



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

---

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**

**ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA**

**LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**DESCRIPCIÓN DE LA FAUNA DE AMONITES Y BIVALVOS DEL  
JURÁSICO INFERIOR (SINEMURIANO SUPERIOR):  
IMPLICACIONES PALEOAMBIENTALES Y  
BIOESTRATIGRÁFICAS EN UN AFLORAMIENTO DE LA  
FORMACIÓN HUAYACOCOTLA, TENANGO DE DORIA,  
HIDALGO, MÉXICO**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA PRESENTA:**

**DIANA ARENAS ISLAS**

**DIRECTOR:**

**DR. CARLOS ESQUIVEL MACÍAS**

## ÍNDICE

1	RESUMEN	1
2	INTRODUCCIÓN	3
3	ANTECEDENTES	5
4	JUSTIFICACIÓN	7
5	OBJETIVOS	8
5.1	General	8
5.2	Particulares	8
6	ÁREA DE ESTUDIO	9
6.1	Localización y acceso	9
6.2	Geología regional	11
7	METODO	15
7.1	Recolecta	15
7.2	Análisis de los ejemplares	16
7.3	Paleontología Sistemática	17
7.4	Morfología Funcional	24
7.5	Abundancia relativa e índices de diversidad	26
7.6	Espectro de hábitat	26
7.7	Estructura en tallas de bioclastos	28
7.8	Petrología sedimentaria	28
7.9	Bioestratigrafía	30
8	RESULTADOS	31
8.1	Recolecta	31
8.2	Análisis de los ejemplares	32
8.3	Paleontología Sistemática	34
8.4	Morfología Funcional	70

8.5	Abundancia relativa e índices de diversidad	70
8.6	Espectro de hábitat	75
8.7	Estructura en tallas de bioclastos	76
8.8	Petrología sedimentaria	78
8.9	Bioestratigrafía	80
9	DISCUSIÓN	82
9.1	Oxigenación	84
9.2	Diversidad	85
9.3	Estructura de la asociación fósil como indicadora de la comunidad original	86
9.4	Estructura de tallas	87
9.5	Petrología sedimentaria	89
9.6	Bioestratigrafía	90
10	CONCLUSIONES	92
	REFERENCIAS	94
	GLOSARIO	101
	ABREVIATURAS	104
	ANEXO 1	105
	ANEXO 2	111
	ANEXO 3	114
	ANEXO 4	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa de ubicación del afloramiento “La Fiesta”	10
FIGURA 2. Fotografía del afloramiento	11
FIGURA 3. Geología regional	13
FIGURA 4. Perfil litológico	14
FIGURA 5. Diagrama de características morfológicas para identificación de amonoides	18
FIGURA 6. Diagrama de características morfológicas para identificación de bivalvos	22
FIGURA 7. Morfología funcional para amonoides	25
FIGURA 8. Diagrama triangular para identificación de rocas sedimentarias	29
FIGURA 9. Zonación del afloramiento “La Fiesta”	31
FIGURA 10. Abundancia de ejemplares por zona del afloramiento “La Fiesta”	32
FIGURA 11. <i>Paltechioceras tardecrescens</i>	34
FIGURA 12. <i>Paltechioceras rothpletzi</i>	36
FIGURA 13. <i>Paltechioceras harbledownense</i>	38
FIGURA 14. <i>Paltechioceras burckhardti</i>	40
FIGURA 15. <i>Paltechioceras sp.</i>	42
FIGURA 16. <i>Orthechioceras jamesdanae</i>	43
FIGURA 17. <i>Orthechioceras incaguasiense</i>	45
FIGURA 18. <i>Orthechioceras pauper</i>	47
FIGURA 19. <i>Plesechioceras cihuacoatle</i>	49
FIGURA 20. <i>Arnioceras ceratitoides</i>	51
FIGURA 21. <i>aff. Methophioceras sp.</i>	54
FIGURA 22. <i>Neocrassina sp.</i>	56
FIGURA 23. ? <i>Parainoceramus sp.</i>	57
FIGURA 24. <i>Posidonotis semiplicata</i>	59
FIGURA 25. <i>Bositra sp.</i>	61
FIGURA 26. <i>Plagiostoma sp.</i>	62
FIGURA 27. Subclase Cryptodonta	64
FIGURA 28. <i>Especie 1</i>	66
FIGURA 29. <i>Especie 2</i>	67
FIGURA 30. <i>Especie 3</i>	68
FIGURA 31. Abundancia relativa de amonoides	71
FIGURA 32. Abundancia relativa de bivalvos	71
FIGURA 33. Abundancia relativa de moluscos	72
FIGURA 34. Espectro de hábitat	76
FIGURA 35. Distribución en tallas de bioclastos	77
FIGURA 36. Tipos de asociaciones fósiles en rocas del afloramiento “La Fiesta”	78
FIGURA 37. Ubicación bioestratigráfica para el afloramiento “La Fiesta”	81
FIGURA 38. Comparación del afloramiento “La Fiesta” con otros de la Formación Huayacocotla para determinar su ubicación en la plataforma nerítica con respecto a esos afloramientos	83
FIGURA 39. Fotografía de una lámina delgada que muestra un lente de arenisca (4 x 10 y 10 x 10)	119

FIGURA 40. Detalle de material orgánico encontrado en láminas delgadas (40 x 10)	119
FIGURA 41. Detalle de la orientación preferencial que presentan los granos en la roca (10 x 10)	120
FIGURA 42. Orientación preferencial de bioclastos. Roca con asociación fósil Tipo 2	120
FIGURA 43. Orientación preferencial de bioclastos. Roca con asociación fósil Tipo 3	121
FIGURA 44. Fósil piritizado	121
FIGURA 45. Detalle de la estructura microlaminar que presentan las rocas del afloramiento “La Fiesta”	122

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Nombres propuestos para la forma de la concha de los amonoides en base a la relación ancho/alto de su geometría	21
CUADRO 2. Número de individuos por especie identificados por zona y de la colecta en el camino circundante al afloramiento	33
CUADRO 3. Porcentaje de abundancia por especie en relación al total de individuos identificados para el afloramiento “La Fiesta”	72
CUADRO 4. Comparación de la diversidad entre afloramientos de la Formación Huayacocotla	73
CUADRO 5. Abundancia de las especies identificadas para el afloramiento “La Fiesta”	74
CUADRO 6. Índice de hábitat	75
CUADRO 7. Porcentaje de minerales presentes en las bandas de limo	79
CUADRO 8. Porcentaje de minerales presentes en las bandas de arenisca	79
CUADRO 9. Datos merísticos <i>Paltechioceras tardecrescens</i>	105
CUADRO 10. Datos merísticos <i>Paltechioceras rothpletzi</i>	105
CUADRO 11. Datos merísticos <i>Paltechioceras harbledowense</i>	106
CUADRO 12. Datos merísticos <i>Paltechioceras burckhardti</i>	107
CUADRO 13. Datos merísticos <i>Paltechioceras sp.</i>	108
CUADRO 14. Datos merísticos <i>Orthechioceras jamesdanae</i>	108
CUADRO 15. Datos merísticos <i>Orthechioceras incaguasiense</i>	109
CUADRO 16. Datos merísticos <i>Orthechioceras pauper</i>	109
CUADRO 17. Datos merísticos <i>Plesechioceras cihuacoatl</i>	110
CUADRO 18. Datos merísticos <i>Arnioceras ceratitoides</i>	110
CUADRO 19. Datos merísticos <i>aff Methophioceras sp.</i>	110
CUADRO 20. Abundancia relativa de amonites	111
CUADRO 21. Abundancia relativa de bivalvos	111
CUADRO 22. Abundancia relativa de moluscos	112
CUADRO 23. Porcentaje de representatividad de tallas de bioclastos	112
CUADRO 24. Intervalos para clasificar los datos de tallas de bioclastos	113
CUADRO 25. Índice de similitud de Sorensen	113
CUADRO 26. Datos obtenidos a partir de la medición en tallas de bioclastos	114



## 1. RESUMEN

En la región de Tenango de Doria, al Oriente del Estado de Hidalgo, afloran rocas pertenecientes a la Formación Huayacocotla del Jurásico Inferior (Sinemuriano Superior). En este estudio se reporta un nuevo afloramiento cuya fauna fósil consiste principalmente en amonoideos y bivalvos.

Para obtener datos de este afloramiento que permitieran adquirir información paleoambiental se hizo colecta de especímenes; posteriormente, se realizó la identificación taxonómica, el análisis de la morfología funcional de los organismos, la medición de abundancia relativa e índices de diversidad y la abundancia; así como la estadística descriptiva de las tallas de bioclastos, un examen petrológico y el ubicar estratigráficamente al sitio por medio de los organismos identificados.

El cuerpo de roca se describe como una arenisca fina limosa cuarzo feldespática propia de una plataforma nerítica media de baja energía, cíclicamente afectada por flujos eventuales de sedimento provenientes de la plataforma nerítica proximal. Ambientalmente, la especie de bivalvo *Posidonotis semiplicata* es indicativo de condiciones disóxicas en el sitio de fosilización, lo anterior es apoyado por la presencia de nódulos de pirita y argumentos geoquímicos de estudios previos realizados en localidades cercanas.

Adicionalmente, se tiene la presencia de *Neocrassina* sp., *Plagiostoma* sp., *Bositra* sp., *?Parainoceramus* sp., un ejemplar identificado hasta subclase (Cryptodonta), tres especies no identificadas, de las cuales *Neocrassina* sp., y la Especie 3 presentan hábitos infaunales, lo que indica fondos blandos. La información previa, junto con el índice de hábitat y el análisis de tallas de bioclastos, indican que la mayoría de los organismos fosilizados provienen de la plataforma nerítica media, lo que coincide con la determinación de ambiente por medio de la morfología funcional interpretada utilizando índices y espectro de hábitat. La estructura de la comunidad se caracterizó con base en su índice de diversidad para ser comparada con otros afloramientos cercanos.

El comportamiento en las tallas de bioclastos se concentra en los rangos de menor tamaño, lo que permite reconocer transporte del material orgánico antes de la depositación.

Biostratigráficamente, se determinó la zona *Rariscostatum* por la dominancia de amonites de la familia Echioceratidae (*Paltechioceras tardecrecens*, *P. rothpletzi*, *P. burckhardti*, *P. harbledownense*, *Paltechioceras* sp., *Orthechioceras jamesdanae*, *O.*



*pauper*, *Plesechioceras cihuacoatle*). Las especies *P. burckhardti*, *P. harbledownense* y *P. rothpletzi*, que representan el 36% del total identificado, coinciden en la subzona *Rariscostatum*; sin embargo, las especies de la familia Arietitidae plantean varias interrogantes sobre la posible migración diferencial de faunas europeas y del Pacífico por medio del paleocorredor que representan los sedimentos de la Formación Huayacocotla, ya que no coinciden del todo con los reportes bioestratigráficos previos.

Los fósiles del afloramiento indican condiciones marinas, específicamente un ambiente de plataforma nerítica, representada en sus tres principales partes, es decir, nerítica proximal, nerítica media y nerítica distal, desde las cuales las conchas de amonites y bivalvos sufrieron arrastre para depositarse en esta última, de manera que, representantes de fauna que habitaba la plataforma nerítica quedaron depositados en el sedimento que hoy son las rocas del afloramiento. Además, los sedimentos de esta facies nerítica distal presentan rasgos que testifican episodios de cambios cíclicos, tipo marea de corta duración, así como condiciones disóxicas.





## 2. INTRODUCCIÓN

La presente investigación trata sobre la caracterización paleoambiental de un nuevo afloramiento del Jurásico Inferior (Sinemuriano Superior), en el área de Tenango de Doria, Hidalgo, México, el cual pertenece a la Formación Huayacocotla que comprende depósitos de grandes espesores de rocas siliciclásticas (Erben, 1956).

Este afloramiento se ha denominado “La Fiesta”, haciendo alusión a ciertas costumbres locales festejadas cerca del sitio de estudio. La fauna fósil encontrada consta de amonites y bivalvos. Con la fauna de amonites es factible hacer determinaciones bioestratigráficas (Venturi *et al.*, 2006); sin embargo, este grupo no solo es un buen indicador de tiempo geológico, si no que también puede tener un valor paleobiogeográfico (Venturi *et al.*, 2006). Los bivalvos por otro lado, son buenos indicadores de características ambientales como: temperatura, salinidad y clima (Tash, 1980). Una de las mejores aplicaciones de este material fósil es en la realización de estudios paleoambientales, dada la intensa explotación que los amonites hicieron del morfo-espacio (Esquivel-Macías *et al.*, 2005) al crear una serie de formas y estructuras de la concha que indican con mucha fineza las variantes paleoecológicas, especialmente las de la columna de agua. Sumado a ello, las determinaciones paleoambientales del fondo marino (bentos) son muy precisas gracias a la detallada respuesta adaptativa que presentan los bivalvos con respecto a las condiciones del sustrato (Delevine, 1998).

La diversidad y abundancia tanto de amonites como de bivalvos que se ha encontrado en el afloramiento “La Fiesta” ha permitido hacer este estudio paleobiológico, centrado en la interpretación paleoambiental.

Por lo anterior; se eligieron diversas herramientas con las cuales se pueden obtener datos que den evidencia sobre los organismos y los sedimentos para hacer una correcta interpretación paleoambiental (Laporte, 1974). La validez de la interpretación ambiental se basa en la congruencia que se encuentre entre los datos obtenidos a partir de las diferentes líneas de evidencia (Laporte, 1974) aplicadas en el presente trabajo al nuevo afloramiento.

Aunque es la primera vez que estudios paleontológicos son aplicados al afloramiento “La Fiesta”, no es la primera vez que se aplican con enfoque paleoambiental en afloramientos de la Formación Huayacocotla ya que, estos fueron iniciados por Esquivel-Macías *et al* (2005). Sin embargo, existe un rico trabajo geológico y paleontológico de este sector de la Sierra Madre Oriental y para la propia Formación



Huayacocotla (Félix y Lenk, 1889-1899; Böse, 1894; Burckhardt, 1930; Imlay *et al.*, 1948; Erben, 1956; Carrillo-Bravo, 1965; Schmidh-Effing, 1980 y Esquivel-Macías *et al.*, 2005;). Con base en ello es que se ha emprendido por medio de tesis como la presente, un muestreo sistemático de las faunas y parámetros asociados en sitios con sedimentos considerados representativos de la Paleocuenca Huayacocotla.

En este contexto, los trabajos de interpretación paleoambiental que ya se han realizado en la Formación Huayacocotla, además del citado Esquivel-Macías *et al* (2005) y que son los de Gayosso-Morales (2007), Granados-León (2007) y Hernández-Velázquez (2007), dan la pauta para hacer una integración de los datos obtenidos para interpretaciones ambientales a nivel regional, así que la información obtenida a partir de la presente investigación, además de presentar la interpretación paleoambiental de un nuevo afloramiento, suma información útil para la realización de un trabajo a mayor escala.



### 3. ANTECEDENTES

El Jurásico Inferior se encuentra distribuido en el territorio nacional ya que no forma una unidad continua (Erben, 1956), por lo que se le puede encontrar en distintas formaciones como son: Caracahui en Sonora (Erben, 1956), Huayacocotla (Imlay *et al.*, 1948), Totoloapa (Erben, 1954) y Divisadero (Erben, 1954) en el centro oriente de México. Para fines de esta investigación, es de mayor relevancia lo que puede saberse del Jurásico en la Formación Huayacocotla.

Los sedimentos de lo que hoy en día se denomina Formación Huayacocotla fueron descritos por primera vez por Félix y Lenk (1889-1899) quienes los reconocen como sedimentos de origen marino. El primer nombre que estos sedimentos recibieron es el de “Capas del Potrero” otorgado por Böse (1894) quien además, los reconoció como Liásico (Jurásico Inferior). Estos sedimentos ya reconocidos como jurásicos se mencionaron en trabajos como los de Aguilera *et al.* (1987) y Böse (1898).

Con objetivos de prospección petrolera, Díaz-Lozano (1916) realizó estudios en la Formación Huayacocotla y a partir de este trabajo se describieron algunas plantas liásicas. Burckhardt (1930), apoyó el término de sedimentos liásicos para las rocas de la formación, utilizando fauna de amonoides.

Lo que hasta este punto era llamado “Capas del Potreo” o “Pizarra Potrero” fue cambiado de nombre debido a que sedimentos del Cretácico Inferior en Sonora se denominaron de la misma manera (King, 1939), por lo que Imlay y colaboradores (1948) basados en sus estudios aplicados a un estratotipo que se localiza en un tramo del río Vinasco, entre los ranchos La Calera y Badta (Erben, 1956) en el poblado de Huayacocotla, Veracruz, denominaron formalmente a los sedimentos Formación Huayacocotla.

Erben (1956) dividió a la Formación Huayacocotla en nueve unidades, basándose en su litología, además de hacer la descripción de 100 taxones de amonites, de los cuales al menos la mitad los describe como nuevos taxones. Posterior a este trabajo, se hacen una serie de estudios geológicos como los de Carrillo-Bravo (1965) quien cartografió parte del anticlinorio; Schmidth-Effing (1980) hace una revisión de la geología de la formación y Flores-Castro (1993) hace la cartografía del valle de Tenango de Doria. En 1998 Cantú-Chapa propone una teoría para explicar el posible origen de la Formación Huayacocotla, cuestiona la existencia de un paleocorredor argumentando una mala correlación con una



formación de Venezuela. En el mismo año Ochoa-Camarillo y colaboradores hacen un estudio sobre la tectónica, biogeografía y paleoecología del Jurásico en el Anticlinorio Huayacocotla, en donde mencionan los sedimentos de la Formación Huayacocotla en el municipio de Molango en el propio Estado de Hidalgo.

Estudios más recientes de diversa índole han sido los de Blau y Meister (2000), Blau *et al.* (2001, 2003), Meister *et al.* (2002) y Meister *et al.* (2005) estos trabajos son de tipo taxonómico-bioestratigráfico en donde se describen taxones de amonites hallados en la región de Tenango de Doria; Ochoa-Camarillo (1997), Rosales-Lagarde *et al.* (1997), Ortega-Gutiérrez (1997), Centeno-García y Rosales-Lagarde (1997), quienes han hecho investigación sobre el anticlinorio o el de Flores-Castro *et al.* (2006) que realiza en una serie de trabajos de corte geoquímico.

La integración de la información generada hasta el momento sobre la Formación Huayacocotla, tanto de manera geológica, como en la composición de fauna fósil, ha desembocado en la realización de los primeros estudios de tipo paleoambiental (Esquivel-Macías *et al.*, 2005; Gayosso-Morales, 2007; Granados-León, 2007; Hernández-Velázquez, 2007), aunque la información que se puede obtener a partir de los sedimentos de la Formación Huayacocotla es continua, debido a que se han encontrado nuevos afloramientos (Blau *et al.*, 2008).



#### 4. JUSTIFICACIÓN

Durante 120 años, los sedimentos de la Formación Huayacocotla han sido estudiados con diversos fines, desde los económicos en la búsqueda de petróleo hasta investigaciones de tipo científico y aunque hay un cúmulo importante información que se ha compilado a lo largo de este tiempo, se siguen descubriendo afloramientos (Blau *et al.*, 2008) que pueden aportar novedades a lo ya conocido.

Considerando lo anterior, el presente trabajo tiene un valor científico, ya que al integrar información previa que hay sobre la mencionada formación (geológica, geoquímica, taxonómica) y sus afloramientos, con los datos obtenidos a partir del material fósil encontrado en el nuevo afloramiento objeto de este estudio para hacer una interpretación paleoambiental, se aporta además de esta interpretación una serie de datos que permiten ampliar el conocimiento que se tiene del Jurásico Inferior en México, definiendo su extensión, límites, contactos y sucesión faunística. Esto además, tiene implicaciones en temas como el origen y evolución del Golfo de México o distribución de grupos biológicos antiguos.

Se obtiene también un valor docente, al ampliar la información sobre la diversidad faunística del Estado de Hidalgo, reconstruyendo partes de uno de los diferentes ecosistemas que se desarrollaron en este territorio a través del tiempo y siendo estos datos testimonio de su evolución geológica.

Además de lo anterior, también se crea un marco de referencia para los futuros estudios aplicados a la zona que junto con otros trabajos de tipo paleoambiental, permitan hacer la interpretación de las condiciones ambientales que predominaron en la paleocuenca Huayacocotla.



## 5. OBJETIVOS

### 5.1 General

- ❖ Describir la fauna de amonites y bivalvos encontrados en un afloramiento de la Formación Huayacocotla en Tenango de Doria, Hidalgo y conocer sus implicaciones paleoambientales y bioestratigráficas.

### 5.2 Particulares

- ❖ Utilizar los grupos fósiles identificados como indicadores del contexto original del ambiente biótico a interpretar, a partir de la información taxonómica que se obtenga.
- ❖ Relacionar los datos que aporta el análisis morfofuncional de los taxones con la información obtenida a partir de otras líneas de evidencia.
- ❖ Aplicar análisis de abundancia relativa de las especies, índice de espectro de hábitat, abundancia relativa e índice de diversidad y dominancia, estructura de tallas en bioclastos y petrología sedimentaria que proporcionen información de valor ambiental
- ❖ Ubicar bioestratigráficamente al afloramiento, con base en las especies de amonoideos.



## 6. ÁREA DE ESTUDIO

### 6.1 Localización y acceso

El sitio de estudio se encuentra en el municipio de Tenango de Doria, ubicado al oriente del Estado de Hidalgo (Figura 1). Se puede acceder desde la Ciudad de Pachuca de Soto por la carretera federal 130 hacia Tulancingo de Bravo; posteriormente seguir hasta el entronque San Alejo y desde ahí se debe tomar la carretera estatal 51 que conduce al municipio de Metepec. Continuar por la carretera estatal número 53 a Tenango de Doria, cabecera municipal, posteriormente, para acceder al afloramiento se debe continuar hacia la comunidad El Desdavía. El afloramiento de estudio se ubica en los 20° 20'54.3" latitud Norte y en los 98° 15'05.9" longitud Oeste (Figura 2).

El afloramiento denominado "La Fiesta" (Figura 2) presenta una altura de 30.2 metros y una longitud de 50 metros, está formado por una limolita-arenosa cuarzo-feldespática, presentando una estructura masiva. No hay estratificación, en su lugar se observa laminación. La altura aquí presentada puede variar por efecto de derrumbes que son frecuentes en la zona debido a las condiciones climáticas, que en temporada de lluvias son de mucha humedad.

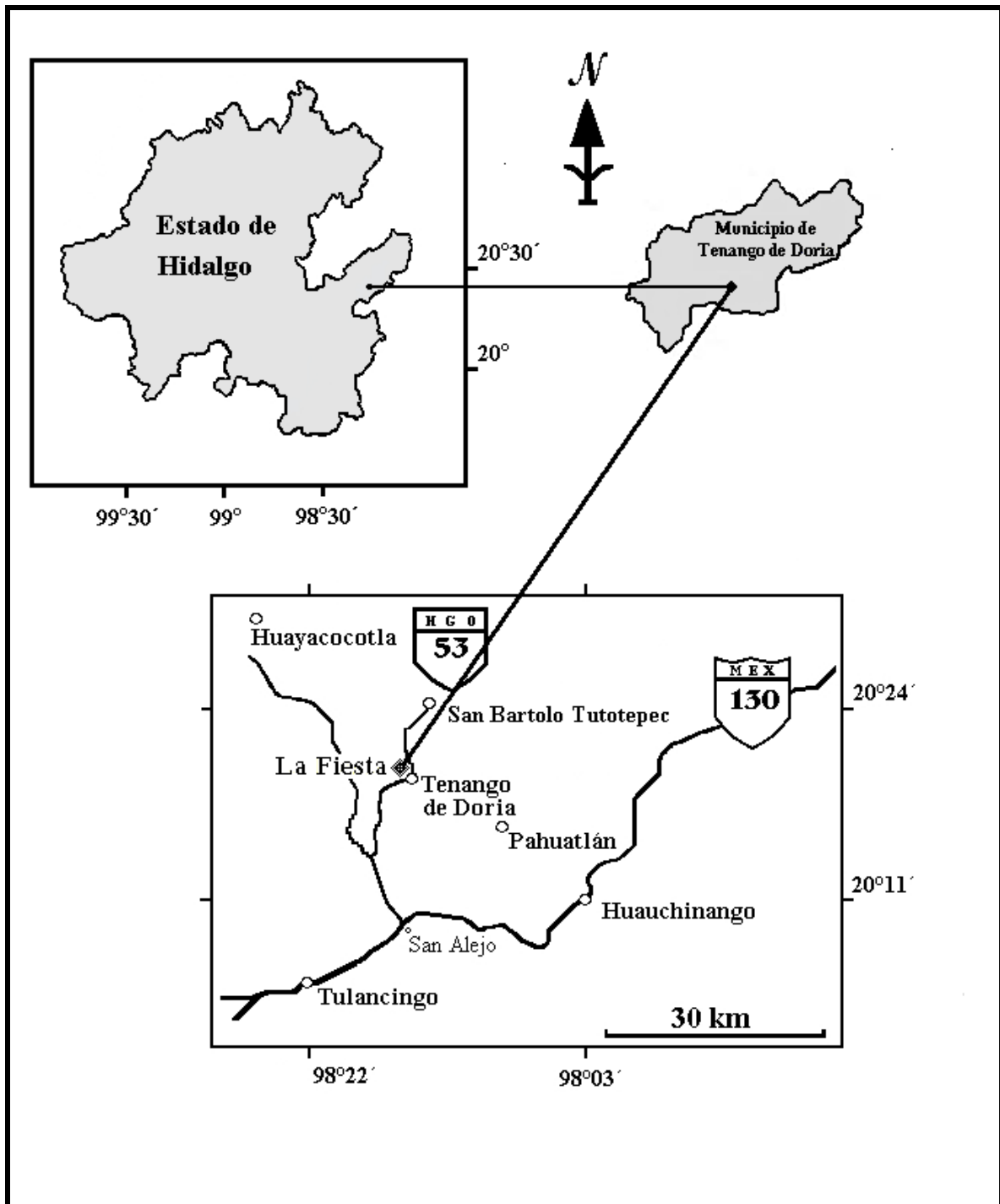


Figura 1. Mapa de acceso al afloramiento. Tenango de Doria en el Estado de Hidalgo y afloramiento “La Fiesta” (Tomado y modificado de Esquivel-Macías *et al.*, 2005).



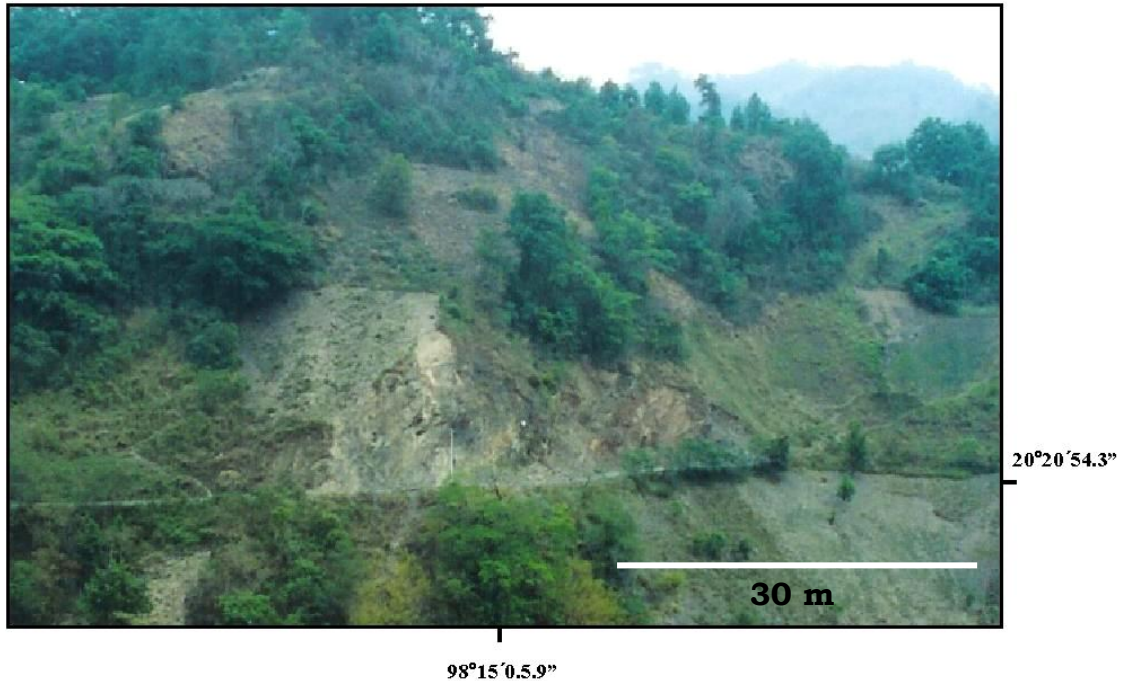


Figura 2. Vista del afloramiento “La Fiesta”, al momento de la primera recolecta, en su punto más elevado presentaba una altura de 30.2 metros.

## 6.2 Geología Regional

Geomorfológicamente, la Sierra Madre Oriental es una provincia muy bien definida que consiste una cadena montañosa formada por plegamientos alargados en sentido general Noroeste Sureste en su porción sur y en sentido Este Oeste en su porción norte. Consiste principalmente de rocas sedimentarias marinas (López-Ramos, 1979).

La Sierra Madre Oriental, desde el punto de vista morfo-tectónico, es una provincia que incluye las cordilleras y sus tierras bajas asociadas a valles intermontanos, la mayor parte está constituida por cuerpos jurásicos y cretácicos de rocas sedimentarias marinas así como de cuerpos cenozoicos de rocas sedimentarias clásticas (Ferrusquía-Villafranca, 1998). Colinda con otras provincias que son, al norte las Mesetas y Cordilleras de Chihuahua y Coahuila; al sur con la Franja Volcánica Transmexicana, al este con la Meseta Central y al oeste con la Planicie Costera del Golfo (Ferrusquía-Villafranca, 1998). Fisiográficamente, la provincia consiste en cordones plegados, valles y mesetas



intermontanas alargadas, cuyas posiciones y extensiones se explican mejor en términos de subprovincias (Ferrusquía-Villafranca, 1998).

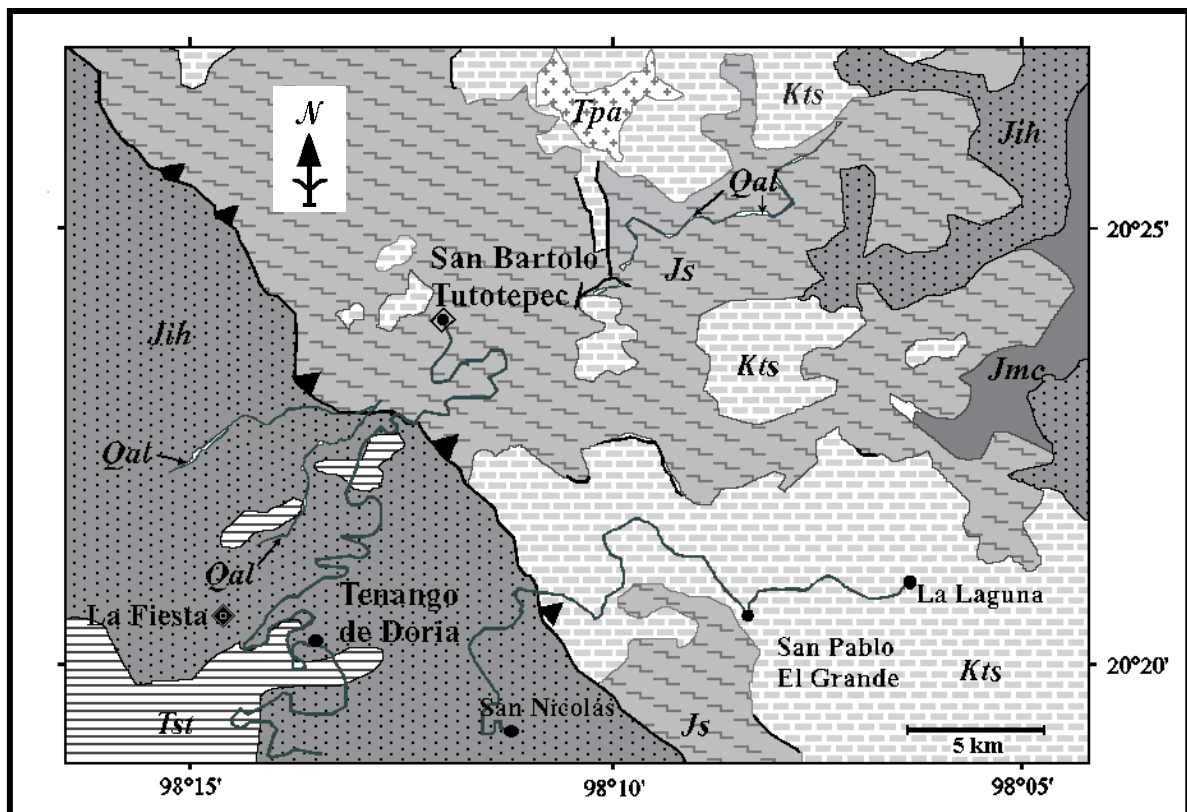
Hacia el Centro-Oriente de México, al Nor-Oriente del Estado de Hidalgo, se puede encontrar una de las dos subprovincias de la Sierra Madre Oriental que es, Cordones Estrechamente Espaciados, se extiende desde el sureste de Coahuila hasta el oriente de San Luis Potosí, Tamaulipas central y el noreste de Querétaro (Ferrusquía-Villafranca, 1998).

Los cuerpos de roca Jurásica en la subprovincia sureña de Cordones Estrachamente Espaciados, son numerosos y están ampliamente distribuidos (Dueñas-García *et al.*, 1992); en la unidad inferior suroccidental de la banda jurásica se encuentra la Formación Huayacocotla, bien desarrollada desde las inmediaciones de Huauchinango, Puebla hasta el norte de Pisaflores, Hidalgo. La localidad tipo se encuentra al oriente del poblado de Huayacocotla, Veracruz a orillas del río Vinasco (Burckhardt, 1930), tiene un espesor considerado entre los 400 metros (Erben, 1956) a 500 metros (López-Ramos, 1979); es una secuencia de lutitas negras bandeadas, apizarradas y fracturadas, también puede contener areniscas de grano fino en bancos gruesos (Dueñas-García *et al.*, 1992).

El área de estudio, la cual se encuentra inmersa en la subprovincia sureña, de Cordones Estrechamente Espaciados, posee un conjunto de unidades mesozoicas y cenozoicas (Figura 3) que presentan un intervalo que va desde el Jurásico Inferior al Cenozoico Inferior (Burckhardt, 1909-1930; INEGI, 1983; Flores-Castro, 1993), en de la unidad de rocas mesozoicas está ubicado el municipio de Tenango de Doria, Hidalgo, en donde se encontró el nuevo afloramiento.

El afloramiento “La Fiesta”, objeto del presente estudio, pertenece a la Formación Huayacocotla Jurásico Inferior (Imlay *et al.*, 1948), la que conforme a la descripción de la localidad tipo, subyace a la Formación Cahuascal (Jurásico Medio) y sobreyace a la Formación Huizachal (Triásico, López-Ramos, 1979), aunque en el sitio de estudio, ésta secuencia mesozoica se encuentra posiblemente cubierta ya que no ha sido encontrada.

El afloramiento es de edad sinemuriana, considerando la presencia de *Paltechioceras tardecrescens*, *P. rothpletzi* y *P. harbledownense* (Meister *et al.*, 2005; Hillebrandt, 2006; Page, 2003; Venturi *et al.*, 2006), al descubierto presenta 30.2 metros y una longitud de 50 metros, está formado por limolita-arenosa cuarzo-feldespática y muestra sedimentación masiva con estratificación microlaminar (Figura 4).



<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"><i>Qal</i></div> <p>ALUVIÓN: grava, arenisca y limolita a lo largo de los ríos y arroyos, suelos de erosión.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"><i>Js</i></div> <p>FM. PIMIENTA, TAMAN, SANTIAGO Y TEPEXIC: FM. TEMASCALAPA: paquetes clásticos constituidos por arenisca, limolita, lutita y calcarenita.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"><i>Tpa</i></div> <p>FM. ATOTONILCO EL GRANDE: basalto.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"><i>Jmc</i></div> <p>FM. CAHUASAS: conglomerado oligomictico constituido por fragmentos de arenisca oxidada en matriz arcillosa.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"><i>Tst</i></div> <p>SERIE VOLCÁNICA TLANCHINOL: andesita.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"><i>Jih</i></div> <p>FM. HUAYACOCOTLA: Interacciones de arenisca, limolita y lutita en estratos delgados con ocasionales lentes de caliza arenosa.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 40px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"><i>Kts</i></div> <p>FM. TAMAULIPAS SUPERIOR, CALIZA EL DOCTOR, FM. EL ABRA: caliza de plataforma abierta con nódulos de pedernal que cambia a facies arrecifales.</p>	

Figura 3. Geología Regional del afloramiento “La Fiesta” (Tomado y modificado de Esquivel-Macías *et al.*, 2005).

