Corrasion" (IC)= 41% promedio
4. Epibiontes 6% promedio
5. Fragmentación (IF)= 50% promedio
6. Tamaño= 83% abajo 30mm
7. Articulación= 7% promedio

Esta tafocacies está caracterizada por la presencia de epibiontes (bivalvos) sobre carcasas de ammonites.

#### VIII.2.3. Tafofacies III

Coincide con el primer nivel calcáreo condensado y presenta las siguientes características (Figura 11C).

1. Posición = 100% horizontal
2. Relación cóncavo/convexa= 55/45%
3. "Corrasion" (IC)= 15% promedio
4. Fragmentación (IF)= 70% promedio
5. Tamaño= 100% abajo 30mm

Esta tafofacies está caracterizada por la más alta proporción de restos registrados

#### VIII.2.4. Tafofacies IV

Coincide con el segundo nivel calcáreo condensado y tiene las siguientes características (Figura 11D).

1. Posición = 24% horizontal
2. "Corrasion" (IC)= 15% promedio
4. Fragmentación (IF)= 48% promedio
5. Tamaño= 95% abajo 30mm

En esta tafofacies los ammonites no presentan desacoplamiento en el fragmocono/cámara habitacional, y cuando se conserva la cámara de habitación deformada por compresión y al igual que la otra tafofacies condensada están caracterizadas por una alta proporción de restos registrados.

De manera general se puede concluir que las Tafofacies I, III y IV exhiben influencia estratigráfica, tal vez regional. Mientras que la Tafofacies II que es recurrente y constante puede considerarse como una tafofacies de respaldo ("background").

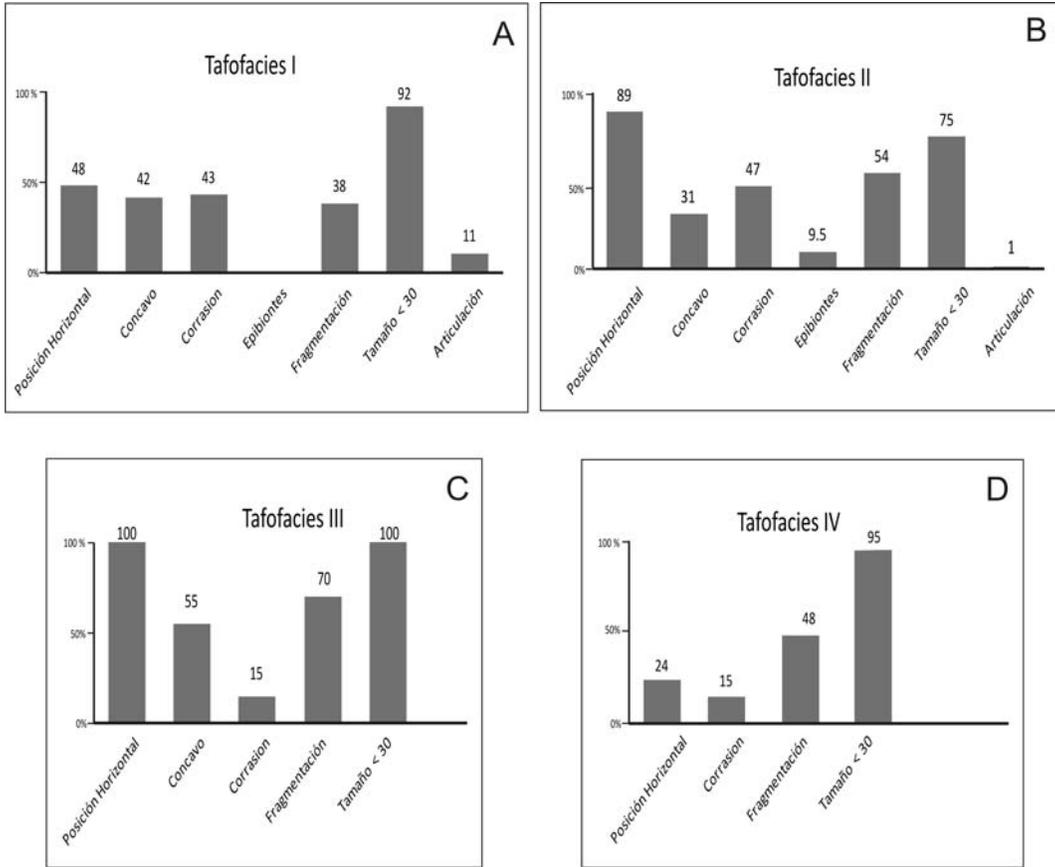


Figura. 11. Características tafonómicas de las distintas tafofacies reconocidas.

## **CAPÍTULO IX. CARACTERÍSTICAS DEPOSITACIONALES y PALEOECOLOGÍA**

Como se mencionó en un principio, para poder realizar una interpretación tafonómica y de ambiente de depósito certera y fundamentada, es de gran utilidad hacer el análisis conjunto de las litofacies, asociaciones faunísticas registradas y características tafonómicas de los materiales.

Los resultados obtenidos muestran que la Formación Zuloaga pertenecía a un ambiente muy cercano al continente, con aguas muy someras y con una energía baja o nula, características propias de una plataforma carbonatada restringida o rampa (Lámina 1, Figura B), como lo han propuesto para regiones cercanas Michlitz y Schumman (1994) y Goldhammer (1999), posteriormente la cuenca se profundizó, este “ahogamiento” se registra en un evento de transgresión, el cual se puede identificar en la columna generalizada de oscilación del nivel del mar que propone Haq *et al.* (1987) (Figura 12) y se correlacionaría parcialmente con el límite de las Supersecuencias 1 y 2 propuesta por Goldhammer *et al.* (1991) y Goldhammer (1999) para los 144 ma, sin embargo, cabe aclarar, como lo señalaron Olóriz *et al.* (2003b, p. 130) que este límite correspondería al límite Zonal Platynota/Hypselocyclum del Kimmeridgiano temprano (Marques *et al.* 1991); esto indica ligeras diferencias estratigráficas con relación al límite superior de la Secuencia Tectono Eustática I (TESI) de tercer orden propuesta por Olóriz *et al.* (2003b). La información que aquí se obtuvo se correlaciona mejor con el límite superior de la secuencia de tercer orden propuesta por estos últimos autores.

Las rocas de los primeros niveles de la Formación La Casita/La Caja muestran que en efecto la plataforma sufrió una profundización, lo que se refleja en el cambio litológico, existiendo un aporte de terrígenos provenientes del continente, situándose en un ambiente de depósito de frente de delta o plataforma carbonatada (Lámina 1, Figuras D, E y G) (ver Figura 12) lo que indica un aumento en el tirante de agua, modificándose las condiciones ambientales, así como el aporte bioclástico.

La profundización en la cuenca continuó modificándose hacia un ambiente de pendiente de plataforma hasta terminar en un ambiente de

plataforma externa (Figura 12), donde las condiciones ambientales se modificaron, el tirante de agua es mayor, la energía del ambiente disminuye, la distribución de los nutrientes es diferente, etc.; reflejándose en el contenido fósil (Lámina 5, Figuras B y E) el cual es propio de ambientes más profundos o distales. La presencia de dos niveles condensados (niveles 11 y 15, Lámina 4, Figuras A y C) apoya esta hipótesis de profundización ya que las características microfaciales son propias de un margen de plataforma a plataforma externa (Lámina 4, Figura B y F, respectivamente).

Las diferencias litofaciales y tafonómicas reconocidas a lo largo de la sucesión estudiada, aunado a las fluctuaciones en los espectros faunísticos reconocidos (Figura 12), posibilitan algunas inferencias depositacionales y paleoecológicas, al menos locales, que se pueden comparar con los resultados presentados por otros autores para sectores próximos (p. e. Michalzik y Schumann, 1994; Olóriz *et al.* 1997). Cabe señalar que estos autores presentan resultados de diversas sucesiones del Jurásico Superior de México, basándose también en análisis de facies, espectros faunísticos promedio y características tafonómicas, por lo que la comparación se hace en términos semejantes. A continuación se presenta dicha comparación siguiendo una secuencia estratigráfica.

Sedimentológicamente la Tafofacies I, al menos en la parte más arenosa, podría interpretarse como frente de delta o plataforma carbonatada o rampa con componentes litofaciales determinativos y con registros faunísticos monótonos, pero propios de ambientes de este tipo. La abundante presencia de bentónicos (braquiópodos y pelecípodos) y el registro fortuito de ammonites, es una evidencia de condiciones de fondo aeróbicas en un contexto marino marginal seguramente poco profundo, restringiendo la posibilidad de vida de los ammonites (Figura 12). Cabe aclarar que el alto índice de desarticulación y una fragmentación moderada son características de aloctonía o parautoctonía (*sensu* Kidwell *et al.* 1986), asimismo la selección de tallas probablemente fue forzada por factores tafonómicos tales como la transportación, tal como lo mencionan De La Mora *et al.* (2000) para afloramientos cercanos. No existe en la interpretación propuesta por Olóriz *et al.* (1997) datos que puedan ser

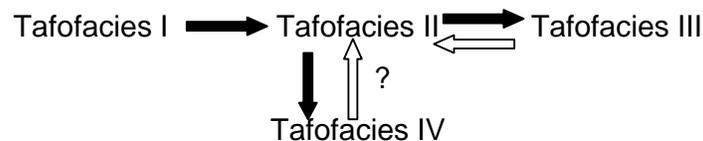
correlativos, ya que los afloramientos que estudiaron no obtuvieron información (ver su figura 3b).

La Tafofacies II, se interpreta como una plataforma somera, tal y como lo proponen Michalzik y Schumann (1994); sin embargo la abundante presencia de bentónicos sin características de un alto transporte, lo que indica al menos paraautoctonía, desestimaría la anoxia temporal propuesta por estos autores. Esta litofacies es correlativa a lo expresado por Olóriz *et al.* (1997), en cuanto al tamaño de restos (según sus figuras 3a, 3b, 3c; aunque su estimación de tamaño es únicamente para ammonites) la abundancia relativa de ammonites y el registro de megabentos; respecto al registro de aptychus frecuentes y epibiontes ausentes en los afloramientos correlativos estudiados por Olóriz *et al.* (1997) hay ciertas discrepancias, como se observa claramente en la variabilidad espectral con cambios bruscos en la composición que reflejaría ciertas fluctuaciones en las condiciones paleoambientales (salinidad?, temperatura?, nutrientes?, etc), pero no directamente relacionadas con cambios litológicos (ver Figura 12). En esta tafofacies, al menos en su registro más bajo la presencia de belemnites podría deberse a la entrada de aguas oceánicas en esta fase transgresiva, tal y como lo interpreta Doyle (1987).

La Tafofacies III que es una litofacies condensada correlativa en edad con la caliza condensada estudiada por Villaseñor y González (1988) y Olóriz *et al.* (1988, 1997) en Cuencamé, Durango, y Villaseñor (1991) en Mazapil, Zacatecas, pero con ciertas diferencias, más gruesa y de composición faunística más monótona en Puerto Piñones, esto probablemente está relacionado a diferencias paleogeográficas. Como ya lo señalaron Olóriz (1987), Olóriz in Salvador *et al.* (1992) y Olóriz *et al.* (1988) este tipo de depósito se debe a pulsos transgresivos que no provocaron necesariamente un aumento significativo en la profundidad, que ocurren en un cambio en la sedimentación de siliciclástica a carbonatada y sin el efecto de la homogeneización temporal que produzca una condensación bioestratigráfica (*sensu* Martin, 1999, p. 201). En el caso estudiado, cuya composición primordial es de bivalvos y aptychus se podría clasificar como *una asociación ambientalmente condensada* (*sensu* Kidwell, 1993) ya que se mezclaron “especies” no relacionadas ecológicamente.

