



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

---

---

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
ÁREA ACADEMICA DE BIOLOGÍA**

**LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**INTERPRETACIÓN DE PALEOAMBIENTES DEL SINEMURIANO  
SUPERIOR (JURÁSICO INFERIOR) DEL GRUPO HUAYACOCOTLA  
EN LA REGIÓN DE PAHUATLÁN, PUEBLA**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**ELVIS JHOAN HERNÁNDEZ VELAZQUEZ.**

**ASESORES: DR. CARLOS ESQUIVEL MACÍAS  
DR. KINARDO FLORES CASTRO**

**PACHUCA DE SOTO, HIDALGO 2007**



# *Agradezco a:*

Mi familia, en especial mis padres y hermanos: Martha **Velázquez** Díaz, Alfonso **Hernández** Moreno; Alfonso, Fredy, Jaquelinne y Miriam; por acompañarme, por ayudarme a cumplir el objetivo y principalmente por creer en mí.

Mis sobrinas Lizeth, Danna y Marifer por darme la oportunidad de verlas nacer y crecer.  
Mis cuñadas Concepción y Paola por formar parte de mi familia.

Dr. Carlos Esquivel Macias por brindarme la oportunidad de realizar un trabajo de investigación, además de su apoyo, tiempo y esfuerzo dedicado.

Dr. Kinardo Flores Castro por brindarme su amistad, tiempo, apoyo y su confianza.

Ariana por los momentos tan difíciles, recordando las alegrías que vivimos y por que estuviste a mi lado.

Eimy, Ayde, Norita, Paty por su incondicional amistad y sinceridad.

Mis tíos y primos, por su amistad y por cuidar de alguien muy importante para mí.

Arturo por compartirme un poco de tú conocimiento.

Mis amigos: Alan, Antonio, Aarón, Arely, Araceli “Chely”, Carlos, Silvia “Chivis”, Dulce, Héctor, Horacio, Juana Iris, Juan de Dios, Juan José, Laura, Lorena, Luís Antonio “Marin”, Mari, Marina, Miriam, Mónica, Natalia, Noemí, Roció, Salvador, Vanesa, Yesi.

Mis compañeros del laboratorio de Paleontología; Arturo, Alejandro “Gordo”, Jorge, Ivonne, Luís, Ángeles y Claudio.

A alguien muy especial; por su sacrificio, confianza, apoyo y amor “masitas”

GRACIA

## INDICE.

	Pagina
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Antecedentes	3
OBJETIVOS	5
General	5
Particulares	5
ÁREA DE ESTUDIO	6
Localización y Acceso	6
Geología regional	6
MÉTODO	11
Trabajo de campo	11
Trabajo de laboratorio	12
RESULTADOS	22
Paleontología Sistemática	22
Análisis paleoecológico	34
<i>Abundancia relativa</i>	34
<i>Estructura de la asociación fósil</i>	38
<i>Espectros taxonómico de hábitat</i>	38
<i>Espectros de valor ponderado de Westermann (1996)</i>	38
Análisis de tallas	40
<i>Las tallas como indicadores de fosilización "in situ / ex situ".</i>	40
Petrología y petrografía sedimentaria	42
<i>Litología megascópica</i>	42
<i>Estructuras sedimentarias</i>	44
<i>Descripción petrográfica</i>	49
Geoquímica inorgánica	61
<i>Interpretación de los resultados de la química de roca total.</i>	62
DISCUSIÓN	64
CONCLUSION	77
ANEXOS	80
REFERENCIAS	112
GLOSARIO	120