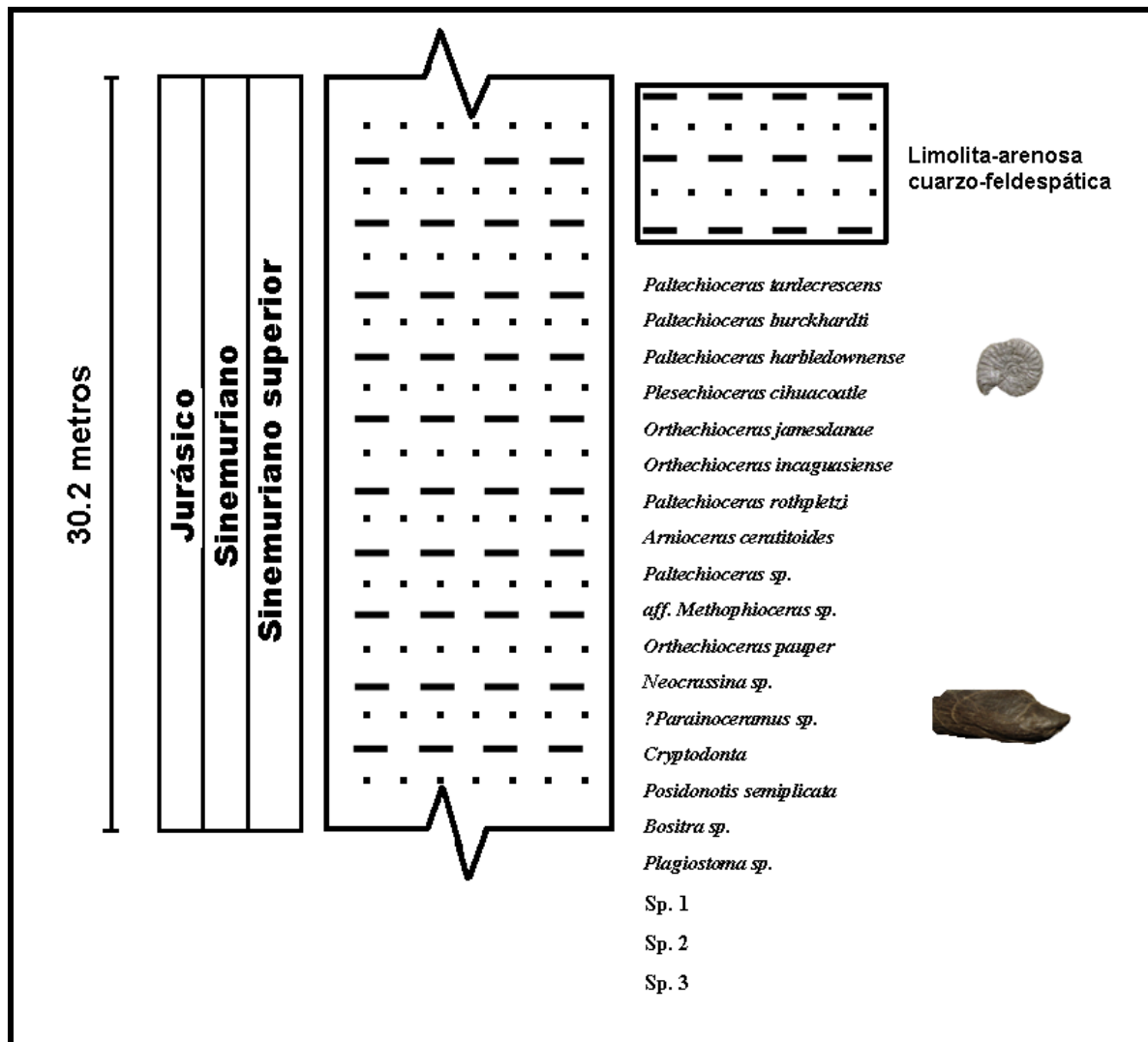


Figura 4. Perfil litológico del afloramiento “La Fiesta”. La roca que compone al afloramiento es de tipo masivo, presenta laminación, de acuerdo a los minerales que la componen y sus respectivos porcentajes, se le denominó limolita arenosa cuarzo-feldespática. El listado de especies (derecha), es de la fauna que se ha encontrado en las rocas del afloramiento, sin que el orden en el que se presentan corresponda a su distribución en la roca.



## 7. MÉTODO

### 7.1 Recolecta

Se realizaron dos recolectas; la primera se llevó a cabo a la par del hallazgo de la localidad fosilífera. Una vez localizado el afloramiento, se procedió a tomar coordenadas del sitio, para posteriormente ubicarlo en un mapa geológico. El material fósil obtenido se recolectó de manera libre, es decir, sin considerar criterios de integridad del material, cantidad de ejemplares o tamaño de los mismos. El esfuerzo de búsqueda se aplicó sobre la base del acantilado, recolectando material fósil procedente de la pared rocosa del afloramiento, pero disperso al pie del mismo, a estas rocas se le llamó “al pie del afloramiento”, cada roca fue numerada, envuelta y transportada al Museo de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo para su posterior análisis.

Tomando en cuenta la información preliminar obtenida de las rocas de la primera recolecta (como que el afloramiento pertenece a la Formación Huayacocotla, en el cual se encontró abundante material fósil y que la roca presenta la cualidad geológica de laminación, además de que el sitio no había sido estudiado con anterioridad) se consideró pertinente realizar una nueva recolecta.

En la segunda recolecta, el método se realizó en dos pasos:

1) Se escogieron cuatro sitios repartidos a lo largo de la cantera (estos sitios se denominaron: parte norte, parte media, parte sur y parte extremo sur) y se aplicó sobre ellos un esfuerzo equivalente de búsqueda con tiempo límite de una hora, al término de la cual se compararon los resultados, de esta manera el sitio con mayor cantidad de fósiles se designó como el perfil representativo del sitio.

2) Se amplió y detalló la búsqueda durante un día de trabajo para obtener una muestra considerada representativa.

A cada roca se le anotó un número, en una serie consecutiva a la serie numérica utilizada en la primera recolecta; también se les anotó el dato del perfil de origen (parte norte, parte media, parte sur o parte extremo sur) en el caso de material proveniente de la cantera. Nuevamente se recolectó material de roca suelta sobre la base del afloramiento, este material se numeró y designó como procedente “al pie del afloramiento”. Los ejemplares fueron envueltos con papel periódico y colocados en cajas de acuerdo con su perfil de origen. Una vez terminada la recolecta el material fue empaquetado y así como



con el material de la primera recolecta, este también fue llevado al Laboratorio de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo para su estudio.

El método de recolecta, aunque planeado específicamente para las condiciones del afloramiento de estudio, observa las características necesarias para la obtención de información seria y confiable (Gil-Cid y Mora-Núñez, 1996).

## 7.2 Análisis de los ejemplares.

En el laboratorio el material fue sometido a labor de limpieza con el objetivo de retirar el sedimento excedente, pero cuidando que este proceso no comprometiera la integridad de los fósiles, también fueron lavados con agua y brocha fina. Aquellos fósiles que mostraran rupturas o zonas de debilidad en la matriz rocosa, fueron reforzados aplicando vendas de yeso a las ranuras o posibles fracturas.

Una vez preparadas las rocas para su manejo, se hizo revisión de cada una para numerar a los fósiles en caso de que tuvieran más de uno, por lo que el número de ejemplar está compuesto por el número consecutivo del hallazgo de la roca y entre paréntesis el número que se le asignó al fósil dentro de la matriz de la propia roca, ejemplo: Roca no.1, fósil 1 = ejemplar 1(1).

El siguiente paso fue la identificación de los fósiles, para lo cual inicialmente se les organizó en grupos de afinidad morfológica mediante una revisión preeliminar, posteriormente se procedió a estudiar la morfología de cada conjunto de individuos para realizar las descripciones correspondientes las cuales fueron elaboradas con base en la terminología y las estructuras propias tanto para amonoideos como para bivalvos empleadas en la literatura. Una vez realizadas las descripciones, estas fueron comparadas con diagnosis, descripciones e imágenes hasta confirmar una identidad taxonómica (Erben, 1956; Aberhan y Pálffy, 1996; Kaesler, 1996; Aberhan, 1998; Delevine, 1998; Blau y Meister, 2000; Blau *et al.*, 2001, 2003; Meister *et al.*, 2002; Meister *et al.*, 2005).

A cada ejemplar identificado se le asignaron los siguientes datos: especie, nombre del afloramiento, número de catálogo, número de recolecta, origen de la roca (recolectada al pie del afloramiento, en la parte norte, media, sur o extremo sur del afloramiento), colector y fecha de colecta.

Los fósiles se encuentran resguardados en la gaveta número tres de la Colección de Invertebrados del Museo de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



### 7.3 Paleontología sistemática

Para la identificación de los grupos fósiles se utilizaron las características empleadas frecuentemente en la literatura referente a cada grupo (Erben, 1956; Aberhan y Pálffy, 1996; Kaesler, 1996; Aberhan, 1998; Delevine, 1998; Blau y Meister, 2000; Blau *et al.*, 2001, 2003; Meister *et al.*, 2002; Meister *et al.*, 2005). En el caso del grupo de los amonoides, se utilizaron dos características relacionadas con la forma de la concha cuyo método de medición se desarrolló en este trabajo (Características número 2 y 8, ver abajo explicación para cada una), éstas se aplicaron básicamente como criterio de agrupación para definir los conjuntos de afinidad morfológica. El método de medición pudo aplicarse a imágenes de amonoides presentados en parte de la literatura consultada (Erben, 1956; Blau y Meister, 2000; Blau *et al.*, 2001, 2003; Meister *et al.*, 2002; Meister *et al.*, 2005) con lo que se obtuvo un par de criterios auxiliares en la toma de decisiones para la identificación.

Cabe hacer mención que para los géneros *Paltechioceras*, *Orthechioceras* y *Plesechioceras*, miembros de la familia Echioceratidae, se utilizó la diagnosis conforme a la taxonomía vigente (Kaesler, 1996).

#### Amonites

A continuación se enlistan y explican las características diagnósticas consideradas para la identificación taxonómica del grupo de amonoides, a su vez, se ilustran en la Figura 5. Respecto a la característica número 2 (forma de la concha), se agrega un gradiente numérico con un nombre propuesto para cada intervalo, con el objetivo de unificar el criterio sobre el tipo de concha debido a que, para describirla cada autor tiene una percepción distinta al describir la forma de la concha. Es por esto que se propone un método para cuantificar la forma de la concha y un nombre para cada rango numérico.

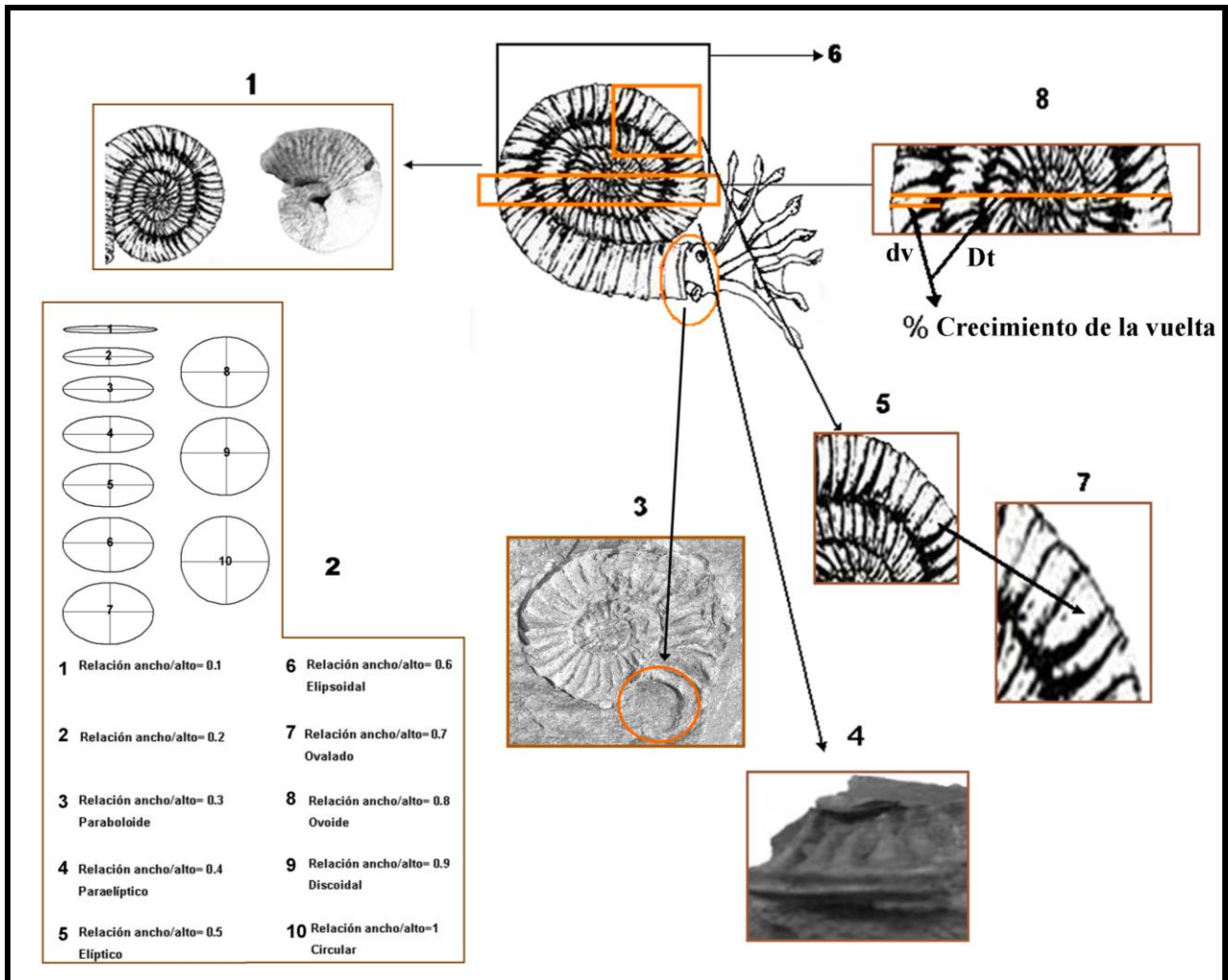


Figura 5. Morfología de amonites. Caracteres utilizados para llevar a cabo su identificación. 1) Enrollamiento de la concha (evoluto o involuto), 2) Forma de la concha, 3) Sección de la vuelta (elíptica, cuadrada, subcuadrada, subrectangular, circular), 4) Vientre (liso, carinado, o tricarinado), 5) Forma y cantidad de costillas, 6) Diámetro mayor, 7) Tamaño del espacio intercostal y 8) Crecimiento de la vuelta. Características morfológicas usadas para realizar las descripciones e identificación del material fósil de amonoides. (Cuadro elaborado a partir del material de estudio).

- 1) Enrollamiento de la concha. Presenta dos categorías: Evoluta, pueden verse claramente todas las vueltas de la espiral, la vuelta más reciente llega a cubrir a la anterior de manera muy leve sin ocultarla o no cubrir a la vuelta anterior (Figura 5.1, concha izquierda). Involuta, durante el enrollamiento de la concha la vuelta más reciente enmascara a la anterior, por lo que llega a verse como la vuelta dominante (Figura 5.1, concha derecha).





- 2) Forma de la concha. Para su descripción usualmente se utilizan términos como: elíptica, subelíptica, redondeada, ovalada; estos términos son variables conforme a la apreciación de cada investigador. Con el fin de unificar la percepción de la forma de la concha, en este trabajo se aplica un criterio numérico, el cual parte de la premisa de que en un círculo, al dividir dos diámetros (ancho y alto), la relación (que es el cociente de la división) es igual a 1, por lo tanto, en la medida en que dichos diámetros cambien su longitud la forma del círculo se modifica obteniéndose variación en su forma geométrica, de manera que un círculo tiene relación ancho/alto igual a 1, mientras que una elipse es igual a 0.5. La obtención de un número decimal menor a 1 se realiza dividiendo el diámetro mayor entre el diámetro menor de la figura geométrica. Considerando que las conchas de amonoides son figuras geométricas, a las cuales es posible cuantificar de esta forma, se creó una tabla de gradientes numéricos (Cuadro 1) en donde a los intervalos designados se les otorga un nombre relacionado a la forma que se observa (Figura 5.2). Al criterio numérico para establecer forma de la concha se le denominó relación ancho/alto ( $r\ a/A$ ), que al ser una proporción, es posible obtenerla a partir de fotografías de ejemplares.
- 3) Sección de la vuelta. Es la forma que tiene el borde la de cavidad de la concha (Figura 5.3). Las categorías utilizadas para describir esta cavidad son: elíptica, cuadrada, subcuadrada, subrectangular o circular.
- 4) Ventre. El vientre del amonite puede ser liso, carinado, bicarinado o tricarinado. Esta característica considera la presencia de estructuras en forma de crestas que son proyecciones de la concha colocadas a lo largo del vientre denominadas quillas (Figura 5.4).
- 5) Forma y cantidad de costillas. Los fósiles de amonoides encontrados presentan una ornamentación denominada costilla. Las costillas se encuentran desde el inicio de la espiral y hasta la última vuelta de la concha. Para hacer conteo de costillas, se tomó en cuenta solo la mitad de cada vuelta (Figura 5.5). Se describió también la forma general de las costillas con las siguientes categorías: recta, curva (cóncava, convexa), prosirradiada (inclinada en dirección anterior) y rursirradiada (inclinada en dirección posterior).
- 6) Diámetro mayor. La espiral de la concha de un amonoide inicia con la protoconcha (Landman *et al.*, 1996) la cual es lisa; posteriormente inicia la ornamentación



(costillas), a partir de la primera costilla se sigue la espiral hasta completar una vuelta, a esta se le denominó primera vuelta en cuyo punto final inicia la segunda vuelta, de esta manera se continua contando vueltas hasta completar la longitud de la concha. Una vez determinadas las vueltas desde su origen (cuando el estado de preservación lo permite), se midió su diámetro mayor, dato que fue registrado en una tabla indicando el número de vuelta de la que se obtuvo (Figura 5.6).

- 7) Tamaño del espacio intercostal. El espacio intercostal es el espacio que existe de una costilla a otra. El tamaño de este espacio se determina haciendo una comparación con la superficie de una de las costillas que lo bordean, caracterizándolo como: del mismo tamaño que la superficie de la costilla, al doble o mayor al doble (Figura 5.7).
- 8) Crecimiento de la vuelta. Esta es otra característica desarrollada durante el este trabajo y al igual que la número 2 debido a que es una proporción puede estimarse a partir de fotografías. Se trata de determinar qué tanto crecía el animal durante su ontogenia, con base en la probabilidad de una distribución normal en las tallas que lo individuos de una especie presentarían en cada etapa de la ontogenia, se esperaría que individuos de una misma especie presentaran similitud en los diámetros que la concha presenta con cada vuelta. Para ello debe elegirse una vuelta que pueda compararse en todos los especímenes (es decir, el número de vuelta más avanzado en el que la mayoría de los especímenes tengan dato de diámetro mayor) ya que el dato de diámetro mayor es utilizado junto con el diámetro dorso-ventral (Figura 5.8) de una parte de la espiral correspondiente a esa vuelta. Por medio de regla de tres, se calcula el porcentaje de la espiral de la siguiente manera:

$$(dv \times 100) / Dt = \% \text{ de crecimiento}$$

donde:

$dv$  = Diámetro dorso-ventral de la vuelta

$Dt$  = Diámetro total de la vuelta

$\% \text{ de crecimiento}$  = Crecimiento de la vuelta



Cuadro 1. Propuesta para nombres de la forma de la concha a partir de rangos centesimales basados en la relación ancho/alto ilustrada en la Figura 5.2.

<b>Relación ancho/alto</b>	<b>Nombre</b>
1 – 0.97	Circular
0.96 – 0.94	Subcircular
0.93 – 0.87	Discoidal
0.86 – 0.84	Subdiscoidal
0.83 – 0.77	Ovoide
0.76 – 0.74	Sobovoide
0.73 – 0.67	Ovalado
0.66 – 0.64	Subovalado
0.63 - 0.57	Elipsoidal
0.56 – 0.54	Subelipsoidal
0.53 – 0.47	Elíptico
0.46 – 0.44	Superelíptico
0.43 – 0.37	Paraelíptico
0.36 – 0.3	Paraboloide

### Bivalvos

El procedimiento de identificación que se siguió fue similar al de los amonoideos, primero se realizaron descripciones con base en la morfología del grupo (Figura 6) utilizando terminología basada en la literatura (Aberhan y Pálffy, 1996; Kaesler, 1996; Aberhan, 1998; Delevine, 1998) y fueron:

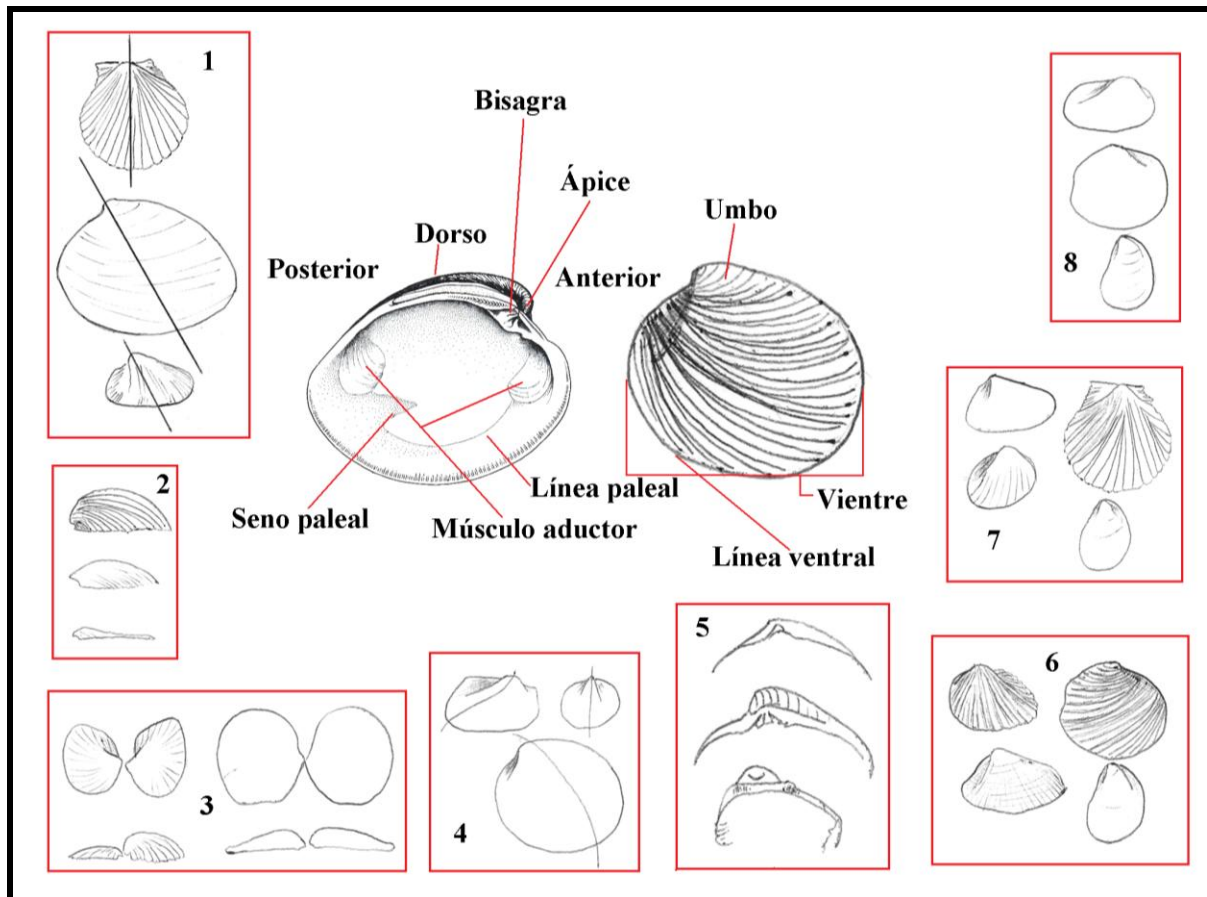


Figura 6. Morfología de bivalvos. 1) Equilateralidad de la valva (de arriba hacia abajo, equilateral, inequilateral, inequilateral con una prolongación pronunciada hacia el lado posterior), 2) Curvatura de la valva (de arriba hacia abajo, convexa, ligeramente convexa, plano-convexa), 3) Equivalencia entre ambas valvas (de izquierda a derecha, inequivalva, equivalva), 4) Forma del umbo (de izquierda a derecha y luego hacia abajo, hacia la parte anterior, central, hacia la parte posterior), 5) Forma del ápice (de arriba hacia abajo, fino, afilado, ancho y redondeado), 6) Ornamentación de la valva (arriba de izquierda a derecha, costillas radiales, costillas comarginales o concéntricas; debajo de izquierda a derecha, ambos, lisa), 7) Curvatura de la línea ventral (izquierda de arriba hacia abajo, recta, ligeramente convexa; derecha de arriba hacia abajo, convexa, profundamente convexa o elongada), 8) Forma de la concha (de arriba hacia abajo, ovalada antero-posteriormente, ovada, ovalada dorso-ventralemente) y 9) Talla.

(Figura elaborada para su aplicación en el presente trabajo).

- 1) Equilateralidad de la valva. Se trata de determinar si ambos lados de una valva (anterior y posterior) son simétricos o no. Los caracteres son, equilateral o inequilateral; en caso de valva inequilateral puede haber desde una variación apenas visible en la simetría, hasta la prolongación del lado anterior o del posterior de manera prominente. La equilateralidad de la valva es una característica que puede captarse a simple vista (Figura 6.1).



- 2) Curvatura de la valva. Las valvas, al ser dos placas que cubren a un molusco, presentan una cavidad entre ellas, que es donde se aloja el animal, el tamaño y forma de esa cavidad da curvatura a la parte exterior de cada valva. Esta característica se describió de acuerdo a lo prominente de la curvatura y se dividió en convexa (curva prolongada), ligeramente convexa (curva poco prominente), plano-convexa (concha aplanada con una pequeña prominencia hacia el área central de la parte externa) (Figura 6.2)
- 3) Equivalencia entre ambas valvas. En caso de tener ambas valvas se determina si estas son de idénticas proporciones o son distintas. Los caracteres son; equivalva e inequivalva (Figura 6.3).
- 4) Forma del umbo. El umbo es la prolongación del ápice sobre la parte externa de la valva que tiene dirección hacia el vientre. Se describió de acuerdo a la trayectoria que presentaba, en tres estados; hacia parte anterior, hacia parte posterior o central (Figura 6.4).
- 5) Forma del ápice. El ápice es el extremo dorsal de la valva que generalmente tiene forma de punta. Se describieron las características referentes a forma de la punta (ancho y redondeado, fino, afilado); el ápice fue usado también como punto de referencia para describir al umbo (Figura 6.5).
- 6) Ornamentación de la valva. Para los ejemplares del afloramiento “La Fiesta”, solo se describieron costillas, ya que no se encontró otro tipo de ornamentación, los estados de carácter considerados fueron; liso, costillas radiales, costillas concéntricas, ambos; cada estado de carácter con detalles como: densidad, forma de las costillas (rectas u onduladas) y/o distribución en la superficie de la valva (Figura 6.6).
- 7) Curvatura de la línea ventral. El extremo contrario al ápice es la línea ventral o perímetro ventral. Puede ser recto, ligeramente convexo, convexo, profundamente convexo o elongado (Figura 6.7).
- 8) Forma de la concha (perímetro). Considerando el perímetro de la concha, se describió su forma describiéndola como figuras geométricas relacionadas al óvalo y, especificando la dirección del diámetro mayor (dorso-ventral, antero-posterior) (Figura 6.8).
- 9) Talla. Se midió el diámetro antero-posterior y dorso-ventral de cada concha y se describió el resultado de la comparación entre estos diámetros.



#### 7.4 Morfología Funcional

Los estudios de morfología funcional se aplican para determinar hábitos y hábitats, basándose en las características morfológicas que los organismos requieren para desarrollarse en determinadas condiciones. En el presente trabajo se aplicó la información ya existente en la literatura (Landman *et al.*, 1996), para el caso de los amonoides, esta información se basa en la forma de la concha para determinar su hábito mediante un diagrama (Figura 7) en el cual se comparan las formas de la concha de los fósiles que se tienen, con las representadas en la imagen y se obtiene el hábito al que está relacionada la concha.

Para el caso de los bivalvos, una vez determinadas las especies, se consultó en la literatura buscando para cada una la información relativa al hábitat al que están relacionados (Aberhan y Pálffy, 1996; Damborenea y González-León, 1997; Aberhan, 1998).

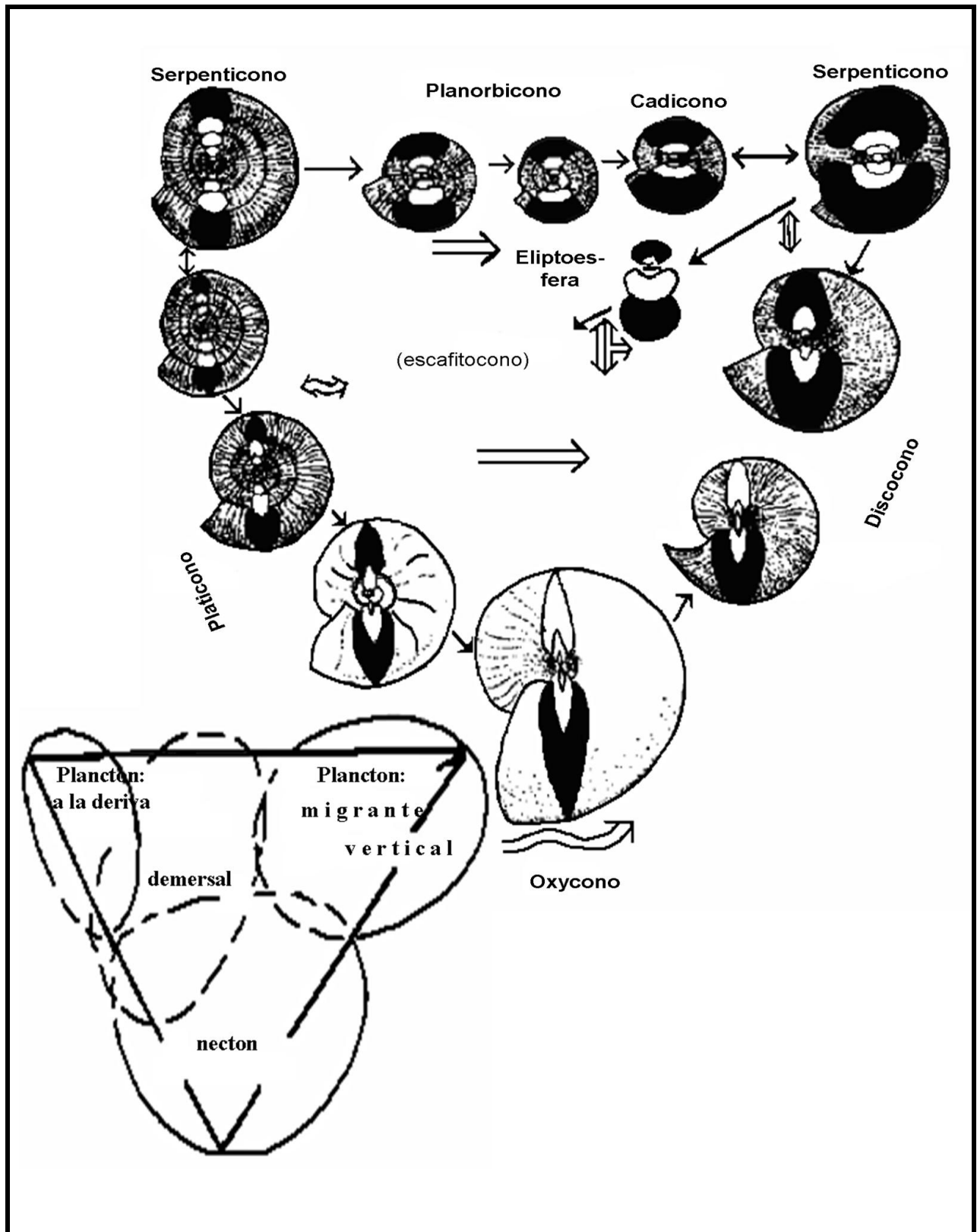


Figura 7. Morfología funcional. Diagrama tomado de Landman *et al.* (1996), muestra los tipos de concha relacionados a los hábitos de los amonites. A partir de la comparación de los tipos de concha que presentan los amonites de “La Fiesta” con los descritos en este diagrama, se determinaron sus hábitos.



## 7.5 Abundancia relativa e índice de diversidad.

Para representar la abundancia relativa de las especies identificadas para el afloramiento “La Fiesta”, tanto en amonites como en bivalvos, se graficó la cantidad de individuos identificados por especie. De esta manera, se evidencian a las especies más abundantes de los dos grupos. Los diagramas representativos utilizados para esto son histogramas de frecuencia, en donde se muestra de manera gráfica a las especies más abundantes con base en el número total de individuos identificados para el afloramiento.

Se aplicaron índices de diversidad que es una manera de ponderar la abundancia de individuos por especie de la muestra tomada en el afloramiento de estudio. Los índices aplicados para este fin son el de Simpson y el de Shannon-Wiener (Moreno, 2001), que fueron aplicados por medio del programa Diverbas, desarrollado por computadoras Microm S.A. de C.V. (1984).

## 7.6 Espectro de hábitat

Este es un análisis útil en las interpretaciones paleoambientales, en cuanto a la distribución de la fauna y su relación espacial con sitio en donde se fosilizaron (Steadman y Miller, 1988; Mourer-Chauviré, 1989; Sánchez-Marco, 1990; Mlíkovsky, 1992), es decir, ayuda a evidenciar qué taxones se fosilizaron *in situ*, cuáles fueron depositados por arrastre y de dónde provenía la mayor parte de ellos.

Los fósiles hallados en el afloramiento “La Fiesta” representan especies que sugieren, por medio de análisis morfofuncional e información referente a cada una, que no todas ellas habitaban el sitio en el que quedaron depositados los especímenes que las representan. En relación a lo anterior se observó que hay rocas con numerosos fragmentos de conchas lo que es un indicador de arrastre.

Por lo tanto, el análisis de espectro de hábitat permite evidenciar con base en la información de distribución de los taxones, el o los hábitat de donde provenía la fauna y así, definir qué taxones originalmente habitaban el sitio de fosilización.

El método consiste en identificar los hábitat que cada especie representa, lo cual se obtiene mediante el análisis morfofuncional e información referente a cada una, de esta facies de Wilson (1975) quien las presenta en plataforma carbonatada y en este trabajo se aplican el modelo estándar para plataforma nerítica siliciclástica; de manera se establece un





intervalo de distribución, que en este trabajo se trata de las plataforma nerítica fragmentada en sus tres principales partes, más tres biotopos aledaños a la plataforma nerítica lo cual completa un paisaje de plataforma continental y son los siguientes:

- Plataforma intermareal
- Plataforma nerítica proximal
- Plataforma nerítica media
- Plataforma nerítica distal
- Pendiente de talud
- Cuenca oceánica

Con el listado de especies y el intervalo de distribución, se procede a dar valores a los hábitats, el valor es el mismo para cada especie y es igual a 1, este número se dividió entre la cantidad de hábitats en los que la especie se distribuía, de manera que cuando solo se encontraba en un hábitat, éste obtuvo un valor de 1, mientras que, en caso de dos hábitat o más de distribución, el valor de la especie igual a 1 se dividió entre la cantidad de sus hábitats de distribución:

$$P_h = 1/N_h$$

donde:

$P_h$  = Presencia de la especie por hábitat

$N_h$  = Número de hábitats de distribución de la especie

Ya que se dió valor a los hábitats por especie, se sumaron los valores obtenidos para cada hábitat y así se obtuvo el índice correspondiente:

$$I_{h, 1, 2, \dots, n} = \sum P_h$$

donde:

$I_h$  = Índice de hábitat

$P_h$  = Valor de la presencia de una especie en el hábitat



El índice de hábitat que da valor cuantitativo a las preferencias de hábitat (Andrews *et al.*, 1979; Van Couvering, 1980; Sánchez-Marco, 1999) se representó gráficamente obteniendo por medio de la línea resultante el espectro de hábitat.

### 7.7 Estructura de tallas en bioclastos

La estructura de tallas en bioclastos consistió en hacer una representación gráfica de intervalos de longitud a partir del diámetro mayor en bioclastos, considerando bioclasto a todo fósil o fragmento de fósil hallado en la matriz rocosa; esto con el fin de determinar si las conchas de amonoideos y bivalvos estuvieron sometidas al arrastre de corrientes, tomando en cuenta que la combinación de arrastre por corrientes y distancia tiene como resultado la fragmentación de las conchas.

De cada bioclasto se obtuvo el diámetro mayor (mm) como expresión de talla, los datos se dividieron en ocho intervalos de frecuencia de un rango de 1 a 200 mm, para definir la cantidad de intervalos se tomó como referencia el resultado obtenido mediante la fórmula de Sturges (Wayne, 1991):

$$k = 1 + 3.322 (\log_{10} n)$$

donde:

$k$ = Representa el número de intervalos de clase

$n$ = El número de valores en el conjunto de datos bajo consideración

Los resultados fueron graficados en un histograma de frecuencias.

### 7.8 Petrología sedimentaria

Se examinaron láminas delgadas extraídas de las rocas de estudio. Se envió a un profesional la muestra de roca para la extracción de las láminas mediante un proceso que implica hacer corte de la roca de manera perpendicular a la laminación, el montaje se hace en modalidad de estudio paleontológico, es decir, sobre un porta objetos se coloca el corte



y se pega con resina, posteriormente es desbastado hasta obtener un grosor de  $30\mu$ , a este grosor todos los minerales se hacen transparentes. El análisis se realizó con un barrido visual a 40X, en un microscopio petrográfico Olympus BX40.

La observación bajo microscopio permitió hacer la determinación de los minerales presentes, posteriormente se identificaron las características de los granos del sedimento como son: forma del grano (forma, redondez, textura), sorteo (grano bien seleccionado, moderadamente bien seleccionado, pobremente seleccionado, muy pobremente seleccionado), tamaño del grano (en base a la escala de Wentworth, con su representación gráfica) y su porcentaje de presencia en la matriz rocosa. Se tomaron como referencia las características para describir areniscas propuestas en Tucker (2001).

Con base en los porcentajes de los minerales obtenidos se identificó el tipo de roca del afloramiento “La Fiesta”, utilizando como criterio petrográfico un diagrama triangular (Vatán, 1967), que se observa en la Figura 8.