La Tafofacies IV también es una litofacies condensada, representa un carácter particular en la sección estudiada, ya que tiene un espesor pequeño (30 cm aprox.), casi monoespecífica (ammonites abundantes y solo algunos bivalvos) y podría considerarse *una asociación ambientalmente condensada*, relacionada también con una inundación rápida de la plataforma, y en este caso con una energía relativamente alta, con ampliación del ecoespacio que favorece el desarrollo de los ammonites, un corto tiempo de exposición de los restos y un alta tasa de acumulación de restos pero con una baja tasa de sedimentación.

En términos generales la evolución paleoambiental durante las tafofacies reconocidas pudo verse presentado de la siguiente manera y conlleva reajustes en el ecoespacio (Figura 12).



Tafofacies I: Paulatino evento de inundación, con reestructuración del ambiente favorable a la recepción de bentónicos, con fondos más bien duros, bien oxigenados, poca bioturbación.

Tafofacies II: Disminución de la tasa de acumulación en un contexto de alta tasa de sedimentación, ambiente de baja energía, tiempo largo de exposición de los restos antes del enterramiento final.

Tafofacies III. Cambio repentino de ambiente, con aumento en la tasa de acumulación, pero con baja en la tasa de sedimentación, en un ambiente de baja energía.

Tafofacies IV: Inundación rápida de la plataforma, una energía relativamente fuerte, ampliación del ecoespacio que favorece el desarrollo de los ammonites, corto o nulo tiempo de exposición de los restos, alta tasa de acumulación pero baja tasa de sedimentación.



Composición faunística

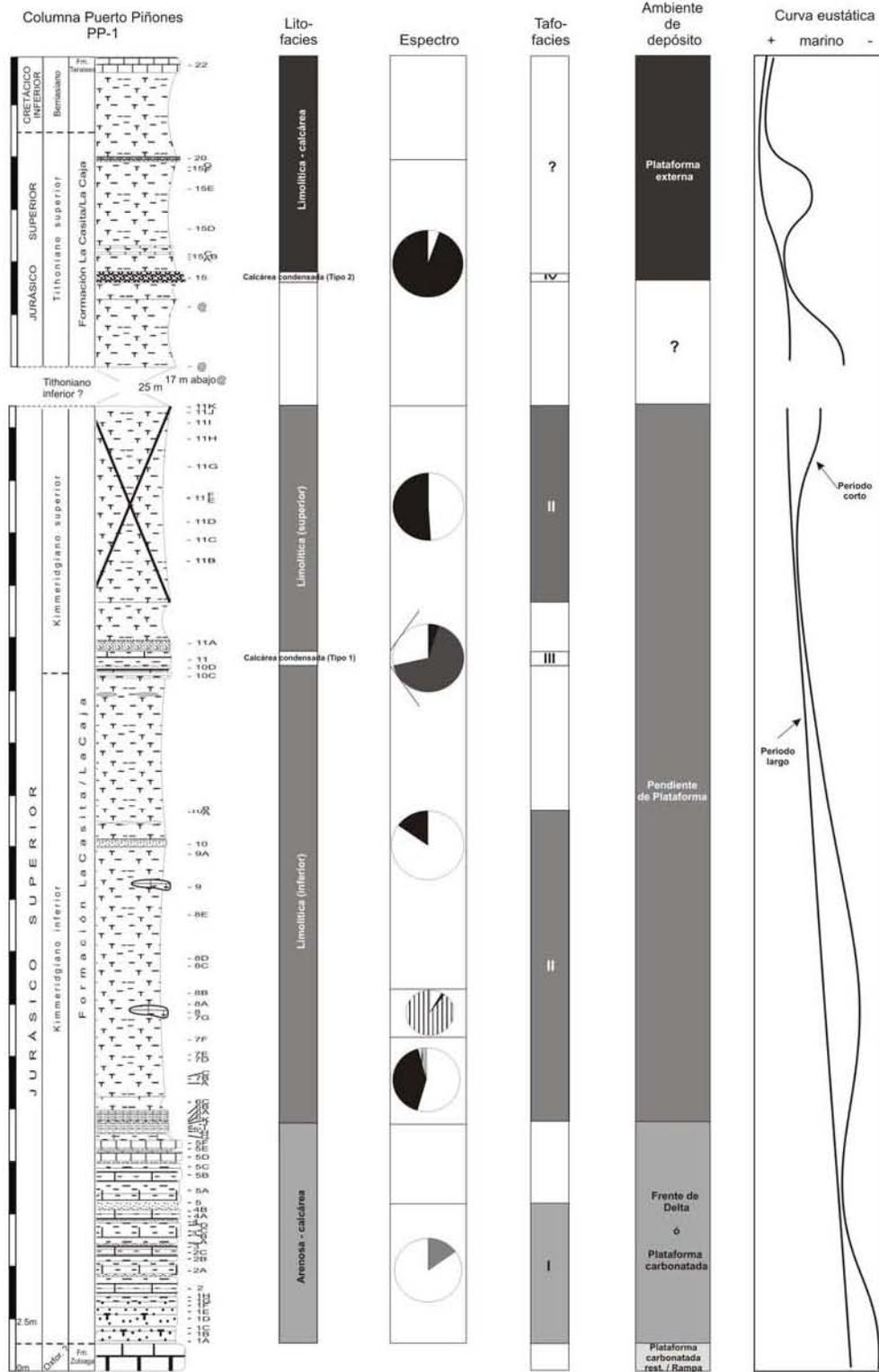


Figura 12 Relación entre las litofacies, los espectros faunísticos, las tafofacies, la interpretación del ambiente de depósito y los niveles eustáticos. Curva eustática modificada de Haq *et al.* (1987).

## CAPITULO X. CONCLUSIONES

Dado el carácter de la presente investigación las conclusiones se pueden separar en sistemáticas/bioestratigráfica y tafonómicas/paleoambientales.

Se hace hincapié que a pesar del deficiente estado de conservación del material se pudieron identificar las siguientes especies: *Ataxioceras* (*Schneidia*) sp. gr. *elmii*, diversas especies del género *Idoceras* (*zacatecanum*, cf. *densicostatum*, cf. *lorioli*, cf. *tamaulipanum*, gr. *duranguense*), *Nebroditis* cf. *rota*, *Glochiceras* (*Lingulaticeras*) *semicostatum*, *Hybonoticeras* (*Hybonoticeras*) sp. gr. *beckeri*, *Hybonoticeras* (*Hybonotella*) *mundulum attenuatum*, *Virgalithacoceras* aff. *albulus*, *Salinites grossicostatum*, *Durangites heilprini*, *Subesteuroceras kellumi*, entre otros especímenes identificados únicamente a nivel genérico. Su registro y el estricto control estratigráfico permitieron asignarle a la sección estudiada (Perfil Puerto Piñones 1 PP-1) una edad del Kimmeridgiano inferior (no basal) al Berriasiano inferior basal. Se correlaciona, al menos parcialmente con la propuesta biozonal más reciente de Villaseñor *et al.* (2000b) y se amplía el conocimiento bioestratigráfico relacionado con el límite Jurásico-Cretácico previamente reportado por Adatte *et al.* (2000) para este perfil.

Respecto al análisis tafonómico, después de analizar 1687 restos de macrofósiles (especímenes y fragmentos), se puede concluir que las asociaciones de macroinvertebrados están dominadas por bivalvos (59.4%), los ammonites representan el 25.3%, los aptychii el 5.4 %, mientras que otros moluscos, como belemnites representan el 3.8% y gasterópodos el 0.3% (siendo sólo secundarios) y finalmente los braquiópodos representan un 5.8%.

Se reconocieron cuatro tafofacies a lo largo del perfil estudiado, con características distintivas que posibilitaron la siguiente interpretación.

Tafofacies I: Paulatino evento de inundación, con reestructuración del ambiente favorable a la recepción de bentónicos, con fondos más bien duros, bien oxigenados, poca bioturbación.

Tafofacies II: Disminución de la tasa de acumulación en un contexto de alta tasa de sedimentación, ambiente de baja energía, tiempo largo de exposición de los restos antes del enterramiento final.

Tafofacies III. Cambio repentino de ambiente, con aumento en la tasa de acumulación, pero con baja en la tasa de sedimentación, en un ambiente de baja energía.

Tafofacies IV: Inundación rápida de la plataforma, una energía relativamente fuerte, ampliación del ecoespacio que favorece el desarrollo de los ammonites, corto o nulo tiempo de exposición de los restos, alta tasa de acumulación de restos pero baja tasa de sedimentación.

Encontrándose la Tafofacies I en los primeros niveles (de litología arenosa-calcareá), la cual se interpreta como un frente de delta o plataforma carbonatada. La abundante presencia de bentónicos (braquiópodos y pelecípodos) y el registro fortuito de ammonites, es una evidencia de condiciones de fondo aeróbicas en un contexto marino marginal poco profundo. La Tafofacies II (litología limolítica) se interpreta como una plataforma somera, la abundancia de organismos bentónicos presentes en Puerto Piñones, habla de un fondo bien oxigenado. La Tafofacies III que es una litofacies condensada que se compone primordialmente por bivalvos y aptychus, la cual se podría clasificar como *una asociación ambientalmente condensada (sensu Kidwell, 1993)* ya que se mezclaron “especies” no relacionadas ecológicamente. La Tafofacies IV corresponde a una litofacies condensada, siendo su contenido casi monoespecífico, compuesta principalmente por ammonites (*Salinites grossicostatum*) y solo algunos bivalvos, relacionada con una rápida inundación de la plataforma lo que favoreció el desarrollo de los ammonites, con energía relativamente alta, un corto tiempo de exposición de los restos y un alta tasa de acumulación, pero con una baja tasa de sedimentación.

Los datos bioestratigráficos y tafonómicos aportados contribuyen al reconocimiento del evento transgresivo para el Jurásico Superior y Cretácico Inferior en la región y permiten establecer que durante este tiempo el ambiente de depósito cambió de una plataforma interna restringida a una plataforma externa, lo que se ve reflejado en los cambios en la composición de las asociaciones faunísticas y por ende en las características tafonómicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADATTE, T., W. Stinnesbeck, J. G. López-Oliva. 2000. Upper Jurassic and Lower Cretaceous of the Monterrey-Salttillo area: Field Guide-Book 27-28 Julio, 35 p.
- ADATTE, T., W. Stinnesbeck, H. Hubberten, J. Remane. 1991-1992. Correlaciones multiestratigráficas en el límite Jurásico-Cretácico en el Noreste de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo 51, p. 23-51.
- ADATTE, T., W. Stinnesbeck, H. Hubberten, J. Remane. 1992. The Jurassic-Cretaceous boundary in Northeastern and Central Mexico – A multistratigraphical Approach: VIII Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca, España. Tomo 4, p. 23-29.
- ADATTE, T., W. Stinnesbeck, H. Hubberten, J. Remane. 1993-1994. Nuevos datos sobre el límite Jurásico-Cretácico en el Noreste y en el Centro de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo. 52, no. 1 y 2, p. 11-14.
- ADATTE, T., W. Stinnesbeck, J. Remane, H. Hubberten. 1996. Paleooceanographic changes at the Jurassic-Cretaceous boundary in the Western Tethys, northeastern Mexico: Cretaceous Research, v. 17, p. 671-689.
- ARKEL, W. J., B. Kummel, C. W. Wright. 1957. Mesozoic ammonoidea, p. 80-471 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.
- ATROPS, F. 1982. La sous-famille des Ataxioceratinae (Ammonitina) dans le Kimméridgien inférieur du Sud-Est de la France. Systématique, Evolution, Chronostratigraphie des genres Orthosphinctes et Ataxioceras: Documents des Laboratoires de Géologie Lyon. no. 83, p. 1-30.
- BARBOZA-GUDIÑO, J. R., M. Hoppe, M. Gómez-Anguiano, P. R. Martínez-Macías. 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, v. 21, no. 3, p. 299-319.
- BEHRENSMEYER, A. K. 1988. Vertebrate preservation in fluvial channels: Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology, v. 63, p. 183-199.
- BEHRENSMEYER, A. K., S. M. Kidwell. 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology: Paleobiology, v. 11, no. 1, p. 105-119.