## Índice de figuras, cuadros y anexos

### Figuras en texto:

#### Figuras

1	Mapa de localización y acceso
2	Provincias morfotectónicas de México
3	Plano geológico del área de estudio
4	Medición del afloramiento
5	Delimitación de los estratos del afloramiento
6	Dimensiones de una forma circular-ovoide
7	Medición de ejemplares fósiles
8	Máquina cortadora de rocas
9-15	Fotografías de amonites
16	Morfología de amonites
17 a-f	Dibujos de amonites
18	Gráfica de abundancia relativa
19	Representación gráfica del espectro de hábitat y espectro de valor ponderado de Westermann (1996)
20	Transporte y selección de bioclastos en un ambiente marino.
21 a-g	Estructuras sedimentarias
22 i-k	Estructuras sedimentarias
23	Lámina delgada 1
24	Lámina delgada 2
25	Lámina delgada 4
26	Lámina delgada 5
27	Lámina delgada 6
28	Lámina delgada 7
29	Lámina delgada 8
30	Lámina delgada 9
31	Lámina delgada 10
32	Columna litológica
33	Diagrama de concentración de elementos mayoritarios
34	Diagrama de concentración de algunos elementos traza

35	Morfología funcional
36	Diagrama de flujo de la relación entre datos y líneas de evidencia obtenidas
37	Modelo paleoambiental

Cuadros en texto:

Cuadro

1	Hábitat de Westermann (1996)
2	Elementos mayoritarios
3	Elementos traza

Figuras en Anexos

Figuras	Anexo	
38 A – B	1	Fotografías de bivalvo y resto vegetal no identificado
39-43	5	Espectro taxonómico de hábitat
44-48	6	Espectros de valor ponderado de Westermann (1996)
49-53	8	Gráficas de análisis de las tallas

Cuadros en Anexos:

Cuadro	Anexo	
4	2	Medidas principales de la fauna fósil en función de números y medidas
5 y 6	3	Análisis de la relación de diámetros de <i>Paltechioceras tardecrescens</i>
7 - 16	4	Índices de hábitat
17 - 26	7	Análisis de tallas
27	9	Descripción de laminas delgadas

Anexo externo:

Anexo	
Externo	Color fresco por estrato

---

## RESUMEN

Se da a conocer un nuevo afloramiento en el estado de Puebla, en el municipio Honey, dentro de la Provincia Morfotectónica de la "Sierra Madre Oriental", con rocas sedimentarias del Jurásico Inferior y perteneciente al Grupo Huayacocotla.

Se midió y estudio la sección, donde aflora una secuencia de areniscas y limolitas, encontrando una variedad de amonites (*Arnioceras sp.*, *Gleviceras sp.*, *Plesechioceras cf. cihuacoatlae*, *Paltechioceras tardecrecens*, *P. rothpletzi* y *P. ? harbledownense*) como buenos índices estratigráficos y ambientales, además de bivalvos y restos vegetales no identificados. Se corrobora el ambiente sedimentario con base en el hábitat y la morfología funcional reportados para las familias de los ejemplares colectados.

La descripción taxonómica se hace de acuerdo a diversos trabajos previos del Sinemuriano regional y utilizando la experiencia del grupo de trabajo del laboratorio de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

El perfil del afloramiento está constituido por una intercalación de areniscas y limos arenosos de grano fino y variaciones de estructuras sedimentarias debidas a corrientes débiles.

Mediante la descripción de la litología megascópica y la descripción de láminas delgadas para el análisis petrológico, junto a la morfología funcional de los amonites, se apoya que el afloramiento denominado "El Potrero" representa un paleoambiente marino somero de plataforma nerítica abierta, con variaciones menores de energía, relacionadas con mareas y/o temporales de corta duración.

En la interpretación de datos obtenidos del análisis de roca total (Geoquímica inorgánica de elementos mayoritarios y traza), se establecen las condiciones óxicas y subóxicas en los ambientes de depósito de los sedimentos liásicos.

Para la determinación de la estructura de las asociaciones fósiles de amonites encontrados en el afloramiento, se consideran: la diferencia de diámetro entre los amonites recolectados; la diferencia de composición faunística entre ellas, comprobable mediante los espectros de hábitat y los de valor ponderado de hábitat; y la diferencia de fragmentación que presentan las conchas de los amonites. Este último punto, acompañado de la distribución de tallas de las especies de amonites, para demostrar el modo de deposición *ex situ* por arrastre de las diferentes asociaciones.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es parte de un proyecto de investigación del Museo de Paleontología del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEH, bajo la supervisión del Doctor Carlos Esquivel Macías del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) con el apoyo del Dr. Kinardo Flores Castro del Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICT), sobre rocas jurásicas con invertebrados fósiles del anticlinal de Huayacocotla.