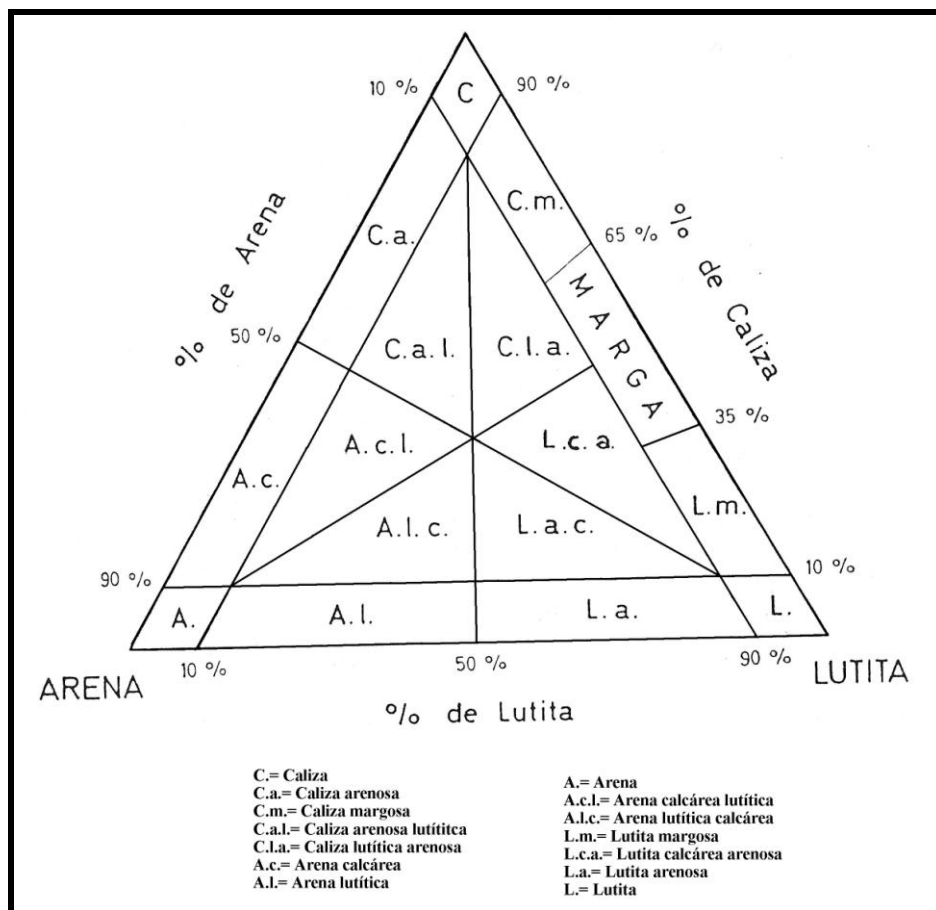


Figura 8. Diagrama triangular (Vatán, 1967), utilizado como criterio para definir a la roca que compone el afloramiento “La Fiesta”. Conforme al porcentaje que cada mineral presenta con relación a la matriz de roca, se determinó su nombre con base en su composición.



## 7.9 Bioestratigrafía

Se caracterizó a la roca por su contenido fósil con fines bioestratigráficos, para así poder determinar biozonas, las cuales son cuerpos de roca interpretados por la presencia de uno a más elementos diagnósticos; para este caso se toman como base elementos taxonómicos.

Para este análisis se utilizaron solo amonoideos ya que son fósiles indicadores de tiempo geológico. De las dos familias identificadas, Echioceratidae se ubicó como el grupo taxonómico indicador del tiempo geológico relativo por su diversidad y abundancia. Con base en la información disponible en textos especializados se determinaron los intervalos bioestratigráficos de las especies pertenecientes a la familia Echioceratidae (Erben, 1956; Page, 2003; Meister *et al.*, 2005; Hillebrandt, 2006; Venturi *et al.*, 2006) e identificadas para el afloramiento y se realizó un cuadro en donde se indican sus alcances estratigráficos, con el fin de ubicar en el tiempo geológico al afloramiento.



## 8. RESULTADOS

### 8.1 Recolecta

Se recolectaron en total 248 rocas, de que se obtuvieron 691 registros en tallas de bioclastos. Se identificaron 161 ejemplares, de los que resultaron 20 especies, 11 de amonites y nueve de bivalvos.

Se escogió una de las cuatro zonas en las que se dividió el afloramiento, que fuera representativa, es decir, donde convergen la mayor diversidad y número de individuos, esta es, la parte media que durante la recolecta fue la que presentó la mayor riqueza (Figura 9). El quinto punto de colecta de material es llamado “al pie del afloramiento”, ya que el material obtenido de este punto se trata de fósiles en rocas desprendidas de la pared del afloramiento y dispersas en la base de éste, los fósiles obtenidos de este punto son más abundantes que el las divisiones del afloramiento, sin embargo, no se le puede considerar punto representativo ya que no procede directamente de la pared del afloramiento. Se le incluye en gráficas y análisis debido a que es el origen de la primera recolecta y complemento de la segunda.

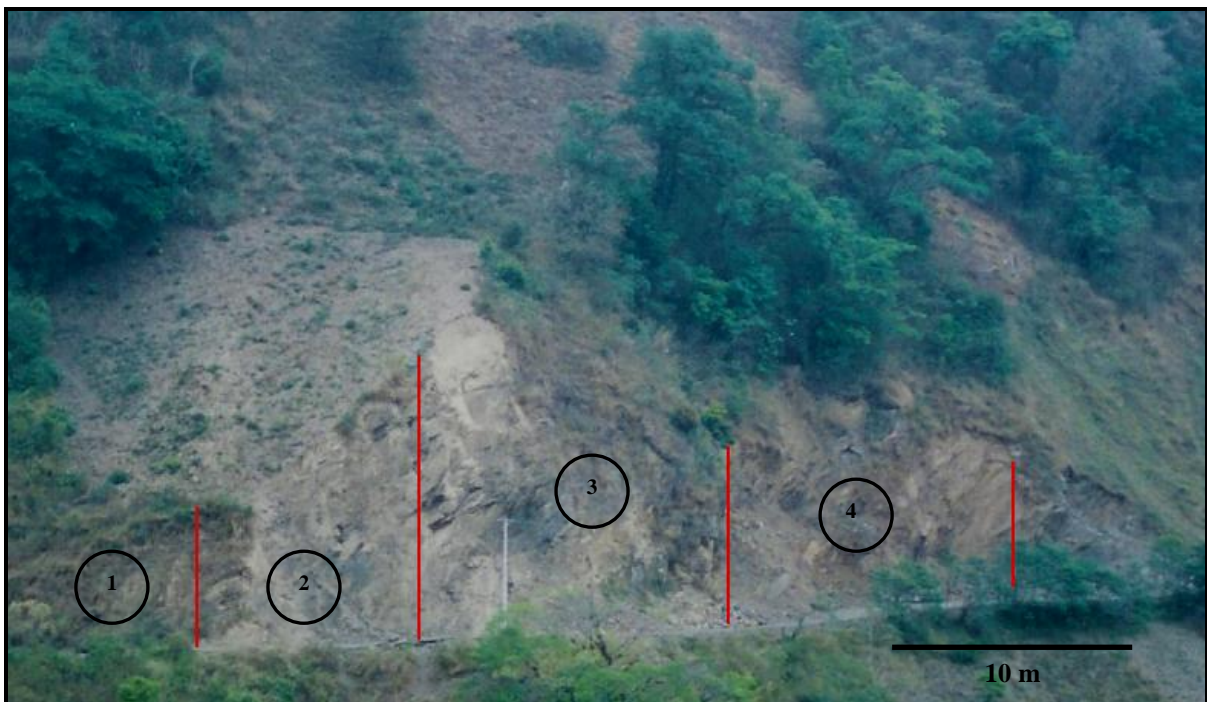


Figura 9. Divisiones del afloramiento. Se muestra la zonación que se dio para llevar a cabo el esfuerzo de colecta: 1) Parte extremo sur, 2) Parte Sur, 3) Parte media, 4) Parte norte.



## 8.2 Análisis de los ejemplares

El resultado de la organización de los especímenes, así como su posterior identificación queda plasmado en la siguiente gráfica (Figura 10).

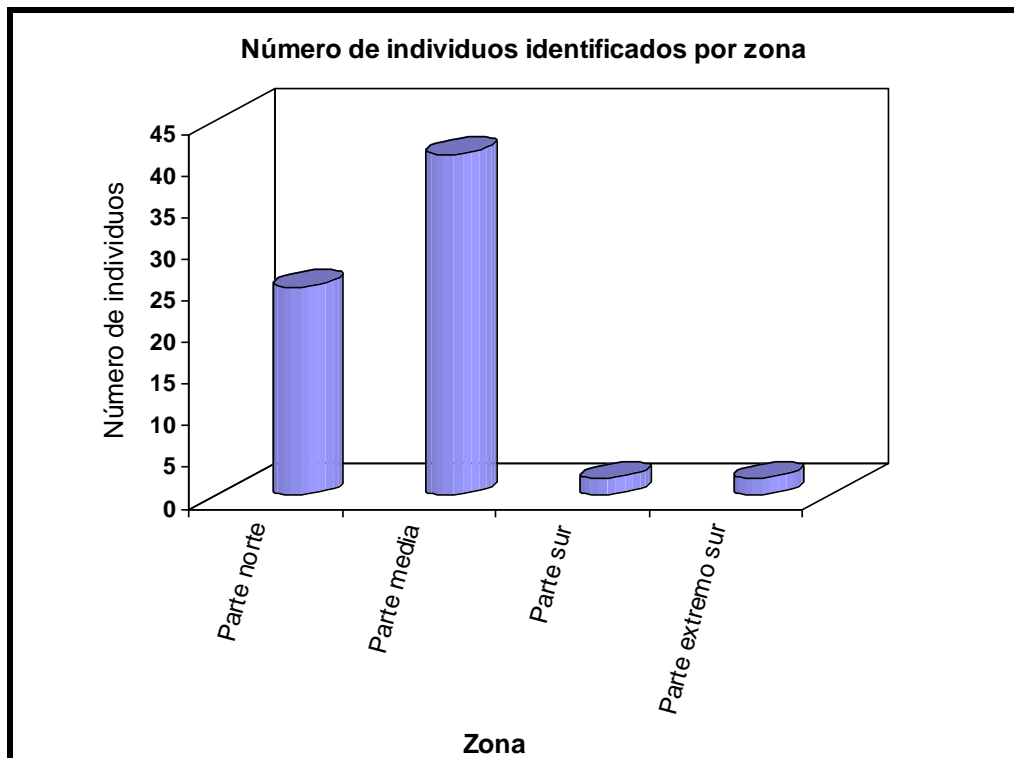


Figura 10. Cantidad de especies por zona. Conforme al esfuerzo de colecta se muestra en esta gráfica la cantidad de especies determinadas por zona (parte norte, parte media, parte sur y parte extremo sur). Aunque la mayor parte del material proviene de la colecta “al pie del afloramiento”, la zona representativa por su abundancia es “parte media” ya que el material proviene directamente de la pared rocosa del afloramiento.

La mayor cantidad del material procede de rocas desprendidas de la roca madre y caídas en suelo; sin embargo, en lo que respecta al material extraído directamente del afloramiento, se reconoce que la mayoría de este procede de la parte media, es por esto que se le considera como la zona representativa para el afloramiento, ya que tiene el 25% del total, este porcentaje es el más alto del material extraído de la roca madre (Cuadro 2).



Cuadro 2. Número de individuos por especie identificados según la zona de procedencia, incluidos los ejemplares colectados en al pie del afloramiento circundante del afloramiento “La Fiesta”.

Especie	Al pie del afloramiento	Parte norte	Parte media	Parte sur	Parte extremo sur	Total por especie
<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	11	2	6	1	2	22
<i>Orthechioceras jamesdanae</i>	6		3			9
<i>Paltechioceras burckhardti</i>	1	1				2
<i>Paltechioceras harbledownense</i>	19	1	7			27
<i>Plesechioceras cihuacoatle</i>	1					1
<i>Orthechioceras incaguasiense</i>	8	9				17
<i>Paltechioceras rothpletzi</i>	11	5	12	1		29
<i>Arnioceras ceratitoides</i>	4					4
<i>Paltechioceras</i> sp.	11	4	3			18
aff. <i>Methophioceras</i> sp.			5			5
<i>Orthechioceras pauper</i>	4		2			6
<i>Neocrassina</i> sp.			1			1
? <i>Parainoceramus</i> sp.	1		1			2
<i>Cryptodonta</i>	1					1
<i>Posidonotis semiplicata</i>	6	2				8
<i>Bositra</i> sp.	1		1			2
<i>Plagiostoma</i> sp.	4					4
Sp. 1	1					1
Sp. 2		1				1
Sp. 3	1					1
<b>Total por zona</b>	<b>91</b>	<b>25</b>	<b>41</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>161</b>
<b>Porcentajes</b>	<b>56.52</b>	<b>15.52</b>	<b>25.46</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>100</b>



### 8.3 Paleontología Sistemática

CLASE Cephalopoda Cuvier, 1797

ORDEN Ammonoidea Zittel, 1884

FAMILIA Echioceratidae Buckman, 1909-1930

#### **GÉNERO *Paltechioceras* (Buckman 1909-1930) Kaesler 1996**

Diagnosis: Evoluto, muy enrollado. Vientre tricarinado-bisulcado. Las costillas son prosirradiadas, usualmente más numerosas que en *Echioceras*, ya que este último presenta costillas distantes, es decir, más espaciadas. (Kaesler, 1996).

#### ***Paltechioceras tardecrescens* (Hauer 1856)**

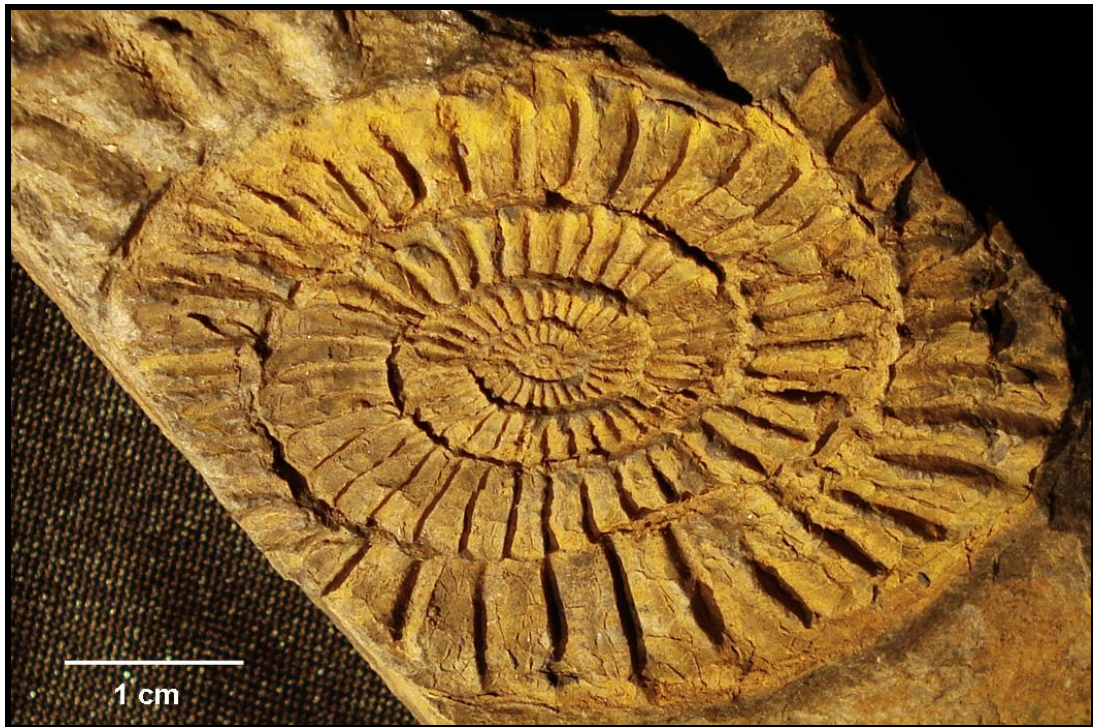


Figura 11. *Paltechioceras tardecrescens*, número de ejemplar 31. Material colectado al pie del afloramiento.





### Sinonimia

1956 *Vermiceras aff. tardecrescens* (HAUER) ERBEN, pág. 198

? 1956 *Arnioceras ? tonatiuh* ERBEN

1981 *Paltechioceras tardecrescens* (HAUER) SMITH

2002 *Paltechioceras tardecrescens* (HAUER) HILLEBRANDT

Material examinado: 21 ejemplares.

Diagnosis: Amonite evolutivo, con la sección de la vuelta tricarínada, totalmente comprimida, las costillas están escasamente prosirradiadas. Las especies mexicanas muestran disparidad en la densidad de sus costillas principalmente en estados intermedios y adultos. Los estados más internos son similares y las costillas están muy cercanas (Blau *et al.*, 2003).

Descripción: Amonite evolutivo, muy enrollado, tricarínado-bisulcado; la sección de la vuelta se presenta elíptica comprimida, la altura de la vuelta aumenta de manera moderada, el espacio que hay entre las costillas aumenta conforme avanza el desarrollo, de manera que en las vueltas exteriores la densidad de las costillas disminuye con respecto a la que se tiene en las vueltas interiores, esto quiere decir que se puede notar ya sea un número constante de costillas por cada media vuelta o la disminución de tal número. La forma de las costillas es recta, ligeramente prosirradiadas. La concha es subovalada con una relación ancho/alto (diámetro menor/diámetro mayor) promedio de 0.66 (Figura 11; datos merísticos Anexo 1, Cuadro 9).

Discusión: *Paltechioceras tardecrescens* puede ser confundida fácilmente con la especie *P. aff. mexicanum* (Erben, 1956), en características observables a simple vista como son: área ventral es tricarínada con crestas laterales bajas y costillas internas muy cercanas que llegan a ser más espaciadas conforme avanza el crecimiento en las vueltas más externas. Sin embargo, al hacer comparaciones se tiene que *P. aff. mexicanum* tiene la quilla central gruesa, la forma de su concha es subovoide y la sección de la vuelta es subcuadrada. En *P. tardecrescens* la quilla central es afilada y muestra otras dos laterales afiladas también, la concha es subovalada y la sección de la vuelta es elíptica comprimida.

Intervalo estratigráfico: Sinemuriano superior (Meister *et al.*, 2005).



*Paltechioceras rothpletzi* (Böse, 1894)

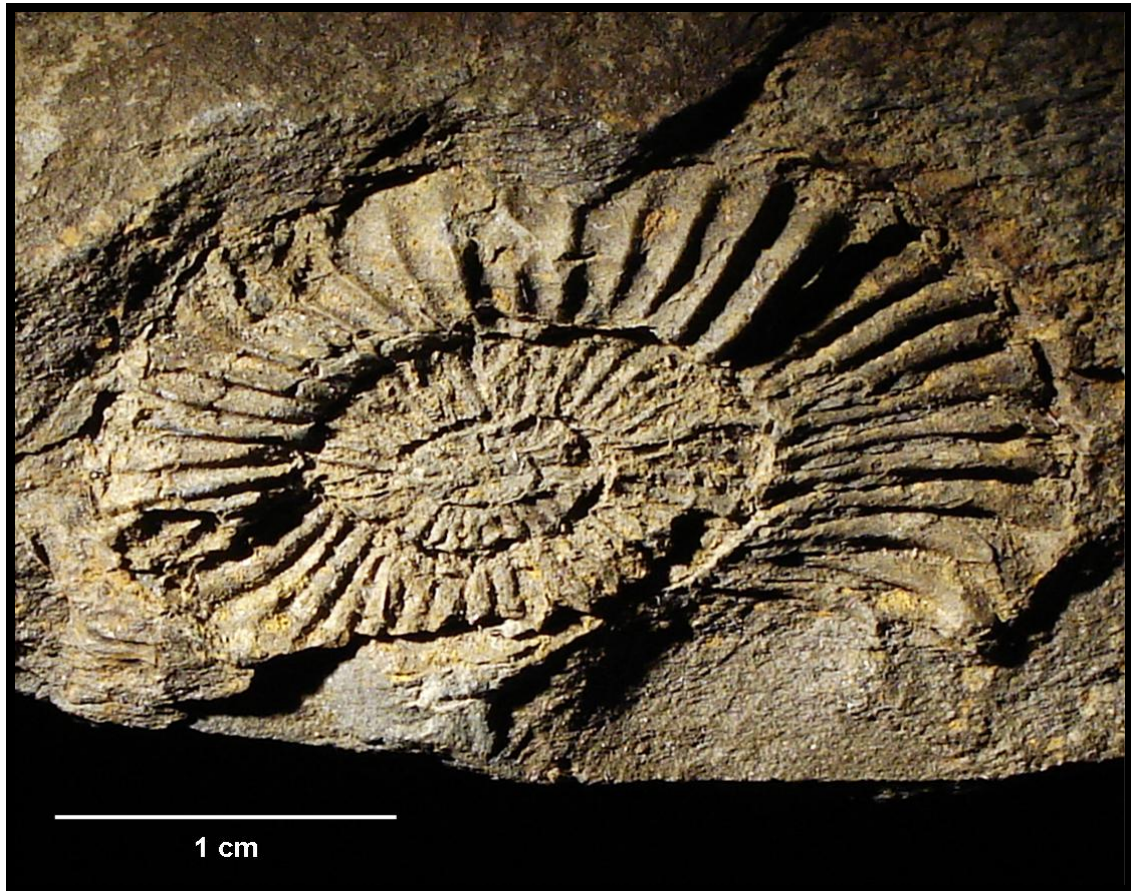


Figura 12. *Paltechioceras rothpletzi*, número de ejemplar 35. Material colectado al pie del afloramiento.

Sinonimia

- 1956 *Plesechioceras subhierlatzicum* n. sp. Erben, pág. 332, lám. 41, figs. 4, 5, 6, 7<sup>a</sup>, 7b.
- non. 1956 *Vermiceras aff. rothpletzi* (Böse).- Erben, lám. 36, fig. 89.
- 1981 *Paltechioceras rothpletzi* (Böse). - Smith, lám. 5. fig. 5, 6, lám. 6, fig. 1.
- 1981 *Paltechioceras harbledownense* (Crickmay).- Smith, lám. 5, fig. 9, 10, lám. 5, fig. 1, 4.
- non. 1985 *Paltechioceras cff. rothpletzi* (Böse).- Prinz, lám. 4, fig. 3.
- 1991 *Paltechioceras cff. rothpletzi* (Crickmay) Tipper *et al.*, lám. 2, fig. 5.



- cf. 1991 *Paltechioceras cf. rothpletzi* (Böse).- Pálffy, lám. 13, fig. 5.  
1992 *Paltechioceras harbledownense* (Crickmay).- Westermann,  
lám. 2, fig. 5.  
2001 *Paltechioceras harbledownense* (Crickmay).- Taylor, Guex y  
Rakus, lám. 5, fig. 1.

Material examinado: 29 ejemplares.

Diagnosis: Es el amonite más delgado entre las especies del género *Paltechioceras*, las costillas son muy regulares y diferentes de otros miembros del género por la alta frecuencia de costillas que presentan, son densas y afiladas. La densidad de las costillas se mantiene constante en toda la ontogenia y por lo tanto, en las vueltas interiores particularmente muestran un costillado fino y muy cercano. En todos los estados de crecimiento, las costillas están fuertemente inclinadas hacia delante, prosirradiadas. La sección de la vuelta del lectotipo es altamente rectangular. Tiene un vientre tricarinado y angosto. En comparación con *P. tardecrecens*, la especie es más involuta debido al rápido incremento de la proporción ancho/alto (Blau *et al.*, 2003).

Descripción: Amonite evolutivo sin embargo, con relación a otras especies pertenecientes al género *Paltechioceras* el tamaño de su última vuelta al ser más grande da una apariencia involuta, la sección de la vuelta es subcuadrada; como principal característica tiene que la altura de la vuelta aumenta rápidamente. Las costillas son rectas, prosirradiadas, en las vueltas interiores, las costillas son más finas y más cercanas, en general son regulares pero cóncavas en los flancos y los espacios intercostales son del mismo tamaño que la superficie de las costillas, Está densamente costillado a través de toda la ontogenia. La densidad de las costillas tiende al aumento (aproximadamente entre 1 y 2 costillas por mitad de vuelta). El vientre es tricarinado-bisulcado, los surcos parecen profundos y las quillas lucen afiladas. La concha es elíptica, con una relación ancho/alto promedio de 0.54 y un intervalo de 0.51 a 0.56 (Figura 12; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 10).

Discusión: Respecto a la proporción en el crecimiento de la vuelta, se puede decir que en *Paltechioceras rothpletzi* es mayor, se observa de un tercio del diámetro total de la concha, en comparación a los especímenes de *P. tardecrecens*, este crecimiento solo muestra una quinta parte del diámetro total para la última vuelta, además de lo anterior, se tiene que en *P. rothpletzi* la densidad de las costillas es constante a través de la ontogenia, la forma de



las costillas es mas afilada en su superficie que en otras especies, por ejemplo como en *P. tardecrescens* donde la superficie de las costillas es redondeada.

Intervalo estratigráfico: Sinemuriano, subzona *Raricostatum* (Meister *et al.*, 2005).

***Paltechioceras harbledownense* (Crickmay, 1929-1930)**



Figura 13. *Paltechioceras harbledownense*, número de ejemplar 143. Material al pie del afloramiento.

Sinonimias

non 1992 *Paltechioceras harbledownense* (Crickmay).- en Westwerman, lám. 2, fig. 5.

1994 *Plesechioceras ? harbledownense* (Crickmay).- Pálffy, Smith y Tipper, lám. 1, fig. 4.



1997 *Plesechioceras harbledownense* (Crickmay).- Johanson, Smith y Gordey, lám. 1, fig. 8.

non 2001 *Paltechioceras harbledownense* (Crickmay).- Taylor, Guex y Rakus, lám. 8, fig. 1.

Material examinado: 28 ejemplares.

Diagnosis: Los alcances en los diámetros de *P. harbledownense* son superiores a 16 cm (14 cm para el espécimen tipo); especímenes de México, se describen con 12 cm de diámetro. La densidad de las costillas es estable durante toda la ontogenia. Las costillas comienzan en la unión umbilical y llegan a ser inmediatamente fuertes y desafiladas. La primera parte de cada costilla está inclinada hacia atrás y en el límite umbilical llegan a ser ligeramente cóncavas y prosirradiadas. En las vueltas exteriores, las costillas se inclinan hacia atrás cerca de la parte ventrolateral y esta llega a ser lisa. Las vueltas más exteriores del espécimen mexicano son subelípticas y probablemente algo aplastadas. La parte ventrolateral muestra un surco superficial o poco profundo y una aguda quilla (Blau *et al.*, 2003).

Descripción: Amonite evolutivo, de concha discoidal con relación ancho/alto = 0.9, el ombligo es profundo, la sección de la vuelta parece ser subredondeada. El diámetro mayor es de 18 cm con aproximadamente siete vueltas de la espiral, crecimiento promedio rápido, de 31.95% (en las vueltas internas), el cual va disminuyendo hasta quedar en 17.32% para la última vuelta medible. El vientre es tricarinado. Cada vuelta cubre ligeramente a la vuelta interna anterior. Las costillas de las vueltas más interiores son abundantes, rectas o con una ligera curvatura convexa, ligeramente prosirradiadas. El número de costillas aumenta conforme al crecimiento (Figura 13; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 11).

Discusión: *P. harbledownense* se distingue de otros amonites como *P. tardecrescens*, *P. rothpletzi*, *Orthechioceras incaguasiense*, *O. pauper* y *Plesechioceras cihuacoatl* por el tamaño del diámetro de concha ya que *Paltechioceras harbledownense* es una de las especies de mayor tamaño registradas para la Formación Huayacocotla. En estados juveniles hay gran parecido de *P. harbledownense* con *P. tardecrescens*, la característica que puede usarse para su distinción es que en *P. harbledownense*, las costillas son más densas y altas, estas se mantienen así durante las primeras cuatro vueltas, además son más finas. Mientras que en *P. tardecrescens*, puede verse claramente el aumento de los espacios intercostales con lo que el número de costillas disminuye o permanece constante. Con relación a *Arnioceras ceratitoides*, puede verse que en *P. harbledownense*, el



crecimiento de la altura de la vuelta no es tan marcado en las últimas vueltas, sino que este disminuye rápidamente con relación a las vueltas interiores. Otra diferencia es la forma de las costillas, en *A. ceratitoides*, son afiladas de la cresta y muy finas aún en las vueltas exteriores, mientras que *P. harbledownense*, tiene unas costillas anchas y fuertes de cresta redondeada en las últimas vueltas.

Intervalo estratigráfico: Sinemuriano superior (Meister *et al.*, 2005).

***Paltechioceras burckhardti* (Erben, 1956)**

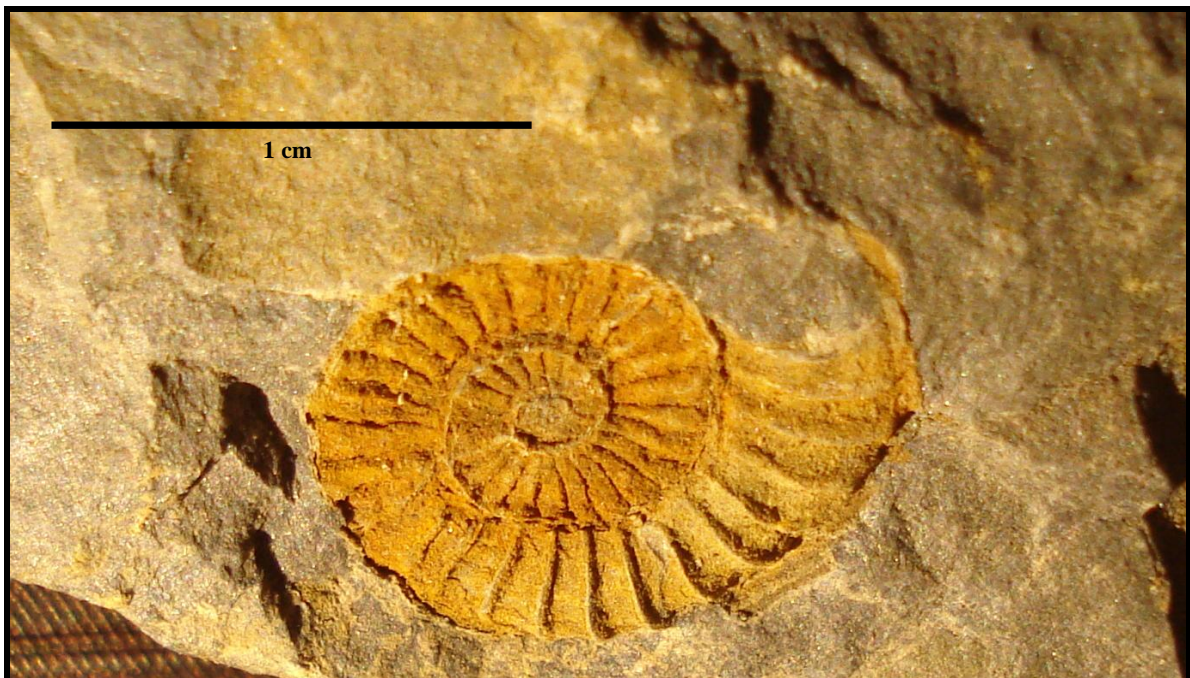


Figura 14. *Paltechioceras burckhardti*, número de ejemplar 153. Material colectado en la parte norte afloramiento.

**Sinonimia**

- 1956 *Echioceras (Echioceras) burckhardti*.- Erben, pág. 295, lám. 39, fig. 2.
- 1956 *Echioceras (Echioceras) subsulcatum*.- Erben, pág. 315, lám. 39, fig. 1.
- 1956 *Echioceras (Echioceras) latisulcatum*.- Erben, pág. 313, lám. 39, fig. 3.
- 1956 *Echioceras (Echioceras) densicostata*.- Erben, pág. 305, lám. 39, fig. 4.
- 1956 *Echioceras (Echioceras) obesicostata*.- Erben, pág. 308, lám. 39, fig. 5.
- 1956 *Echioceras (Echioceras) angustisulcatum*.- Erben, pág. 311, lám. 39, fig. 6,11,12.
- 1956 *Echioceras (Echioceras) huastecae*.- Erben, pág. 310, lám. 39, fig. 7.
- 1956 *Echioceras (Echioceras) goticum*.- Erben, pág. 300, lám. 39, fig. 8 y 9.



- 1956 *Echioceras (Echioceras) aplanatum*.- Erben, pág. 298, lám. 39, fig. 10.  
1956 *Echioceras (Echioceras) acuticosta*.- Erben, pág. 302, lám. 39, fig. 14.  
1956 *Echioceras (Echioceras) sphenoverter*.- Erben, pág. 306, lám. 39, figs. 15, b  
16, 17 (cf), 18 (aff)

Material examinado: Dos ejemplares.

Diagnosis: La sección de la vuelta es ovalada, de vuelta algo más alta que ancha; la posición del ancho mayor de vuelta muy poco debajo de la mitad de la altura de los flancos; falta de surcos o bandas de quilla (Erben, 1956). Este amonite representa una población de pequeños (el diámetro máximo para el adulto es de 40 mm), *Paltechioceras* está relacionado a la “unidad *Echioceras burckhardti*”, sensu Erben. Los amonites de la localidad el Bopo 3, son también pequeños *Paltechioceras*, mostrando la misma ontogenia con un costillado denso y fino en el interior y en vueltas intermedias, abruptamente llegan a ser toscas (ordinarias) en la última media vuelta (Meister *et al.*, 2005).

Descripción: Amonite evolutivo, presenta una concha subcircular, la cual guarda una relación ancho/alto de 0.96, la sección de la vuelta es subovalada con flancos aplanados. En el vientre no se observa claramente si hay quilla. El diámetro total de la concha es de 9.69 mm con aproximadamente dos vueltas y la protoconcha, lo cual indica de una talla pequeña. Las costillas son ligeramente sigmoidales, presentan alta densidad. En las dos vueltas que se pueden ver, el número de costillas va en aumento, es decir, aumenta la densidad (Figura 14; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 12).

Discusión: Dentro de las especies que se han descrito, *P. burckhardti* es la de menor tamaño, además de que presenta costillas sigmoidales, por lo que puede distinguirse fácilmente de otras.

Intervalo estratigráfico: Sinemuriano superior (Meister *et al.*, 2005).



*Paltechioceras* sp.

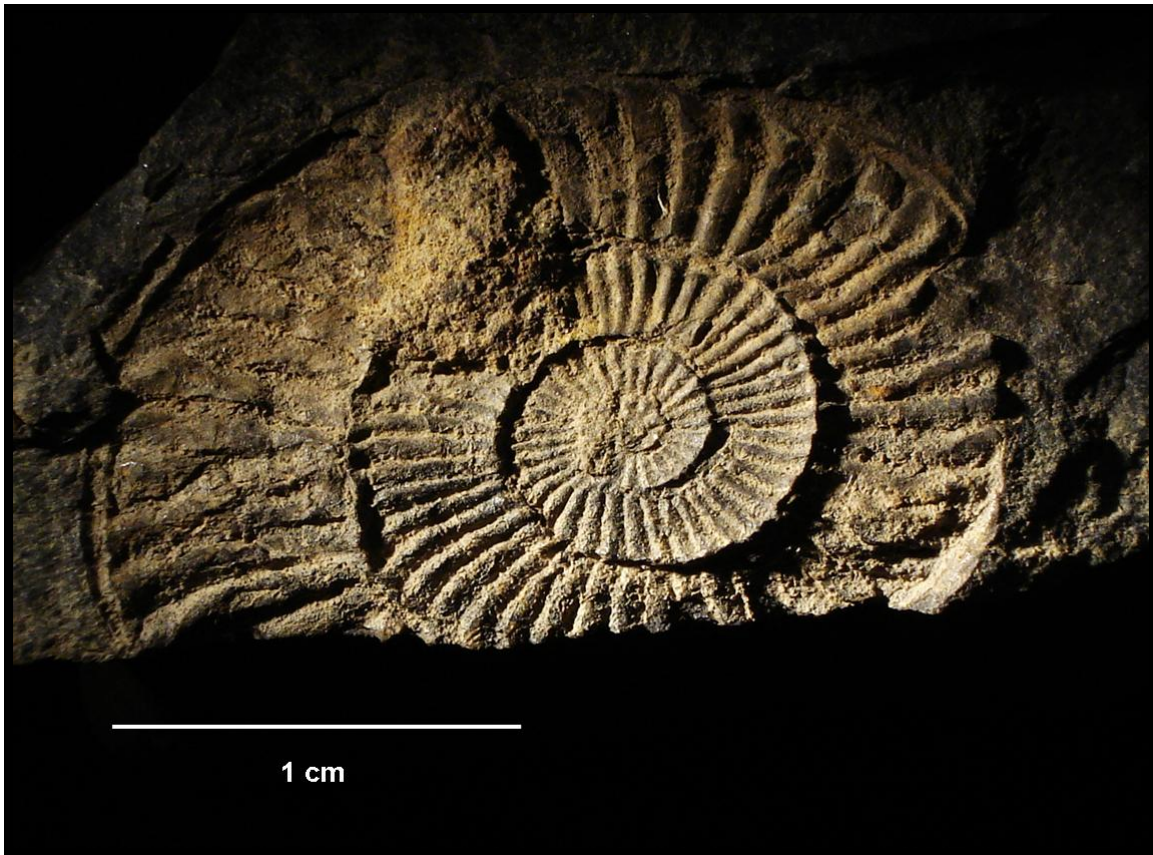


Figura 15. *Paltechioceras* sp., número de ejemplar 108. Material colectado al pie del afloramiento.

Material examinado: 18 ejemplares.