- BENGTSON, P. 1988. Open Nomenclature: *Palaeontology*, v. 31. part 1, p. 223-227.
- BERCKHEMER, F., H. Hölder. 1959. Ammoniten aus dem Oberen Weissen Jura Süddeutschlands: Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, v. 35, p. 1-135.
- BÖSE, E. 1923. Vestiges of an ancient continent in northeast Mexico: *American Journal Science*, 5th ser., v. 6, p. 127-36, 196-214, 310-37.
- BRANDT, D. S. 1989. Taphonomic Grades as a Classification for Fossiliferous Assemblages and Implications for Paleoecology: *Palaios*, v. 4, p. 303-309.
- BRETT, C. E. 1995. Sequence stratigraphy, biostratigraphy, and taphonomy in shallow marine environments: *Palaios*, v. 10, p. 597-616.
- BRETT, C. E., G. C. Baird. 1986. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation: *Palaios*, v. 1, p. 207-227.
- BRETT, C. E., S. E. Speyer. 1990. Taphofacies, p. 258-262 in Briggs, D. E., P. Crowther (eds.), *Palaeobiology – A synthesis* (first edition): Oxford, United Kingdom, Blackwell.
- BREISTTROFFER, M. 1947. Notes de Nomenclature paléozoologique – Ammonites jurassiques et crétacées: *Proc. Verbaux mens. Soc. Sci. Dauphiné*, v. 26, no. 195.
- BUCHY, M. C. 2008. New occurrence of the genus *Dakosaurus* (Reptilia, Thalattosuchia) in the Upper Jurassic of north-eastern Mexico, with comments upon skull architecture of *Dakosaurus* and *Geosaurus*: *Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologie Abh.*, v. 249, no. 1, p. 1-8.
- BUCHY, M. C., E. Frey, W. Stinnesbeck, J. G. López-Oliva. 2003. First occurrence of a gigantic plesiosaurid plesiosaur in the late Jurassic (Kimmeridgian) of Mexico: *Bulletin de la Société de géologie de France*, v. 174, no. 3, p. 271-278.
- BUCHY, M. C., P. Vignaud, E. Frey, W. Stinnesbeck, A. H. González-González. 2006. A new thalattosuchian crocodyliform from the Tithonian (Upper Jurassic) of northeastern Mexico: *Comptes Rendus Palevol*, vol. 5, p. 785-794.
- BUCKMAN, S. S. 1909-30. Yorkshire Type Ammonites, p. 5-54 in Buckman, S. S. (ed.), *Type Ammonites*: Wesley and Sons. London.
- BUITRÓN-SÁNCHEZ, B. E. 1990. *Paleontología General – Invertebrados*: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería – División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, México, 352 p.

- BURCKHARDT, C. 1906. La faune jurassique de Mazapil avec un appendice sur les fossiles du Crétacique inférieur: Boletín del Instituto Geológico, no. 23, p. 1-216.
- BURCKHARDT, C. 1912. Faunes jurassiques et crétacées de San Pedro del Gallo (Durango, México): Boletín del Instituto Geológico, no. 29, p. 1-264.
- BURCKHARDT, C. 1919-1921. Faunas jurásicas de Simón (Zacatecas) y faunas cretácicas de Zumpango del Río (Guerrero): Boletín del Instituto Geológico, no. 33, p. 1-135.
- BURCKHARDT, C. 1930. Étude synthétique sur le Mésozoïque mexicain: Mémoires Société Paléontologique Suisse, v. 49-50, p. 1-280.
- CAMPANA, D. del. 1904. Faunula del Giura superiore di Collato di Solagna (Bassano): Bolletín di la Sociedad Geologica di Italia, v. 23, no. 2, p. 239-269.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1963. Étude biostratigraphique des ammonites de Centre et de l'Est du Mexique (Jurassique Supérieur et Créétacé): Memoires Société Geologique de France. Tomo 42, fasc. 4, no. 99, p.1-102.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1967. El límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec, Puebla (México): Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, Sección Geología, Monografía, no. 1, p. 3-24.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1968. El límite Jurásico-Cretácico en Mazatepec, Puebla (México): Ingeniería Petrolera, v. 8, no. 2. p. 5-26.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1969. Estratigrafía del Jurásico Medio-Superior del subsuelo de Poza Rica, Veracruz (Área de Soledad-Miquetla): Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 1, no. 1, p. 3-9.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1971. La Serie Huasteca (Jurásico Medio-Superior) del Centro-Este de México: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 3, no. 2, p. 17-40.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1976. Nuevas localidades del Kimmeridgiano y Tithoniano en Chihuahua (Norte de México): Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 8. no. 2, p. 38-49.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1977. Las ammonitas del Jurásico Superior del pozo Chac 1, Norte de Campeche (Golfo de México): Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 9, no. 22, p. 38-39.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1979. Bioestratigrafía de la Serie Huasteca (Jurásico Medio y Superior) en el subsuelo de Poza Rica, Veracruz: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 11, p. 14-24.

- CANTÚ-CHAPA, A. 1980. El límite Jurásico-Cretácico en México: Asociación Paleontológica Argentina. Actas de II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología, p. 177-184.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1982. The Jurassic-Cretaceous boundary in the subsurface of Eastern Mexico: *Journal of Petroleum Geology*, v. 4, no. 3, p. 311-318.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1989. Precisiones sobre el límite Jurásico-Cretácico en el subsuelo del Este de México: *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, v. 2, no. 1. p: 26-69.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1990. *Volanoceras chignahuapense* sp. nov. Ammonita del Titoniano Inferior de Puebla, Centro de México: *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*. v. 3. no. 1, p. 41-45.
- CANTÚ-CHAPA, A. 1998. Suaritinae new subfamily and *Galeanites garcense* new genus and new species of the Upper Jurassic Perisphinctaceae ammonites: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v.15, no. 1, p. 21-24.
- CASTILLO, A. del., J. G. Aguilera. 1895. Fauna fósil de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí: *Boletín de la Comisión Geológica de México*, no. 1, p. 1-55.
- CECCA, F., R. Enay. 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*. v. 219. no. 1, p. 1-87.
- CHECA G. A. 1985. Los aspidoceratiformes en Europa (Ammonitina, Fam. Aspidoceratidae: Subfamilias Aspidoceratinae y Physodoceratinae). Universidad de Granada. Facultad de Ciencias. [Tesis Doctoral], p. 1-413.
- COMPANY. M., J. M. Tavera. 1982. Los ammonites del transito Berriasense-Valanginiense en la región de Cehegin (Provincia de Murcia, España): *Cuadernos Geología Ibérica*, v. 8, p. 651-664.
- CONTRERAS-MONTERO, B., M. E. Gómez, A. Martínez. 1988. Bioestratigrafía y sedimentología del Jurásico Superior en San Pedro del Gallo, Durango, México: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, v. 20, no. 3, p. 5-49.
- COX, L. R., and twenty four others. 1969. Classification of Bivalvia, p. 1-490 in Moore, R. C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Pt. N. Mollusca 6 (Bivalvia): Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence.

- CUVIER, G. 1798. Tableau Elémentaire de L'Histoire Naturelle des Animaux: Paris. Baudouin, 710 p.
- DE CSERNA, Z. 1956. Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey, p. 1-88 in XX Congreso Geológico Internacional. México, Contribución del Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales de México.
- 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: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería [Tesis Maestría], p.1-154.
- DE LA MORA, A., F. Olóriz, C. González-Arreola. 2000. "Autochthonous" bivalve assemblages and palaeoecologic interpretation in the Upper Jurassic-Lowermost Cretaceous La Caja Formation from the Cañón de San Matías (Zacatecas, México): Earth and Planetary Sciences, v. 331, p. 741-747.
- DONOVAN, D. T., J. H. Callomon, M. K. Howarth. 1981. Classification of the Jurassic Ammonitina, p. 101-155 in House, M. R., J. R. Senior. The Ammonoidea-The Evolution, Classification, Mode of Life and Geological Usefulness of a Major Fossil Group. Academic Press.
- DOUVILLÉ, H. 1890. Sur la classification des Cératites de la Craie: Bulletin de la Société Géologique de France. Serie 3. v. 18, p. 275-292.
- DOYLE, P., 1987. Lower Jurassic-Lower Cretaceous belemnite biogeography and the development of the Mesozoic Boreal Realm: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 61, p. 237-254.
- D'ORBIGNY, A. 1842-1850. Paléontologie française. Terrains Jurassiques. I. cephalopods, Paris. p. 521-632 (1850).
- DUNHAM, R. J. 1962. Clasificación de carbonate Rocks according to depositional environmental texture, p. 108-121 in Classification of carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir 1.
- EFREMOV, J. A. 1940. Taphonomy - New branch paleontology: Pan-American Geologist, v. 74, no. 2, p. 81-93.
- EGUILUZ, A. S., M. A. García, R. Marrett. 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 53, p. 1-26.
- ENAY, R., J. C. Fischer, H. Gauthier, R. Mouterde, J. Thierry, H. Tintant. 1994. Révision Critique de la Paléontologie Française d' Alcide D'Orbigny. Céphalopodes Jurassiques: Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, p. 340
- ENAY, R., M. Boughdiri, G. Le Hégarat. 1998. *Durangites*, *Protacanthodiscus* (Ammonitina) et formes voisines du Tithonien supérieur – Berriasien Dans

la Téthys méditerranéenne (SE France, Espagne, Algérie et Tunisie):  
Académie des Sciences, v. 327, p. 425-430.

- FATMI, A. N., A. Zeiss. 1994. New Upper Jurassic a Lower Cretaceous (Berriasian) ammonite faunas from the Sembar Formation ("Belemnite shales") of Southern Baluchistan, Pakistan: 3<sup>rd</sup> International Symposium on Jurassic Stratigraphie. *Geobios Mémoire Spécial* v. 17, no. 1, p. 175-186.
- FINKEL. R. 1992. Eine Ammoniten-Fauna aus dem Kimmeridgium des nordöstlichen Keltiberikums (Spanien). *Profil* vol. 3, p. 227-297.
- FONTANNES, F. 1879. Description des Ammonites des calcaires du Château de Crussol-Ardèche (Zone à *Oppelia tenuilobata* et *Waagenia beckeri*): *Travaux de la Université de Lyon*, p. 1-22.
- FLÜGEL, E. 1982. *Microfacies analysis in limestones*: Berlin, Springer-Verlag, p. 633.
- FLÜGEL, E. 2004. *Microfacies of carbonate Rocks – analysis, interpretation and application (second edition)*: New York, Springer, p. 976.
- FREY, E., M. C. Buchy, W. Stinnesbeck, J. G. López-Oliva. 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*, v. 39, no. 10, p. 1467-1483.
- FÜRSICH, F. T. 1978. The influence of faunal condensation and mixing on the preservation of fossil benthic communities: *Lethaia*, v. 11, p. 243-250.
- GEMMELLARO, G. G. 1872. Sopra I fossilli della Zona con *Aspidoceras anacticum* OPPEL sp. di Burgilanumi, presso Favara, province di Girgenti: *Giomali di Scienze Naturale Economiche*, Palermo, v. 8, p. 137-159.
- GILL, T. 1871. *Arrangement of the Families of Mollusks*: Smithsonian Miscellaneous Collections, v. 227, p. 1-49.
- GOLDHAMMER, R. K., P.J. Lehmann, R.G. Todd, J.L. Ward, W.C. Johnson. 1991. Sequence stratigraphy and cyclostratigraphy of the Mesozoic of the Sierra Madre Oriental, northeast Mexico. A field guidebook: Gulf Coast Section Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, p. 1-85.
- GOLDHAMMER, R. K. 1999. Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of northeast Mexico, p. 1-58 in Bartolini, C., J. L. Wilson., T. F. Lawton (eds.), *Mesozoic Sedimentary and Tectonic History of North-Central Mexico*: Boulder, Colorado, EUA, Geological Society of America Special Paper, v. 340.

- GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, F., R. Puente-Solís, E. González-Partida, A. Camprubí. 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, Tomo 59, no. 1, p. 43-62.
- GONZÁLEZ-ARREOLA, C., F. Olóriz, A. B. Villaseñor, L. Lara-Morales. 1992. Precisiones bioestratigráficas sobre la Formación Taraises en el área tipo (Sierra de Parras, Coahuila, México): VIII Congreso Latinoamericano de Geología. Salamanca, España. Tomo 4, p. 260-265.
- HAROLD, L. L. 1999. Ancient invertebrates and their living relatives: Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, p. 1-235.
- HAQ, B. U., J. Handerbol, P. R. Vail. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic: Science, v. 235, p. 1156-1167.
- HAUG, E. 1910. Période Crétacée, p. 1153-1396 in Haug, E. *Traité de géologie: Les Périodes Géologiques*, fasc. 2, v. 2.
- HILLEBRANDT VON A., P. Smith, G. E. G. Westermann, J. H. Callomon. 1992. Ammonite zones of the Circum-Pacific region, p. 247-272. in Westermann, G. E. G. (ed.) *The Jurassic of the Circum-Pacific*, part 4. *Biochronology 12*: Cambridge University Press.
- HEIM, A. 1926. Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental, Mexico): *Eclogae Geological Helvetae*, v. 20, no. 1, p. 84-87.
- HYATT, A. 1889. Genesis of the Arietidae: *Smithsonian Contributions to Knowledge*, 673. Washington D. C. no. 11, p. 1-238.
- HYATT, A. 1900. Cephalopoda, p. 502-604. in Zittel, K. A., Eastman, R. (eds.), *Textbook of Palaeontology*: Macmillan Press. New York.
- 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*, v. 47, p. 1091-1152.
- IMLAY, R. W. 1938. Studies of the Mexican Geosyncline: *Bulletin Geological Society American*, v. 49, p. 1651-94.
- IMLAY, R. W. 1939. Upper Jurassic Ammonites from Mexico: *Bulletin of the Geological Society of America*. v. 50, p. 1-78.
- IMLAY, R. W. 1943. Jurassic formations of Gulf Region: *Bulletin American Association Petrologist Geologist*, v. 27, p. 1407-1533.
- IMLAY, R. W. 1944. Cretaceous formations of Central America and Mexico: *Bulletin American Association Petrologist Geologist*, v. 28, p. 1077-1195.

- IMLAY, R. W. 1953. Las formaciones jurásicas de México: Boletín Sociedad Geológica Mexicana. Tomo. 16, no. 1, p. 1-66.
- IMLAY, R. W. 1980. Jurassic paleobiogeography of the Conterminous United States in its Continental Setting: United States Geology Survey Professional Paper. v. 1062, p. 1-134.
- IMLAY, R. W. 1984. Jurassic ammonite successions in North America and biogeographic implications, p. 224-232 in Westermann. G.E.G. (ed.): Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America. Geological Association of Canada Special Paper 27.
- IMLAY, R. W., G. Herman. 1984. Upper Jurassic ammonites from the subsurface of Texas, Louisiana and Mississippi, p. 149-170 in GCSSEPM Foundation Third Annual Research Conference Proceedings.
- 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, p. 175-256 in Westermann. G.E.G. (ed.): Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America. Geological Association of Canada Special Paper 27.
- JOHNSON, R. G. 1960. Models and methods for analysis of the mode of fossil assemblages: Geology Society of America Bulletin, v. 71, p. 1075-1086.
- KELLUM, L. B. 1932. Reconnaissance studies in the Sierra de Jimulco, Mexico: Bulletin Geological Society American, v. 43, p. 541-64.
- KIDWELL, S. M. 1993. Patterns of time-averaging in the shallow marine fossil record, p. 275-300 in Kidwell, S. M., Behrensmeyer, A. K (eds.), Taphonomic approaches to time resolutions in fossil assemblages, Short Courses in Paleontology 6.
- KIDWELL, S. M. 1998. Time-averaging in the marine fossil record - overview of strategies and uncertainties: Geobios, v. 30, no. 7, p. 977-995.
- KIDWELL, S. M., A. K. Behrensmeyer. 1988. Overview – Ecological and evolutionary implications of taphonomic processes: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 63, p. 1-13.
- KIDWELL, S. M., F. T. Fürsich, T. Aigner. 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations: Palaios, v. 1, p. 228-238.
- LARA-MORALES, L. 1994. Revisión del género *Idoceras* BURCKHARDT, 1906 (Ammonitina). Análisis numéricos e interpretaciones paleobiológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias [Tesis Maestría], p.1-122.

- 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 natureliffes leur ont donnes.* Carolus Linné. Paris. J. B. Bauche, p. 1-999.
- LEANZA, H. A. 1980. The Lower and the Middle Tithonian ammonite fauna from Cerro Lotena, Province of Neuquén, Argentina: *Zitteliana*. v. 5, p. 1-49.
- LE-HEGARAT, G. 1973. Le Berriasien du Sud-Est de la France: Documents des Laboraotoires de Géologie Lyon, no. 43, p. 1-576.
- 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], p. 1-126.
- 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], p. 1-109.
- LÓPEZ-PALOMINO, I. 2002. Análisis bioestratigráfico basado en fauna de ammonites del Oxfordiano (Jurásico Superior) en la región de Tamán, San Luis Potosí. Universidad Nacional Autónoma de México. Dirección General de Posgrado en Ciencias de la Tierra [Tesis Maestría], p. 1-162.
- LÓPEZ-RAMOS, E. 1981. Paleogeografía y Tectónica del Mesozoico en México: *Revista del Instituto de Geología*, Universidad Nacional Autónoma de México, v. 5, no. 2, p. 158-177.
- MARTIN, R. E. 1999. *Taphonomy a process approach: Cambrige Paleobiology Series 4.* Cambridge University Press, U.K., p.1-508.
- MARTINELL, J., R. Domènech, J. M. Gilbert. 2008. Taphonomy, the understanding of fossilization processes in paleontology and archeology: *Geobios*, v. 41, p. 1-3.
- MARQUES, B., F. Olóriz, F.J. Rodríguez-Tovar. 1991. Interaction between tectonics and eustasy during the Upper Jurassic and lowermost Cretaceous. Examples from the South of Iberia: *Bulletin of the Société Geologique de France*, v. 162, no. 6, p. 1109-1124.
- MAZENOT, G. 1939. Les Palaehoplitidae Tithoniques et Berriasien de Sud-Est de la France: *Mémoires Société Géologique de France*, nouvelle serie, no. 41, p. 1- 303.
- MORÁN-ZENTENO, D. 1984. Geología de la Republica Mexicana: INEGI – Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 33-51.

- MORÁN-ZENTENO, D. 1994. Geology of the Mexican Republic: American Association of Petroleum Geologists, p. 1-160.
- MICHALZIK, D. 1988. Trias bis tiefste Unter-Kreide der nordöstlichen Sierra Madre Oriental, Mexiko: Inaug. Diss. TH-Darmstadt, p. 1-247.
- MICHALZIK, D., D. Schumann. 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*, v. 41, p. 463-477.
- MYCZYNSKI, R. 1989. Ammonite biostratigraphy of the Tithonian of Western Cuba: *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, v. 59, p. 43-125.
- OLÓRIZ, F. 1978. Kimmeridgiense – Tithónico inferior en el sector central de las Cordilleras Béticas (Zona Subbética) Paleontología, Bioestratigrafía. Universidad de Granada. España [Tesis Doctoral], p. 1-758.
- 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*, v. 1. no. 1, p. 219-247.
- OLÓRIZ, F., A. B. Villaseñor. 1999. New microconchiate *Hybonoticeras* from México: *Geobios*, v. 32, no. 4, p. 561-573.
- OLÓRIZ, F., A. B. Villaseñor. 2006. *Ceratosphinctes* (Ammonitina, Kimmeridgian) in México - from rare but typical inhabitant of west-Tethyan epicontinental and epicontinental waters to a geographically widespread ammonite genus: *Geobios*, v. 39, p. 255-266.
- OLÓRIZ, F., M. Reolid, F. J. Rodríguez-Tovar. 2002. Fossil assemblages, lithofacies and taphofacies for interpreting depositional dynamics in epicontinental Oxfordian (Prebetic Zone, Betic Cordillera, southern Spain): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 185, p. 53-75.
- OLÓRIZ, F., M. Reolid, F. J. Rodríguez-Tovar. 2008. Taphonomy of fossil assemblages as a tool for ecostratigraphic interpretation in Upper Jurassic shelf deposits (Prebetic Zone, southern Spain): *Geobios*, v. 41, p. 31-42.
- OLÓRIZ, F., A. B. Villaseñor, F. J. Aranda-Manteca. 2003a. The co-occurrence of a Late Jurassic Ichthyosaurian reptile and ammonites in Durango, Mexico. Preliminary report on taphonomy, systematics and biochronology: The Geological Society of America, 99th Annual Meeting, Puerto Vallarta, México, Abstracts, paper 194.
- OLÓRIZ, F., A. B. Villaseñor, C. González-Arreola. 1997. Factors controlling upper Jurassic ammonite assemblages in north-central Mexico: *Lethaia*, v. 30, p. 337-351.

- OLÓRIZ, F., A. B. Villaseñor, C. González-Arreola. 1998. Re-evaluation of *Procraspedites* SPATH, 1930 (Ammonitina) from the upper Kimmeridgian of Mexico: Bulletin de la Societé géologique de France, v. 169, no. 2, p. 243-254.
- OLÓRIZ, F., A. B. Villaseñor, C. González-Arreola, G. E. G. Westermann. 1996. Ammonite biostratigraphy and correlations in the Upper Jurassic-Lowermost Cretaceous La Caja Formation of North-Central Mexico (Sierra de Catorce, San Luis Potosi), p. 134-136 in Olóriz, F., F. Rodríguez-Tovar (eds.) IV International Symposium Cephalopods Present and Past, Abstracts volumen.
- OLÓRIZ, F., A. B. Villaseñor, C. González-Arreola. 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 v. 16, p. 119-142.
- OLÓRIZ, F., A. López-Galindo, A. B. Villaseñor, C. González-Arreola. 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, p. 144-148.
- OLÓRIZ, F., A. B. Villaseñor, C. González-Arreola, G. E. G. Westermann. 1990. Las plataformas mexicanas durante el Jurásico Superior. Un ejemplo de áreas de recepción en biogeografía: Actas de Paleontología, IV Jornadas de Paleontología, Salamanca, v. 68, p. 277-287.
- OLÓRIZ, F., A. B. Villaseñor, C. González-Arreola, G. E. G. Westermann. 1999. Ammonite biostratigraphy and correlations in the late Jurassic – earliest Cretaceous La Caja Formation of north-central Mexico. (Sierra de Catorce, San Luis Potosí), p. 463-492 in Olóriz, F., F. J. Rodríguez-Tovar (eds): Advancing Research in Living and Fossil Cephalopods, Plenum Press.
- OLÓRIZ, F., L. Lara, A. de la Mora, A. B. Villaseñor, C. González-Arreola. 1993. The Kimmeridgian/Tithonian boundary in the “Barranquito del Alacrán” section at Cuencamé (Durango, México); its biostratigraphy and ecostratigraphic interpretation: Acta Geologica Polonica, v. 43, nos. 3-4, p. 273-288.
- OPPEL, A. 1856-1858. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des Südwestlichen Deutschlands: Jahre Verlanger vaterl Naturkunde Württemberg, v. 13, p. 439-694.
- OPPEL, A. 1863. Über jurassische Cephalopoden: Palaeontologische Mitteilungen aus dem Museum des Königlich-Bayerischen Stattees Berlin. no. 3, p. 127-266.