Este tipo de estudios no se había realizado en México a la fecha. En particular para la región existen publicaciones sobre la geología (Carrillo-Bravo, 1965; Pedrazzini y Basañez-Loyola, 1978; Sutter, 1990; Mendoza-Rosales *et al.*, 1992; Rueda-Gaxiola *et al.*, 1993; Flores-Castro, 1993; Arellano-Gil *et al.*, 1998), tectónica (Ochoa-Camarillo, 1996, 1997; Ochoa-Camarillo *et al.*, 1997) y bioestratigrafía (Díaz-Lozano, 1916; Burckhardt, 1930; Erben, 1956; Cantú-Chapa, 1971; Schmidt-Effing, 1980; Silva-Pineda, 1978), pero no trabajos de corte paleoambiental, donde se integre de manera multidisciplinaria las diferentes líneas de argumentación aquí consideradas.

**Paleontología sistemática:** Este trabajo podría ser un fin de investigación en sí mismo; sin embargo, en el presente se utiliza para reconocer los taxones fósiles con los que se trabaja, y así apoyarse en la indicación implícita de la edad del afloramiento y el ambiente al que pertenecen, tomando en consideración sus cualidades morfofuncionales, ya publicadas por diversos autores.

**Petrografía:** Esta línea de evidencia se encarga de estudiar las cualidades de las rocas sedimentarias, las cuales al estar en contacto con la atmósfera e hidrosfera, producen partículas denominadas sedimento, resultantes de procesos físicos, químicos y biológicos, que posteriormente son transportados a distancias variables de su punto de origen, acumulándose en capas, junto a minerales, restos orgánicos de animales y plantas (Tucker, 2003).

Las propiedades texturales de los sedimentos incluyen el tamaño del grano, redondeo, selección, angulosidad y orientación preferencial, entre otras. Reflejan la cantidad y tipo de transporte que han sufrido las partículas, las condiciones energéticas del medio a las que han sido expuestas, la distancia de la fuente de origen, y su depositación en capas cuando la energía de flujo del agua decrece (Tucker, 2003).

---

**Geoquímica inorgánica:** Esta línea de evidencia ayuda a establecer las condiciones fisicoquímicas en las que se formó la roca, de ello se puede derivar las condiciones del ambiente de depósito en la paleocuenca original tales como: temperatura, actividad biológica, la cantidad de oxígeno disponible, profundidad, potencial de hidrógeno y otros parámetros.

Los elementos traza proporcionan información que apoya la interpretación de ambientes antiguos, resultan de la procedencia, intemperismo, diagénesis, clasificación de los sedimentos y geoquímica acuosa de los elementos individuales. Su concentración en rocas sedimentarias se normaliza con respecto a un estándar de referencia que permite identificar enriquecimiento o empobrecimiento de ciertos elementos. Su comportamiento gráfico se compara con un estándar de referencia para construir diagramas (Angeles-Cruz, 2006).

Los elementos mayoritarios son aquellos que se utilizan para clasificar y nombrar a la roca sedimentaria clástica formada, el ambiente tectónico, la procedencia del sedimento y el grado de intemperismo (Angeles-Cruz, 2006).

## **Antecedentes**

Históricamente, las rocas de la Formación Huayacocotla en los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz, son consideradas representativas del Liásico mexicano, por ello fueron estudiadas ya desde fines del siglo XIX, aún antes de ser formalizada su identidad litológica, cronoestratigráfica y bioestratigráfica.

El primer antecedente es Felix (1889-1899) quien publica algunos hallazgos paleontológicos del Jurásico mexicano en Alemania. Posteriormente, tales cuerpos de roca fueron estudiados y denominados por Böse (1894) como "Pizarra Potrero", con ambos autores se puede definir una primera etapa de investigación.

Ya en inicios del siglo XX, Díaz-Lozano (1916) estudia la geología de la región desde el punto de vista de la exploración petrolera y Burckhardt (1930) colecta fósiles y describe litológicamente las rocas marinas del Jurásico Inferior del el anticlinorio de Huayacocotla, este último autor también utilizó el término "Sedimentos Liásicos" del Jurásico Temprano para referirse a ellas.