Descripción: La concha presenta una forma subovoide, el tamaño general de los ejemplares no supera los 40 mm con cuatro vueltas, el ombligo aparece en algunos ejemplares ovalado, sin embargo, la mayor parte de ellos muestran un ombligo discoidal. El crecimiento de la vuelta es muy rápido, parecido al que presenta *P. rothpletzi*; sin embargo, difieren en la forma de la concha. No se distingue la forma de la sección de la vuelta. El vientre está quillado solo puede distinguirse una quilla afilada y un surco no muy profundo pero sí marcado. Las costillas son densas, finas y alargadas, su superficie es redondeada y tiene solo la mitad del ancho de los espacios intercostales. La forma de las costillas es ligeramente cóncava y prosirradiada; en su inicio (dorso), son rectas y posteriormente se curvan conforme se acercan al vientre. El número de costillas es creciente por lo que la densidad se mantiene constante, en las cuatro vueltas guarda la misma relación de superficie con los espacios intercostales. Las costillas en las vueltas





interiores son rectas (vuelta uno y mitad de la vuelta dos) (Figura 15; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 13).

Discusión: Son las características de la forma de las costillas (delgadas y densas con una ligera curvatura en forma de gancho en su parte final hacia el dorso), un ombligo ovalado a discoidal inmerso en una concha que toma forma subovoide a partir de la cuarta vuelta y un crecimiento rápido, las que hacen diferir a los especímenes de *Paltechioceras* sp., de otras especies. La identificación no llegó a nivel específico pese a tener 18 ejemplares ya que no encontró una especie en la literatura que compartiera estas características.

### **GÉNERO *Orthechioceras* (Trueman y Williams, 1925) sensu Kaesler 1996**

Diagnosis: Evoluto, muy enrollado. Vientre monocarinado-bisulcado al menos en estado juveniles. Las costillas son prosirradiadas, usualmente más numerosas que en *Echioceras*, ya que este último presenta costillas distantes, es decir, más espaciadas. (Kaesler, 1996).

### ***Orthechioceras jamesdanae* (Barcena, 1875) sensu Erben, 1956.**



Figura 16. *Orthechioceras jamesdanae*, número de ejemplar 48. Material colectado al pie del afloramiento.



## Sinonimia

1875. *Amonites James-Danae* Barcena, pág. 284, fig. 27-30.

1956. *Pleurechioceras ? james-danae* (Barcena).- Erben, pág. 323,  
lám. 38, fig. 1-5.

Material examinado: Nueve ejemplares.

Diagnosis: Amonite evolutivo con un patrón de costillas espaciadas, el relieve de las costillas es alto y de forma creciente, son desafiladas con la altura máxima en medio de los flancos. En el límite ventrolateral, la altura de las costillas disminuye abruptamente. La sección de la vuelta es subredondeada, la parte ventral es redondeada y bisulcada-monocarinado, la quilla es prominente (Blau *et al.*, 2003).

Descripción: Amonite evolutivo, muy enrollado, tiene una quilla (bisulcado-monocarinado), la sección de la vuelta es subredondeada, costillas espaciadas en las últimas vueltas del crecimiento y, por consecuencia, la cantidad de costillas va disminuyendo conforme el aumento de tamaño de la concha. El aumento de la altura de la vuelta es moderado, ya que solo muestra un 23.74% en promedio. Sin embargo, el porcentaje de crecimiento en las primeras etapas es muy rápido, muestra un 32.23% en un diámetro de 12.1 mm, conforme avanza el desarrollo, éste va disminuyendo, de manera que para el diámetro de 96 mm el crecimiento solo aumenta en un 13.75%. El relieve de las costillas es alto, conforme se acercan al dorso y van desvaneciéndose conforme acercan al vientre, lo cual es más visible en las etapas superiores del crecimiento. Las costillas son rectas y regulares, ligeramente prosirradiadas. La concha es elipsoidal, con una relación ancho/alto de 0.63, la protoconcha y las primeras vueltas son redondeados con tendencia circular (Figura 16; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 14).

Discusión: *Orthechioceras jamesdanae* puede distinguirse de *Paltechioceras rothpletzi*, por el porcentaje de crecimiento, la cual es visible en cuanto se comparan ejemplares de la misma especie. En *O. jamesdanae* el crecimiento de la vuelta es solo del 23% en promedio solo una quinta parte del diámetro total, en cambio en *Paltechioceras rothpletzi*, la última vuelta presenta el 34.34% del diámetro total, lo que representa una tercera parte de la concha. Otra importante diferencia, recae en el vientre, *O. jamesdanae* es monocarinado-bisulcado, mientras que *P. rothpletzi*, es tricarinado bisulcado. Las diferencias entre *P.*



*tardecrecens* y *O. jamesdanae*, radican en las costillas de las últimas vueltas, ya que para el primero son más densas y alargadas, además la altura de la vuelta aumenta de manera más rápida, esto es muy visible en la última vuelta ya que por el estado de las costillas en *O. jamesdanae* la última vuelta es más angosta que en *P. tardecrecens*. El lento crecimiento de la última vuelta, y la distancia que guardan sus costillas, da a *Orthechioceras jamesdanae* un rasgo distintivo para ser identificado a primera vista como perteneciente a esta especie. Por lo tanto, los ejemplares que comparten estas características se consideran dentro de esta especie.

Intervalo estratigráfico: Sinemuriano superior (Meister *et al.*, 2005)

*Orthechioceras incaguasiense* Hillebrandt, 2002.



Figura 17. *Orthechioceras incaguasiense*, número de ejemplar 22(2). Material colectado al pie del afloramiento.



## Sinonimia

? 1956 *Coroniceras (Metophioceras) aff. schloenbachi* (Reynes).- Erben, 233, lám. 32, fig. 10.

2002 *Orthechioceras incaguasiense* Hillebrandt, 93, lám. 9, fig. 1.

Material examinado: 17 ejemplares.

Diagnosis: En las vueltas internas hay un diámetro arriba de 35 mm, la sección de la vuelta es cuadrática (ancho/alto=1) y sostiene unas costillas muy densas y finas. Las costillas son radiales a ligeramente proversas, rectas y comienzan en las vueltas más interiores. Cerca del fin ventrolateral, las costillas llegan a ser ligeramente débiles y, posteriormente, a robustecerse otra vez, esto sugiere pequeños nódulos. Con el incremento del crecimiento, las costillas tienen la misma altura, sobre todo los flancos y llegan a ser débiles en el área ventral, siendo proyectadas, terminan al lado del surco. La sección de la vuelta es más subcuadrática en este estado (ancho/alto=0.9). Sobre un diámetro de 25 mm a 35 mm el área ventral es casi plana, ligeramente redondeada con una endeble quilla, el surco no está presente en este estado. Se desarrolla un surco tardío y el vientre llega a ser tricarinado. Hay variabilidad dentro de una población pero es mínima y radica principalmente en la fuerza de los nodos los cuales pueden ser expresados o estar ausentes. También puede presentarse variabilidad en la densidad de las costillas, las cuales pueden ser más o menos espaciadas (Blau *et al.*, 2003).

Descripción: Amonite evolutivo, concha subcircular con relación ancho/alto= 0.95, la talla es pequeña, de un diámetro mayor aproximado de 26 mm. En el vientre la quilla central es prominente, la superficie de esta quilla es amplia y redondeada, los surcos no son profundos y apenas están marcados. El crecimiento de la vuelta es moderado, en promedio del 25.18% y del 20.97% para la última vuelta. La sección de la vuelta está comprimida subrectangular, pero solo puede verse en la última vuelta debido al estado del material. Las costillas son ligeramente prosirradiadas, abundantes y finas, en la vuelta externa, puede verse a las costillas con una ligera curvatura convexa, la cual es más notable conforme se sigue el crecimiento en las últimas costillas visibles. Las costillas son afiladas pero de poco relieve, no tocan la primera quilla ya que antes de llegar al límite ventral, su relieve disminuye abruptamente (Figura 17; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 15).

Discusión: Se puede distinguir a *Orthechioceras incaguasiense* de las especies *Paltechioceras tardecrescens*, *P. rothpletzi*, *Orthechioceras jamesdanae* y *O. pauper* por el



acercamiento al círculo que exhibe la concha, ya que en *O. incaguasiense* se encuentra una relación ancho/alto de 0.95, la cual es más alta con respecto a las especies mencionadas. En la diagnosis tomada de Blau *et al.*, (2002), se habla acerca de una sección de la vuelta cuadrática pero solo en los primeros estados de vida, el espécimen aquí estudiado muestra una sección de la vuelta elíptica comprimida en la última vuelta, y aunque este punto pareciera diferir de la diagnosis, se toma en cuenta que, según la propia diagnosis, se habla de una tendencia a la compresión en los estados más avanzados, por lo tanto, de acuerdo a otras características ya mencionadas en la diagnosis y la descripción, los especímenes pertenecen a la especie *O. incaguasiense*.

Intervalo estratigráfico: Sinemuriano superior (Meister *et al.*, 2005)

*Orthechioceras pauper* (Erben, 1956).



Figura 18. *Orthechioceras pauper*, número de ejemplar 52. Material colectado al pie del afloramiento.



Sinonimia:

1956 *Vermiceras bavaricum* (Böse) *pauper* ERBEN, pág. 205, lám. 36, figs. 1,2.

Material examinado: Seis ejemplares.

Diagnosis: Muy evolutivo. Las vueltas interiores sostienen unas costillas muy densas y finas las cuales son radiales a ligeramente retroversas. Las costillas llegan a ser más espaciadas y ligeramente resultan en las vueltas exteriores. El costillado es constante a través de la concha. Las costillas son rectas y agudas. Sobre la parte ventrolateral ellas se inclinan hacia atrás progresivamente y terminan en el surco. La sección de la vuelta es subelíptica con flancos aplanados. El área externa en estados juveniles (Diámetro de 15 mm) es lisa y sin quilla. Después de un diámetro de 35 mm, el área externa es tricarínada (Blau *et al.*, 2003).

Descripción: Amonite evolutivo, cuya sección de la vuelta es elíptica comprimida con flancos redondeados, el vientre es monocarinado, hay una quilla, la cual parece ser afilada. Las costillas son rectas y regulares en general (en las vueltas más internas), posteriormente en las costillas de la última vuelta se observa curvatura convexa. La superficie de las costillas es afilada, en general son delgadas y de alto relieve, parece que llegan hasta la quilla, al llegar al vientre parecen aumentar su grosor (ligeramente). El crecimiento de la altura de vuelta es moderado. La concha es discoidal. La relación ancho/alto que presenta es de 0.89 en promedio para los tres ejemplares. Las vueltas interiores son ligeramente cubiertas por las exteriores. El tamaño de los espacios intercostales es superior al tamaño de la cresta de la costilla (aproximadamente del doble), por lo que las costillas en las vueltas exteriores se notan separadas (Figura 18; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 16).

Discusión: Al comparar a estos especímenes con los demás ejemplares ya identificados del género *Paltechioceras*, se tiene que la forma de la concha es subredondeada a discoidal en *O. pauper* además de presentar un vientre monocarinado. Con relación a otros *Orthechioceras*, como *O. james-danae*, la diferencia está en la forma de la concha ya que *O. james-danae* es elipsoidal y las costillas son cortas y gruesas además de que en las últimas vueltas se notan muy separadas unas de otras. En relación a *O. incaguasiense*, la diferencia es que *O. pauper* tiene un costillado más fino en el centro y las costillas son más largas que en *O. incaguasiense*, en donde estas son más separadas y cortas. Además de lo anterior, *O. pauper* es de tallas mayores que *O. incaguasiense*, para la cuarta vuelta, *O.*



pauper muestra un diámetro de 48 a 52mm, mientras que *O. incaguasiense* muestra alrededor de 27mm. El vientre muestra otra diferencia entre estas dos especies, en *O. incaguasiense* se pueden ver más de una quilla, se presume tricarinado, en *O. pauper* solo pudo encontrarse una quilla.

Intervalo estratigráfico: Sinemuriano superior (Meister *et al.*, 2005).

### **GÉNERO *Plesechioceras* Trueman y Williams, 1925**

Diagnosis: Evoluto, muy enrollado. Vientre tricarinado-bisulcado. Las costillas son prosirradiadas, usualmente más numerosas que en *Echioceras*, ya que este último presenta costillas distantes, es decir, más espaciadas. (Kaesler, 1996).

### ***Plesechioceras cihuacoatle* (Erben, 1956)**



Figura 19. *Plesechioceras cihuacoatle*, número de ejemplar 22(1) Material colectado al pie del afloramiento.



## Sinonimia

- 1956 *Vermiceras ophioides* (D'Orbigny) *cihuacoatle* ERBEN, pág. 200, lám. 26, figs. 19-20, figs. 10-11.  
? 1956 *Vermiceras edmundi* (Durmortier).- ERBEN, pág. 204, lám. 33, fig. 12, lám. 25, fig. 22.

Material examinado: Un ejemplar.

Diagnosis: Surcos de quilla y quillas laterales todavía existentes en desarrollo a un fuerte diámetro de concha de aproximadamente 45 mm y que se debilitan posteriormente; aumento atrasado en la altura de la sección de vuelta; ombligo algo estrecho en los últimos estados medios y en la vejez; las terminaciones externas de las costillas que llegan hasta las quillas laterales. Densamente costillado a través de la ontogenia, la sección de la vuelta es redondeada, las costillas son arqueadas y prosirradiadas. En las vueltas internas las costillas están muy cercanas, lo que hace un costillado más denso hasta un diámetro de 25 milímetros, después de esto, las costillas están un poco más espaciadas. (Erben, 1956).

Descripción: Amonite muy evolutivo, de concha ovalada con relación ancho/alto de 0.73, el espécimen muestra talla mediana, no se alcanza a ver una quilla ya que las vueltas exteriores cubren a las interiores, el crecimiento es moderado a bajo lo que podría indicar aumento atrasado en la altura de la sección de la vuelta, el porcentaje de crecimiento promedio es del 20.95%. Las costillas son prosirradiadas, rectas en las vueltas interiores además de finas, posteriormente, exhiben curvatura, avanzan hasta el vientre pero no se ve su terminación. La densidad de las costillas es relativamente constante ya que el número de costillas por media vuelta tiende al aumento (Figura 19; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 17).

Discusión: En el ejemplar no se aprecia la o las quillas así que para complementar la información dada en la diagnosis se comparó con los ejemplares descritos por Blau *et al.* (2003), en cuyas imágenes puede apreciarse un ombligo profundo, en donde las vueltas interiores son ligeramente cubiertas por las vueltas exteriores, costillas de superficie ancha en las vueltas exteriores y finas en las interiores que aparentan mayor densidad, estas características son compartidas con el ejemplar 22(1) Con respecto a otras especies, *P. cihuacoatle*, tiene costillas rectas, regulares, y un crecimiento del 21%, estas características lo hacen diferente de *Paltechioceras rothpletzi*. Con respecto a *P. jamesdanae*, la diferencia radica en el tamaño de los espacios intercostales (con respecto a las vueltas interiores), ya que en *P. jamesdanae*, estos son muy amplios y por lo tanto, las costillas dan





la apariencia de ser cortas, en cambio en *P. cihuacoatle* el espacio intercostal es relativamente constante. En comparación con *P. tardecrescens*, las diferencias radican en la forma de la concha, ya que tiende más al círculo para *P. cihuacoatle*, además de que en esta especie se nota una travesía de las costillas sobre el dorso, también se tiene que la sección de la vuelta es subelíptica, en cambio para *P. tardecrescens* esta sección es comprimida.

Intervalo estratigráfico: Sinemuriano superior (Blau *et al.*, 2003).

FAMILIA Arietitidae, Hyatt. 1879

**GÉNERO *Arnioceras* Hyatt, 1867**

Diagnosis: Todas las especies de este género son de dimensiones pequeñas, comparados con otros géneros típicos del Sinemuriano más temprano, también hay la existencia de un estado liso del crecimiento de variable extensión, es decir, la vuelta más interna, es lisa. Además hay la presencia de costillas afiladas, fuertes o además rectas (Hyatt, 1867).

***Arnioceras ceratitoides* (Erben 1956)**



Figura 20. *Arnioceras ceratitoides*, número de ejemplar 60. Material colectado al pie del afloramiento.



## Sinonimia

1927 *Arnioceras ceratitoides*- Schoeder, pág. 162

1931 *Arnioceras ceratitoides*- Jaworski, pág. 116

Material examinado: Cuatro ejemplares.

Diagnosis: La concha es discoidal delgada con apertura moderadamente larga. El ombligo es muy poco profundo y muy amplio. La sección de la vuelta forma un óvalo con su eje mayor en posición vertical. La altura de la vuelta aumenta moderadamente rápido durante el crecimiento. Lleva una quilla mediana bien desarrollada, cuya cresta aparentemente está redondeada y está acompañada de dos surcos de quilla bastante livianos. La escultura consiste en costillas simples, no bifurcadas; estas principian en la zona umbilical y luego siguen completamente rectas y en posición radial sobre los flancos, al llegar al extremo anterior de los flancos, se doblan en forma de ganchos hacia delante, recorren un tramo corto hacia delante y se desaparecen luego en la delimitación exterior de los surcos de quilla. Conforme aumenta la cantidad de vueltas, se debilitan los ganchos exteriores y se hacen más suaves. Las costillas son considerablemente estrechas, es decir que tienen un ancho menor que la mitad del ancho de los espacios intercostales. Solamente en las vueltas interiores, aproximadamente hasta un diámetro de concha de 14 mm, parece tener el mismo ancho que dichos espacios intercostales, cuyas bases son notablemente planas en las vueltas exteriores. Las costillas son moderadamente altas, pero debido al poco ancho, bastante fuertes, todavía más fuertes en las vueltas interiores que en las vueltas medias y en las exteriores. Sus crestas son estrechamente redondeadas casi ya afiladas, se hacen más conchas después de un diámetro de concha de 50 a 55 mm. Costillas densas hasta los 14 mm, después, al diámetro de 35 mm, puede haber de 38 a 45 costillas. Las vueltas interiores hasta un diámetro de concha de aproximadamente 1.5 mm no llevan costillas, permanecen lisas (Erben, 1956).

Descripción: Amonite evolutivo, el vientre parece ser tricarinado bisulcado, las crestas de las quillas son altas y delgadas, parece estar así a lo largo de la ontogenia. La forma de la concha es discoidal, presenta una relación ancho/alto = 0.93. La sección de la vuelta es subrectangular y ovalada, aunque no se alcanza a distinguir bien por el estado del fósil. El diámetro de concha es de 60.1 mm con 5 vueltas (aproximadamente), el crecimiento de la vuelta es del 27.97%, esto muestra un crecimiento rápido. Las costillas son finas, largas y rectas; más densas en las vueltas interiores. La inclinación de las costillas es prosirradiada.



En las vueltas interiores se nota un costillado denso, las costillas son largas y uniformes, tienen su mayor relieve en cercanía al dorso, pero conforme se acercan al vientre, van disminuyendo su altura hasta desaparecer antes de llegar a la primera quilla (Figura 20; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 18).

Discusión: En este miembro de la familia Arietitidae en relación con otros amonites, tiene una forma de la concha tiende más a la forma circular, de esta manera puede diferenciarse de especies como *Paltechioceras rothpletzi* (también considerar tamaño), *P. tardecrecens*, *Orthechioceras james-danae* y *Plesechioceras cihuacoatle*. En relación a *Orthechioceras incaguasiense*, se tiene que la principal diferencia es el tamaño además de la proporción de crecimiento, ya que en *Arnioceras ceratitoides* es del 27.37% para la cuarta vuelta (D=31.65mm), mientras que para *Orthechioceras incaguasiense* es de 20.97% en la cuarta vuelta (D=26.7mm). En cuanto a *Paltechioceras burckhardti*, la diferencia está en el tamaño ya que *P. burckhardti* es muy pequeño (40mm los adultos, Meister *et al.*, 2005), así como en la forma de sus costillas, las cuales llegan a ser sigmoidales.

Intervalo estratigráfico: Sinemuriano Inferior (Erben, 1956).



GÉNERO *Metophioceras* Spath, 1923

*aff. Metophioceras* sp.



Figura 21. *aff. Metophioceras* sp., número de ejemplar 231. Material colectado en la parte media del afloramiento.

Sinonimia

1956 *Arnioceras*.- Erben, pág. 260, lám. 30, figs. 3,4

1956 *Coroniceras*. – Erben, pág. 231, lám. 33, figs. 7,8.

Material examinado: Cinco ejemplares.

Diagnosis: Concha evoluta con una sección de la vuelta subcuadrada en las vueltas interiores y medias, en los especímenes de edad avanzada, la sección de la vuelta es más subrectangular. El área ventral es tricarinada y la quilla central es ancha y ligeramente más alta que las laterales. El surco es más ancho que la quilla. Las costillas son rígidas y subradiadas y presentan una ligera proyección cerca del surco. En las vueltas más interiores las costillas son muy finas y cercanas (Meister *et al.*, 2002).



Descripción: Amonite evolutivo, con una sección de la vuelta subcuadrada, la forma de la concha es ovalada, las costillas son rectirradiadas, delgadas altas, conforme avanza la ontogenia algunas costillas presentan una curvatura cóncava al acercarse al vientre, dicha curvatura parece más un gancho ya que el resto de la concha se encuentra aún recta. El crecimiento de la vuelta es rápido. Los espacios intercostales son el doble de anchos que la superficie de las costillas. El vientre está quillado, solo pueden observarse dos quillas (Figura 21; datos merísticos Anexo 2, Cuadro 19).

Discusión: Por la similitud de las características morfológicas que tiene el ejemplar con el género *Methophioceras* es que se le considera perteneciente al mismo. La duda radica en dos puntos, el primero es que no se maneja en la diagnosis el tamaño que podría tener la especie, por lo que no se sabe con certeza si el ejemplar es un individuo en estado temprano. El segundo punto, es el intervalo estratigráfico manejado para esta especie (Hettangiano a Sinemuriano Inferior, Meister *et al.*, 2002) que no coincide con la edad del afloramiento. Por lo que considerando sus características morfológicas es que se le considera como un ejemplar a fin al género *Methophioceras*. Se incluye su presencia en el análisis de espectro de hábitat como originario de la plataforma nerítica proximal y media, basándose en la forma de la concha que indica hábitos demersales ya que en la plataforma nerítica distal que representan las rocas del afloramiento, bajo condiciones anóxicas solo el bivalvo *Posidonotis semiplicata* presentaba tolerancia (Aberhan y Pálffy, 1996).

Intervalo estratigráfico: Hettangiano a Sinemuriano Inferior (Meister *et al.*, 2002)



CLASE Bivalvia Linnaeus, 1758  
SUBCLASE Heterodonta Neumayr, 1883  
ORDEN Veneroida Adams y Adams, 1853-1858  
SUPERFAMILIA Crassatelliodea Férussac, 1822  
FAMILIA Astartidae d'Orbigny, 1842-1844

**GÉNERO *Neocrassina* Fischer, 1880-1887**  
***Neocrassina* sp.**

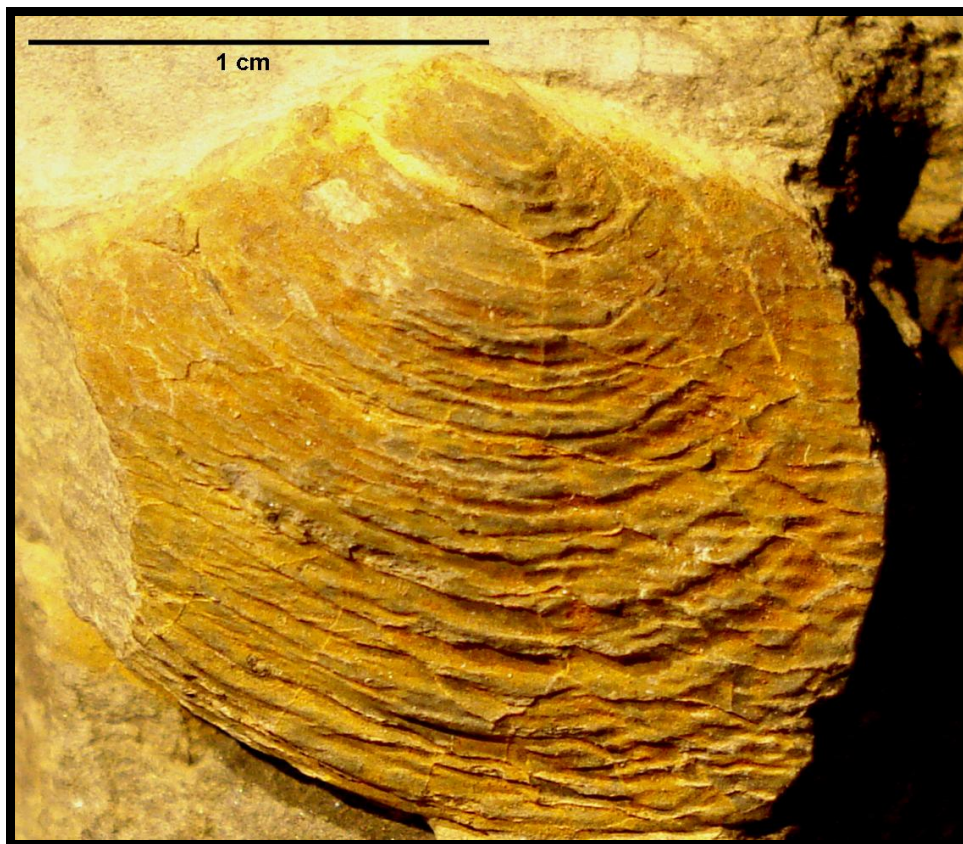


Figura 22. *Neocrassina* sp., número de ejemplar 200. Material colectado en la parte media del afloramiento.

Material examinado: Un ejemplar.

Diagnosis: Concha ovada o subtrapezoidal, inequilateral, poco espesa, costillas concéntricas comúnmente los adultos las carecen. Dos trigonales cardinales y lateral posterior fuerte en cada valva. Ninfa ancha e inflada. Margen denticulado o no (Damborenea y González-León, 1997).



Descripción: Valva convexa. Lo que parece ser el ala posterior es más amplia que el ala anterior, por lo que la concha es inequivalva. La elevación del umbo se da más hacia el lado anterior de la concha. El diámetro mayor es antero-posterior y el diámetro menor es dorso-ventral por lo que la concha es más ancha que larga. El perímetro ventral es ligeramente convexo. La ornamentación de la concha consiste en pliegues comarginales desde el ápice hasta el vientre, estas arrugas son finas y abundantes, debido al estado de aplastamiento las arrugas no lucen regulares (Figura 22).

Intervalo estratigráfico: Jurásico Inferior-Cretácico Superior (Damborenea y González-León, 1997).

SUBCLASE Pteriomorpha Beurlen, 1944

ORDEN Pterioida Newell, 1965

SUBORDEN Pteriina Newell, 1965

FAMILIA Inoceramidae Giebel, 1852

**GÉNERO *Parainoceramus* Voronetz, 1936**

**? *Parainoceramus* sp.**

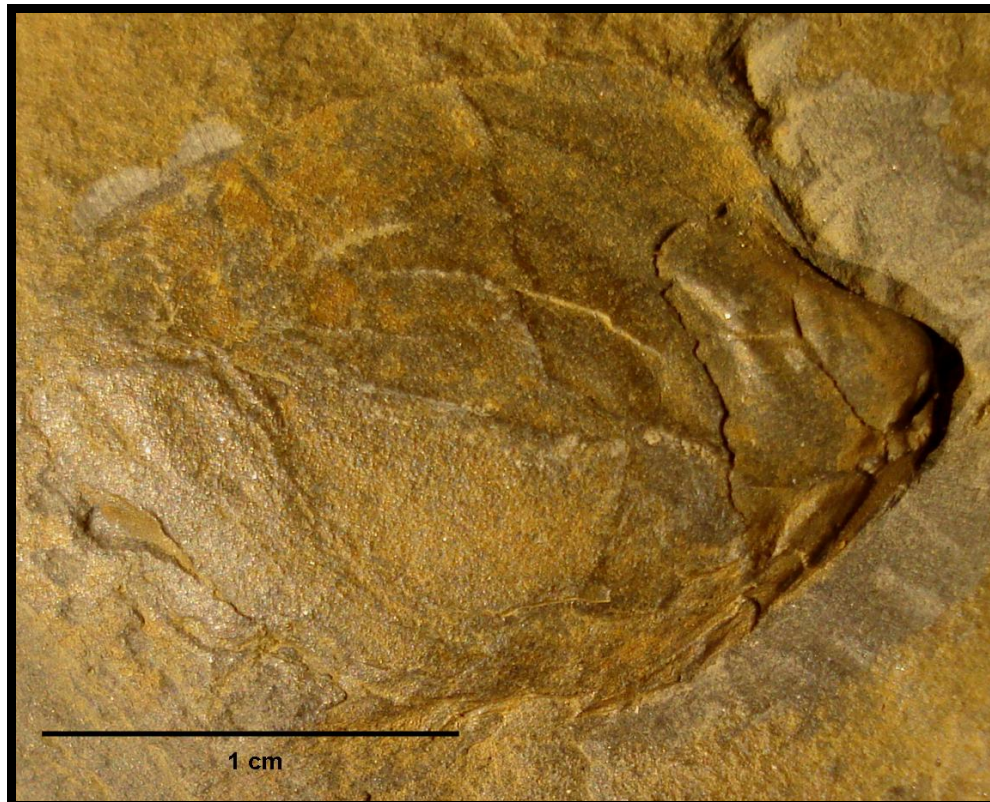


Figura 23. ? *Parainoceramus* sp., número de ejemplar 85. Material colectado al pie del afloramiento.



Material examinado: Dos ejemplares

Diagnosís: Tallas pequeñas a medianas; equivalvos; convexidad moderada de la concha; forma de rectangular a trapeziforme, posteriormente subovalado; la protuberancia umbonal se encuentra ligeramente arriba del margen de la bisagra; picos subterminales; cara anterior de la concha más o menos impresa; área ligamental plana; numerosos huecos; diente anterior corto y diente posterior elongado presente en algunas especies, incluso en estados tempranos de crecimiento; superficie lisa o con arrugas débiles concéntricas (Aberhan, 1998).

Descripción: Concha de talla pequeña, forma ovalada a trigonal, ligeramente convexa. Ala anterior prolongada, por lo que la concha es inequilateral. El umbo levanta hacia el lado posterior y esa es la máxima elevación de la concha, supera la margen de la bisagra. El diámetro mayor se encuentra en la longitud dorso-ventral. El perímetro ventral es ovado dando al perímetro general de la concha su vista ovalada. Aunque la ornamentación no es clara se pueden distinguir hacia la parte ventral unas arrugas concéntricas o líneas de crecimiento, pero la mayor parte de la superficie de la concha es lisa (Figura 23).

Discusión: Las características de ornamentación y forma de la concha (Aberhan, 1998) coinciden con el espécimen en estudio, son solo características externas e insuficientes para afirmar que este espécimen pertenezca al género *Parainoceramus*, debido al estado del material no pueden observarse las características internas, por lo tanto, se mantiene la interrogante respecto al género asignado. Si bien no se puede afirmar que el espécimen pertenezca al género cabe aclarar que el parecido morfológico externo que guarda con lo dicho en las descripciones y con las imágenes dadas en la literatura son los parámetros utilizados para considerarlo como posible representante del género para este afloramiento.

Intervalo estratigráfico: Hettangiano- Sinemuriano Inferior (Aberhan, 1998.)





SUPERFAMILIA Pectinacea Rafinisque, 1815

FAMILIA Posidoniidae Frech, 1907-1913

**GÉNERO *Posidonotis* Losacco, 1942**

***Posidonotis semiplicata* Hyatt 1894**

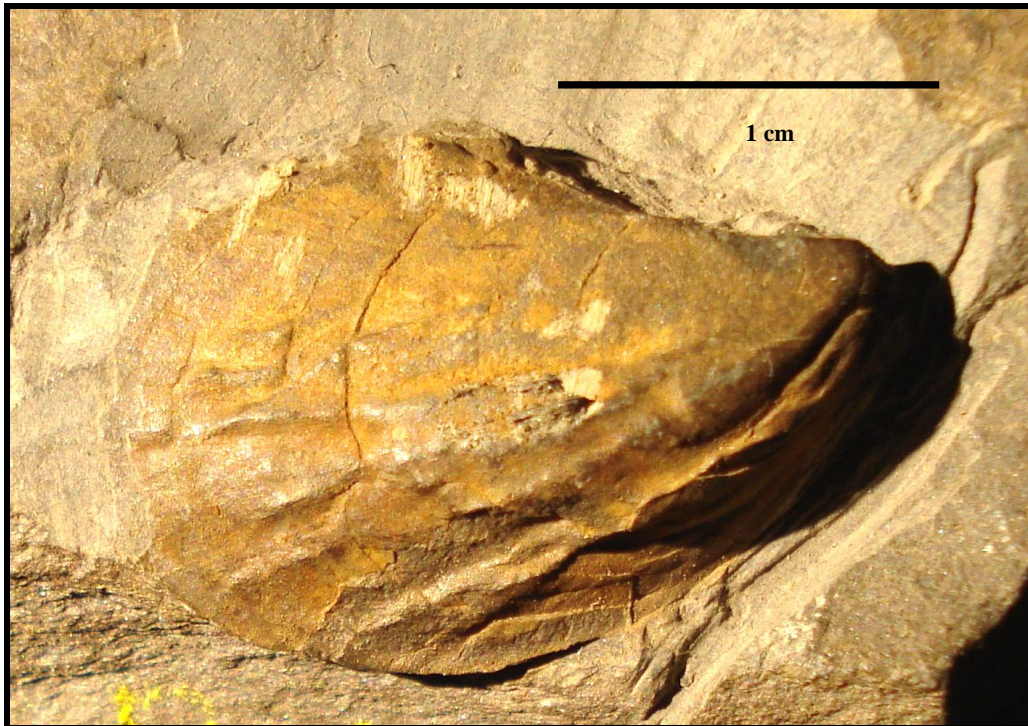


Figura 24. *Posidonotis semiplicata*, número de ejemplar 1(2). Material colectado al pie del afloramiento.

#### Sinonimia

1894 *Monotis semiplicata* sp. nov. – Hyatt: 414.

1894 *Monotis simmetrica* sp. nov. – Hyatt: 414.

1928 *Entolium balteatum* sp. nov. – Crickmay: 62, lám. 4, figs. e-g.

1933 *Entolium semiplicatum* (Hyatt) – Crickmay: 52, lám. 14, figs. 4-7.

Material examiando: Ocho ejemplares.

Diagnosis: Orbicular; inequilateral; margen de la bisagra muy corto para la familia; alas pequeñas pero claramente delimitadas; ornamentado por costillas radiales muy angostas, incrementándose por intercalación, además hay también pliegues concéntricos, formando un patrón reticulado (Aberhan, 1998).

Descripción: Concha cóncava, con líneas de crecimiento concéntricas y pliegues longitudinales, el mayor relieve se encuentra hacia el centro de la concha. La parte



posterior de la concha es redondeada convexa. El margen de la parte anterior de la concha es convexo hasta aproximadamente la mitad de la longitud dorso-ventral y, posteriormente, se hace cóncavo. El umbo comienza a elevarse del lado posterior, con dirección al dorso, desde arriba de la longitud media dorso-ventral y termina en un ápice cuya punta es fina. En el área del vientre la concha es semicircular y muestra pliegues pequeños, rectos y constantes, estos pliegues solo se notan hasta una tercera parte de la distancia hacia el dorso. Lucen como pliegues o costillas primarias, pero de muy poco relieve. El costillado es denso y fino. Del lado posterior hacia el ápice, sobresale una pequeña bisagra, ésta es perpendicular con respecto al umbo. La concha es equilateral (Figura 24).

Discusión: La baja convexidad de la concha, implica una alta superficie a volumen radio. Esto es interpretado como una adaptación de un organismo a incrementar la captación de oxígeno por absorción y difusión de oxígeno vía superficie tisular. Por lo tanto, *Posidonotis* parece bien adaptada a condiciones donde el oxígeno es poco o estaba en bajas concentraciones en el piso marino. Evidencia posterior, es provista por la abundancia relativa y las facies de distribución de *P. semiplicata* (Aberhan y Pálffy, 1996).

Intervalo estratigráfico: Jurásico Inferior (Aberhan, 1994; Aberhan, Pálffy, 1996; Aberhan, 1998).



GÉNERO *Bositra* De Gregorio, 1886

*Bositra* sp.

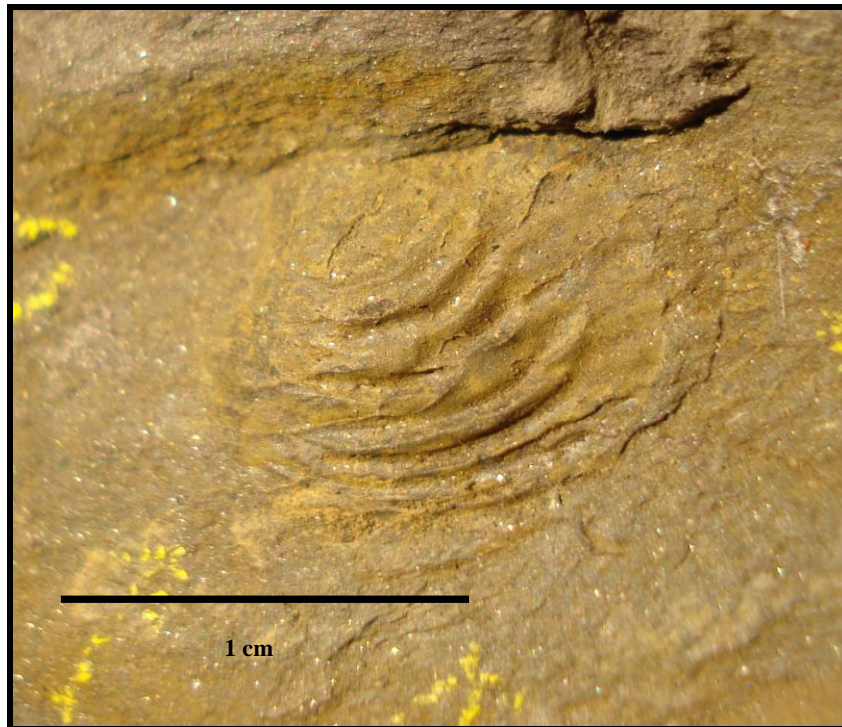


Figura 25. *Bositra* sp., número de ejemplar 1(3). Material colectado al pie del afloramiento.

Material examinado: Dos ejemplares.