- OPPEL, A. 1865. Die tithonische Etage: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. no. 17, p. 535-558.
- PICTET, F. J. 1867. Études paléontologiques sur la Faune à *Terebratula diphyoides* de Berrias: Melanges Paléontologiques, v. 1, no. 2, p. 44-130.
- QUENSTEDT, F. A. 1887-1888. Die Ammoniten des Schwävischen Jura: Atlas, lám. 91-126.
- REYEROS DE Castillo, M. M. 1978. Invertebrados (Porifera y Coelenterata) del Jurásico tardío del Estado de San Luis Potosí: Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 2 (1), 69-74.
- SALFELD, H. 1921. Zum problem des Borealen Jura und der Borealen Unterkriede: Centralbl Mineralogie 1921, no. 6, p. 169-174.
- SALVADOR, A. 1991. Triassic-Jurassic, p. 131-180 in Salvador, A. (ed). The Gulf of Mexico Basin: The Geology of North America,
- SALVADOR, A., G. E. G. Westermann, F. Olóriz, M. B. Gordon, H. J. Gursky. 1992. Meso-america, p. 93-121 in Westermann. G. E. G. (ed.) The Jurassic of the Circum-Pacific, part 4. Biochronology 12. Cambridge University Press.
- SARTI, C. 1988. Biostratigraphic subdivision for the Upper Jurassic of the Venetian Alps (Northern Italy) on the base of ammonites, p. 459-476 in Rocha, R. B., F. Soares (eds.) 2<sup>nd</sup> Symposium on Jurassic Stratigraphy, Lisboa.
- SCHUMANN, D. 1985. Environment and post-mortem History of Upper Jurassic ammonites in Nuevo León, NE Mexico, p. 731-736 in Wiedmann, J., J. Kullman (eds.): Cephalopods Past and Present,
- 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, v. 3, p. 43-59.
- SCHNEID, T. 1914-1915. Die Geologie der Fränkischen Alb zwischen Eichstätt und Neuburg a. d. D. I. Stratigraphischer Teil: Geogn. Jahrbf, v. 27-28, p. 58-229.
- SPATH, L. F. 1922. On Cretaceous Ammonoidea from Angola: Transactions of the Royal Society of Edinburgh, v. 53, p. 91-160.
- SPATH, L. F. 1923. A monograph of the Ammonoidea of the Gault: Memoires Palaontological Society London, p. 1-72.
- SPATH, L. F. 1924. On the Blake collection of ammonites from Kachh, India: Palaeontologia Índica. New Series 9. Memoir no. 1, p. 1-29.

- SPATH, L. F. 1925. Ammonites and Aptichy, p. 111-1154. in J. W. Gregory (ed.), The collection of fossils and rocks from Somaliland made by Messrs. B. N. K. Wyllie., W. R. Smellie. Monographs of the Geological Department of the Hunterian Museum. Glasgow University.
- SPATH, L. F. 1927-1933. Revision of the Jurassic cephalopod fauna of Kach (Cutch): *Paleontologia Indica*, new serie, v. 9, p. 1-495.
- SPEYER, S. E., C. E. Brett. 1988. Taphofacies models for epeiric sea environments - middle Paleozoic examples: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 63, p. 225-262.
- SPEYER, S. E., C. E. Brett. 1991. Taphofacies controls – Background and episodic processes in fossil assemblage preservation, p. 501-545 in Allison, P. A., D. E. G. Briggs (eds.), *Taphonomy: Releasing the data locked in the fossil record: Topics in Geobiology (v.9)*, New York., Plenum Press.
- STEINMANN, G., L. Döderlein. 1890. *Elemente der Paläontologie*: W. Engelmann. Leipzig, p. 1-848.
- STEUER, A. 1897. *Argentinische Jura Ablagerungen: Ein Beitrag zur Kenntniss der Geologie und Palaeontologie der Argentinischen Anden: Palaeontologische Abhandlungen, Jena, new series 7, v. 3, p. 127-222.*
- TARDY, M. 1980. La Transversal de Guatemala y la Sierra Madre de México, p. 117-182 in Aubouin, J., R. Brousse., J. P. Lehman: *Tratado de Geología, Tomo III. Tectónica y Tectonofísica y Morfología, Omega.*
- TAVERA, J. M. 1985. Los ammonites del Tithonico superior – Berriasense de la Zona Subbética (Cordilleras Béticas): Universidad de Granada, [Tesis Doctoral], p. 1-381.
- UHLIG, V. 1903-1910. The fauna of the Spiti Shales: *Memoires of the Geological Survey of India. Paleontologica Indica*, v. 4, no. 2. 132 p.
- VERMA, H. M., G. E. G. Westerwann. 1973. The Tithonian (Jurassic) ammonite fauna and Stratigraphy of Sierra Catorce, San Luis Potosí, México. *Bulletins of American Paleontology*. v. 63, no. 227, p. 108-137.
- VERMA, H. M., G. E. G. Westerwann. 1984. The ammonoid fauna of the Kimmeridgian-Tithonian boundary beds of Mombasa, Kenya: *Life Science Contribution. Royal Ontario Museum*, no. 135, p. 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], p. 1-156.

- VILLASEÑOR, A. B., C. González-Arreola. 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, v. 7, p. 71-77.
- VILLASEÑOR, A. B., F. Olóriz. 2006. Ontogeny in a macroconchiate *Idoceras* from Mexico - a key for interpreting suprageneric classification of genus *Idoceras* based on phenotype expression: Congress on the Jurassic System, September, Kraków, Poland.
- VILLASEÑOR, A. B., F. Olóriz, C. González-Arreola. 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 convención sobre la evolución geológica de México, p. 238-240.
- VILLASEÑOR, A. B., F. Olóriz, C. González-Arreola. 2000a. Registro del género *Hybonoticeras* (Ammonoidea) en el Jurásico Superior de la Formación Tamán en la región de Mazatepec, Puebla, p. 300 in GEOS. 2ª Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra: Resúmenes y Programa, v. 20, no. 3.
- VILLASEÑOR, A. B., F. Olóriz, C. González-Arreola. 2000b. Recent Advances in Upper Jurassic (Kimmeridgian-Tithonian) Ammonite Biostratigraphy of North-Central Mexico Based on Recently Collected Ammonite Assemblages: GeoResearch Forum, v. 6, p. 249-262.
- VILLASEÑOR, A. B., F. Olóriz, A. De Le Mora. 1995. Consideraciones sobre el registro del género *Hybonoticeras* (Ammonitina) en México: Memoria de resúmenes, p. 46-47.
- VILLASEÑOR, A. B., C. M. González-León, T. F. Lawton, M. Aberhan. 2005. Upper Jurassic ammonites and bivalves from the Cucurpe Formation, Sonora (México): Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. v. 22. no. 1, p. 65-87.
- VILLASEÑOR, A. B., L. Lara, F. Olóriz, C. González-Arreola. 1993. Precisiones bioestratigráficas sobre los géneros *Suneumayria* (Spath, 1924) y *Epicephalites* (Spath, 1928) en el centro-norte de México: Memoria de resúmenes del IV Congreso nacional de Paleontología, p. 108-111.
- VILLASEÑOR, A. B., L. E. Silva-Martínez, F. Olóriz, A. Blanco-Piñón, J. Alvarado-Ortega. 2006. Nuevo registro de peces Jurásicos en México: Memoria del X Congreso Nacional de Paleontología, p. 137.
- WIEDMANN, J. 1966. Stammesgeschichte und System der posttriadischen Ammonoideen, ein Überblick (1 Teil): Neues Jahrbuch fuer Geologie und Palaeontologie, Abhandlungen, v. 125, p. 49-79.

- WRIGHT, C. W., J. H. Calloman, M. K. Howarth. 1996. Cretaceous Ammonoidea, p. 1-362 in Treatise on Invertebrate Paleontology. Pt. L. Mollusca 4 Revised. Volume 4: Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence.
- ZEISS, A. 1968. Untersuchungen zur Paläontologie der Cephalopoden des Unter-Tithon der Südlichen Frankenalb. Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Abhandlungen-Neue Folge. v. 132, p. 1-190.
- ZEUSCHNER, L. 1846. Nowe niedokładnie opisane gatunki kamieniałości Tatrowych: Warszawa, p. 1-32.
- ZIEGLER, B. 1958. Monographie der Ammonitengattung *Glochiceras* im epikontinentalen Weissjura Mitteleuropas: Palaontographica Abt. A, v. 110, no. 4-6, p. 93-164.
- ZIEGLER, B. 1974. Über Dimorphismus und Verwandtschaftsbeziehungen bei "Oppelien" des oberen Juras (Ammonoidea: Haplocerataceae): Beiträge zur Naturkunde, Stuttgart, Serie B, no. 11, 42 p.
- ZITTEL, K. A. 1868. Die Cephalopoden der Stramber Schichten: Palaontographica Mitteilungen Museum Bayern Staates. Tomo 2, part. 1a, p. 33-118.
- ZITTEL, K. A. 1881-1885. Handbuch der Paläontologie. I Abt: Palaeozoologie. II Band. Mollusca und Arthropoda, München und Leipzig (Oldenbourg) p. 1-983.
- ZITTEL, K. A. 1886. Über *Ceratodus* München: Akademie Zitz., p. 253-265.
- ZITTEL, K. A. 1895. Grundzüge der Palaeontologie: Oldenbourg. München und Leipzig, p. 1-971.

## LÁMINAS

## LÁMINA 1

Figura **A**. Detalle del contacto entre las Formaciones Zuloaga y La Casita/La Caja. A la izquierda se observa la superficie endurecida ("hardground") en el techo de la Formación Zuloaga (color rojizo superficie ferruginizada).

Figura **B**. Fotomicrografía de un grainstone con pellets en la cima de la Formación Zuloaga.

Figura **C**. Foto que muestra los niveles basales del perfil, donde se observa claramente el contacto entre las Formaciones Zuloaga y La Casita/La Caja, así como el cambio en la estratificación.