Posteriormente, resulta fundamental el trabajo de Imlay *et al.* (1948) quienes definen como Formación Huayacocotla, a los sedimentos marinos de la porción norte del centro de México, en una parte del Río Vinasco, cerca de Huayacocotla, Veracruz y sustituyó el

nombre “Pizarra Portero” por el de “Formación Huayacocotla”, para no confundirlo con ciertos estratos del Cretácico Inferior de Sonora, denominados previamente como Formación Potrero. Imlay *et al.* (1948) además describieron abundante material de plantas fósiles. También fundamental, en cuanto a paleontología descriptiva básica, es el trabajo de Erben (1956) quien describió más de 100 taxa e incluye 52 tentativamente nuevos para la región de Huauchinango-Huayacocotla.

Carrillo-Bravo (1965) estableció la columna estratigráfica del anticlinorio y describió la litología de las unidades que afloran en él y poco después Aguayo-Camargo (1977) describió la sedimentación y diagénesis de la formación “Chipoco” (Jurásico Superior) en los estados de Hidalgo y San Luis Potosí, mientras Pedrazzini y Basañez-Loyola (1978) describieron la sedimentación del Jurásico Medio-Superior en el anticlinorio de Huayacocotla, en los estados de Hidalgo y Veracruz.

Es relevante el trabajo de Schmidt-Effing (1980) y el de Schlatter y Schmidt-Effing (1984), donde, mediante descripciones litológicas y taxonómicas, proponen redescubrir a la Formación Huayacocotla como Grupo, basándose en descripciones litológicas y taxonómicas en la región de Tenango de Doria, pero sin atenerse a las reglas del código estratigráfico (NACSN, 1983), por lo que no ha prosperado dicha propuesta, además de no encontrar homología en otras secciones de la región.

Por otra parte, Silva-Pineda (1987) publicó sobre una flora pérmica también de Calnali y en 1990 Sutter elaboró la hoja geológica Tamazunchale, mientras que Flores-Castro (1993) desarrolló un mapa geológico del área de Tenango de Doria. Simultáneamente, Rueda-Gaxiola *et al.* (1993) estudiaron la bioestratigrafía, cronoestratigrafía y paleoecología de los lechos rojos del área de Huizachal-Peregrina y de Calnali, que es de interés por tratarse del supuesto basamento de la Formación Huayacocotla, que no aflora en la región del presente estudio.

Desde el punto de vista tectónico, Ochoa-Camarillo (1996) estudió la región de Molango y en 1997 las capas rojas continentales y su relación con las capas sedimentarias marinas del anticlinorio de Huayacocotla.

Recientemente se puede hablar de una nueva generación de trabajos taxonómicos-bioestratigráficos, representados por Blau *et al.* (2000, 2001, 2003) y Meister *et al.* (2002, 2005), los cuales describieron los taxones de amonites halladas en la región de Tenango de

Doria. Además Blau *et al.* (2001) describieron un género y dos nuevas especies de amonites, utilizados para discutir la conexión marina proto-Atlántico-Pacífico, a través del territorio mexicano durante el Jurásico. Hay otros estudios relacionados (Aberhan, 1994; Aberhan y Muster, 1997; Damborenea, 2000) con indicios de que tal conexión permitió el paso de varios taxones del Pacífico norte y sur hacia el proto-Atlántico.

Con base en esta reseña queda claro que la presente tesis se inscribe en una línea de investigación que se genera por primera vez por mexicanos en la región de Tenango de Doria, Hidalgo incluido todo el anticlinal de Huayacocotla, para hacer estudios paleoambientales, los cuales comienzan a publicarse con el trabajo de Esquivel-Macías *et al.* (2005).

## **OBJETIVOS**

### **General**

Interpretar el paleoambiente del afloramiento “El Potrero” con base en diversas líneas de evidencia independientes como análisis morfofuncional, espectro de hábitat, análisis de tallas, petrología y geoquímica.