Diagnosis: Externamente como *Posidonia* (Concha ovada a rómbica con crenulaciones concéntricas); pero con el ligamento alivincular similar al de *Pteria* que en su parte fibrosa es relativamente somero hacia la expansión posterior (Aberhan, 1998).

Descripción: Talla pequeña, valva inequilateral; el dorso termina en un ápice fino aunque con un ángulo muy abierto; la forma es trigonal con el perímetro ventral convexo y forma un semicírculo, la longitud mayor de la concha corre antero-posteriormente; tanto el ala anterior como la posterior se encuentran bien definidas; la concha es convexa, el umbo presenta la mayor elevación de la concha y se encuentra hacia la parte anterior; el perímetro anterior tiene forma cóncava mientras que el posterior no es muy visible; la ornamentación consiste en arrugas comarginales anchas y bien definidas, los espacios que hay entre ellas son profundos, presenta aproximadamente nueve de estas arrugas (el conteo no es exacto debido al estado de preservación del material) (Figura 25).



Discusión: No sabe con certeza a qué hábito pertenece este género se ha designado como pendiente ya que es incierto si es bentónico, pseudoplanctónico o independiente de las condiciones de aguas someras (Kenig *et al.*, 2004).

Intervalo estratigráfico: Jurásico Inferior (Aberhan, 1998).

SUPERFAMILIA Limacea Rafinesque, 1815

FAMILIA Limidae Rafinesque, 1815

GÉNERO *Plagiostoma* Sowerby 1812-1846

*Plagiostoma* sp.



Figura 26. *Plagiostoma* sp., número de ejemplar 99(3). Material colectado al pie del afloramiento.



Material examinado: Cuatro ejemplares.

Diagnosis: Tamaño medio a largo; forma oblicua a ovada; opistoclinado, es decir, inclinado hacia la región posterior; el largo comúnmente excede un poco el ancho; la convexidad de la concha es de moderada a fuerte; los picos están más o menos anteriores a la mitad del largo moderado del área cardinal; el hueco del ligamento es ancho; aurículas obtusas; silla umbonal anterior, bien definida; huecos marginales pequeños o ausentes; la bisagra carece de diente o puede presentar de uno a dos anchos; diente longitudinalmente directo en cada ángulo dorsal; la superficie es lisa, la concha está estriada de forma radial o con costillas débiles comúnmente con intervalos puntuados (Aberhan, 1998).

Descripción: Valva inequilateral, con inclinación hacia parte posterior; forma ovalada; el umbo se encuentra ubicado hacia la parte anterior; el perímetro ventral es convexo, aproximadamente a un cuarto de circunferencia; la concha es plano-convexa, es decir, convexidad moderada; la ornamentación consiste en costillas radiales con intervalos puntuados, son costillas finas, éstas no cubren toda la superficie donde no hay costillas la superficie es lisa, de acuerdo al conteo en uno de los especímenes se encuentran 101 costillas, la mayor concentración de ellas se localiza en los lados anterior y posterior y en el límite ventral, muestran un pequeño gancho al llegar al límite ventral, lo que les da un aspecto de sinuosidad; también pueden encontrarse pliegues concéntricos bien marcados, dichos pliegues pueden ser líneas de crecimiento (Figura 26).

Discusión: Aunque las características de la morfología externa están bien representadas en los especímenes, hacen falta características como la condición de la bisagra lo cual permitiría lograr una identificación a nivel específico. Sus hábitos son epifaunales bisados (Delevine, 1998).

Intervalo estratigráfico: Hettangiano al Pleinsbaquiano (Aberhan, 1998).



## SUBCLASE Cryptodonta Neumayr, 1883

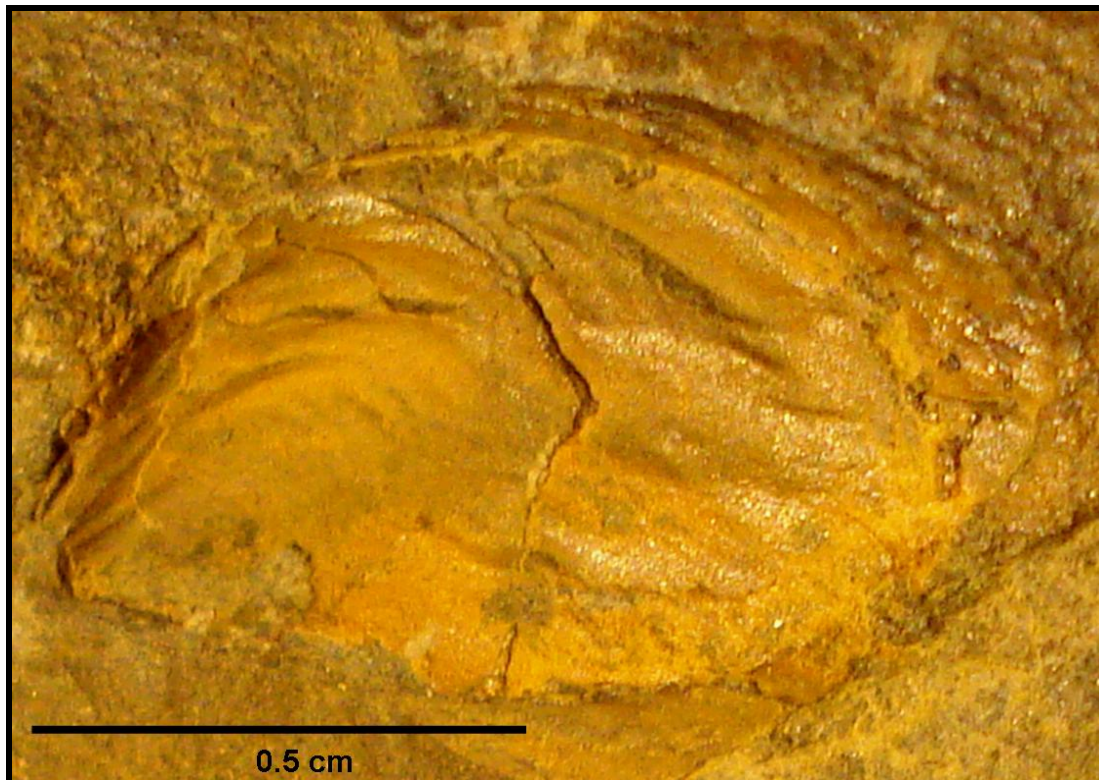


Figura 27. Subclase Cryptodonta, número de ejemplar 88. Material colectado al pie del afloramiento.

Material examinado: Un ejemplar.

Diagnosis: Concha taxodonta (con numerosos dientes de bisagra, algunos o todos transversos al margen de la bisagra); adultos no bisíferos; concha equivalva; márgenes cercanos; isomiarianos; nacáreos; ligamentos generalmente extendidos hacia los lados anterior y posterior; protobranquiados; pie estriado y reptante (Cox *et al.*, 1969).

Descripción: Concha ligeramente inequivalva; ovalada; talla pequeña; el diámetro mayor se encuentra en la longitud dorso-ventral; el ápice está afilado; perímetro antero-dorsal es de recto a ligeramente cóncavo y en su contraparte (postero-dorsal) el perímetro desde el ápice hasta el vientre es convexo; asimismo, el perímetro ventral es convexo y redondeado, en la forma general de la concha se tiene una forma ovalada a elíptica. Los márgenes posterior y anterior corren de manera casi paralela uno con respecto al otro. La valva es plano-convexa, con un umbo que muestra la mayor altura en la superficie de la concha y que se encuentra situado en la parte anterior. Al parecer se tiene el molde interno en el cual puede verse la impresión paleal y el seno paleal, así como dos músculos aductores



(dimiarianos), tanto el anterior como el posterior, de los cuales el que parece ser posterior luce de mayor tamaño por lo que se distingue mejor que el anterior. El músculo anterior parece estar dividido en dos, una de las partes, inferior pegada a la impresión paleal y la otra es superior más cercana al dorso y situada sobre la primera (Figura 27).

Discusión: Por la forma del músculo aductor, este espécimen se puede atribuir ya sea a la subclase Palaeotaxodonta lo mismo que a la subclase Cryptodonta. La diferencia entre ellas es la condición del músculo aductor, en Palaeotaxodonta ambos músculos son iguales entre sí, en cambio en Cryptodonta los músculos no son descritos de esta manera, solo se hace referencia a que son dos, por esta razón el espécimen se atribuye a la subclase Cryptodonta. Debido al estado del material no es posible seguir con la identificación.

Intervalo estratigráfico: Ordovícico al reciente (Cox *et al.*, 1969)



## Especímenes no identificados

Los siguientes ejemplares, muestran características que los hacen lo suficientemente distintos del resto de las especies identificadas. Debido a que solo se tiene un ejemplar de cada uno, se hace una descripción muy detallada. En ninguno de los tres casos se llegó a subclase.

Estas especies se incluyen en el presente trabajo por su importancia para el índice de diversidad y el de abundancia, ya que aunque llegó a una determinación específica están presentes como representantes de la fauna.

### Especie 1



Figura 28. Especie 1, número de ejemplar 1(4). Material colectado al pie del afloramiento.

Material examinado: Un ejemplar.

Descripción: Concha de forma rectangular; valva fuertemente inequilateral; el ala anterior se encuentra muy elongada, su perímetro es de recto a ligeramente convexo; la forma del perímetro del vientre es recta a ligeramente convexa y corre de manera paralela con el del ala anterior; el límite dorsal terminado en ápice es ancho y redondeado; presenta línea de bisagra posterior, la cual es corta; la concha es convexa con su mayor relieve en el ala





anterior, en donde pareciera correr el umbo; la ornamentación consta de costillas radiales, finas, estas corren por el lado posterior y sobre el límite ventral, pero no cubren la superficie total de la concha, sólo llegan hasta menos de la mitad de la longitud entre los dos perímetros más largos (ventral y anterior) (Figura 28).

Discusión: Ejemplar no identificado; sin embargo, las características que presenta lo hacen fácilmente diferenciable del resto de la fauna de bivalvos de afloramiento. La forma elongada de la concha que es su carácter más notable, es compartida por otros grupos de diferentes subclases como son Subclase Palaeotaxodonta, Familia Solemidae; Subclase Pteromorpha, Subfamilia Lithophagine, Subfamilia Modiolinae, Subclase Palaeotaxodonta, Familia Unionidae, es debido a sus similitudes en la parte externa de la concha por lo que se le asigna como: Especie 1

### Especie 2



Figura 29. Especie 2, número de ejemplar 167. Material colectado en la parte norte del afloramiento.



Material examinado: Un ejemplar.

Descripción: Concha equivalva; convexa; elongada dorso-ventralmente; la forma del perímetro de la concha completa es altamente elíptico; el perímetro ventral es convexo, de la mitad de una circunferencia; a la mitad del diámetro dorso-ventral; se aprecia una elevación convexa concéntrica; la valva muestra numerosos pliegues radiales cortos y ubicados a diferentes distancias de los límites ventral y dorsal, estos pliegues posiblemente son debidos al aplastamiento que talvez sufrió la concha; la talla es la mayor que se ha encontrado para un bivalvo en el afloramiento (Figura 29).

Discusión: El tamaño, la ornamentación y la forma distinguen a este ejemplar del resto de los bivalvos; sin embargo el estado de la preservación imposibilitan su identificación por lo que se asignará como Especie 2

### Especie 3



Figura 30. Especie 3, número de ejemplar 27(2). Material colectado al pie del afloramiento.



Material examinado: Un ejemplar.

Descripción: La forma es trigonal; el umbo se encuentra hacia la parte posterior de la concha, la cual es planoconvexa; equilátera; línea externa del vientre es redondeada; el límite dorsal es fino y presenta una pequeña línea de bisagra; la ornamentación está hecha por líneas de crecimiento concéntricas, muy marcadas hacia el vientre y ligeramente visibles hacia el dorso; también presenta costillas radiales fuertemente marcadas hacia el lado posterior debido al aplastamiento; la talla es mediana (Figura 30).

Discusión: Esta muestra en particular presenta ambas valvas aún unidas, pero abiertas sobre un plano paralelo a la sedimentación, el aplastamiento sufrido en las valvas ha provocado que se encuentren desfiguradas, por lo cual no se sabe con certeza si fósil es equivalvo o no, la valva izquierda presenta una longitud dorso-ventral mayor que la de la valva derecha, en cambio la valva derecha tiene mayor longitud antero-posterior con respecto a la izquierda. Por la ornamentación y la posición del umbo, coincide con un miembro de la familia Posidonidae; sin embargo esto no se confirmó. El ejemplar conserva ambas valvas sin desarticular, por lo que puede representar a un grupo autóctono, quedó fosilizado en posición de vida, estas son características de bivalvos con hábitos infaunales (Delevine, 1998), considerando lo anterior, el ser una especie autóctona permite determinar que su hábitat es el de plataforma nerítica distal, definido por la roca del afloramiento. Se asigna como Especie 3.



#### 8.4 Morfología funcional

El análisis de morfología funcional aplicado a los amonoides del afloramiento “La Fiesta”, permitió definir los tipos de concha presentes en los grupos identificados, los cuales son tres: serpenticono como el más abundante determinado para *Paltechioceras tardecrescens*, *P. harbledownense*, *P. burckhardti*, *Plesechioceras cihuacoatlé*, *Orthechioceras jamesdanae* y *O. incaguasiense*; planorbicono, *Paltechioceras rothpletzi*, *Paltechioceras sp.*, *Orthechioceras pauper* y *aff. Methophioceras sp.*; y un platicono, *Arnioceras ceratitoides* (Figura 7), que basados en Landman *et al.* (1996) evidencian hábitos demersales y de organismos planctónicos a la deriva, lo que implica que tanto la familia Echioceratidae como la familia Arietitidae, se presentan en facies a cercanas a la costa, mar adentro, en pizarra óxica y en plataforma nerítica.

#### 8.5 Abundancia relativa e índices de diversidad

De las 20 especies de moluscos identificadas para el afloramiento “La Fiesta” (11 de amonites y nueve de bivalvos), se tiene que los amonites tienen la mayor representatividad en el afloramiento, pero dentro de cada grupo hay especies dominantes, representadas en las siguientes gráficas mediante histogramas de frecuencia:

En la Figura 31 se aprecia que las especies dominantes de amonites son *Paltechioceras rothpletzi* con 29 individuos, *P. harbledownense* con 28 individuos y *P. tardecrescens* con 21 individuos por especie respectivamente, lo que indica la dominancia de la familia Echioceratidae para el grupo de los amonites. Esta dominancia será respaldada con otros análisis más adelante, tiene relevancia en cuanto al ambiente y a la bioestratigrafía. En el grupo de los bivalvos la especie dominante es *Posidonotis semiplicata* con ocho individuos (Figura 32), lo cual, desde el punto de vista ambiental sugiere que el afloramiento (que fue sitio de depósito de conchas tanto de amonites como de bivalvos), estaba cercano al hábitat del bivalvo dominante o que el propio sitio fuera el hábitat de esta especie. La Figura 33 muestra las frecuencias en número de individuos de las especies consideradas como la comunidad de moluscos del afloramiento “La Fiesta”, en total se identificaron 161 individuos, de los cuales el 87% corresponde a amonoides y el 13% restante a bivalvos (Cuadro 3).

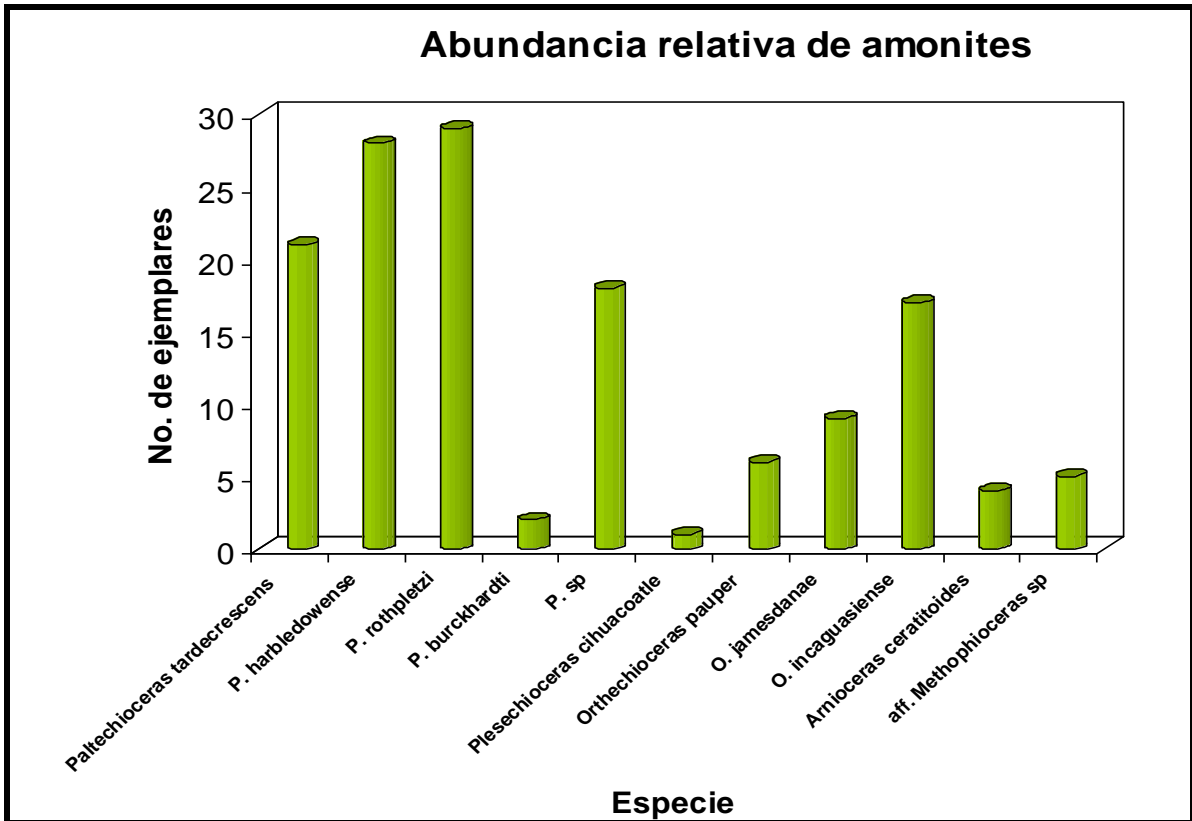


Figura 31. Abundancia relativa de amonites. En el grupo de los amonites, las especies dominantes son tres del género *Paltechioceras* (Datos en Anexo 2, Cuadro 20).

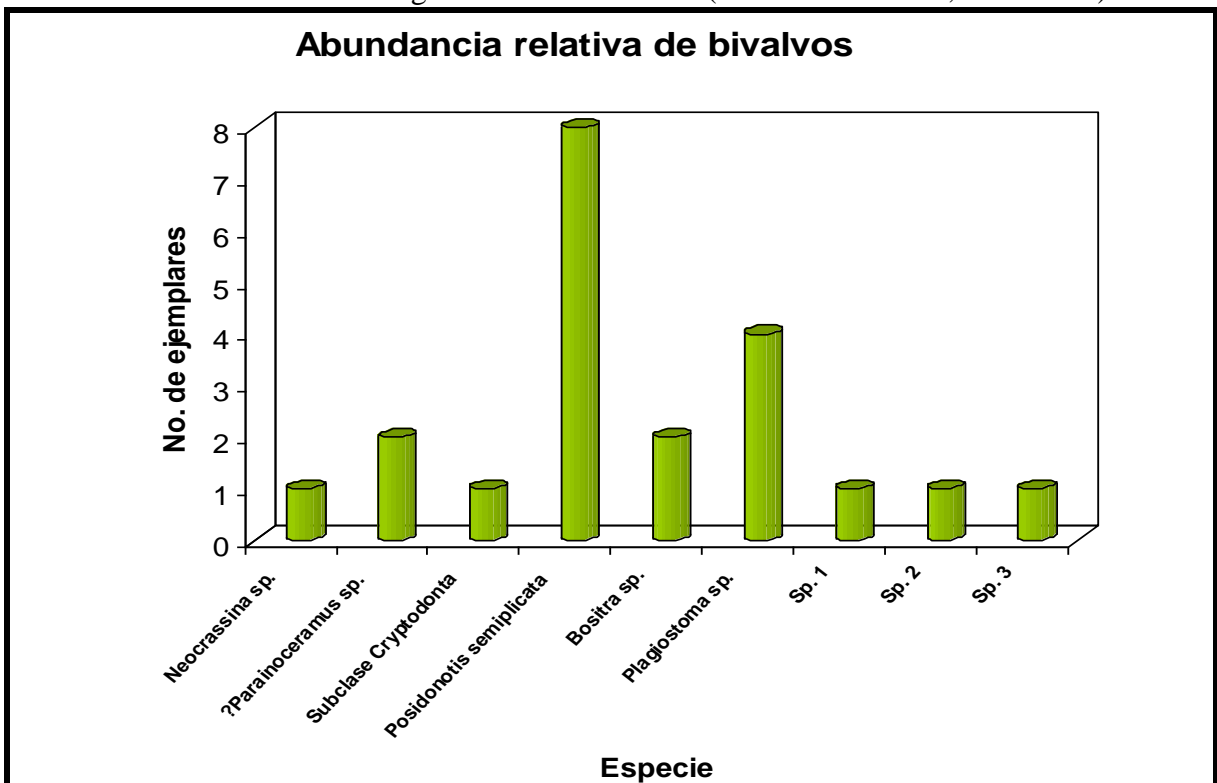


Figura 32. Abundancia relativa de bivalvos, la especie dominante es *Posidonotis semiplicata* (Datos en Anexo 2, Cuadro 21).

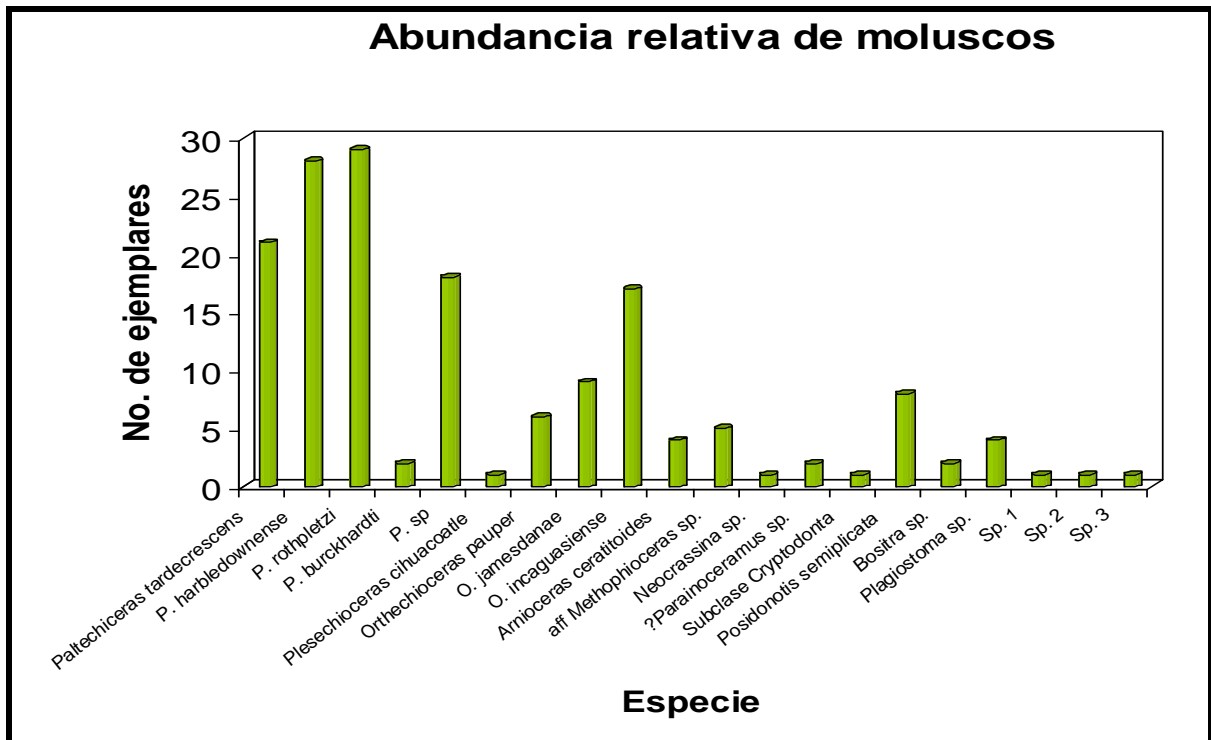


Figura 33. Abundancia relativa de moluscos. Evidencia al grupo de los amonites como el que tiene mayor representatividad en cuanto a abundancia relativa en el afloramiento (Datos en anexo 2, Cuadro 22).

Cuadro 3. Porcentajes de representatividad de especies identificadas para “La Fiesta”. En este cuadro se muestra la cantidad de individuos encontrados para cada una y el porcentaje que representan.

ESPECIE	CANTIDAD	PORCENTAJE QUE REPRESENTA
<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	21	13%
<i>Paltechioceras harbledownense</i>	28	17%
<i>Paltechioceras rothpletzi</i>	29	18%
<i>Paltechioceras burckhardtii</i>	2	1%
<i>Paltechioceras sp.</i>	18	11%
<i>Plesechioceras cihuacoatle</i>	1	1%
<i>Orthechioceras pauper</i>	6	4%
<i>Orthechioceras jamesdanae</i>	9	6%
<i>Orthechioceras incaguasiense</i>	17	11%
<i>Amioceras ceratitoides</i>	4	2%



<i>aff. Methophioceras sp</i>	5	3%
<i>Neocrassina sp.</i>	1	1%
? <i>Parainoceramus sp.</i>	2	1%
Subclase <i>Cryptodonta</i>	1	1%
<i>Posidonotis semiplicata</i>	8	5%
<i>Bositra sp.</i>	2	1%
<i>Plagiostoma</i>	4	2%
Especie 1	1	1%
Especie 2	1	1%
Especie 3	1	1%

Se comparó la diversidad del afloramiento “La Fiesta”, con tres afloramientos de la Formación Huayacocotla (“El Bopo”, Gayosso-Morales, 2007; “Peña Blanca”, Granados-León, 2007 y “El Potrero”, Hernández-Velázquez, 2007) estudiados recientemente en el contexto de interpretación paleoambiental, con el objetivo de tener un parámetro que permita definir a la diversidad de “La Fiesta” (Cuadro 4), la cual según el índice de diversidad de Shannon-Wiener, es mayor que en el resto de los afloramientos; por lo tanto, ya que se tienen los parámetros comparativos se puede enunciar que el afloramiento “La Fiesta” presenta una alta diversidad de moluscos.

Cuadro 4. Comparación de la diversidad, entre afloramientos de la Formación Huayacocotla en Hidalgo.

AFLORAMIENTO	INDICE DE DIVERSIDAD 1- $\lambda$
<b>El Potrero</b>	0.636
<b>Peña Blanca</b>	0.516
<b>El Bopo</b>	0.869
<b>La Fiesta</b>	0.886



En cuanto a la abundancia, como en párrafos anteriores se respalda con el uso del índice de Simpson (Cuadro 5) que de acuerdo con lo obtenido se confirma que al interior del afloramiento los amonites tienen mayor abundancia, específicamente para la familia Echioceratidae.

Cuadro 5. Abundancia de las especies identificadas para el afloramiento “La Fiesta”, Tenango de Doria, Hidalgo.

ESPECIE	NUMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIE	ABUNDANCIA PROPORCIONAL DE LA ESPECIE	INDICE DE SIMPSON ( $\lambda$ )	INDICE DE SIMPSON ( $\lambda$ ) POR FAMILIA
<i>P. tardecrescens</i>	21	0.130434783	0.01701323	ECHIOCERATIDAE 0.017
<i>P. burckhardti</i>	2	0.01242236	0.00015432	
<i>P. harbledownense</i>	28	0.173913043	0.03024575	
<i>Paltechioceras</i> sp.	18	0.111801242	0.01249952	
<i>P. rothpletzi</i>	29	0.180124224	0.03244474	
<i>O. jamesdanae</i>	9	0.055900621	0.00312488	
<i>O. pauper</i>	6	0.037267081	0.00138884	
<i>O. incaguasiense</i>	17	0.105590062	0.01114926	
<i>P. cihuacoatle</i>	1	0.00621118	0	
<i>A. ceratitoides</i>	4	0.02484472	0.00061726	
<i>aff. Metophioceras</i> sp.	5	0.031055901	0.00096447	
<i>Neocrassina</i> sp.	1	0.00621118	0	ASTARTIDAE 0
? <i>Parainoceramus</i> sp.	2	0.01242236	0.00015432	INOCERMIDAE 0.000154
Subclase <i>Cryptodonta</i>	1	0.00621118	0	0
<i>Posidonotis semiplicata</i>	8	0.049689441	0.00246904	POSIDONIDAE 0.00261
<i>Bositra</i> sp.	2	0.01242236	0.00015432	
<i>Plagiostoma</i> sp.	4	0.02484472	0.00061726	LIMIDAE 0.000617
Especie 1	1	0.00621118	0	0
Especie 2	1	0.00621118	0	0
Especie 3	1	0.00621118	0	0
Numero total de individuos		161		
Número de especies		20		





## 8.6 Espectro de hábitat

De acuerdo a los índices obtenidos para cada hábitat (Cuadro 6), aplicando la fórmula:

$$I_{h, 1, 2, \dots, n} = \sum Ph$$

se obtiene en la Figura 34 una representación gráfica indicando que los hábitats predominantes son: plataforma nerítica proximal y media, siendo la plataforma nerítica distal, la que menor aporte de fauna tiene para el sitio de depositación.

Cuadro 6. Índice de hábitat. Valores de cada hábitat obtenido conforme a la preferencia de distribución de los taxones.

ESPECIE	PLATAFORMA INTERMAREAL	PLATAFORMA NERITICA PROXIMAL	PLATAFORMA NERITICA MEDIA	PLATAFORMA NERITICA DISTAL	PENDIENTE DE TALUD PROXIMAL	PENDIENTE DE TALUD MEDIA	PENDIENTE DE TALUD DISTAL
<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	0	0.33	0.33	0.33	0	0	0
<i>P. harbledowense</i>	0	0.33	0.33	0.33	0	0	0
<i>P. rothpletzi</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0
<i>P. burckhardtii</i>	0	0.33	0.33	0.33	0	0	0
<i>Plesechioceras cihuacoatle</i>	0	0.33	0.33	0.33	0	0	0
<i>Orthechioceras pauper</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>O. jamesdanae</i>	0	0.33	0.33	0.33	0	0	0
<i>O. incaguasiense</i>	0	0.33	0.33	0.33	0	0	0
<i>Arnioceras ceratitoides</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>aff. Methophioceras sp</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0
<i>Neocrassina sp</i>	0	0.33	0.33	0.33	0	0	0
<i>?Parainoceramus sp</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0
<i>Posidontis</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Plagiotoma sp</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0
Sp 3	0	0	0	1	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>5.31</b>	<b>5.31</b>	<b>4.31</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

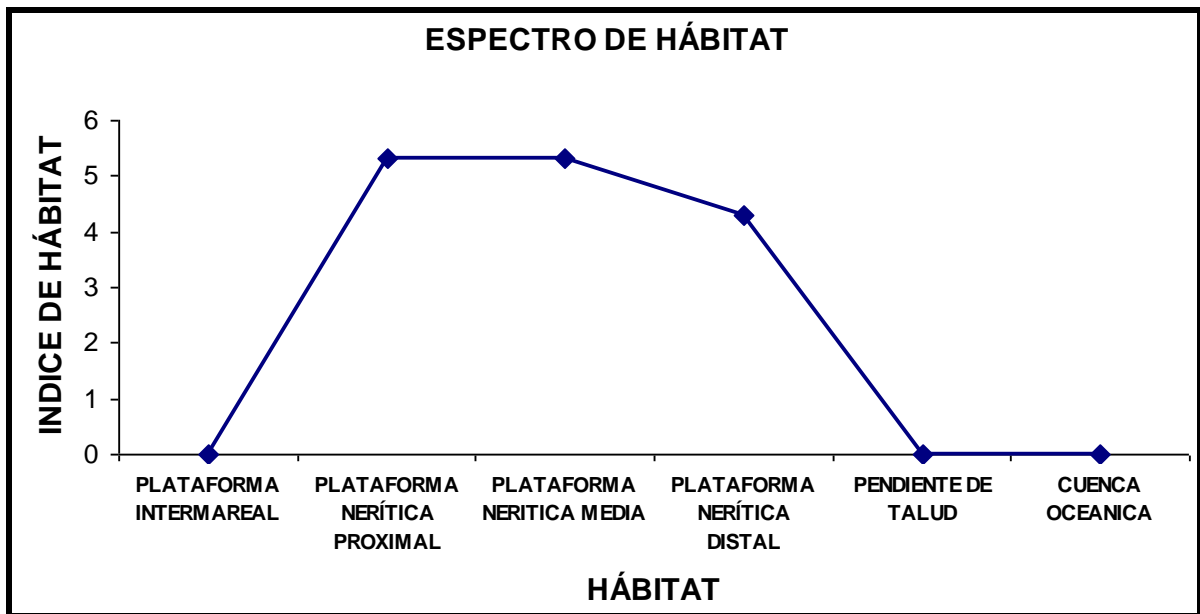


Figura 34. Espectro de hábitat. Obtenida a partir de los datos del Cuadro 6. La curva representa la distribución de la fauna en la plataforma nerítica utilizando el valor obtenido para cada hábitat. Los puntos más altos de la curva implican que una mayor cantidad de especies se distribuía en ese hábitat.

El arrastre del material orgánico desde las plataformas nerítica proximal y nerítica media hacia el sitio de depósito ubicado en la plataforma nerítica distal, contribuyó en la abundancia de fragmentos que se encontraron en el afloramiento. Además de lo anterior, el espectro de hábitat brinda un panorama de la distribución ambiental que presentaba la fauna representada por los fósiles del afloramiento “La Fiesta”.

### 8.7 Estructura de tallas en bioclastos

En total se obtuvieron 691 registros en tallas de bioclastos expresando su longitud mayor en milímetros, esto con el objetivo de representar su distribución gráfica, utilizando un histograma de frecuencia se observa un sesgo hacia las tallas pequeñas (Figura 35).

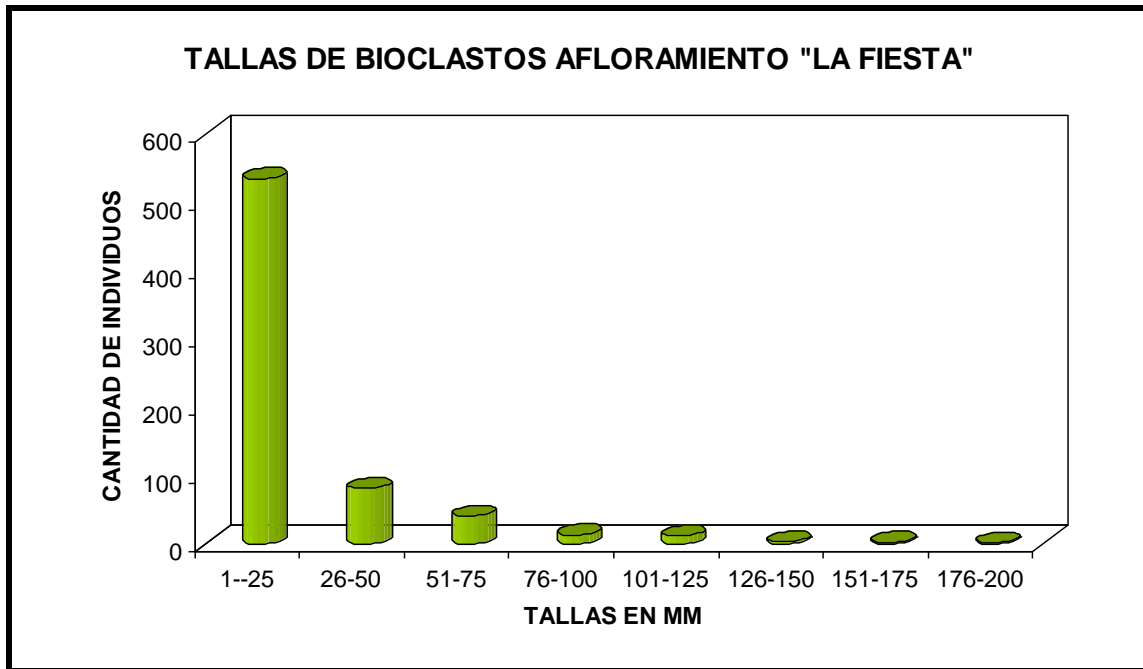


Figura 35. Distribución de tallas de bioclastos del afloramiento “La Fiesta”.  
(Datos en Anexo 3, Cuadro 25).

En conjunto, los datos se concentran en el primer intervalo de frecuencia es decir entre 1 y 25 milímetros lo que representa el 77% (Datos en Anexo 2, Cuadro 23) del total de los datos registrados para el afloramiento. El dominio de las tallas pequeñas, específicamente del intervalo menor, tiene implicaciones tafonómicas que indican arrastre y por lo tanto, presencia de corrientes, lo que basándose solo en este análisis, podría interpretarse como un ambiente de alta energía.

Otro aspecto tafonómico observado en las rocas del afloramiento es la disposición espacial de los bioclastos en la roca. Se identificaron tres tipos de asociaciones, de acuerdo a Esquivel-Macías *et al.* (2005) las cuales fueron: 1) fósiles relativamente íntegros y aislados de otros fósiles en el contexto de la roca (*Wackstone*); 2) grupo de fósiles juntos entre sí, sin superposición y con relativa integridad (*Packstone*); 3) grupo de fósiles superpuestos entre sí, pocos con alguna integridad, muy numerosos y la mayor parte de ellos fragmentarios (*Grainstone*), ilustradas en la Figura 36. Los tipos de asociación implican diferencia en la energía del ambiente que serán discutidas en el siguiente capítulo.