Figura **D**. Fotomicrografía que muestra cristales de cuarzo, de calcita y líticas de diferente tamaño presentes en los primeros niveles de la Formación La Casita/La Caja

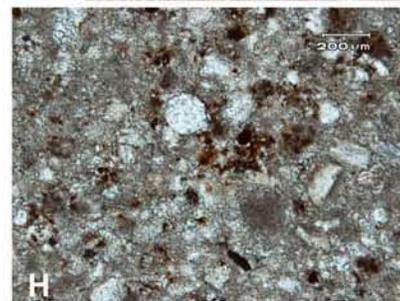
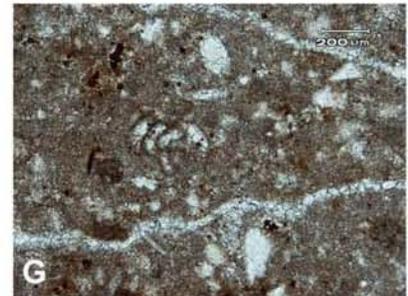
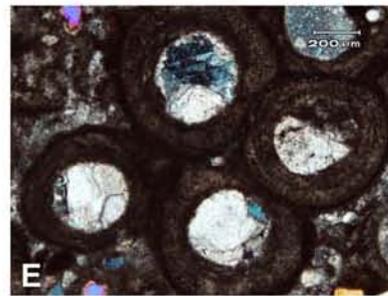
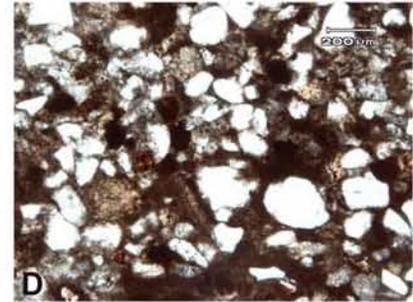
Figura **E**. Fotomicrografía que muestra galerías de serpúlidos que se observan localmente en el nivel 1A de la Formación La Casita/La Caja

Figura **F**. Foto que muestra las características de espesor y apariencia tableada de la base de la sección.

Figura **G**. Fotomicrografía de la sección delgada del nivel 1G, se trata de un packstone/wackestone con bioclastos (foraminíferos y fragmentos de molusco).

Figura **H**. Fotomicrografía de la sección delgada del nivel 2A cima, se trata de un packstone/wackestone con bioclastos (fragmentos de molusco).

# LÁMINA 1



## LÁMINA 2

Figura **A**. Detalle del afloramiento donde se muestran el espesor correspondiente al nivel 5 calcáreo y la base del nivel 6 con estratos más delgados de la Formación La Casita/La Caja en el perfil Puerto Piñones (PP-1).

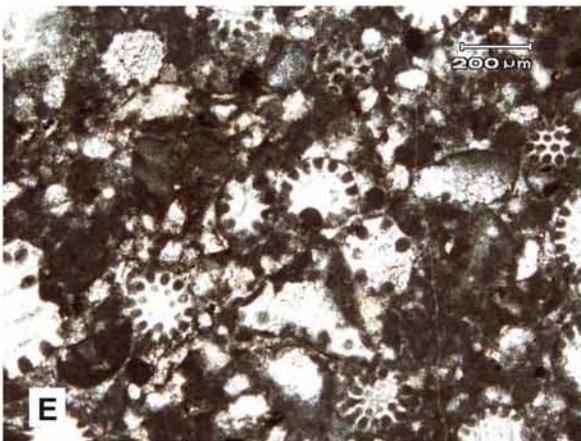
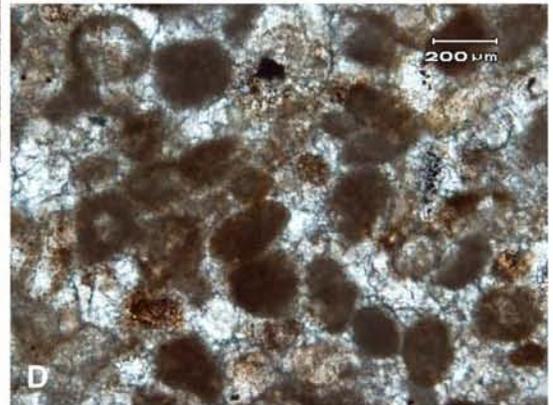
Figura **B**. Detalle de la superficie de estratificación ferruginosa del nivel 5B.

Figura **C**. Detalle del nivel 5B donde se aprecia la bioturbación, principalmente a techo del estrato (las flechas blancas señalan algunas marcas de bioturbación en gris más oscuro).

Figura **D**. Fotomicrografía que muestra una textura de grainstone/packstone con pellets, ooides, grapestones y bioclastos (foraminíferos) de la parte alta del nivel 5.

Figura **E**. Fotomicrografía de la roca del nivel 5B se trata de un grainstone grainstone/packstone con pellets, ooides, grapestones y bioclastos (fragmentos de moluscos, briozoarios y algas (dasycladaceas)).

# LÁMINA 2



### LÁMINA 3

Figura **A**. Detalle del afloramiento donde se muestran los niveles limolíticos deleznales por arriba del nivel 6.

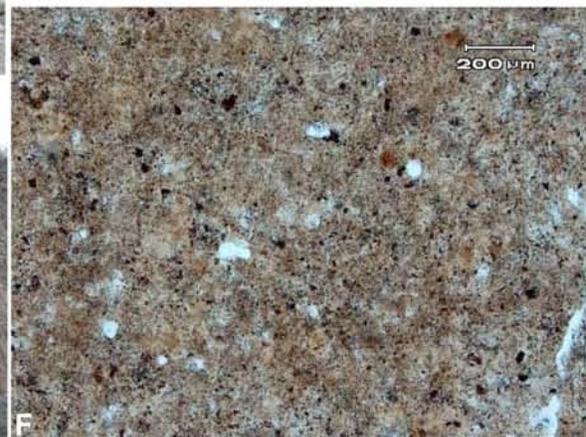
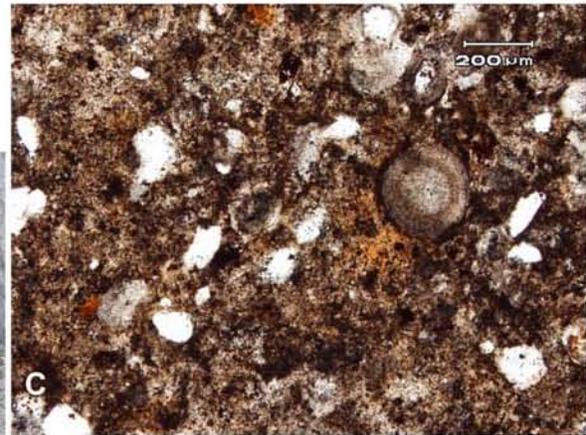
Figura **B**. Detalle de unos de los niveles con belemnites fragmentados. Las flechas indican diversos restos de estos organismos al parecer corresponden a distintos especímenes.

Figura **C**. Fotomicrografía que ilustra cristales de cuarzo y algunos granos revestidos (ooides) embebidos en una matriz calcárea (nivel 6).

Figuras **D** y **E**. Fotos que muestran dos de los niveles con concreciones, algunas de ellas de gran tamaño (**E**) correspondiente al nivel 8.

Figura **F**. Fotomicrografía donde se observan escasos cristales de calcita y cuarzo embebidos en una matriz calcárea del nivel 8.

### LÁMINA 3



#### LÁMINA 4

Figura **A**. Detalle del afloramiento donde se muestra el nivel 10 con concreciones generalmente sin fauna. (Las flechas señalan distintas concreciones). En la parte derecha de la foto se observa el paquete de rocas correspondiente al nivel condensado 11.

Figura **B**. Fotomicrografía de unos de los estratos del nivel 11, se trata de un floatstone/rudstone con bioclastos, donde se pueden ver bandeamientos que se deben a la gran cantidad de restos de bivalvos y aptychus.

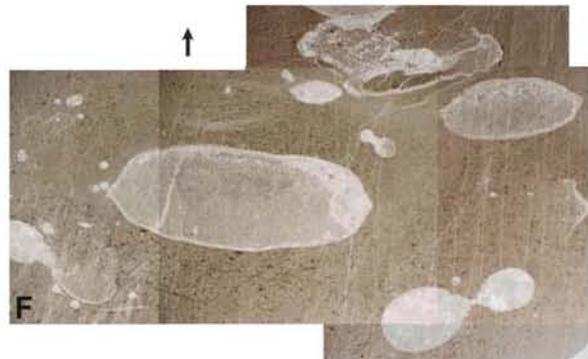
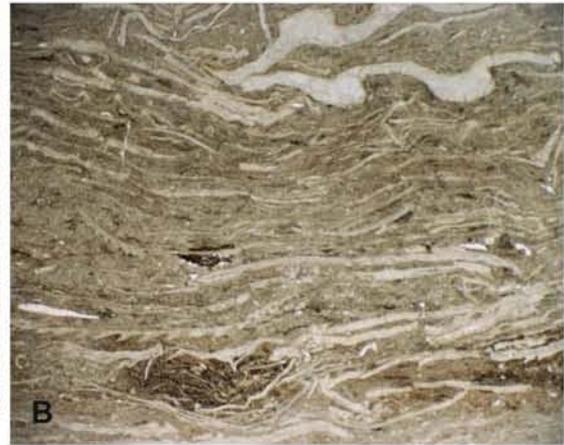
Figura **C**. Detalle de afloramiento del nivel condensado 15.

Figura **D**. Foto que ilustra la superficie de estratificación del nivel 15 con abundantes restos de fauna, principalmente ammonites y algunos bivalvos inocerámidos de gran tamaño. Flechas negras verticales para posición paralela y flechas horizontales para posición inclinada.

Figura **E**. Detalle del afloramiento donde se observan los niveles 15 y 20, que destacan por sus características litológicas más calcáreas.

Figura **F**. Fotomicrografía que muestra la textura del nivel 15, se trata de un floatstone con bioclastos, donde se observa cortes de ammonites y bivalvos en distintas posiciones y grados de conservación, así como abundantes ammonitellas.

# LÁMINA 4



## LÁMINA 5

Figura **A**. Detalle del afloramiento en la ladera este, donde se observa el nivel 20, mostrando por arriba algunos problemas de afloramiento que impiden observar claramente el contacto con la Formación Taraises.

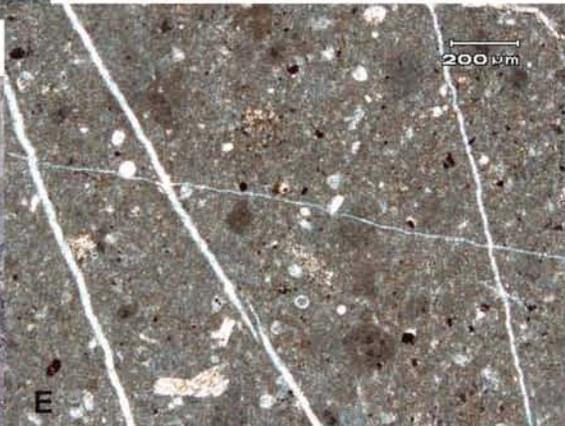
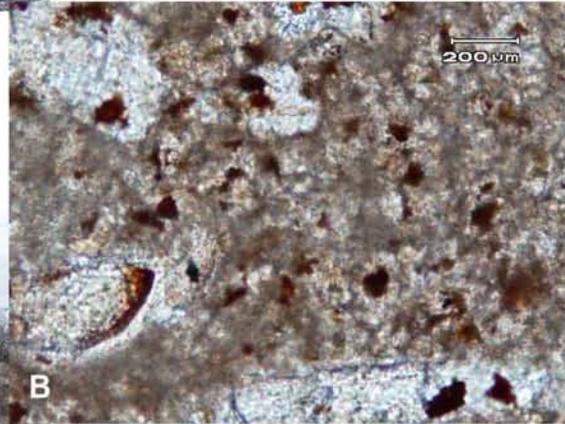
Figura **B**. Fotomicrografía que ilustra la textura del nivel 20, el cual se trata de un mudstone con microfósiles pelágicos, la cual muestra un tintinoideo quitinoso.

Figura **C**. Foto que muestra claramente el contacto entre las Formaciones La Casita/La Caja y Taraises. Se aprecia claramente un cambio en el espesor de las capas más gruesas hacia techo.

Figura **D**. Detalle del contacto entre las Formaciones La Casita/La Caja y Taraises.