### **Particulares**

- Levantar el perfil y la columna estratigráfica correspondiente al afloramiento.
- Descripción taxonómica del contenido fósil por cada estrato del afloramiento.
- Describir la petrología y petrografía sedimentaria del afloramiento.
- Determinar el hábitat preferente de los amonites, mediante la morfología funcional de los amonites y el análisis de espectro de hábitat.
- Incorporar la evidencia geoquímica sobre el ambiente sedimentario a la determinación paleoambiental.

## ÁREA DE ESTUDIO

### Localización y acceso

La ruta de acceso se cubre por la carretera Federal número 130, Pachuca-Tulancingo, Hidalgo, pasando por el poblado de San Alejo; de allí tome la carretera Federal 106 que comunica a los poblados de Honey-Pahutlán, Puebla. Sobre el trayecto a un costado de la carretera se encuentra el afloramiento denominado “El Potrero”, localizado a 20° 16' 40.9" latitud N y 98° 10' 21.3 longitud W", en una altitud de 1500 msnm (Figura 1).

### Geología regional

Desde un punto de vista morfotectónico, el presente estudio se llevó a cabo en la “Provincia de la Sierra Madre Oriental” también conocida como “Provincia de Pliegues y Cordones” por Ferrusquía-Villafranca (1998), quien a su vez la divide en la “Subprovincia de Cordones Estrechamente Espaciados” y la “Subprovincia de Cordones Ampliamente Espaciados”; siendo de interés la primera, que abarca el sureste de Coahuila, el oriente de San Luis Potosí, el centro de Tamaulipas, el norte de Hidalgo y noroeste de Querétaro. La provincia colinda al norte con la provincia de “Mesetas y cordilleras de Chihuahua”, al noreste con la provincia de la “Sierra Madre Occidental”, al noroeste con la provincia de la “Planicie Costera del Golfo”, al sureste con la provincia de la “Meseta Central”, al sur con la provincia de la “Faja Volcánica Transmexicana” (Ferrusquía-Villafranca, 1998; Figura 2).

La mayor parte de esta provincia la constituyen numerosos y ampliamente distribuidos cuerpos de rocas sedimentarias marinas, jurásicas y cretácicas, complejamente plegados y fallados, en lo que se conoce como anticlinorios y sinclinorios.

La Formación Huayacocotla consiste en areniscas finas de grano grueso y conglomerados. Contiene plantas y amonites del Jurásico Temprano. Esta Formación representa una deposición marina, moderadamente profunda, lo cual representa una transgresión sobre un mar epicontinental (Ferrusquía-Villafranca, 1998).