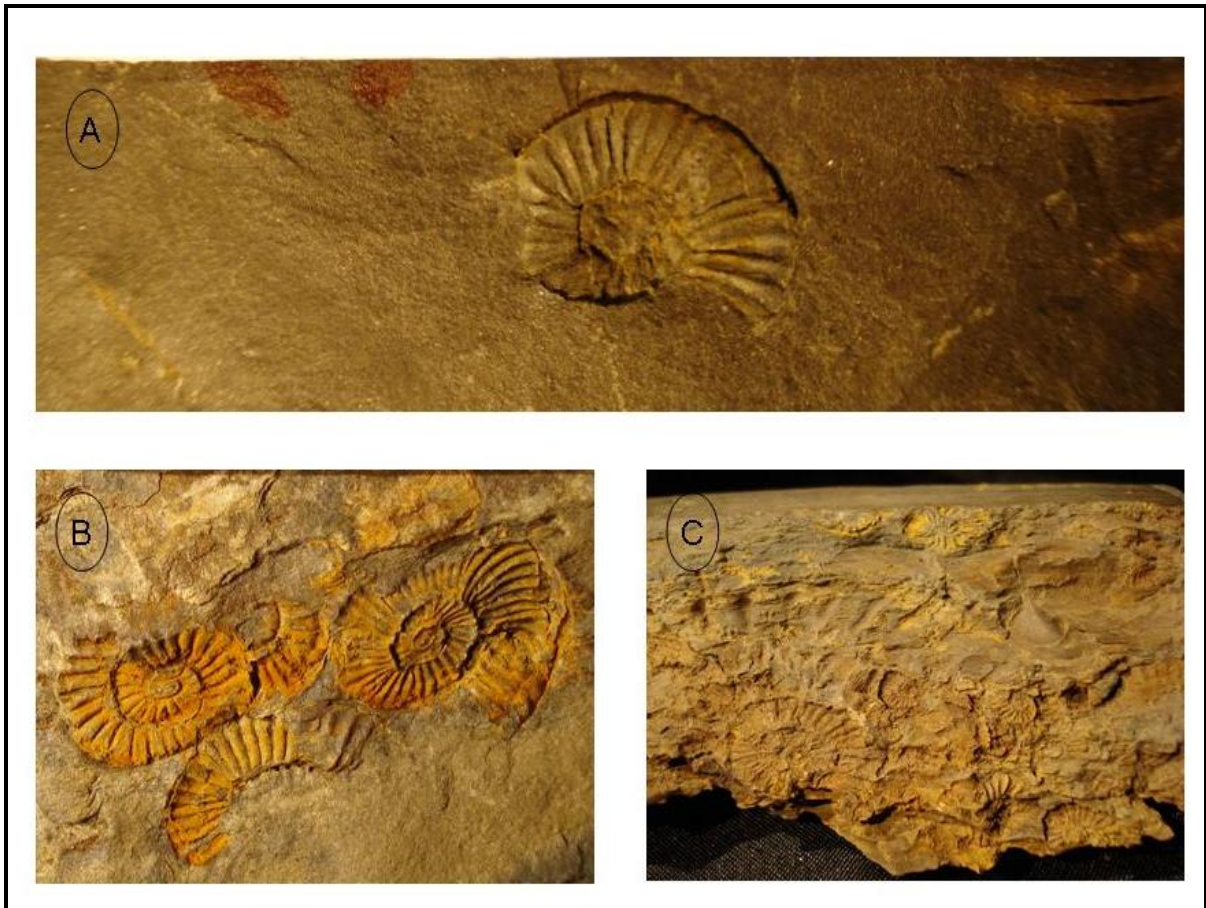


Figura 36. Tipos de asociaciones de bioclastos, definidas de acuerdo al acomodo que presentan en la matriz de la roca se les asigna un tipo de asociación de acuerdo a Esquivel-Macías *et al.* (2005), las cuales son: A) asociación tipo 1: Fósiles relativamente íntegros y aislados de otros fósiles en el contexto de la roca (*Wackstone*); B) asociación tipo 2: Grupo de fósiles juntos entre sí, sin superposición y con relativa integridad (*Packstone*); C) asociación tipo 3: Grupo de fósiles superpuestos entre sí, pocos con alguna integridad, muy numerosos y la mayor parte de ellos fragmentarios (*Grainstone*).

## 8.8 Petrología sedimentaria

El afloramiento “La Fiesta” presenta una estructura masiva de laminación milimétrica, de 30.2 metros de altura al descubierto. Por la composición mineralógica que presentan las rocas en relación a sus porcentajes y de acuerdo al diagrama triangular (Vatan, 1967) el nombre que se les da es, limolita arenosa cuarzo-feldespática, se encuentra compuesta por limo, cuarzo, arcilla y feldespato como elementos principales entre otros, su porcentaje de presencia se encuentra de la siguiente manera (Cuadro 7):



Cuadro 7. Componentes de la roca obtenida del afloramiento “La Fiesta”.

MINERAL	PORCENTAJE
Limo	50%
Arcilla (como cementante)	20%
Cuarzo	15%
Feldespatos	7%
Piroxeno	3%
Bioclastos	3%
Mica	1.5%
Hornblenda	0.25%
Clorita	0.25%

Los cortes de roca muestran intercalaciones de limo y arenisca, pero cuya composición se ilustra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Minerales que componen al lente de arenisca.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo cristalino	40%
Feldespatos	35%
Arcilla	7%
Limo	4%
Clorita	3%
Hematita	2.5%
Hornblenda	2%
Piroxeno	2%
Plagioclasa	1.5%
Bioclastos	1%
Granos líticos: cuarzo-feldespatos	1%
Mica	1%



En la composición general de la roca, se han encontrado concreciones de pirita aisladas, la más evidente se encuentra en la roca número 8. El color de la roca es gris medio oscuro N4 en superficie al intemperismo y gris oscuro N3 en fresco. Los granos más visibles son los que integran el lente de arenisca los cuales van de esféricos a subesféricos/redondeados a subredondeados (Ver Anexo 4, Figura 39), con un diámetro muy similar entre ellos, de bien a medianamente seleccionados, la arenisca es muy fina y tienen orientación preferencial (Ver Anexo 4, Figura 41).

De acuerdo a sus componentes principales, a la roca de este lente de arenisca se le da el nombre de cuarzo-arenita feldespática limosa. La roca además presenta hidrocarburos y betas de petróleo.

## 8.9 Bioestratigrafía

De acuerdo a la literatura consultada (Meister *et al.*, 2005; Erben 1956), se determinó el tiempo geológico en el que se encontraba la fauna encontrada en la unidad de estudio. Se llegó hasta zona, encontrando coincidencia en la mayoría de los taxones, para este análisis se utilizaron solo amonoides ya que son buenos indicadores de tiempo geológico.

De las once especies de amonoides identificadas, solo se determinó intervalo estratigráfico para diez, ocho de las cuales se encuentran en la zona *Raricostatum*, lo que indica claramente Sinemuriano Superior (Figura 37). Estas ocho especies en número de individuos representan el 93.57% (131 individuos) de los identificados, esta suma comparada con el 6.43% (9 individuos) de las dos especies restantes, dejan ver que la familia *Echioceratidae* es dominante, por lo que se asume que la etapa geológica que representan, es en realidad la que predominaba para la fauna del afloramiento.

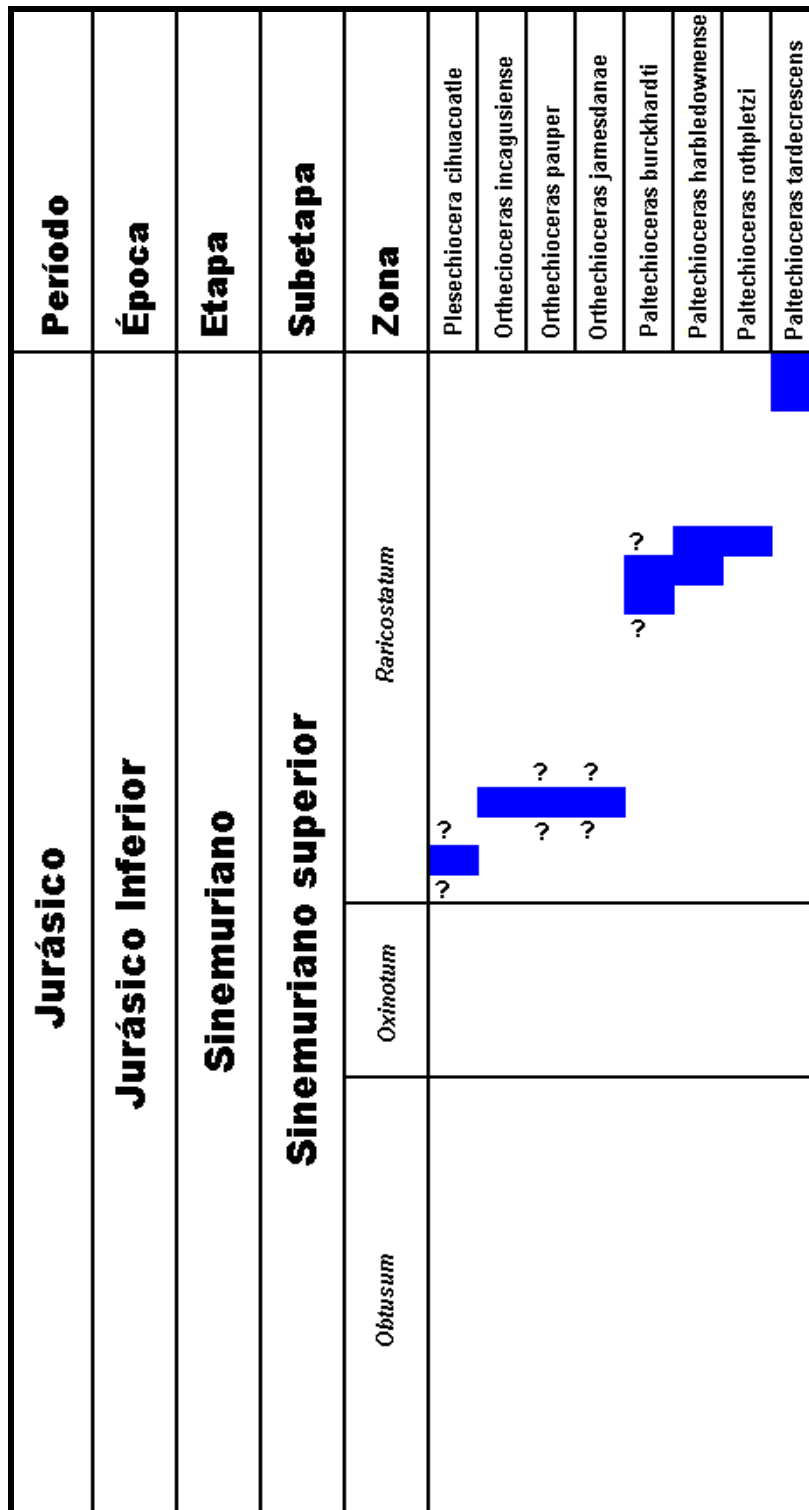


Figura 37. Ubicación bioestratigráfica de las especies de amonites identificadas para el afloramiento “La Fiesta”.



## 9. DISCUSIÓN

Se encontró un nuevo afloramiento del Jurásico Inferior en el municipio de Tenango de Doria, Hidalgo, México. Las rocas que lo componen pertenecen a la Formación Huayacocotla y forman una pared de 30.2 metros de altura al descubierto. El afloramiento denominado “La Fiesta” es portador de abundante fauna marina fósil, hasta ahora se han identificado 20 especies de moluscos, 11 de amonoides de las familias Echioceratidae y Arietitidae y nueve bivalvos de las familias Astartidae, Inoceramiedae, Posidonidae y Limidae. De esta fauna, los amonoides son indicativos de Sinemuriano Superior (Hesselbo *et al.*, 2000; Pálffy *et al.*, 2000; Page, 2003; Meister *et al.*, 2005; Vicente, 2005; Esquivel-Macías *et al.*, 2005; Venturi *et al.*, 2006).

Al comparar con las rocas de otros afloramientos similares de la región que pertenecen a la Formación Huayacocotla como: “El Potrero” (Hernández-Velázquez, 2007); “Peña Blanca” (Granados-León, 2007) y “El Bopo” (Gayosso-Morales, 2007) se encuentran diferencias que indican que “La Fiesta” parece representar una facies más profunda que “El Potrero” y “Peña Blanca” (Figura 38).

Para apoyar lo anterior, se señala que la roca encontrada en los tres afloramientos pertenece a una plataforma nerítica y estableciendo que la madurez de los sedimentos se considera como directamente indicativa de la distancia a la costa durante la depositación (Pettijohn, 1975), se determina que el afloramiento se encuentra dentro de la plataforma nerítica (Figura 38), utilizando como puntos referenciales a los afloramientos antes mencionados. En la Figura 38 se representa el tipo de roca encontrado en cada afloramiento a comparar, en relación con el tamaño de grano que le corresponde (Wentworth, 1922). Las líneas paralelas al eje de las ordenadas representan el alcance espacial que debió tener cada afloramiento. En el caso del “El Bopo”, se incluyen los puntos de muestreo conforme a la presentación de los datos en el trabajo respectivo (Gayosso-Morales, 2007). Lo anterior se realiza con el fin de determinar la ubicación del afloramiento “La Fiesta” dentro de la plataforma nerítica para establecer el escenario general del paisaje.

“La Fiesta” representa una facies más profunda, aunque “El Bopo” en uno de sus puntos de muestreo indica la misma profundidad, ésta es variable. En el caso del afloramiento objeto de este estudio, la naturaleza microlaminar se mantiene lo largo de 30.2 metros de altura lo que sugiere que representa el mismo ambiente en toda su extensión. Se observan intercalaciones lenticulares de arenisca acomodadas





periódicamente (Anexo 4, Figura 41) lo que representa períodos cortos, regulares, indicativos de cambios en el régimen de energía. También se sabe que hay cambios que acarrearban en conjunto, materia orgánica, tanto marina como terrestre; ésta última transportada por ríos ya que se detectan vestigios de restos vegetales continentales (Flores-Castro *et al.*, 2006). En particular, los referidos bioclastos fueron arrastrados probablemente por corrientes de reflujos, quedando depositados en los límites entre la arenisca y el limo.

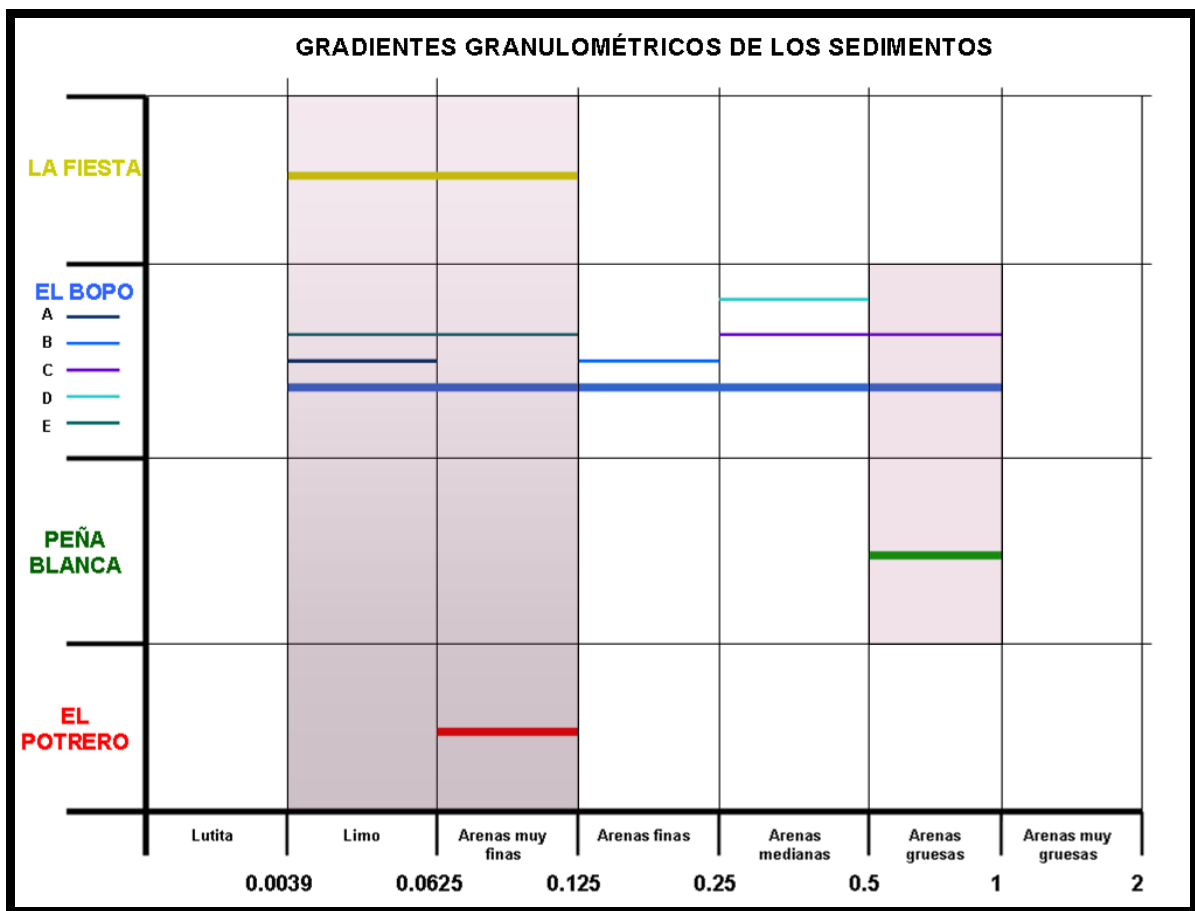


Figura 38. Representación del lugar espacial que ocupaban los afloramientos de la Formación Huayacocotla, todos dentro de la plataforma nerítica de acuerdo con el gradiente granulométrico que presentan los sedimentos en los distintos tipos de roca encontrada en los afloramientos. El gradiente se establece conforme a la escala de Wentworth (1922) la unidades están expresadas en milímetros. En el caso de “El Bopo”, se presentan los datos como fueron registrados en el respectivo trabajo (Gayosso-Morales, 2007), las letras A, B, C, D y E, indican sitios de colecta, se incluyen para ilustrar la variación ambiental del sitio.



## 9.1 Oxigenación

En cuanto al nivel de oxigenación del ambiente conviene discutir cuál pudo ser este, por tratarse de un parámetro fuertemente indicativo del tipo de comunidad biótica que ahí existió, al mismo tiempo por que la cantidad de materia orgánica en descomposición altera los valores de tal parámetro (León *et al.*, 2001). En una primera aproximación el color intemperizado de las rocas (página 74, Resultados) podría sugerir la acumulación de materia orgánica cuya descomposición posiblemente provocaría que el nivel de oxigenación fuera bajo. La baja concentración de oxígeno, para el caso del afloramiento de estudio, agrega un argumento sobre las cualidades de la masa de agua que dominaba el fondo de esta cuenca junto con los datos petrológicos que muestran estabilidad. Solo la incursión cíclica de aguas costeras cargadas de areniscas muy finas cambiaba momentáneamente esas condiciones reductoras, pero al reanudarse la disoxia habitual había condiciones adecuadas para la fosilización.

Otra evidencia de escasez de oxígeno se encuentra en la presencia de nódulos de pirita o fósiles piritizados (Anexo 3, Figura 44), este mineral requiere condiciones disóxicas y abundante materia orgánica en descomposición para su cristalización. En ambientes, donde la hay bajas concentraciones de oxígeno, la degradación de la materia orgánica provoca la diagénesis temprana de minerales de Hierro, entre los cuales la pirita es el compuesto termodinámicamente más estable (Luther, 1991; Morse y Luther, 1999). Por ello, la pirita encontrada podría ser de origen biótico sedimentario, relacionado con condiciones reductoras. La evidencia de tales condiciones redox, implica una alta tasa de sedimentación (Cabanas *et al.*, 1982), esta última consistente con los sugeridos ciclos anuales de 13 láminas.

En cuanto a los granos que se encuentran en los lentes de arenisca (Anexo 4, Figura 39), puede verse que sufrieron transportación la cual los desgastó desde esféricos a subesféricos/redondeados a subredondeados. Tal selección obedece a las condiciones de plataforma clástica, somera, nerítica media-distal y semirestringida, ya que en condiciones de plataforma abierta con un régimen de menor energía se esperaría una acumulación de lutitas.

Por su parte, los estudios geoquímicos aplicados a diferentes rocas fosilíferas de la Formación Huayacocotla (Angeles-Cruz, 2006), sugieren la existencia de arco de islas volcánicas información inferida por medio de un diagrama de discriminación de Roser y Korsch (1986), lo que sugiere que los sedimentos se depositaron en una cuenca trans-arco.



El arco de islas pudo haber actuado como una barrera que restringía la dinámica del agua lo cual podría haber favorecido condiciones disóxicas (Angeles-Cruz, 2006). El contenido de tierras raras en algunas muestras y baja concentración del elemento MnO en todas las muestras es otra evidencia de condiciones reductoras (Angeles-Cruz, 2006).

Reuniendo la evidencia sedimentaria se puede decir que predominó la condición disóxica (0.1 a 1.0 ml /l; Dodd y Stanton, 1990) de la masa de agua adyacente al fondo que representan las rocas del afloramiento. Esta concentración de oxígeno es adecuada para la presencia del bivalvo *Posidonotis semiplicata* (Aberhan y Pálffy, 1996).

## 9.2 Diversidad

La fauna del afloramiento “La Fiesta” listada en el Cuadro 2, presenta un alto índice de diversidad de 0.886, mayor al de afloramientos ya comparados de la Formación Huayacocotla (Cuadro 4). La causa de esta diversidad, puede obedecer a la variabilidad ambiental que había en la propia plataforma nerítica y que la fauna fósil evidenció por medio del índice de hábitat (Cuadro 6), en donde se muestran las preferencias ambientales de las especies (Gráfica 6).

La variabilidad ambiental suele ir en función de la presencia de múltiples factores, como el relativo al oxígeno, respecto al cual había por lo menos dos variantes ambientales, la primera, en un escenario de aguas bien oxigenadas en donde habitaban la mayoría de los organismos bentónicos y nectónicos y la segunda, en el sitio de depositación, donde las condiciones eran disóxicas, como ya se discutió párrafos arriba. Además, las condiciones ambientales de la PN, como son profundidad, temperatura, presión y salinidad; presentan variaciones en relación a su cercanía a la costa. En sitios más alejados las variaciones oscilan en función de la dinámica del agua, en consecuencia, la interacción de estos factores, que promovían la variabilidad ambiental pudo sustentar la diversidad que se encuentra representada en las rocas del afloramiento.

Por otro lado, pudo existir alta productividad biológica ya que la cantidad de individuos por especie, independientemente de los factores tafonómicos que concentraron aquí tal cantidad de conchas (pág., 24, capítulo Resultados), permiten sugerir que había gran cantidad de individuos por especie (Cuadro 2) en el ecosistema original, incluyendo a toda la PN. Adicionalmente, la presencia de materia orgánica favorece la cristalización piritita (Figueiras *et al.*, 1985, 1986), condición demostrada en este afloramiento (Anexo 3, Figura 44).



### 9.3 Estructura de la asociación fósil como indicadora de la comunidad original.

Aunque la asociación fósil se integra por amonites y bivalvos (Cuadro 2), no se descarta la posibilidad de la presencia de otros grupos porque en afloramientos cercanos dentro del municipio de Tenango de Doria y pertenecientes a la Formación Huayacocotla, se han encontrado equinodermos y gasterópodos (Esquivel-Macías *et al.*, 2005; Granados-León, 2007).

La fauna fósil identificada para el afloramiento de estudio, guarda la mayor similitud respecto al BOPO, si se aplica el índice de similitud cuantitativa de Sorensen (ISCUANT), ya que este  $I_{SCUANT}$  es igual a 0.00716, que con respecto a otro afloramiento cercano que es “Peña Blanca”, en donde la similitud es menor ( $I_{SCUANT}=0.00232$ ). Por otra parte conforme a la gráfica 9, la similitud faunística entre “El Bopo” y “La Fiesta” (Cuadro 25) es congruente con la similitud observada entre las respectivas facies que ambos representan.

Por supuesto que el escenario que representan las rocas de estudio es del sitio de depositación, pero la fauna fósil encontrada en el contexto de estas rocas contiene especies de la familia Posidonidae, otros bivalvos y muchos amonoides procedentes de distintas facies de la PN, junto con características ya inferidas antes en este texto como son: mineralización de pirita, condiciones disóxicas, alta tasa de sedimentación y alta tasa de descomposición de materia orgánica; que en conjunto con el particular listado taxonómico obtenido aquí, pueden ser atribuibles a más de un tipo de comunidad jurásica de acuerdo con McKerrow (1978).

Las interpretaciones tipo McKerrow forman parte de una corriente ortodoxa que pretende entender los ecosistemas del pasado, con base en las propiedades de los actuales (Principio de actualismo; Prothero, 2003). Por supuesto que el escenario que representan las rocas de estudio es del sitio de depositación, pero la fauna fósil encontrada en estas rocas contiene especies de la familia Posidonidae, de otros bivalvos y muchos amonoides procedentes de distintas facies de la PN, que junto con características ya inferidas antes en este texto así como el particular listado taxonómico (Cuadro 3) pueden atribuirse a más de un tipo de comunidad jurásica (McKerrow, 1978).

La primera de las comunidades con las que guarda similitud la asociación faunística “La Fiesta”, es la denominada “comunidad de arcillas bituminosas” (McKerrow, 1978, pág. 208, fig. 63) donde el autor propone que la comunidad debió estar compuesta por elementos nectónicos (amonoideos, bivalvos, vertebrados) y planctónicos (algunos



cefalópodos). Las características que muestra la comunidad representada en “La Fiesta” compartidas con este modelo son la dominancia de amonoideos, sedimento rico en materia orgánica derivada de la descomposición de restos de animales, el régimen de corriente descrito como; aguas someras de baja energía que propiciaban condiciones de carencia de oxígeno, mineralización de pirita y fósiles piritizados. La característica que no permite asumir este modelo de comunidad es la litología de “La Fiesta”, que de ser este tipo de comunidad se esperarían los sedimentos de mayor madurez textural.

La “comunidad de arcilla lodosa” (McKerrow, 1978, pág. 213, fig. 65), es el segundo modelo. Presenta una litología más parecida a la encontrada para el sitio de estudio y tiene como puntos comunes: bivalvos infaunales y seminfaunales, altas tasas de sedimentación, alta permeabilidad en los sedimentos de arcilla y el que el sedimento disolviera las conchas de aragonito de amonites (Landman *et al.*, 1996) y las de los bivalvos, dejando solo moldes. Como en la anterior comunidad también hay detalles que no permiten aceptar este modelo ya que las características de régimen de energía alto y falta de piritización; son contradictorias con lo encontrado en el afloramiento.

El tercer modelo (asumido por Esquivel *et al.*, 2005 y en otros trabajos para afloramientos cercanos), describe una “comunidad de arcilla arenosa” (McKerrow, 1978, pág. 216, fig. 66), en relación al sitio de estudio es congruente con la presencia de una gradación de comunidades que vivían en el lodo y en la arena, la riqueza de nutrimentos suspendidos en la masa de agua que sostenía una fauna rica en filtradores, la presencia de pectinidos, así como amonoideos libre nadadores y demersales cuyas características son compartidas con el afloramiento “La Fiesta”. De igual manera se comparte la litología. En este caso al igual que en el anterior, el régimen de energía es más alto que en “La Fiesta” y no menciona la piritización ni condiciones reductoras.

Por lo tanto, el afloramiento de estudio presenta cualidades compartidas con los tres modelos, por lo que se podría sugerir la descripción de un nuevo tipo de comunidad para el Jurásico Inferior, lo cual sería una alternativa para los datos disponibles.

#### 9.4 Estructura de tallas

Con excepción de la almeja *P. semiplicata*, se postula que el material fósil encontrado en el afloramiento se depositó en forma de fragmentos arrastrados por la corriente en un gradiente de tallas, que denota (Figura 35) su acumulación centrada en 77% alrededor de las tallas pequeñas (1-25 mm). La energía de estas corrientes (Figura 36), es inferida por



medio de tres modalidades de acomodo que tuvo el material orgánico durante la depositación:

a) Las asociaciones fosilíferas modalidad 1 y 2 (Figura 36A, 36B, Anexo 4, Figura 42), implican bajo régimen de energía, en el caso de la asociación tipo 1 (Esquivel *et al.*, 2005) la corriente era casi nula.

b) En el caso de una corriente leve se aglutinarían los fragmentos aun completos en una modalidad que aquí se denomina asociación tipo 2 (Esquivel *et al.*, 2005), cuyas conchas sufrieron poco desgaste, fenómeno que evidencia procedencia del material desde un área cercana.

c) Por último, la asociación tipo 3 (Esquivel *et al.*, 2005) (Figura 36C y Anexo 4, Figura 43), fragmentos de muchas de las especies que en las dos asociaciones previas pero seguramente concentradas por efecto de un arrastre mayor que las dos anteriores, lo que se apoya por que los fragmentos están dispuestos de manera que sus diámetros mayores se encuentran paralelos unos con respecto a otros (Figuras 41 y Anexo 4, Figura 42). Un cambio en el régimen de energía pudo haber acumulado material desde la zona nerítica proximal y desgastándolo hasta llegar al sitio final de depositación, la heterogeneidad en tamaños que muestran los bioclastos y su desgaste puede indicar la distancia a través de la cual fueron sometidos a arrastre.

La naturaleza variable de las condiciones de depósito, también apoya el modelo de ciclos mareales inferidos con respecto a las demás líneas de evidencia discutidas. Como se ve, el arrastre de los bioclastos implica que provenían de varias partes de la PN, porque la fauna fósil se compone por amonites y bivalvos que representan diferentes hábitos de vida dentro de ella, lo cual es un juicio derivado nuevamente del criterio de morfología funcional (Chamberlain, 1976; Saunders y Wehman, 1977; Ward *et al.*, 1980). El caso del los amonites es ilustrativo porque se sabe que se desplazaban en la columna de agua (Landman *et al.*, 1996), lo que trae como consecuencia que difícilmente quedasen depositados directamente bajo el hábitat original (Landman *et al.*, 1996).

La morfología de la concha, muy estudiada por diferentes autores (Chamberlain, 1976; Saunders y Wehman, 1977; Ward *et al.*, 1980) en cuanto a sus aspectos funcionales (Landman *et al.*, 1996) deja poca duda de que su hábitat se encontraba en las aguas sobre zona de plataforma nerítica y que abarcaba la franja costera representada por la roca donde se les encontró fosilizados. Esto permite subrayar que, si bien, los amonites individuales sufrieron flotación *postmortem* variable y se depositaban más o menos al azar dentro su ámbito de distribución, mucha de la materia orgánica producida era arrastrada y depositada



en un sitio de la plataforma, por ello se encuentra a las mismas especies en los tres tipos de asociaciones, aunque sufrieron diferentes condiciones de transporte en función de la distancia y régimen de energía de hábitat de origen.

Los datos obtenidos (Cuadro 6) mediante un índice de hábitat (Andrews *et al.*, 1979; Sánchez-Marco, 1999; Van Couvering, 1980) refuerzan la apreciación sobre la existencia de facies de plataforma. Aunque la aplicación de dicho método podría cuestionarse ya que fue desarrollado y aplicado originalmente para organismos terrestres, resulta muy pertinente pues conforme a su fundamento (Andrews *et al.*, 1979; Sánchez-Marco, 1999; Van Couvering, 1980) se evidencian las franjas ambientales que las asociaciones de organismos habitan según sus propias preferencias. Por lo tanto, aplicado este método a los ejemplares de “La Fiesta”, muestra que los hábitos de la mayor parte de la comunidad se desarrollaban preferentemente en la plataforma nerítica proximal y media y en menor cantidad la nerítica distal (Figura 34).

La inclinación hacia las tallas pequeñas (Figura 35), es consistente con los datos proporcionados por el espectro de hábitat (Cuadro 6, Figura 34), es decir que las conchas encontradas en la zona de depositación provenían de diferentes facies de la PN ya que el desgaste y fragmentación (Anexo 4, Figura 43) de la mayor parte del material resulta en abundancia de bioclastos de talla pequeña, mientras que el material cercano al sitio de depositación mantiene mayor integridad.

## 9.5 Petrología sedimentaria

Los cortes de roca realizados (Figuras 39-41) para “La Fiesta”, muestran intercalaciones lenticulares de arenisca y limo acomodadas de manera alternantes (Figuras 39), debido a la naturaleza microlaminar (Anexo 3, Figura 45) que presentan estas intercalaciones entre el limo y la arenisca, por lo que, es probable que hayan obedecido a períodos cortos. Estos períodos, evidentemente regulares (Anexo 4, Figura 41), son indicativos de los cambio en el régimen de energía, los cuales posiblemente creaban condiciones para acarrear consigo materia orgánica de origen, tanto marino como terrestre, esta última transportada por ríos, ya que se trata de restos vegetales continentales (Flores-Castro *et al.*, 2006); en particular, los bioclastos de moluscos fueron arrastrados probablemente por corrientes de reflujo mareal con lo que quedaron depositados en los límites entre la arenisca y el limo (Anexo 4, Figura 40). Dicha explicación también se desprende del hecho de que al fragmentarse la



roca suelen marcarse ciclos de alrededor de 13 láminas, lo que podría interpretarse como ciclos anuales compuestos de 13 ciclos lunares como ocurre en la actualidad (uniformismo metodológico según Dodd y Stanton, 1990) (Esquivel-Macías, com., pers).

Hay que observar que los granos del sedimento arenoso tienen una orientación preferencial (Anexo 4, Figura 41), lo que implica de nuevo corrientes de baja energía, consistentes con la proveniencia desde la cercanía de la costa. Lo mismo sugiere la existencia de los microlentes de arenisca que los contienen. Adicionalmente con base en la selección que presentan los granos se apoya el mismo criterio de existencia de corrientes débiles (Anexo 4 Figura 41).

Por lo tanto, conforme a los argumentos petrológico/sedimentarios, el ambiente de deposición representado exhibe condiciones de energía cíclicas regulares. Como se apoyará más adelante con base en tallas de bioclastos. Este escenario concuerda con las condiciones ambientales de una plataforma nerítica distal, influida marcadamente por los ciclos mareales inferidos. Consecuentemente, la roca que compone al afloramiento representa el ambiente de deposición, es decir, el lugar donde los restos orgánicos fueron depositándose para posteriormente quedar fosilizados.

## 9.6 Bioestratigrafía

Al interior del afloramiento, la composición faunística del material identificado se caracteriza por un valor de dominancia  $\lambda = 0.11$ , explicable por amonoides, de la familia Echiocertidae, cuyo índice de Simpson es igual a 0.017 (Cuadro 5), teniendo especies como *Paltechioceras tardecrescens*, *P. rothpletzi*, *P. burckhardti*, *Orthechioceras pauper*, *P. harbledownense*, *O. incaguasiense*. La familia Echioceratidae en sí misma, indica Sinemuriano superior (Meister *et al.*, 2005; Hillebrandt, 2006; Page, 2003; Venturi *et al.*, 2006).

La segunda familia identificada es Arietitidae, la cual tiene tres especies representativas (*Arnioceras ceratitoides*, *Arnioceras* sp., y *aff Methophioceras* sp.), y un intervalo de distribución temporal distinto al que presenta Echioceratidae, ya que la familia Arietitidae se considera característica del Sinemuriano Inferior (Meister *et al.*, 2005; Wilke y Zamora, 2002). En Europa, Echioceratidae y Arietitidae no se encuentran juntas (Meister *et al.*, 2005); sin embargo, en afloramientos de la Formación Huayacocotla se han encontrado y mencionado a estas familias juntas en distintos trabajos (Erben, 1956;





Hernández-Velázquez, 2007; Gayosso-Morales, 2007; Esquivel-Macías, 2005; Meister *et al.*, 2005), en el trabajo de Meister *et al.* (2005), este fenómeno no es considerado posible por Meister *et al.* (2005), por lo que, los autores para fines prácticos una vez encontrados a *Arnioceras* y a *Echioceratidae*, excluyen a la familia *Echioceratidae* y dejan a *Arnioceras* (familia *Arietitidae*) como la especie representativa que les lleva a determinar Sinemuriano Inferior en el citado trabajo.

Encontrar a ambos grupos juntos, inicialmente sugiere una revisión en las determinaciones taxonómicas y posteriormente la revisión de otros trabajos aplicados en la Formación Huayacocotla, ésta dio como resultado la constante presencia de ambos grupos en el mismo sedimento (Erben, 1956; Hernández-Velázquez, 2007; Gayosso-Morales, 2007; Esquivel-Macías, 2005; Meister *et al.*, 2005), ya que han sido diferentes estudios taxonómicos aplicados por varias personas en distintos tiempos los que han coincidido en encontrar a ambos grupos juntos, se asume que no hay errores en las determinaciones taxonómicas. Por lo tanto, la cuestión es, el que en Europa no se les haya encontrado juntos y cada uno represente un tiempo distinto (Meister *et al.*, 2005), e incluso que la forma de diferenciar a ambas familias sea con base en el tiempo en el que se les asigna (Wilke y Zamora, 2002) y que en México, tanto *Arietitidae* como *Echioceratidae* sean comúnmente encontradas juntas.

Teniendo solo como datos que en Europa *Arietitidae* y *Echioceratidae* están en tiempos distintos (Sinemuriano Inferior y Sinemuriano Superior respectivamente) y en México se les encuentra en los mismos cuerpos de roca, presumiblemente en el mismo tiempo, se toma como una posible explicación un modelo de dispersión propuesto por Venturi *et al.*, (2006), en donde se considera que la migración de la familia *Echioceratidae* se dio desde el norte de Tethys (Secciones en Italia), hasta el Pacífico (Sudamérica). Al ser más antigua la familia *Arietitidae* y haberse originado en Europa, al migrar llegó primero a la cuenca que *Echioceratidae* en donde las condiciones ambientales eran presumiblemente estables de acuerdo a la evidencia discutida anteriormente y que por tanto mantenía un óptimo ecológico, promovieron su supervivencia hasta el Sinemuriano Superior, tiempo en el que llegan los miembros de la familia *Echioceratidae* y de esta manera se les encuentra juntos. Se requiere un estudio formal para determinar si el modelo propuesto por Venturi *et al.* (2006), puede ser aplicado a los datos encontrados en México con respecto a estas dos familias.