Figura **E**. Fotomicrografía que muestra la textura del nivel 22, el cual es un mudstone con microfósiles pelágicos.

# LÁMINA 5



## LÁMINA 6

### Figura A. *Haploceras* sp.

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 11K-4. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 11K. Edad Kimmeridgiano superior.

### Figura B. *Tarmelliceras* sp.

Vista lateral del flanco derecho, ejemplar 11H-12. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 11H. Edad Kimmeridgiano superior.

### Figura C. *Glochiceras* sp.

Vista lateral del flanco derecho, ejemplar 11H-15. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 11H. Edad Kimmeridgiano superior.

### Figura D. *Glochiceras (Lingulaticeras) semicostatum* (BERCKHEMER)

Vista lateral del flanco derecho, ejemplar 11E-1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 11E. Edad Kimmeridgiano superior, Zona Beckeri.

### Figura E - H. *Salinites grossicostatum* (IMLAY)

E) Vista lateral del flanco derecho, F) Vista de la región ventral, G) Vista de la sección de la vuelta (E, F-G ejemplar 15-2), H) Vista lateral flanco izquierdo, ejemplar 15-131, I) Línea de sutura (ejemplar 15-25 (Dm 23 mm), J) Línea de sutura (ejemplar 15-27 (Dm 24 mm)). Perfil Puerto Piñones 1, nivel 15. Edad Tithoniano superior, Zona Durangites.

### Figura K. *Idoceras zacatecanum* BURCKHARDT

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 7E-1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 7E. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Hypselocyclum – Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior

### Figura L. *Idoceras cf. densicostatum* IMLAY

Vista lateral del flanco derecho, ejemplar 7F-1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 7F. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Hypselocyclum – Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Figura M. *Idoceras cf. lorioli* BURCKHARDT

Vista lateral del flanco derecho, ejemplar 7A-3. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 7A. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Hypselocyclum – Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Figura N. *Idoceras cf. tamaulipanum* IMLAY

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 7A-1 Perfil Puerto Piñones 1, nivel 7A. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Hypselocyclum – Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Figura Ñ. *Idoceras* sp. gr. *durangense* BURCKHARDT

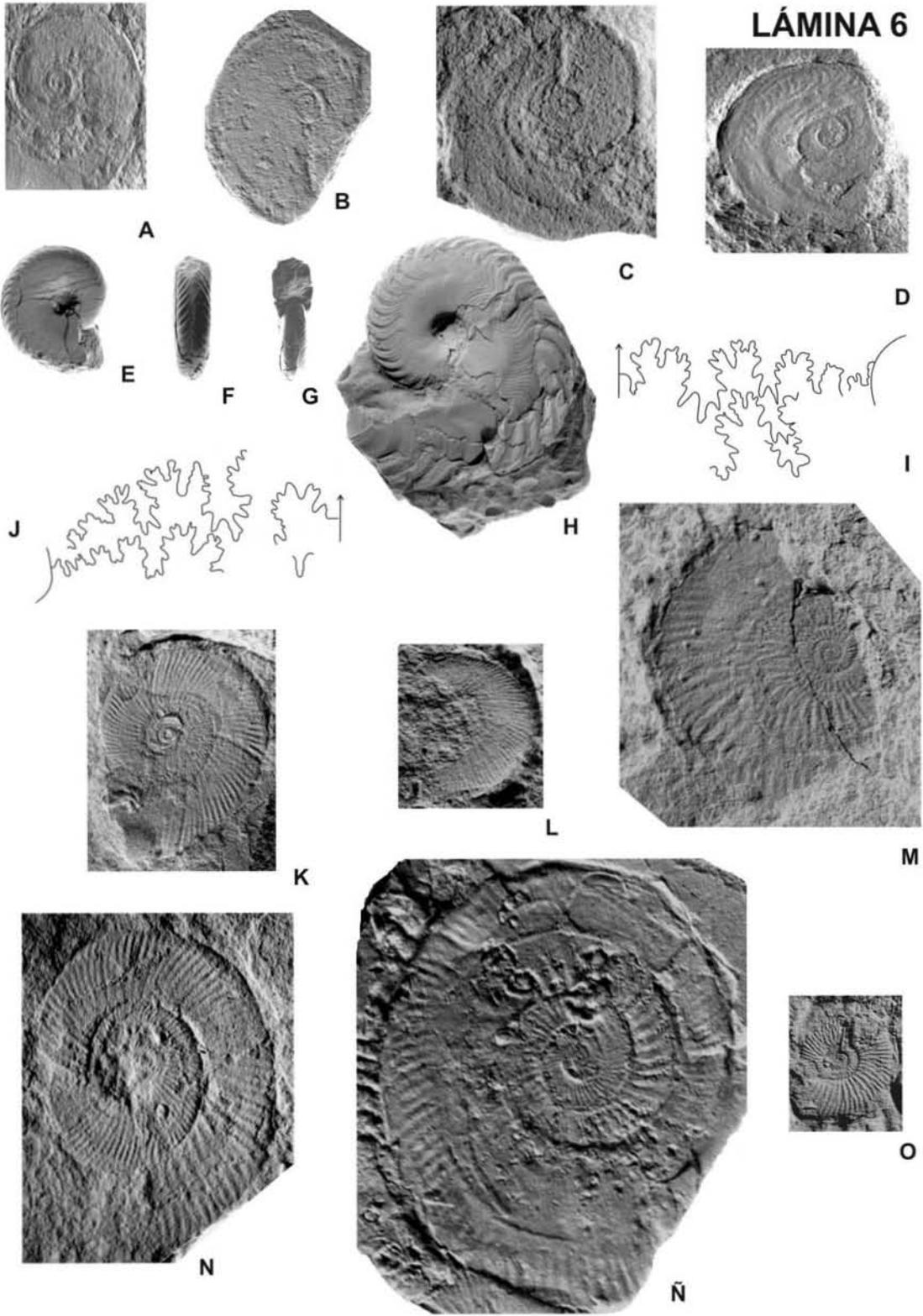
Vista lateral del flanco derecho, ejemplar 7E-3. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 7E. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Hypselocyclum – Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Figura O. *Idoceras* sp.

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 7E-13. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 7E. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Hypselocyclum – Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

Todos los ejemplares están figurados a tamaño natural.

LÁMINA 6



## LÁMINA 7

### Figura A. *Nebrodités cf. rota* BURCKHARDT

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 7D-8. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 7D. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Figura B. *Nebrodités sp.*

Vista lateral fragmentada del flanco derecho, ejemplar 8E-1.. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 8E. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Figura C. *Aspidoceras sp.*

Vista lateral de fragmento, ejemplar 7E-14. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 7E. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Figura D. *Hybonoticeras (Hybonoticeras) sp. gr. beckeri* (NEUMAYR)

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 11J- 7. Perfil Puerto Piñones 1, nivel. 11J. Edad Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri).

### Figura E. *Hybonoticeras (Hybonotella) mundulum* (OPPEL) *attenuatum* BERCKHEMER Y HÖLDER.

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 11J-9. Perfil Puerto Piñones 1, nivel. 11J. Edad Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri)

### Figura F. *Ataxioceras (Schneidia) sp.*

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 2A-1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel. 2A techo. Edad Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona Platynota – parte más baja de la Zona Hypselocyclum).

### Figura G. *Ataxioceras (Schneidia) sp. gr. elmii* ATROPS

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 2B-1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel. 2B. Edad Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona Platynota – parte más baja de la Zona Hypselocyclum).

### Figura H. *Virgalithacoceras aff. albulus* (QUENSTEDT)

Vista lateral del flanco derecho, ejemplar 11I-15. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 11I. Edad Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri). (x 0.75)

Todas la figuras a tamaño natural, excepto la indicada

LÁMINA 7



A



B



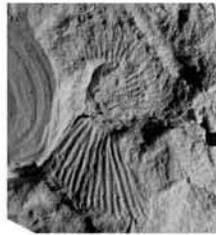
C



D



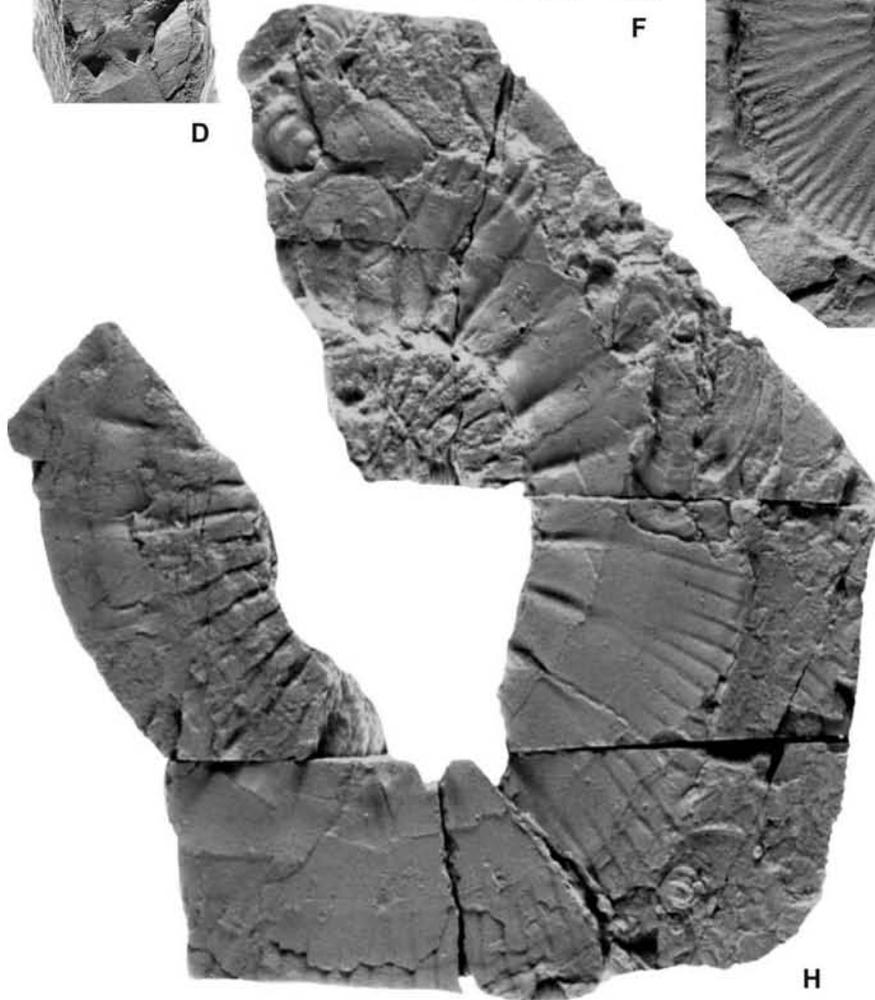
E



F



G



H

## LÁMINA 8

### Figura A. *Durangites heilprini* (AGUILERA)

Vista lateral del flanco derecho, ejemplar 20-1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 20. Edad Tithoniano superior (Zona de Durangites).

### Figura B. *Durangites* sp.

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 15-2. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 15. Edad Tithoniano superior (Zona de Durangites).

### Figura C. *Micracanthoceras (Corongoceras)* sp.

Fragmento de vuelta, ejemplar 15C-2. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 15C. Edad Tithoniano superior (Zona de Durangites).

### Figura D. *Proniceras?* sp.

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 15D-4. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 15D. Edad Tithoniano superior (Zona de Durangites).

### Figura E. *Berriasella (Berriasella) calisto* (D'ORBIGNY)

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 22-1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 22. Edad Berriasiano inferior (Zona de Jacobi).

### Figura F. *Substeuerocheras* sp.

Fragmento de vuelta, ejemplar 22-7. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 22. Edad Berriasiano inferior (Zona de Jacobi).