Por su abundancia, la familia *Echioceratidae* es dominante así que se reitera que las rocas del afloramiento “La Fiesta”, proceden del Sinemuriano Superior.



## 10. CONCLUSIONES

Los fósiles del afloramiento indican condiciones marinas, específicamente un ambiente de plataforma nerítica, representada en sus tres principales partes, es decir, nerítica proximal, nerítica media y nerítica distal, siendo las rocas del afloramiento indicadores de esta última. De la fauna depositada en el sitio del afloramiento, únicamente el bivalvo *Posidonotis semiplicata* podía resistir las condiciones disóxicas. El resto de la fauna encontrada, conforme a los datos aportados por su morfología funcional y el espectro de hábitat; responden mejor a una distribución dada principalmente hacia la plataforma nerítica media y proximal.

Las características faunísticas y litológicas encontradas en el afloramiento de estudio lo asocian a tres modelos de comunidad propuestos por McKerrow en 1978, en los cuales hay atributos que no permiten aceptar aún del todo a alguno de los modelos propuestos como el que mejor se adaptaría a lo encontrado en el afloramiento. Por lo tanto, se considera que respecto a la puntual caracterización de la comunidad se realice una búsqueda más profunda de evidencias que permitan atribuir un modelo establecido o sugerir un nuevo modelo que admita los rasgos del afloramiento “La Fiesta”, con base en la comparación del material procedente de los afloramientos ya estudiados para la Formación Huayacocotla, unificando criterios taxonómicos, de estructura de comunidades (índices de diversidad y abundancia), realizando nuevas búsquedas de material en el afloramiento “La Fiesta” y si es necesario en otros afloramientos.

Los sedimentos de esta facies nerítica distal presentan rasgos que testifican episodios de cambios cíclicos en la marea de corta duración y condiciones disóxicas. Las corrientes de refluo al llegar a esta parte de la plataforma nerítica distal, presentaban un régimen bajo de energía, inferido a partir del acomodo de los granos en el sedimento, así como de las conchas de amonoides, tal régimen de energía pudo ser uno de los factores que propiciaran la baja concentración de oxígeno al mantener la masa de agua en posible quietud.

El sedimento presenta aportes de materia orgánica de origen terrestre, arrastrada desde la zona cercana a la costa hasta el sitio de depositación por las corrientes originadas por los cambios en la marea. Estas corrientes acarreaban consigo conchas de amonoides y



bivalvos o sus restos rotos hasta el sitio de depositación originando los tres tipos de asociación fósil encontrados en el afloramiento.

Las condiciones de estabilidad que presentaba esta plataforma nerítica y que culminaron con la formación de estos 30 metros de roca masiva más muchos cientos cubiertos de vegetación (estructura microlaminar), brindaron el óptimo ecológico que pudo sustentar una alta diversidad a través del tiempo.

Dicho afloramiento data de la Zona *Raricostatum* Sinemuriano Superior, Jurásico Inferior, determinado por haberse declarado perteneciente a la Formación Huayacocotla y por su contenido faunístico en donde la familia Echioceratidae, indicadora del tiempo ya mencionado presenta la mayor abundancia entre la fauna identificada para el sitio.



## REFERENCIAS

- **Aberhan, M.**, 1994, Early Jurassic Bivalvia of northern Chile. Part I. Subclasses Palaeotaxodonta, Pteriomorphia and Isofilibranchia: *Beringeria*, 1, 9-115.
- **Aberhan, M., Pálffy, J.**, 1996, A low oxygen tolerant East Pacific flat clam (*Posidonotis semiplicata*) from the Lower Jurassic of the Canadian Cordillera: *Canada Journal Earth Sciences*, 33, 993-1006.
- **Aberhan, M.**, 1998, Early Bivalvia of western Canada. Part I. Subclasses Palaeotaxodonta, Pteriomorphia and Isofilibranchia: *Beringeria*, 21, 57-150.
- **Adams, H., y Adams, A.**, 1853-1858, The genera of recent Mollusca: London, vol. 2, 661 p. (1854-1858).
- **Aguilera, J. G., Ordoñez, E., Buelna, R. J.**, 1987, Bosquejo Geológico de México: *Boletín del Instituto de Geología*, 4-6.
- **Andrews, P., Lord, J. M., Evans, E. M. N.**, 1979, Patterns of ecological diversity in fossil and modern mammalian faunas: *Biology Journal Linnaea Society*, 11, 177-205.
- **Angeles-Cruz, C.**, 2006, Geoquímica de las rocas sedimentarias jurásicas en localidades fosilíferas de la Sierra Madre Oriental (Tenango de Doria-San Bartolo Tutotepec, Hidalgo): Implicaciones paleoambientales: México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tesis profesional.
- **Barcena, M.**, 1875, Datos para el estudio de las rocas mesozoicas y sus fósiles característicos: *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3(2), 369-405.
- **Beurlen, K.**, 1944, Beiträge zur Stammesges chicote der Muscheln: *Bayer, Akademie Wissenschaften, Sitzungsber.* 6, 133-145.
- **Blau, J., Meister, C.**, 2000, Upper Sinemurian Ammonite Successions Based on 41 Faunal Horizons: an attempt at worldwide correlation: *Georesearch Forum*, 6.
- **Blau, J., Meister, C., Schlatter, R., Schmidt-Effing, R.**, 2001, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México) Part II: *Erbenites* n.g., a new Asterooceratinae: *Neus Jahrbuch fur Geologie Palaontologie Monashefte*, 3, 175-183.
- **Blau, J., Meister, C., Schlatter, R., Schmidt-Effing, R.**, 2003, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México) Part III; *Echioceratinae*: *Revue Palaibiologie Gêneve*, 22, (1), 421-437.
- **Blau, J., Meister, C., Schmidt-Effing, R., Villaseñor, A. B.**, 2008, A new fossiliferous site of lower Liassic (Upper Sinemurian) marine sediments from the southern Sierra Madre Oriental (Puebla, México): ammonite fauna, biostratigraphy, and description of *Ectocentrites hillebrandti* new species: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(3), 402-407.
- **Böse, E.**, 1894, Uebes liaseche und mitteljiurossiche Fleckenmergel in den bayerischen Alpen: *Zeitschrift per Deutschen Geologische Gesellschaft*, 46, 703-768.
- **Böse, E.**, 1898, Ueber lias in Mexico: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 50, 168-175.



- **Burckhardt, C.**, 1930, Etudes syntétiques sur le Mésozoïque Mexicain: Société Paleontologique Suisse, 49 (50), 1-280.
- **Buckman, S. S.**, 1909-1930, Yorkshire Type Ammonites: Type Ammonites, 3:1-7.
- **Cabanas, J., González, J., Iglesias, M.**, 1982, Physico-chemical conditions in winter in the Ría of Pontevedra (NW Spain) and their influences on contamination. ICES CMIE: 53.
- **Cantú-Chapa, A.**, 1998, Las transgresiones jurásicas en México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 15 (1), 25-37.
- **Carrillo-Bravo, J.**, 1965, Estudio Geológico de una parte del Aticlinorio Huayacocotla: Boletín de la Sociedad Mexicana de Geólogos Petroleros, 17(5-6), 73-96.
- **Centeno-García, E., Rosales-Lagarde, L.**, 1997, Itinerario de la excursión al anticlinorio Huayacocotla en la región de Molango, Estado de Hidalgo, México-tercer día (Guía de las excursiones geológicas) en Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones de Ciencias de la Tierra y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 41-43.
- **Chamberlain, J. A.**, 1976, Flow patterns and drag coefficients of cephalopod shells: Palaeontology, 19, 539-563.
- **Cox, L.R., Newell, N. D., Boyd, D. W., Branson, C. C., Casey, R., Chaván, A., Coogan, A.H., Dechaseaux, C., Fleming, C.A., Haas, F., Hertlein L. G., Kauffman, E. G., Keen, A. M., LaRocque, A., MacAlester, A. L., Moore, R. C., Nuttal C. P., Perkins, B. F., Puri, H. S., Smith, L. A., Soot-Ryen, T., Stenzel, H. b., Trueman, E. R., Turner, R. D., y Weir J. en Moore C. R., Teichert C.**, 1969, Treatise on Invertebrate Paleontology. Part N Vol. 3 Mollusca 6. Bivalvia: The Geological Society of America, Inc.
- **Crickmay, C. H.**, 1929-1930, The stratigraphy of Parson Bay, British Columbia: University of California Publications in Geological Sciences, 18, 51-70.
- **Cuvier, G.**, 1797, Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux : Paris.
- **Damborenea E. S., González-León C. M.**, 1997, Late Jurassic bivalves from Sonora, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 14 (2), 178-201.
- **De Gregorio, A.**, 1886, Monographie des fossiles de Valpore (Mont Grappa) de sous-horizon Grappin de Greg: Annales de Géologie et de Paleontologie, 2, 1-20.
- **Delvene G.**, 1998, Bivalvos de Jurásico Medio y Superior de la Cordillera Ibérica Nororiental (Ariño y Oliete, España): Coloquios de Paleontología, 49, 55-71.
- **Díaz-Lozano, E.**, 1916, Descripción de una plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz. Algunas plantas de la flora liásica de Huachinango, Puebla: Instituto de geología de México, Boletín, 34, 1-18.
- **Dodd, J. R. y Stanton J. J.**, 1990, Paleocology, concepts and applications: John Wiley & Sons, Inc.
- **Dueñas-García, J. C., Frías-González, M. A., Benítez-López, J., Macedo-Palencia R., Rodríguez-Salinas, J. J.**, 1992, Monografía Geológico Minera del Estado de Hidalgo: México, Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal, Subsecretaría de Minas e Industria Básica.
- **Erben, H. K.**, 1954, Nuevos datos sobre el Liásico de Huayacocotla, Ver.: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 7, 31-40.
- **Erben, H. K.**, 1956, el Jurásico Inferior de México y sus Amonitas, en XX Congreso Geológico Internacional: México; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. 393 p.



- **Esquivel-Macías, C., León-Olvera, R. G., Flores-Castro, K.,** 2005, Caracterización de una nueva localidad fosilífera del Jurásico Inferior con crinoides y amonites en el centro oriente de México. (Temapá-Hidalgo): *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22(1), 97-114.
- **Félix, J., Lenk, H.,** 1889-1899, *Beitiage zur Geologie und Palantologie der Republik Mexico: Leipzing, stuttgart, Verlag von Arthur Félix und E. Schweizerbart'sche Verlasgshandlung (E.Nagele)*, Vol. 3.
- **Ferrusquía-Villafranca, I.,** 1998, Geología de México: una sinopsis, en Ramamoorthy, T. P., Bye, R. y Lot A. (eds), *Diversidad biológica de México orígenes y distribución: México*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 3-107.
- **Figueiras, F., Neill F., Zapata, M.,** 1985, Hidrografía de la Ría Pontevedra (NO de España) con mención especial al banco de Placeres: *Investigación Pesquera*, 49, 451-472.
- **Figueiras, F., Neill, F., Mouriño, C.,** 1986, Nutrientes y oxígeno en la Ría Pontevedra (NO de España): *Investigación Pesquera*, 50, 97-115.
- **Fischer,** 1880-1887, *Manuel de conchyliologiebet de paléontologie geologique :* Paris, F. Savy, 1.
- **Flores-Castro, K.,** 1993, Bosquejo estratigráfico de la Porción Oriental del Estado de Chihuahua, México: México, Universidad Autónoma del Estado de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, Tesis profesional.
- **Flores-Castro, K., Angeles-Cruz, C. A., Torres-Valencia, J. M., Armstrong-Altrin, J. S., Esquivel-Macías, C.,** 2006, Pristane/Phytane ratio in Sinemurian siliciclastic Rocks from the Huayacocotla Group; State of Hidalgo, Mexico: *Latin American Association of Organic Geochemistry*. Vol. 10, No. Especial. Elsevier ISBN. SCI, 331, 214-217.
- **Frech, F.,** 1907-1913, *Lethaea Geognostica, Huanbuch der Erdgeschichte; Mit Abbildung der für die Formationen bezeichendsten buchhandlung, Teill II, Das Mesozoikum, Band 3, Kreide, Abt. 1, unterkreide (Paläokretazikum), in 3 Lieferugen.*
- **Gayosso-Morales, M. A.,** 2007, Análisis paleoambiental mediante fósiles de invertebrados del Jurásico Inferior (Sinemuriano) en la localidad del Bopo, Hidalgo, México: México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tesis de Licenciatura.
- **Giebel, C. G.,** 1852, *Fauna der Vorwelt mit steter Berücksichtigung der lebenden Thiere. 3. Bd. Mollusken, Erste Abtheilung, Cephalopoden: Verlag Brockhaus, Leipzong, 1-856.*
- **Gil-Cid, D., Mora-Núñez, M.,** 1996, Procesos y métodos para la obtención de información en excavaciones de carácter paleontológico en II Encuentro sobre experiencias grupales innovadoras en la docencia universitaria: Madrid, 1-6.
- **Granados-León, A.,** 2007, Interpretación de paleoambientes marinos del grupo Huayacocotla con base en invertebrados fósiles en la localidad "Peña Blanca", Municipio de San Bartola Tutotepec, Hidalgo, México: México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tesis de Licenciatura.
- **Hauer, F.,** von 1856, *Über die Cephalopoden aus dem Lias der nordöstlichen Alpen : Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften en Wien. Mathematish-Naturwissenschaftliche, 11, 1-86.*
- **Hernández-Velázquez, E. J.,** 2007, Interpretación de paleoambientes del Sinemuriano superior (Jurásico Inferior) del Grupo Huayacocotla en la región de



- Pahuatlán, Puebla: México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tesis de Licenciatura.
- **Hesselbo S. P., Meister C., Darren R. G.,** 2000, A potential global stratotype for the Sinemurian-Pliensbachian Boundary (Lower Jurassic), Robin Hood's Bay, UK: ammonite faunas and isotope stratigraphy: *Geological Magazine*, 137(6), 601-607.
  - **Hillebrandt, A. V.,** 2002, Ammoniten aus dem oberen Sinemurium von Südamerika: *Revue Paléobiologie*, 21(1), 35-147.
  - **Hillebrandt, A. V.,** 2006, Ammoniten aus dem Pliensbachium (Carixium und Domerium) von Südamerika: *Revue Paléobiologie*, Gêneve, 25 (1), 1-403.
  - **Hyatt, A.,** 1867, The fossil cephalopods of the Museum of Comparative Zoology: *Museum of Comparative Zoology, Bulletin*, 1, 71-102.
  - **Hyatt, A.,** 1879, Genesis of the Arietitidae: *Smithsonian Contributions Knowledge*, 26, 673 p.
  - **Hyatt, A.,** 1894, Trias and Jura in the Western States: *Geological Society of America*, 5, 395-434.
  - **INEGI.,** 1984, Carta topográfica Pahuatlán F14D73, escala 1:50,000: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
  - **Imlay, R. W., Cepeda, E., Álvarez, M., Díaz-González, T.,** 1948, Stratigraphic relations of certain Jurassic formations in eastern Mexico: *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 32(9), 1750-1761.
  - **Kaesler, R. L.,** 1996, En. *Treatise on Invertebrate Paleontology (L) Mollusca (4) 4:* The Geological Society of America, Inc. & The University of Kansas, 385 pp.
  - **Kenig, F., Hudson, J. D., Sinninghe Damasté, J. S., Popp, B. N.,** 2004, Intermittent anoxia: Reconciliation of a Jurassic black shale with its biofacies: *Geology*, 32(5), 421-424.
  - **King, R. E.,** 1939, Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, 50, 1625-1722.
  - **Landman N. H., Kazushige, T., Davis R. A.,** 1996, *Ammonoid Paleobiology:* Plenum Press.
  - **Laporte L. F.,** 1974, *Los ambientes antiguos.* Brown University: Ediciones Omega.
  - **Leon, I., Rubio, B., Méndez G.,** 2001, Formas químicas de metales pesados en testigos de sedimentos de la Ría Pontevedra (NO España), Congreso interdisciplinar de Ciencias del Mar: España, Universidad de Vigo. 19-23.
  - **Linnaeus, C.,** 1758, *Systema Naturae:* Suecia, Ed. X.
  - **López-Ramos, E.,** 1979, *Geología de México:* México, D.F., 3, 446.
  - **Losacco, U.,** 1942, Un nuovo genere alieniano di aviculida e della sabina: *Revista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 48, 9-10.
  - **Luther, G.,** 1991, Phirite synthesis polysulfide compounds: *Geochemical and Geochemical Acta*, 60, 951-960.
  - **McKerrow, W.,** 1978, *The Ecology of Fossils, an illustrated guide:* Edition 1978. ISBN 0-262-13 44-7.
  - **Meister, C., Blau, J., Schlatter, R., Schmidt-Effing, R.,** 2002, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México). Part II: Phylloceratidea, Lytoceratoidea, Schloteimiidae, Arietitinae, Oxynoticeratidae and Eoderoceratidae: *Revue Paleobiologie*, 21(1), 391-409.
  - **Meister, C., Blau, J., Domergues, J. L., Schlatter, R., Schmidt-Effing, R., Burk, K.,** 2005, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México). Part IV: Biostratigraphy, Palaobiogeography and taxonomic addendum: *Revue Paleobiologie*, 24(1), 365-384.



- **Microm S. A. de C. V.**, 1984, Diverbas, programa computacional: Universidad Nacional Autónoma de México.
- **Mlíkovsky, J.**, 1992, Jungpleistozäne Vögel aus dem Mixloch bei Losenstein-Tenberg: Österreichischen Quartärforschften Akademie Wissenschaften, 8, 71-81.
- **Moreno, E. C.**, 2001, Métodos para medir la biodiversidad: M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. 84 p.
- **Morse, J., Luther, G.**, 1999, Chemicals influences on trace metalsulfide interactions in anoxic sediments: *Geochemical and Cosmochemical Acta*, 63(19/20), 3373-3378.
- **Mourer-Chauviré, C.**, 1975, Les oiseaux du Pléistocene moyen et supérieur de France : Documents de Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon, 64, 1-624.
- **Newell, R.**, 1965, The role of dtritius in the nutrition of two deposit feeders, the prosobranch Hytl-obicc ulnae the bivalve *Macoma balthica*: *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, 144, 25-45.
- **Neumayr, N.**, 1883, Zur morphologie des Bivalvenschlosses. *Sitzungberichte der Akademie der Wissenschaften*, 88, 385-419.
- **Ochoa-Camarillo, H. R.**, 1997, Geología del anticlinorio de Huayacocotla en la región de Molango, Hidalgo, México (Guía de la excursiones geológicas) en Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones de Ciencias de la Tierra y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 1-17.
- **Ochoa-Camarillo, H. R., Buitrón, B. E., Silva-Pineda, A.**, 1998, Contribución al conocimiento de la bioestratigrafía paleoecología y tectónica del Jurásico (Anticlinorio Huayacocotla) en la región de Molango, Hidalgo, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15(1), 57-63.
- **Orbigny, A. D'**, 1842-1844, Voyage Dans l'Amérique Méridionale (le Brésil, la République Orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République du Chili, la République de Bolivia, la République de Pérou), executé pendant les années 1826-1833 : *Paléontologie*, P. Bertrand Ed., 3, 1-152.
- **Ortega-Gutiérrez, F.**, 1997, Itinerary of the fieldtrip to Huayacocotla anticlinorium in the Molango region, State of Hidalgo, Mexico-second day (Guía de la excursiones geológicas) en Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones de Ciencias de la Tierra y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 37-39.
- **Pálfy J., Smith P. L., Mortensen J. K.**, 2000, A U-Pb and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  time scale for the Jurassic: *Canada Journal Earth Science*, 37, 923-944.
- **Page K. N.**, 2003, The Lower Jurassic of Europe: its subdivisión and correlation: *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 1, 23-59.
- **PettiJohn, E. J.**, 1975, *Sedimentary Rocks*, Thrid Edition, Harper & Row, Publishers inc.
- **Prothero, R. D.**, 2003, *Bringing fossils to life: An introduction to Paleobiology*: McGraw-Hill Science Engineering, Segunda Edición.
- **Rafinesque, C. S.**, 1815, *Analisaie de la Nature*: Palermo, 225 p.
- **Rosales-Lagarde, L., Centeno-García, E., Ochoa-Camarillo, H., Sour-Tovar, F.**, 1997, Permian volcanism in Eastern Mexico-preliminary report (Guía de la excursiones geológicas) en Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de





- Investigaciones de Ciencias de la Tierra y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 27-32.
- **Roser, B. P., Korch, R. J.**, 1986, Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/NaO ratio: *Journal of Geology*, 94, 635-650.
  - **Sánchez-Marco A.**, 1999, Implications of the avian for paleoecology in the Early Pleistocene of the Iberian Peninsula: *Journal of Human Evolution*, Article No. jhev.1999.0345. Academic Press. 37, 375-388.
  - **Saunders, W. B., D. A. Wehman.**, 1977, Shell strength of *Nautilus* as a depth limiting factor: *Paleobiology*, 3, 83-89.
  - **Schmidt-Effing, R.**, 1980, The Huayacocotla Avlacogen in México (Coger Jurassic) and the Origin of the Gulf of México, in Pilger, R.H. Jr. (ed.) Symposium on the origin of the Gulf of México and the early Opening of the Central North Atlantic, Proceedings: Baton Rouge, USA, Louisiana State University, 79-86.
  - **Sowerby, J.**, 1812-1846, The mineral conchology of Great Britain; or, coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or shells, etc.: London, 7, 1295 pp.
  - **Spath, L. F.**, 1923, The ammonites of the "Shales-with-beef". Pte. 2, Paleontology: *Geological Society of London Quarterly Journal*, 79, 66-88.
  - **Steadman, D. W., Miller, N. G.**, 1988, Paleocology of the late Quaternary Hiscock site, Geneseo County, New York, an initial report: *New York State Museum Bulletin*, 462, 16-17.
  - **Tash, P.**, 1980, Paleobiology of the invertebrates data retrieval from the fossil record: John Wiley & Sons, 405-414.
  - **Tucker, M. E.**, 2001, *Sedimentary Petrology*: England, Blackwell Publishing, 1-261.
  - **Trueman, A. E., Williams, D. M.**, 1925, Studies in ammonites of the family Echioceratidae: *Transactions of the Royal Society of Edimburgh*, 53, 699-666.
  - **Van Couvering, J. H.**, 1980, Community evolution in East Africa during the Late Cenozoic, en (A. K. Behrensmeyer & A.P. Hill, Eds.) *Fossil in the making*: Chicago, University Press., 272-298.
  - **Vatan, V.M.**, 1967, en Corrales-Zarauza, I., Rosell-Sanuy, J., Sánchez-De la Torre, L. M., Vera-Torres, J. A., Vilas-Minondo, L., 1997, *Estratigrafía: España*, Editorial Rueda, 1-382.
  - **Venturi F., Bilotta M., Ricci C.**, 2006, Comparison between western Thetys and Eastear Pacific ammonites: further evidence for a possible later Sinemurian-early Pliensbachian trans-Pangean marine connection: *Geological Magazine*, 143 (5), 699-711.
  - **Vicente J. C.**, 2005, Dynamic paleogeography of the Jurassic Andean Basin: pattern of transgression and localization of main Straits through the magmatic arc.: *Revista de la Asociación Geológica Argentina.*, 60(1), 221-250.
  - **Voronetz, N. S.**, 1936, Mezozoiskaya fauna kharaulakhkogo khrebta: *Transactions of the arctic Institution*, 37, 7-36.
  - **Ward, P. D., Greenwald, L., Rougerie F.**, 1980, Shell implosion depth for living *Nautilus macromphalus* and shell strength of extinct cephalopods: *Lethaia*, 13: 182.
  - **Wentworth, C. K.**, 1922, A scale of grade and class terms for clastic sediments: *Journal of Geology*, 30, 377-392.
  - **Wayne, W. D.**, 1991, *Bioestadística base para el análisis de las ciencias de la salud*: México, Noriega Limusa.



- **Wilke H. H. G., Zamora R. G.,** 2002, Guía de laboratorio de Ammonoideos: Universidad Católica del Norte, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas. Antofagasta.
- **Wilson, J. L.,** 1975, Carbonate Facies in Geologic History: Berlin Springer, 471 p.
- **Zittel, K. A. V.,** 1884, Cephalopoda, in Zittel, K. A. V., (ed.), Handbuch der Palaeontologie: Munich and Leipzig, R. Oldenbourg, 1, abteilung 2, Lieferung 3, 1-893.



## GLOSARIO

**ALIVINCULAR:** bv. Tipo de ligamento no elongado en dirección longitudinal.

**ÁPICE:** bv. Punta o final de concha localizada a lo largo o sobre el margen de la bisagra, marca el punto donde inicia el crecimiento de la concha.

**AURÍCULA:** bv. Extensión de la región dorsal de la concha.

**BICARINA:** am. Concha que tiene dos cárinas o quillas.

**BIOCLASTO:** Todo resto de materia orgánica fosilizada.

**BISAGRA:** Estructura de la región dorsal cuyo funcionamiento se da durante la apertura o cerrado de las balvas.

**BISULCADO:** Que tiene dos surcos.

**CARINA:** am., bv. También llamada quilla, es una estructura semejante a una laminilla que se eleva a lo largo de la parte ventral de un amonite.

**COSTILLA:** am., bv. Forma de ornamentación de una concha, consta de un pliegue elongado en la superficie de la concha.

**DIMIARIANO:** bv. Con dos músculos aductores.

**EQUILATERAL:** bv. Con las partes anterior y posterior de la concha iguales en longitud y proporción.

**EQUIVALVA:** bv. Con dos valvas de la misma forma y talla.

**EVOLUTO:** am. Forma de enrollamiento en la concha en algunos amonoides en donde las vueltas posteriores no enmascaran a las anteriores, permitiendo observar su desarrollo ontogenético.

**INFAUNAL:** am., bv. Organismo que habita entre el sedimento del medio acuático.

**INEQUILATERAL:** bv. Con las partes anterior y posterior de concha desiguales en longitud y/o proporción.

**INEQUIVALVO:** bv. Con valvas distintas en forma y/o talla.

**INTERCOSTAL:** am. Espacio que hay entre costillas que se encuentran como ornamentación de una concha.



**INVOLUTO:** Forma de enrollamiento en la concha de algunos amonoides en donde las vueltas posteriores enmascaran a las anteriores por lo que la última vuelta es la de mayor tamaño.

**LIÁSICO:** Jurásico Inferior.

**MONOCARINADO:** am. Que tiene una sola cárina o quilla.

**NINFA:** bv. Plataforma en forma de luna angosta extendida posteriormente desde el ápice a lo largo de el margen dorsal, su función es para el anclaje del ligamento.

**OMBLIGO:** am. Centro de la espiral de la concha de un amonite cuyos límites son los que proporciona la última vuelta. Son todas las vueltas menos la externa.

**OPISTOCLINADO:** bv. Inclinado hacia la parte posterior.

**ORBICULAR:** bv. Circular.

**OSTRACUM:** Parte exterior de la pared calcárea de la concha, secretada en el límite del manto.

**PALEAL:** Pertenece al manto.

**PALEOCORREDOR:** Área de conectividad en donde hay intercambio faunístico entre zonas que tenían una diversidad importante.

**PLATAFORMA NERÍTICA:** Es la zona cercana a la costa, tiene una profundidad entre 200 a 300 metros.

**PROSIRRADIADO:** am. Inclínación de las costillas de un amonite hacia la parte anterior.

**PROTOCONCHA:** am. Conchilla inicial en el desarrollo de un amonite.

**PROVERSA:** am. Ver prosirradiado

**QUILLA:** am., bv. Ver cárina

**RARICOSTATUM:** La zona superior de las tres divisiones del Sinemuriano Superior.

**RESILIAL:** am. Referente al ligamento interno.

**RETROVERSA:** am. Costilla que presenta inclinación hacia la parte anterior.

**SINEMURIANO:** Segunda época del Jurásico Inferior, va de 202 a 195 millones de años.

**SURCO:** am. Depresión de la concha de un amonite que se extiende a lo largo de la parte ventral, puede estar asociado a la quilla, en cuyo caso el surco es paralelo a esta.



**TAXODONTE:** Con numerosos dientes de bisagra cortos, algunos o todos transversos al margen de la bisagra.

**TRICARINA:** Condición de algunas conchas de amonoides en donde se pueden encontrar 3 quillas en la parte ventral.

**UMBO:** Región de la valva que es el punto de máxima curvatura del perfil longitudinal dorsal y que se extiende desde el ápice.

Elaborado a partir de: Erben, 1956; Cox *et al.*, 1969; Rupert y Barnes, 1996; Meister *et al.*, 2005.



## ABREVIATURAS

<i>aff</i>	Identificación con esta especie no es posible debido a la falta de información de su morfología, sin embargo está muy relacionado con dicha especie
<b>am.</b>	Amonites
<b>APA</b>	Al pie del afloramiento
<b>bv.</b>	Bivalvos
<i>cf.</i>	Identidad probable aunque algo insegura debido a la mala conservación
<b>Cm</b>	Centímetros
<b>com., pers.</b>	Comunicación personal
<b>D</b>	Diámetro
<b>fig.</b>	Figura
<b>figs.</b>	Figuras
<b>lám.</b>	Lámina
<b>mm</b>	Milímetros
<b>No.</b>	Número
<i>non.</i>	La clasificación de esta especie podría ser falsa de acuerdo a la opinión de otros autores
<i>n.sp.</i>	Nueva especie
<b>pág.</b>	Página
<b>PN</b>	Plataforma nerítica
<b>sp.</b>	Especie
<i>sp. nov.</i>	Nueva especie sin nombre
<b>?</b>	Identidad de esta especie probable aunque algo dudosa



ANEXO 1

Cuadros de datos numéricos para las especies de amonoideos identificados en el afloramiento “La Fiesta”.

Cuadro 9. Datos merísticos obtenidos de los ejemplares de *Paltechioceras tardecrecens*.

Especie: <i>Paltechioceras tardecrecens</i>																				
No. Roca	Costillas por media vuelta						Porcentaje de crecimiento por vuelta						Diámetro por vuelta (mm)					Relación ancho/alto de la concha	Procedencia	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5			
15		17	18	15								23.8	24.5	16.5					0.68	APA
16			22	22	20														0.68	APA
24		18	18	20	20														0.63	APA
25		22	20	20															0.64	APA
29			18	18															0.65	APA
30(1)				18	18	18													0.65	APA
51(1)	12																			APA
89	10	20	20	20			48.1	34.5	29.9					5.4	13.9	27.7			0.59	APA
119	10	18	20	20			40.8	33.9	32.1					4.9	11.5	24.6			0.69	APA
123																				APA
129	10	19	20				46.6	38.5	27.8					5.7	13.5	29.4			0.58	APA
165	12	15	17	19			35.8	20.2	22.3					5.3	9.9	17.9			0.74	Norte
182	12	20	20	20			31.3	27.3	28.5					5.1	12.8	28			0.72	Extremo sur
198				20	18		44	39	29	28	24			3.92	9.82	18.6	35.4	60.8	0.68	Parte media
198(1)		10	14	20	18		44.6	39.6	29.7	28.8				3.9	9.8	18.6	35.5		0.68	Extremo sur
206			20	16	20		43	28	25	25				4.7	12.3	23.7	41.9			Parte media
215		14	18				41.8	38	28.1					4.37	9.13	16.2			0.63	Parte media
230		14	20	20			42.5	29.6	24.4					4.7	10.8	20.1			0.69	Parte media
163(1)	11	16	15				32.5	26.2						4	7.3					Norte
203 (1)		15	22	22			39	35.8	33.6	30.3				4.2	8.81	18.4	35		0.68	Parte media
235 (1)		21	25	26			44.8	32.8	30.7	28.8				4.46	9.51	20.7	39.5		0.62	Parte media

Cuadro 10. Datos merísticos obtenidos de los ejemplares de *Paltechioceras rothpletzi*.

Especie: <i>Paltechioceras rothpletzi</i>																	
No. Roca	Costillas por media vuelta				Porcentaje de crecimiento por vuelta				Diámetro por vuelta (mm)				Relación ancho/alto de la concha	Procedencia			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
6(2)		18	18				36.9	32.6	30.2			21.1	33.4	46.9	0.54	APA	
20	16	14														APA	
28		16	20				38.6	32.4				4.4	10.8		0.54	APA	
33		16	20				37.5	34.8	32.5			6.4	15.8	33.5		0.54	APA



35			20	22	37.9	34.5	29.1		5.8	13.6	30.9		0.54	APA
51(2)	12												0.56	APA
64			17	21			41.5	30.4			12.4	26.4	0.63	APA
146	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Norte
170(2)	16	22			36.5	34.7			5.2	12.1				Norte
171	13				29.9	31.1			3.8	9			0.48	Norte
176	13	20			35.9	33.7			3.9	8.6			0.65	Norte
185	13	14			38.2	21.9			5.5	11.4			0.6	Sur
189		15	20		39.1	39.8	31.3		3.07	8.72	18.4		0.67	Parte media
194		14												Parte media
219	10	14			46.1	34.2			4.01	9.38			0.75	Parte media
224(1)		13	18			38.9	35.4			7.25	15.3		0.65	Parte media
227					38.7	39.4			3.85	10			0.67	Parte media
110(3)		16				40.9				12.7			0.64	APA
142(2)			21				31.3				22.7		0.64	APA
156(1)	12	18			34.9	37.2			4.3	9.4			0.71	Norte
232(2)					47.6	39.3	29.5		3.38	8.4	18.1		0.58	Parte media
236(1)		12			47.8	35.5			3.87	9.85			0.66	Parte media
241(2)	9	16			32.4	46.4			3.73	9.23			0.68	Parte media
241(3)						38.4				11.2			0.69	Parte media
244(7)	14	20			38.4	34	28		3.78	8.2	16		0.67	Parte media
244(8)	10	14			33.5	38.1			3.1	7.4			0.6	Parte media
245(2)		16	19	21	40.6	36.9	35.2	28	6.21	11.5	24.2	44	0.59	Parte media
58(3)	14	22											0.55	APA
60(2)						35	31.1			11.4	23.1			APA

Cuadro 11. Datos merísticos obtenidos de los ejemplares de *Paltechioceras harbledownense*.

Especie: <i>Paltechioceras harbledownense</i>																										
No. Roca	Costillas por media vuelta							Porcentaje de crecimiento por vuelta							Diámetro por vuelta (mm)							Relación ancho/alto de la concha	Procedencia			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7					
8																										APA
14		16	23	24	24																					APA
17			18	20	20												11.1	22.7	41.3	77.6						APA
27(1)																										APA
42			18	26	28													26.6	55.6	88.1						APA
53			18							30	25.2							27.4	48.1						0.93	APA
54		18	22	22	28					29.9	27.3	20.2						25.6	50.5	98.8					0.83	APA
61																										APA





70		15	17	20	21	24			32	30.5	27.9	25.6	17.4			11.6	23.7	44.7	81.3	124			0.9	APA	
94(1)	9	20	22	24	26	26		37.8	35.8	30	28.3	26.7			4.39	11.5	24.8	44.5	78.5				0.68	APA	
102				24	26							24.6	21.1					51.5	82.5				0.71	APA	
116																									APA
143		19	23	24	27	22		41.2	34.1	33.1	25.1	22.4	22	17.8	4.39	11	25.9	44.6	73.9	119	178.8		0.77	APA	
148																									Norte
178		19	18	20	21																		0.94	Norte	
187																									Parte media
192		20	28	28					30.5	29.6					4.5	10.5	24.3						0.67	Parte media	
196		16																							Parte media
197	9	18	20	22				28.3	33	29.2					5.3	11.8	26.4						0.88	Parte media	
239			24	26	30																		0.72	Parte media	
110(1)																									APA
11(1)																									APA
120(1)	16	22	26	28				37.7	37.9	27.4	23.2				5.3	11.3	32.1	53.8					0.7	APA	
142(1)	12	20	22					37.2	40.2	36.5					4.3	10.7	23						0.72	APA	
240(2)																									Parte media
245(1)		16	19	21				38.8	33.8	28.5	25.4	22.6	18.9	19.5	6.3	13.9	24.2	40.4	65.8	99.5			0.59	Parte media	
58(1)																									APA
99(2)																							0.81	APA	

Cuadro 12. Datos merísticos obtenidos de los ejemplares de *Paltechioceras burckhardti*.

Especie: <i>Paltechioceras burckhardti</i>													
No. Roca	Costillas por media vuelta			Porcentaje de crecimiento por vuelta			Diámetro por vuelta (mm)			Relación ancho/alto de la concha	Procedencia		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
7(7)	13	15		35.13	33.3		3.7	9.6		0.79	APA		
153	10	15		42.85	30.1		3.5	9.3		0.77	Norte		



Cuadro 13. Datos méristicos obtenidos de los ejemplares de *Paltechioceras* sp.

Especie: <i>Paltechioceras</i> sp.																	
No. Roca	Costillas por media vuelta					Porcentaje de crecimiento por vuelta					Diámetro por vuelta (mm)					Relación ancho/alto de la concha	Procedencia
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
57		16	20	23			34.9	34.9	30.6		5.68	11.6	24.3			0.62	APA
68		20	24					33.9	31.1			10.9	22.5			0.055	APA
98			20			36.7	39.8	31.7			5.9	14.3	29.6			0.68	APA
105		19	25			37.8	32.3	27.1			5.71	13.3	29.5			0.68	APA
108	11	18	24			37	35.4	32.8			5.4	13	25			0.7	APA
113	14	18	23			40	34.4	31.2			5.5	12.5	26.6			0.67	APA
159	11					37.2					4.3					0.69	Norte
161																	Norte
228	11	17	23			30.3	36.5	32.8	29.4		3.3	8.5	19.2	38.8		0.66	Parte media
247		20	25	28		31.8	30.5	28.6			3.6	8.5	18.3	37.1		0.72	APA
117(1)	13	22	27			41.1	30.8	33.6	27.2		5.1	10.7	22.6	43.7		0.72	APA
141(5)	16	26				47.9	34.6				3.7	9.8				0.71	APA
144(14)	13	18	22			34.1	24.6	33.5	29.7		4.1	7.3	15.2	28.6		0.81	APA
177(1)		27	26	25			34.5	29.8	29.9			13.2	24.2	50.9		0.74	Norte
177(2)	18	24	27			44.9	32.5	33.2			4.9	12.6	26.2			0.79	Norte
238(2)	10	16	22			49.2	41.7				4.45	11.1				0.67	Parte media
241(1)		18				42.4	36.2				5.47	13.5	25.3			0.64	Parte media
95(1)		20	26			36.5	37.9	28.5			6.3	13.7	25.6			0.69	APA

Cuadro 14. Datos méristicos obtenidos de los ejemplares de *Orthechioceras jamesdanae*.

Especie: <i>Orthechioceras jamesdanae</i>																	
No. Roca	Costillas por media vuelta						Porcentaje de crecimiento por vuelta				Diámetro por vuelta (mm)				Relación ancho/alto de la concha	Procedencia	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4			
43				20	18	20											APA
48																0.63	APA
67																	APA
93(3)	12	15	18	18													APA
122		16	18	18	18	19	27.5	31.2	19.6	17.9	4	9.6	23	37.3		0.71	APA
190				18	19		30.6	30.5	24.8	20.5						0.69	Parte media
209	12	17	20				40.9	34.8	28.5	24.4	4.32	9.32	18.5	29.8		0.7	Parte media
244(3)			22	20	18												Parte media
49																	APA



Cuadro 15. Datos merísticos obtenidos de los ejemplares de *Orthechioceras incaguasiense*.

Especie: <i>Orthechioceras incaguasiense</i>																				
No. Roca	Costillas por media vuelta					Porcentaje de crecimiento por vuelta						Diámetro por vuelta (mm)						Relación ancho/alto de la concha	Procedencia	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5			6
22(2)		12	14	14				29.4	25.2	29.4				6.8	15.5	26.7			0.9	APA
93(1)	11	17	19	20	18		25.6	28	27.6	25.1			3.9	8.2	15.9	30.2			0.95	APA
144(1)	9	17	17	16	17		49.7	34.1	24.4	23.8	22.9		3.82	9.1	16	27.7	47.2		0.79	APA
144(4)			17	18			48.8	31.6	22.9	24.3			4.5	11.7	20.5	32.9			0.92	APA
144(5)	10	16					43	38.3					4.65	10.7					0.9	APA
144(7)	10	10	17	17	17	18	31.8	31.1	25.3	23.7	21.6	17.1	4.4	9	17	27.4	46.4	72.6	0.92	APA
144(12)	9	17	16	15			39.5	33.6	27.8	30			4.3	9.5	18.3	34.6			0.9	APA
144(17)	9	17	16	18			44.1	30.2	26.7	26.7			4.3	10.9	21.3	36.6			0.88	APA
244(1)		13	16				22.6	31.9		31.1			3.1	7.2	12.5				0.89	Parte media
244(12)		18	20																0.79	Parte media
244(5)	12	14																	0.98	Parte media
244(18)		17																	0.88	Parte media
244(19)																				Parte media
244(10)	10	15	16	17	18														0.88	Parte media
244(20)																				Parte media
244(21)	10	22																		Parte media
244(2)		15	18				32	32.7	31				2.5	5.8	12.6				0.93	Parte media

Cuadro 16. Datos merísticos obtenidos de los ejemplares de *Orthechioceras pauper*.

Especie: <i>Orthechioceras pauper</i>														
No. Roca	Costillas por media vuelta				Porcentaje de crecimiento por vuelta				Diámetro por vuelta (mm)				Relación ancho/alto de la concha	Procedencia
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1(1)	22	22	22			40	29.9			12.5	26.4		0.9	APA
52		22	18	22		35.55	29.99	25.15			27.35	48.06	0.93	APA
101		20	22		41.1	32.5	32.4			11.07	22.8		0.73	APA
220														Parte media
244(21)	10	22							4.1	9.6				Parte media
92(1)	20	21	22		31.7	25.6	25.9			11.3	21.6		0.96	APA



Cuadro 17. Datos cuantitativos obtenidos de los ejemplares de *Plesechioceras cihuacoatle*.

Especie: <i>Plesechioceras cihuacoatle</i>																			
No. Roca	Costillas por media vuelta					Porcentaje de crecimiento por vuelta						Diámetro por vuelta (mm)					Relación ancho/alto de la concha	Procedencia	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4			5
22(1)		14	16	18	20	22	42.3	37.2	28.7	22.9	21.7	22.8	3.99	7.83	14.6	26.8	38.4	0.73	APA

Cuadro 18. Datos cuantitativos obtenidos de los ejemplares de *Arnioceras ceratitoides*.

Especie: <i>Arnioceras ceratitoides</i>																	
No. Roca	Costillas por media vuelta					Porcentaje de crecimiento por vuelta					Diámetro por vuelta (mm)					Relación ancho/alto de la concha	Procedencia
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
60		15	19	19	19		36.2	32.7	27.4	27.97		7.79	16.4	31.7	60.2	0.96	APA
97(1)	13	17	22	24		53.3	33.6	30.8	26.5		4.5	9.8	17.8	32.8		0.93	APA
111(1)		18	19			33.3	26.7	27.7			4.2	8.6	15.5				APA
111(2)	15	18	18	20		45.2	28.5	27.6	26.3		4.2	8.4	15.9	26.6		0.82	APA

Cuadro 19. Datos merísticos obtenidos de los ejemplares de *aff. Methophioceras sp.*

Especie: <i>aff. Methophioceras sp.</i>											
No. Roca	Costillas por media vuelta			Porcentaje de crecimiento por vuelta			Diámetro por vuelta (mm)			Relación ancho/alto de la concha	Procedencia
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
186	10	14		36.6	34.4		4.1	11.6		0.64	Parte media
193		13			31.68		4.2	10.1		0.68	Parte media
195	9	13		40.6	25.2		5.12	12.1			Parte media
213											Parte media
231	13	15		43.2	43.02		4.4	10.2		0.69	Parte media



## ANEXO 2

Datos utilizados para realizar las distintas gráficas.

Cuadro 20. Abundancia relativa de amonites.

Abundancia relativa de amonites	
Especie	Cantidad de especímenes
<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	21
<i>P. harbledownense</i>	28
<i>P. rothpletzi</i>	29
<i>P. burckhardti</i>	2
<i>P. sp</i>	18
<i>Plesechioceras cihuacoatle</i>	1
<i>Orthechioceras pauper</i>	6
<i>O. jamesdanae</i>	9
<i>O. incaguasiense</i>	17
<i>Arnioceras ceratitoides</i>	4
<i>aff. Methophioceras sp</i>	5

Cuadro 21. Abundancia relativa de bivalvos.

Abundancia relativa de bivalvos	
Especie	Cantidad de especímenes
<i>Neocrassina sp.</i>	1
? <i>Parainoceramus sp.</i>	2
Subclase <i>Cryptodonta</i>	1
<i>Posidonotis semiplicata</i>	8
<i>Bositra sp.</i>	2
<i>Plagiostoma sp.</i>	4
Sp. 1	1
Sp. 2	1
Sp. 3	1



Cuadro 22. Abundancia relativa de moluscos.

Abundancia relativa de moluscos		
ESPECIE	CANTIDAD	PORCENTAJE QUE REPRESENTA
<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	21	13%
<i>P. harbledownense</i>	28	17%
<i>P. rothpletzi</i>	29	18%
<i>P. burckhardti</i>	2	1%
<i>P. sp</i>	18	11%
<i>Plesechioceras cihuacoatle</i>	1	1%
<i>Orthechioceras pauper</i>	6	4%
<i>O. jamesdanae</i>	9	6%
<i>O. incaguasiense</i>	17	11%
<i>Arnioceras ceratitoides</i>	4	2%
<i>aff. Methophioceras sp</i>	5	3%
<i>Neocrassina sp.</i>	1	1%
<i>?Parainoceramus sp.</i>	2	1%
<i>Subclase Cryptodonta</i>	1	1%
<i>Posidonotis sp.</i>	8	5%
<i>Bositra sp.</i>	2	1%
<i>Plagiostoma sp.</i>	4	2%
Sp. 1	1	1%
Sp. 2	1	1%
Sp. 3	1	1%

Cuadro 23. Representatividad de las tallas de bioclastos.

Representatividad de las tallas de bioclastos	
Intervalo (mm)	Porcentaje de representatividad
1—25	77
26-50	12
51-75	6
76-100	2
101-125	2



126-150	1
151-175	0
176-200	0

Cuadro 24. Datos para definir tallas de bioclastos. Para el mejor ordenamiento de los datos en crudo, en esta tabla se definen los intervalos tomados en cuenta y se les asigna un número de rango consecutivo (1 al 8).

Intervalo (mm.)	Rango
1—25	1
26-50	2
51-75	3
76-100	4
101-125	5
126-150	6
151-175	7
176-200	8

Cuadro 25. Índice de similitud obtenido con el coeficiente de similitud de Sorensen (Moreno, 2001).

INDICE DE SIMILITUD	
PEÑA BLANCA-LA FIESTA	0.00232
EL BOPO-LA FIESTA	0.00716



## ANEXO 3

Con base al Cuadro 22, se presentan los datos en crudo, poniendo en primer lugar, un número progresivo, luego el número de rango y por último talla expresada en milímetros.

Cuadro 26. Tallas de bioclastos. Se presentan distribuidos en orden consecutivo y al frente el número de rango al que pertenece.

Tallas de bioclastos afloramiento "La Fiesta"											
No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)
1	1	1.48	49	1	4.3	97	1	5.86	145	1	7
2	1	1.5	50	1	4.3	98	1	5.9	146	1	7
3	1	1.6	51	1	4.3	99	1	5.9	147	1	7
4	1	1.9	52	1	4.38	100	1	5.9	148	1	7.04
5	1	2.09	53	1	4.4	101	1	5.9	149	1	7.04
6	1	2.2	54	1	4.5	102	1	5.99	150	1	7.1
7	1	2.32	55	1	4.5	103	1	6	151	1	7.1
8	1	2.4	56	1	4.5	104	1	6.05	152	1	7.12
9	1	2.44	57	1	4.53	105	1	6.1	153	1	7.12
10	1	2.5	58	1	4.6	106	1	6.1	154	1	7.13
11	1	2.5	59	1	4.6	107	1	6.1	155	1	7.15
12	1	2.6	60	1	4.63	108	1	6.1	156	1	7.2
13	1	2.64	61	1	4.7	109	1	6.11	157	1	7.2
14	1	2.65	62	1	4.7	110	1	6.14	158	1	7.2
15	1	2.82	63	1	4.7	111	1	6.16	159	1	7.2
16	1	2.94	64	1	4.7	112	1	6.2	160	1	7.2
17	1	2.99	65	1	4.74	113	1	6.2	161	1	7.2
18	1	3.07	66	1	4.77	114	1	6.2	162	1	7.2
19	1	3.1	67	1	4.8	115	1	6.22	163	1	7.28
20	1	3.1	68	1	4.9	116	1	6.28	164	1	7.3
21	1	3.18	69	1	4.9	117	1	6.3	165	1	7.3
22	1	3.2	70	1	4.92	118	1	6.3	166	1	7.3
23	1	3.22	71	1	5.1	119	1	6.4	167	1	7.35
24	1	3.34	72	1	5.1	120	1	6.4	168	1	7.38
25	1	3.4	73	1	5.1	121	1	6.4	169	1	7.39
26	1	3.46	74	1	5.15	122	1	6.4	170	1	7.4
27	1	3.47	75	1	5.18	123	1	6.4	171	1	7.46
28	1	3.5	76	1	5.3	124	1	6.51	172	1	7.5
29	1	3.5	77	1	5.3	125	1	6.53	173	1	7.5
30	1	3.53	78	1	5.4	126	1	6.56	174	1	7.5
31	1	3.8	79	1	5.4	127	1	6.61	175	1	7.5
32	1	3.81	80	1	5.44	128	1	6.62	176	1	7.5
33	1	3.84	81	1	5.49	129	1	6.68	177	1	7.7
34	1	4	82	1	5.5	130	1	6.7	178	1	7.75
35	1	4	83	1	5.5	131	1	6.7	179	1	7.76
36	1	4.1	84	1	5.5	132	1	6.8	180	1	7.8
37	1	4.1	85	1	5.5	133	1	6.8	181	1	7.8
38	1	4.11	86	1	5.5	134	1	6.8	182	1	7.8
39	1	4.14	87	1	5.55	135	1	6.8	183	1	7.83





40	1	4.18	88	1	5.59	136	1	6.81	184	1	7.85
41	1	4.2	89	1	5.6	137	1	6.9	185	1	7.9
42	1	4.2	90	1	5.62	138	1	6.9	186	1	7.9
43	1	4.2	91	1	5.7	139	1	6.91	187	1	7.9
44	1	4.22	92	1	5.7	140	1	6.96	188	1	7.93
45	1	4.27	93	1	5.7	141	1	6.97	189	1	7.99
46	1	4.3	94	1	5.71	142	1	6.99	190	1	8
47	1	4.3	95	1	5.8	143	1	7	191	1	8.04
48	1	4.3	96	1	5.8	144	1	7	192	1	8.12

No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)
193	1	8.19	241	1	9.53	289	1	11	337	1	11.95
194	1	8.2	242	1	9.53	290	1	11	338	1	11.96
195	1	8.2	243	1	9.6	291	1	11	339	1	12
196	1	8.25	244	1	9.8	292	1	11.07	340	1	12
197	1	8.3	245	1	9.89	293	1	11.1	341	1	12.01
198	1	8.3	246	1	9.9	294	1	11.1	342	1	12.07
199	1	8.3	247	1	9.9	295	1	11.1	343	1	12.08
200	1	8.4	248	1	9.9	296	1	11.1	344	1	12.1
201	1	8.43	249	1	9.98	297	1	11.1	345	1	12.1
202	1	8.5	250	1	9.99	298	1	11.13	346	1	12.15
203	1	8.6	251	1	10	299	1	11.19	347	1	12.19
204	1	8.61	252	1	10	300	1	11.2	348	1	12.2
205	1	8.65	253	1	10.03	301	1	11.2	349	1	12.2
206	1	8.7	254	1	10.05	302	1	11.24	350	1	12.27
207	1	8.7	255	1	10.06	303	1	11.27	351	1	12.3
208	1	8.7	256	1	10.1	304	1	11.3	352	1	12.4
209	1	8.7	257	1	10.1	305	1	11.3	353	1	12.4
210	1	8.7	258	1	10.1	306	1	11.33	354	1	12.41
211	1	8.74	259	1	10.13	307	1	11.38	355	1	12.5
212	1	8.86	260	1	10.3	308	1	11.4	356	1	12.5
213	1	8.87	261	1	10.3	309	1	11.41	357	1	12.5
214	1	8.89	262	1	10.32	310	1	11.42	358	1	12.5
215	1	8.89	263	1	10.38	311	1	11.5	359	1	12.51
216	1	8.9	264	1	10.4	312	1	11.5	360	1	12.56
217	1	8.9	265	1	10.4	313	1	11.5	361	1	12.6
218	1	8.9	266	1	10.42	314	1	11.57	362	1	12.6
219	1	8.9	267	1	10.5	315	1	11.6	363	1	12.64
220	1	8.9	268	1	10.5	316	1	11.6	364	1	12.67
221	1	9	269	1	10.5	317	1	11.6	365	1	12.69
222	1	9	270	1	10.5	318	1	11.6	366	1	12.7
223	1	9	271	1	10.5	319	1	11.61	367	1	12.7
224	1	9	272	1	10.5	320	1	11.61	368	1	12.7
225	1	9.1	273	1	10.5	321	1	11.62	369	1	12.72
226	1	9.1	274	1	10.51	322	1	11.65	370	1	12.75
227	1	9.18	275	1	10.6	323	1	11.7	371	1	12.78
228	1	9.19	276	1	10.63	324	1	11.7	372	1	12.8
229	1	9.2	277	1	10.67	325	1	11.77	373	1	12.87
230	1	9.2	278	1	10.7	326	1	11.77	374	1	12.9
231	1	9.2	279	1	10.7	327	1	11.78	375	1	12.9



232	1	9.2	280	1	10.7	328	1	11.8	376	1	12.95
233	1	9.21	281	1	10.7	329	1	11.8	377	1	12.98
234	1	9.3	282	1	10.7	330	1	11.8	378	1	13
235	1	9.3	283	1	10.79	331	1	11.85	379	1	13.05
236	1	9.3	284	1	10.8	332	1	11.86	380	1	13.1
237	1	9.33	285	1	10.82	333	1	11.9	381	1	13.1
238	1	9.4	286	1	10.9	334	1	11.9	382	1	13.1
239	1	9.4	287	1	10.9	335	1	11.9	383	1	13.11
240	1	9.5	288	1	11	336	1	11.9	384	1	13.28

No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)
385	1	13.3	434	1	15.1	483	1	18.94	532	1	25.6
386	1	13.32	435	1	15.2	484	1	19.1	533	1	25.75
387	1	13.37	436	1	15.2	485	1	19.15	534	2	26.04
388	1	13.41	437	1	15.3	486	1	19.68	535	2	26.2
389	1	13.5	438	1	15.4	487	1	19.82	536	2	26.3
390	1	13.5	439	1	15.4	488	1	19.9	537	2	26.6
391	1	13.6	440	1	15.68	489	1	19.9	538	2	26.6
392	1	13.6	441	1	15.76	490	1	20	539	2	26.87
393	1	13.64	442	1	15.8	491	1	20.06	540	2	26.9
394	1	13.69	443	1	15.8	492	1	20.1	541	2	27.11
395	1	13.7	444	1	15.8	493	1	20.3	542	2	27.2
396	1	13.7	445	1	15.85	494	1	20.3	543	2	27.3
397	1	13.7	446	1	15.9	495	1	20.43	544	2	27.35
398	1	13.7	447	1	15.99	496	1	20.6	545	2	27.4
399	1	13.77	448	1	16.1	497	1	20.9	546	2	27.73
400	1	13.8	449	1	16.1	498	1	21.2	547	2	27.85
401	1	13.8	450	1	16.3	499	1	21.2	548	2	28
402	1	13.85	451	1	16.5	500	1	21.39	549	2	28.5
403	1	13.85	452	1	17	501	1	21.4	550	2	28.6
404	1	13.86	453	1	17	502	1	21.91	551	2	28.7
405	1	13.88	454	1	17.1	503	1	22.01	552	2	28.72
406	1	13.9	455	1	17.11	504	1	22.02	553	2	28.8
407	1	13.96	456	1	17.15	505	1	22.1	554	2	28.8
408	1	13.98	457	1	17.3	506	1	22.18	555	2	29.18
409	1	14.01	458	1	17.3	507	1	22.3	556	2	29.24
410	1	14.04	459	1	17.4	508	1	22.32	557	2	29.49
411	1	14.09	460	1	17.5	509	1	22.5	558	2	29.7
412	1	14.13	461	1	17.5	510	1	22.73	559	2	29.9
413	1	14.18	462	1	17.57	511	1	22.75	560	2	30.25
414	1	14.19	463	1	17.6	512	1	22.9	561	2	30.3
415	1	14.2	464	1	17.6	513	1	23	562	2	30.36
416	1	14.2	465	1	17.7	514	1	23.38	563	2	30.9
417	1	14.26	466	1	17.79	515	1	23.52	564	2	30.98
418	1	14.3	467	1	17.8	516	1	23.6	565	2	31.06
419	1	14.3	468	1	17.9	517	1	23.72	566	2	31.1
420	1	14.32	469	1	17.9	518	1	23.85	567	2	31.22
421	1	14.4	470	1	18	519	1	23.9	568	2	31.5
422	1	14.43	471	1	18.1	520	1	24.1	569	2	31.7
423	1	14.46	472	1	18.15	521	1	24.14	570	2	31.8



424	1	14.5	473	1	18.2	522	1	24.4	571	2	33.1
425	1	14.51	474	1	18.2	523	1	24.42	572	2	33.4
426	1	14.6	475	1	18.2	524	1	24.5	573	2	33.6
427	1	14.9	476	1	18.29	525	1	24.5	574	2	34.2
428	1	14.9	477	1	18.3	526	1	24.6	575	2	35.3
429	1	14.9	478	1	18.42	527	1	24.76	576	2	36.09
430	1	14.98	479	1	18.6	528	1	25	577	2	36.53
431	1	15	480	1	18.7	529	1	25	578	2	36.9
432	1	15.05	481	1	18.7	530	1	25.3	579	2	36.9
433	1	15.1	482	1	18.88	531	1	25.35	580	2	37.9

No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)	No.	Rango	Talla (mm)
581	2	37.9	630	3	57.8	679	5	114.84
582	2	37.9	631	3	58.3	680	5	114.95
583	2	38	632	3	59.9	681	5	119.55
584	2	38.1	633	3	59.9	682	5	123
585	2	38.6	634	3	60	683	6	126.27
586	2	39.1	635	3	60.11	684	6	129.35
587	2	40.42	636	3	60.5	685	6	133.34
588	2	40.6	637	3	61.85	686	6	137.25
589	2	40.7	638	3	61.9	687	7	153
590	2	40.7	639	3	62.11	688	7	155
591	2	41	640	3	62.5	689	7	157
592	2	41.2	641	3	63.1	690	8	177
593	2	41.4	642	3	63.7	691	8	199.15
594	2	42	643	3	63.95			
595	2	42.2	644	3	65.2			
596	2	42.4	645	3	65.2			
597	2	42.7	646	3	65.2			
598	2	42.9	647	3	69.4			
599	2	42.98	648	3	69.9			
600	2	42.99	649	3	70.9			
601	2	43.5	650	3	71.15			
602	2	43.5	651	3	72			
603	2	43.6	652	3	72.1			
604	2	45	653	3	73.72			
605	2	45.5	654	3	75			
606	2	45.5	655	3	75.4			
607	2	45.7	656	3	75.74			
608	2	46.08	657	4	76.3			
609	2	46.83	658	4	77.3			
610	2	46.98	659	4	79.5			
611	2	47.37	660	4	80.8			
612	2	47.9	661	4	81.01			
613	2	48.6	662	4	85.54			
614	2	49.1	663	4	87.2			
615	2	50	664	4	90.57			
616	3	51.31	665	4	92.22			
617	3	51.5	666	4	93.67			
618	3	51.67	667	4	93.78			



619	3	51.99	668	4	96.24
620	3	52.5	669	4	97.6
621	3	52.8	670	4	100.9
622	3	52.97	671	5	105.6
623	3	53.4	672	5	105.9
624	3	53.7	673	5	106.43
625	3	54.5	674	5	108.27
626	3	54.5	675	5	111.37
627	3	55.12	676	5	113.12
628	3	55.32	677	5	113.22
629	3	57.31	678	5	114.84



ANEXO 4

Fotografías petrología sedimentaria

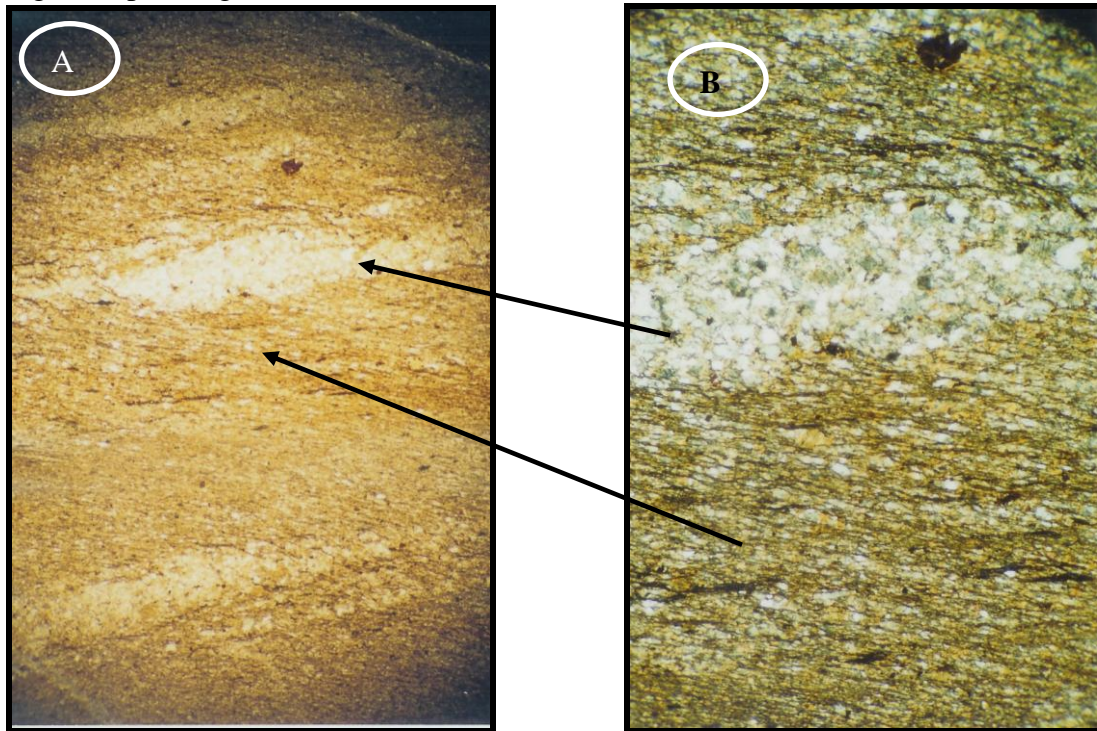


Figura 39. A) Alternancia de lentes de arenisca (4 x 10). B) Acercamiento de los lentes de arenisca (10 x 10).

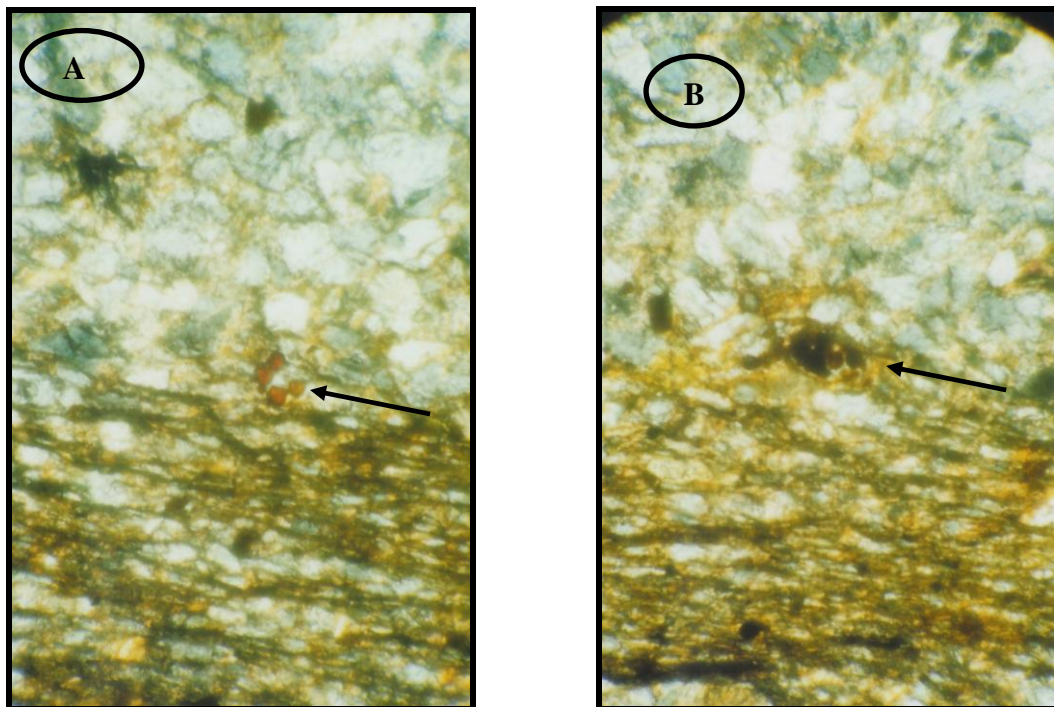
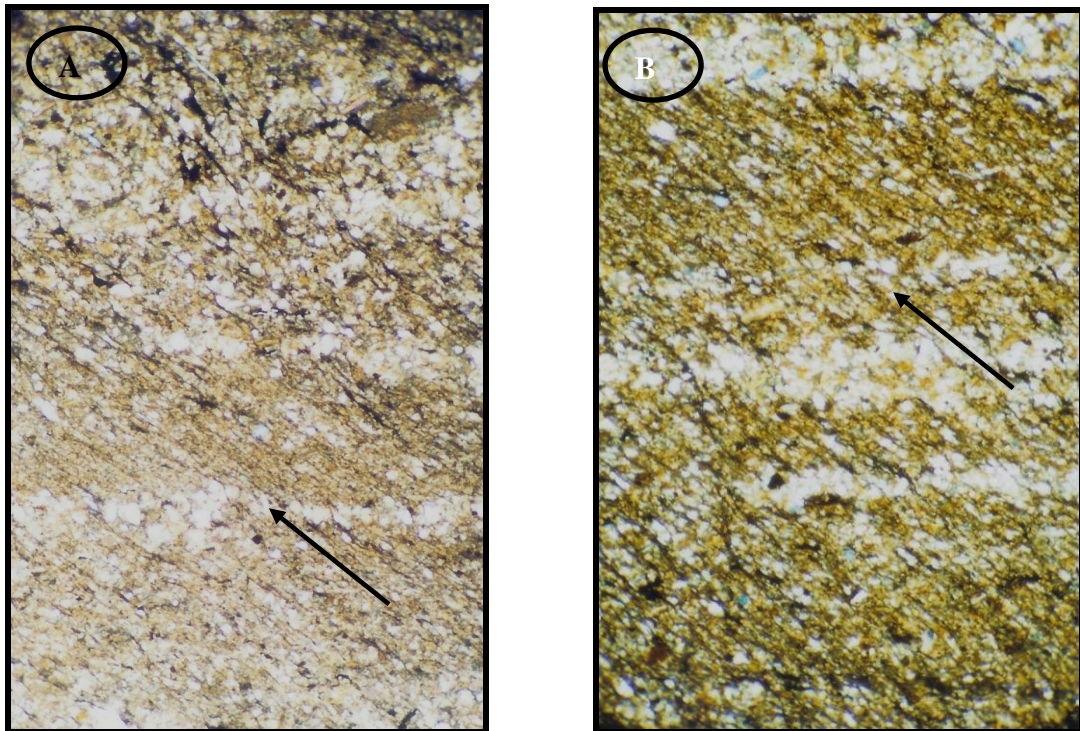


Figura 40. Esporas, véase que la materia orgánica se encuentra en el límite de la arenisca y el limo (40 x 10).



Figuras 41. Se muestra la orientación preferencial que presentan los granos de arena. Nótese las fracturas ortogonales. (10 x 10).



Figura 42. Acomodo de los bioclastos. Asociación tipo 2 (Esquivel-Macías *et al.*, 2005)

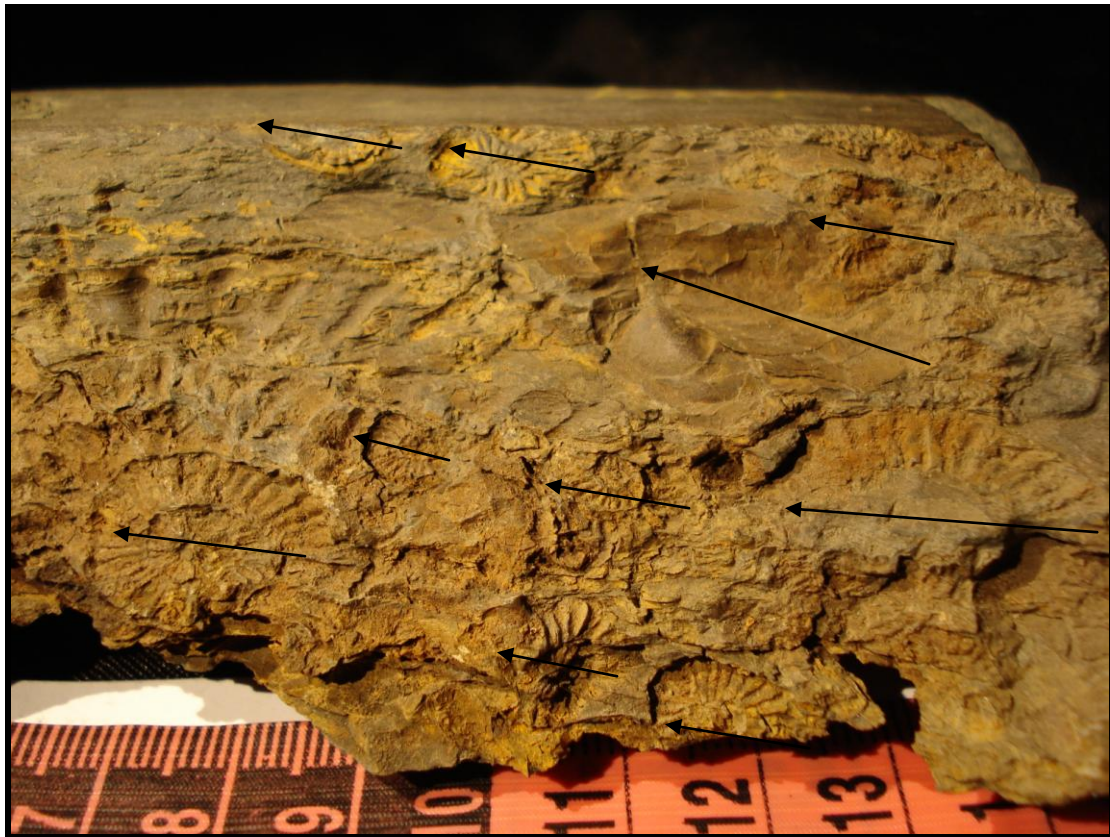


Figura 43.- Acomodo de los bioclastos, todos los diámetros mayores de cada bioclastos se encuentran paralelos los unos con respecto de los otros.



Figura 44.- Fósil piritizado. La presencia de pirita es un indicador de condiciones ambientales disóxicas.

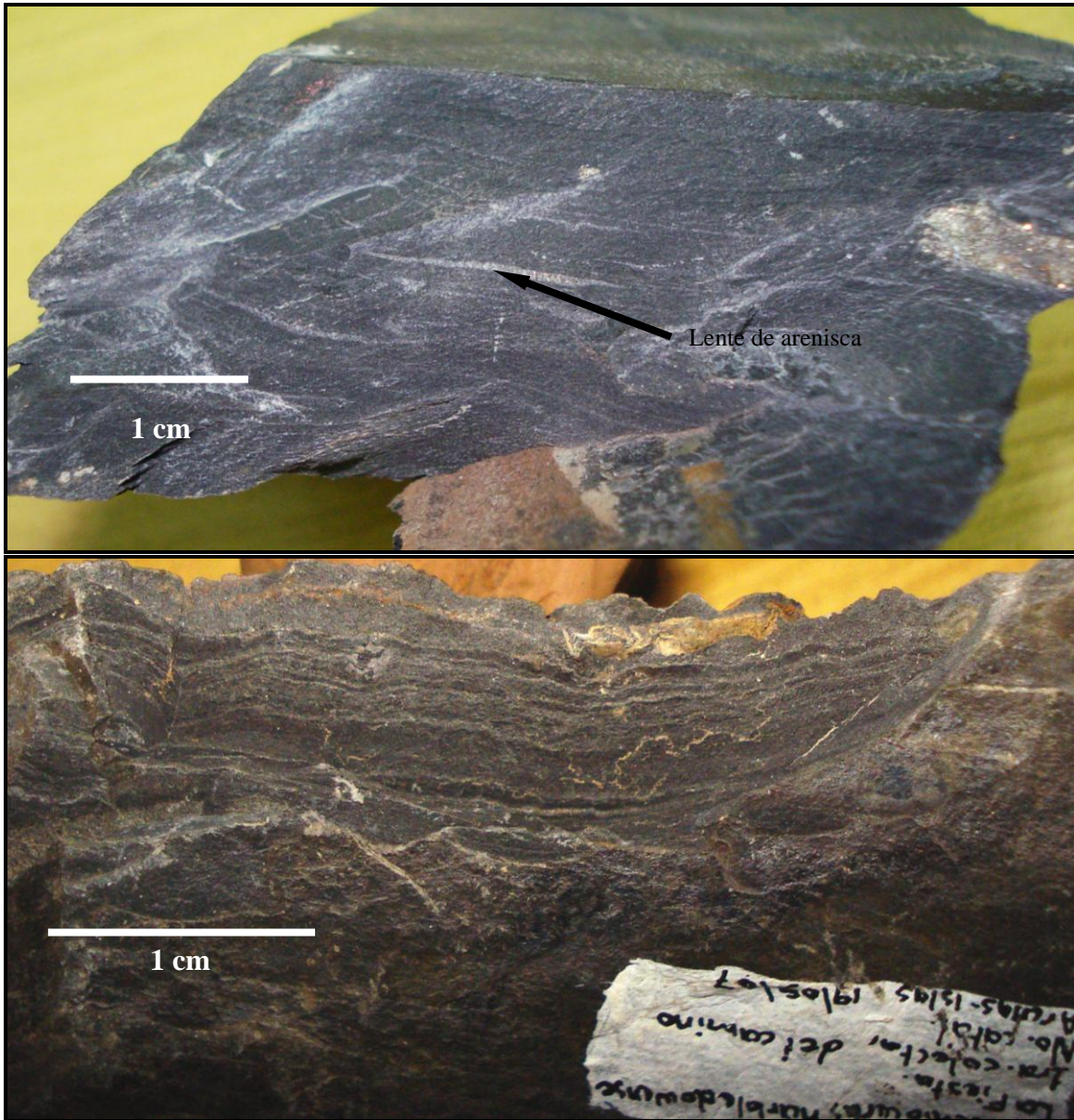


Figura 45. Detalle de la microlaminación en las rocas de la Formación Huayacocotla. En la fotografía superior puede apreciarse un lente de arenisca.