### Figura G. *Substeuerocheras kellumi* IMLAY

Vista lateral del flanco izquierdo, ejemplar 22-6. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 22. Edad Berriasiano inferior (Zona de Jacobi).

### Figura H. *Protancyloceras* sp.

Vista lateral de un fragmento, ejemplar 22-8. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 22. Edad Berriasiano inferior (Zona de Jacobi).

### Figura I. *Belemnites*

Ejemplares 1 y 2. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 7G. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Hypselocyclum – Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Figura J. *Aulacomyélido* (bivalvos)

Valva derecha, ejemplar 4. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 10C. Edad Kimmeridgiano superior.

### Figura K. *Posidónido* (bivalvo)

Valva derecha e izquierda, ejemplar 1, Perfil Puerto Piñones 1, nivel 11J. Edad Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri).

### Figura L. *Búchido* (bivalvo)

Valva derecha, ejemplar 1, Perfil Puerto Piñones 1, nivel 11J. Edad Kimmeridgiano superior (Zona Beckeri).

### Figura M. *Trigónido* (bivalvo)

Valva derecha, ejemplar 1 Perfil Puerto Piñones 1, nivel 2A techo. Edad Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona Platynota – parte más baja de la Zona Hypselocyclum).

### Figura N. *Lucínido* (bivalvo)

Valva derecha, ejemplar 7. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 1C. Edad Kimmeridgiano inferior

### Figura Ñ. *Astártido* (bivalvo).

Valva izquierda, ejemplar 1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 2A techo. Edad Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona Platynota – parte más baja de la Zona Hypselocyclum).

### Figura O. *Pholadómido* (bivalvo).

Valva derecha, ejemplar 1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 2A techo. Edad Kimmeridgiano inferior (parte superior de la Zona Platynota – parte más baja de la Zona Hypselocyclum).

### Figura P. *Ostreído* (bivalvo)

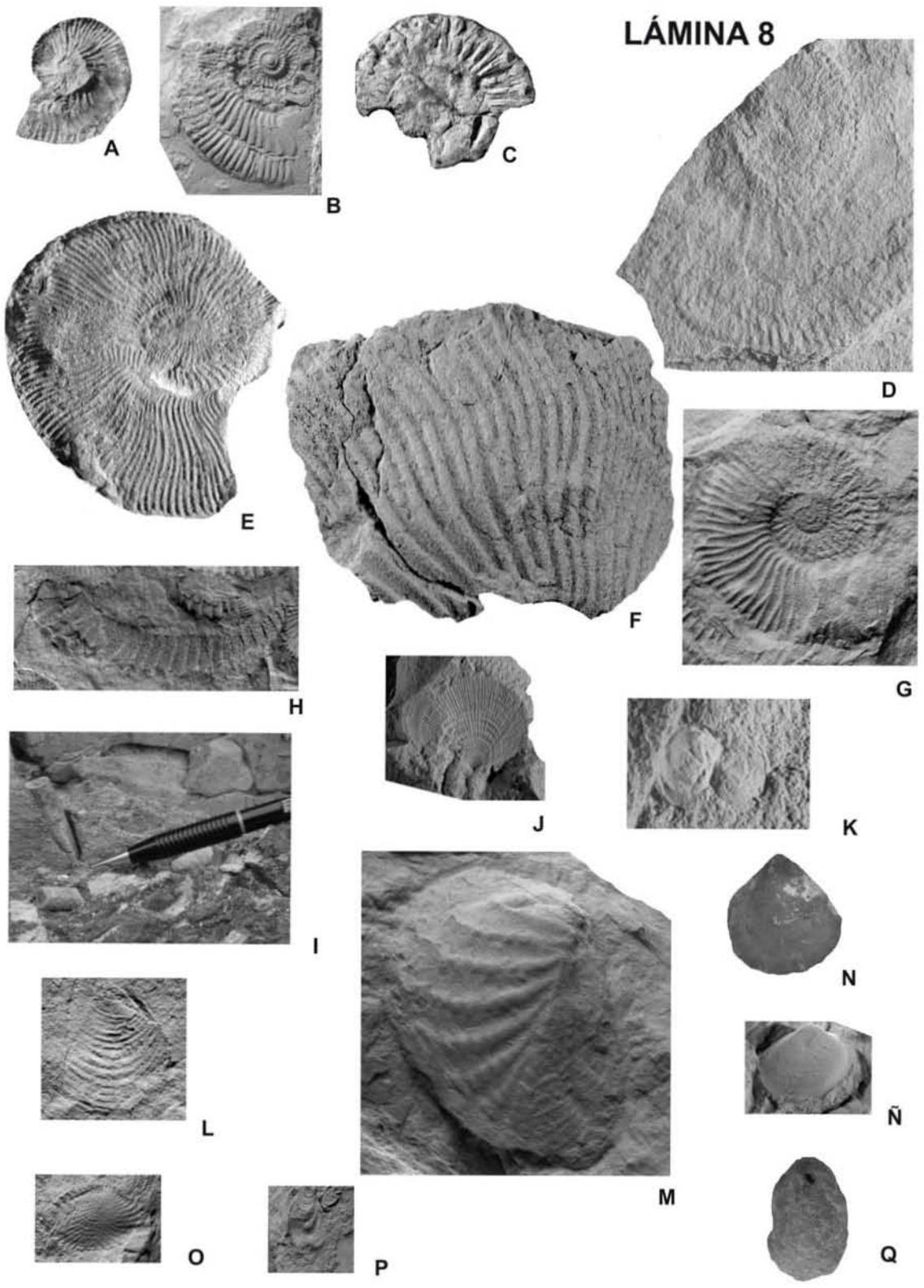
Valva derecha, ejemplar 1. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 8E. Edad Kimmeridgiano inferior (Zona Hypselocyclum – Divisum) a una parte indeterminada de la base del Kimmeridgiano superior.

### Figura Q. *Terebrátulido* (braquiópodo).

Valva peduncular, ejemplar 5. Perfil Puerto Piñones 1, nivel 1A. Edad Kimmeridgiano inferior.

Todos los ejemplares se ilustran a tamaño natural.

LÁMINA 8



## LÁMINA 9. CARACTERÍSTICAS TAFONÓMICAS

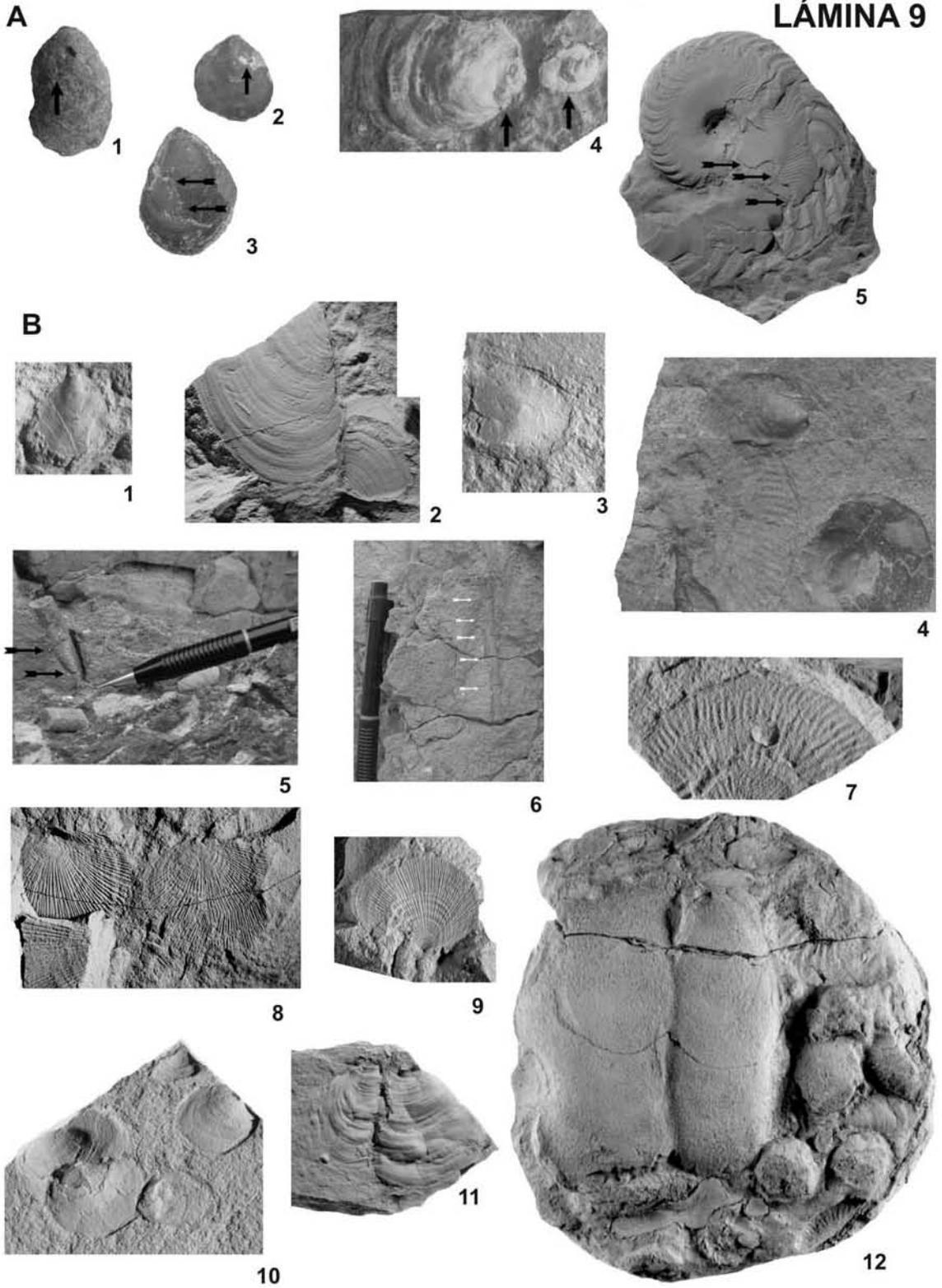
### **A)** Conservación de la concha.

**1.** Braquiópodo (nivel 1A); **2-4.** Bivalvos (2, 3, nivel 1C, 4 nivel 7C); **5** ammonite (nivel 15). Las flechas indican algunos bordes donde se encuentra la concha.

### **B)** Fragmentación.

**1.** Braquiópodo (nivel 1A); **2, 3, 8, 9, 11,12.** Bivalvos, (2 nivel 2A techo, 3 nivel 4 (2X), 8, 9 nivel 10C, 11 (2X) y 12, nivel 11J); **4, 7.** Ammonite con bivalvos (nivel 7C y 8D, respectivamente); **5, 6.** Belemnites (nivel 7G); las flechas indican las fracturas que muestra el ejemplar; **10.** Material conservado en la parte externa de una concreción, fragmentos de ammonites, aptychus y braquiópodos (nivel 10C, 0.75X).

LÁMINA 9



### LÁMINA 10. CARACTERÍSTICAS TAFONÓMICAS

**C)** Abrasión, bioerosión y disolución = "Corrasion".

**1–4.** Braquiópodos (1 nivel 1A, 2 - 4 nivel 1C); **5, 6.** Bivalvos (nivel 4C); **7–12.** Ammonites (7 nivel 7A, 8 nivel 7D, 9–11 nivel 7E, 12 nivel 11C). Las flechas indican la posición de los epibiontes.

**D)** Articulación.

**1-3.** Braquiópodos (1, 2 nivel 1C, 3 nivel 4A); **4, 5.** Aptychus (nivel 8E); **6)** Bivalvo (nivel 11J).

**E)** Posición en el estrato.

**1.** Ammonites (nivel 15).