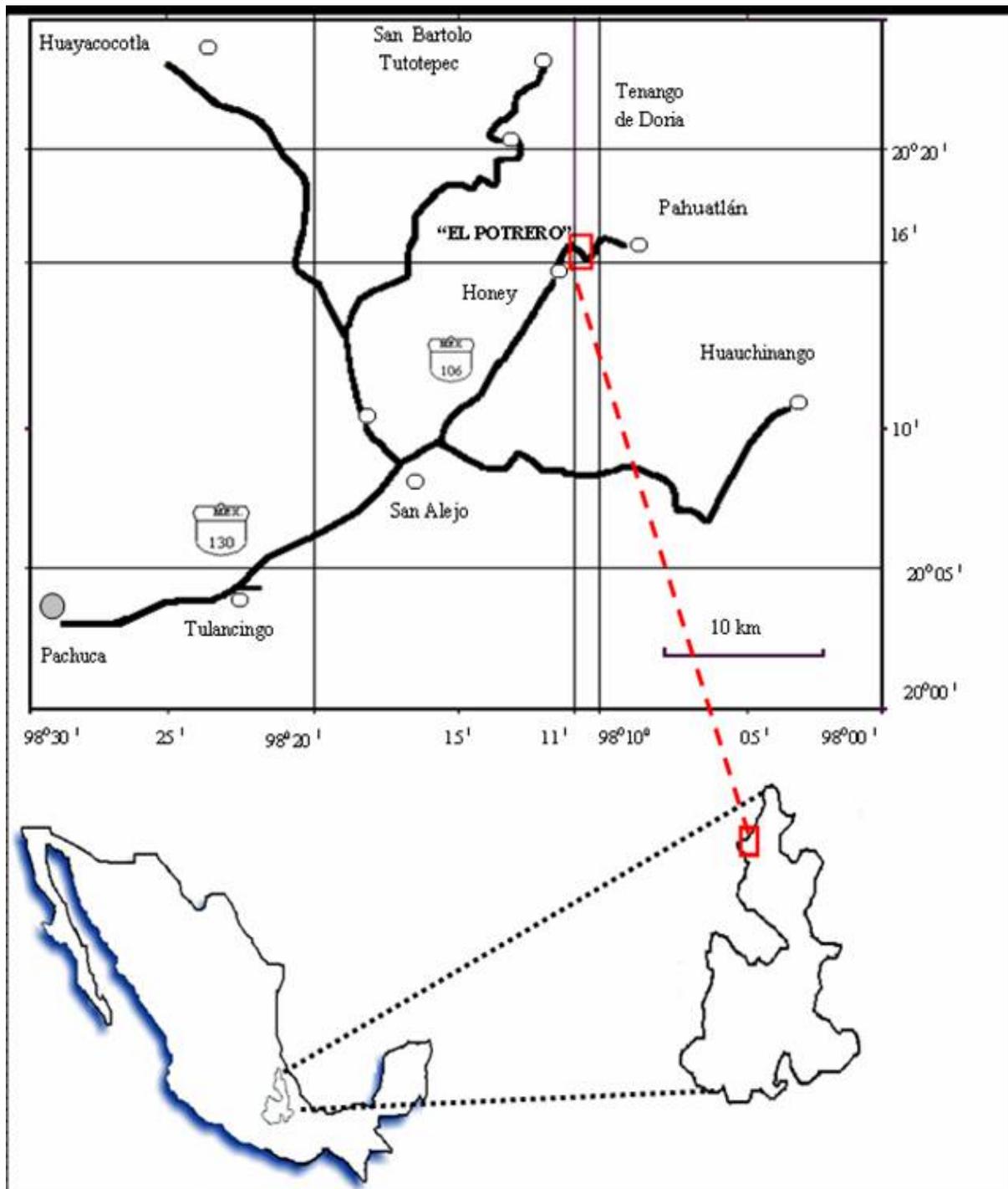


Figura 1. Mapa del floramiento "El Protero"

### ***Litología de la Formación***

La Formación Huayacocotla se caracteriza por presentar una composición siliciclástica y por la consecuente ausencia de carbonato de calcio (Ochoa-Camarillo, 1997), aunque se aprecian cristales vestigiales de carbonato de calcio al microscopio.

Se describe litofacialmente por la predominancia de "lutitas bandeadas" y "areniscas o limolitas bandeadas" y la escasez de calizas. Biofacialmente por un gran número de pelecípodos y la predominancia de cefalópodos (Erben 1956). Estos estratos del Liásico mexicano se describen originalmente en una parte de la Barranca del Río Vinasco, cerca de la ciudad de Huayacocotla, Veracruz con un espesor aproximado de 400 metros, entre los ranchos la Calera y Badta. Además, se define a la Formación Huayacocotla como "una secuencia de lutitas con intercalaciones de areniscas, conglomerados y pocos lentes de calizas " que afloran al norte del estado de Veracruz, porción norte de Hidalgo y norte de Puebla (Imlay *et al.*, 1948; Erben, 1956 *en*: Flores-Castro, 1993 y Ochoa-Camarillo *et al.*, 1996).



Figura 2. Principales provincias morfoestructurales de México **1.** Península de Baja California **2.** Planicies y sierras del Noroeste **3.** Sierra Madre Occidental **4.** Mesetas y cordilleras de Chihuahua **5. Sierra Madre Oriental** **6.** Planicie Costera del Golfo **7.** Meseta Central **8.** Faja Volcánica Transmexicana **9.** Sierra Madre del Sur **10.** Sierra Madre de Chiapas **11.** Plataforma de Yucatán. Tomado y modificado de Ferrusquía-Villafranca (1998).

---

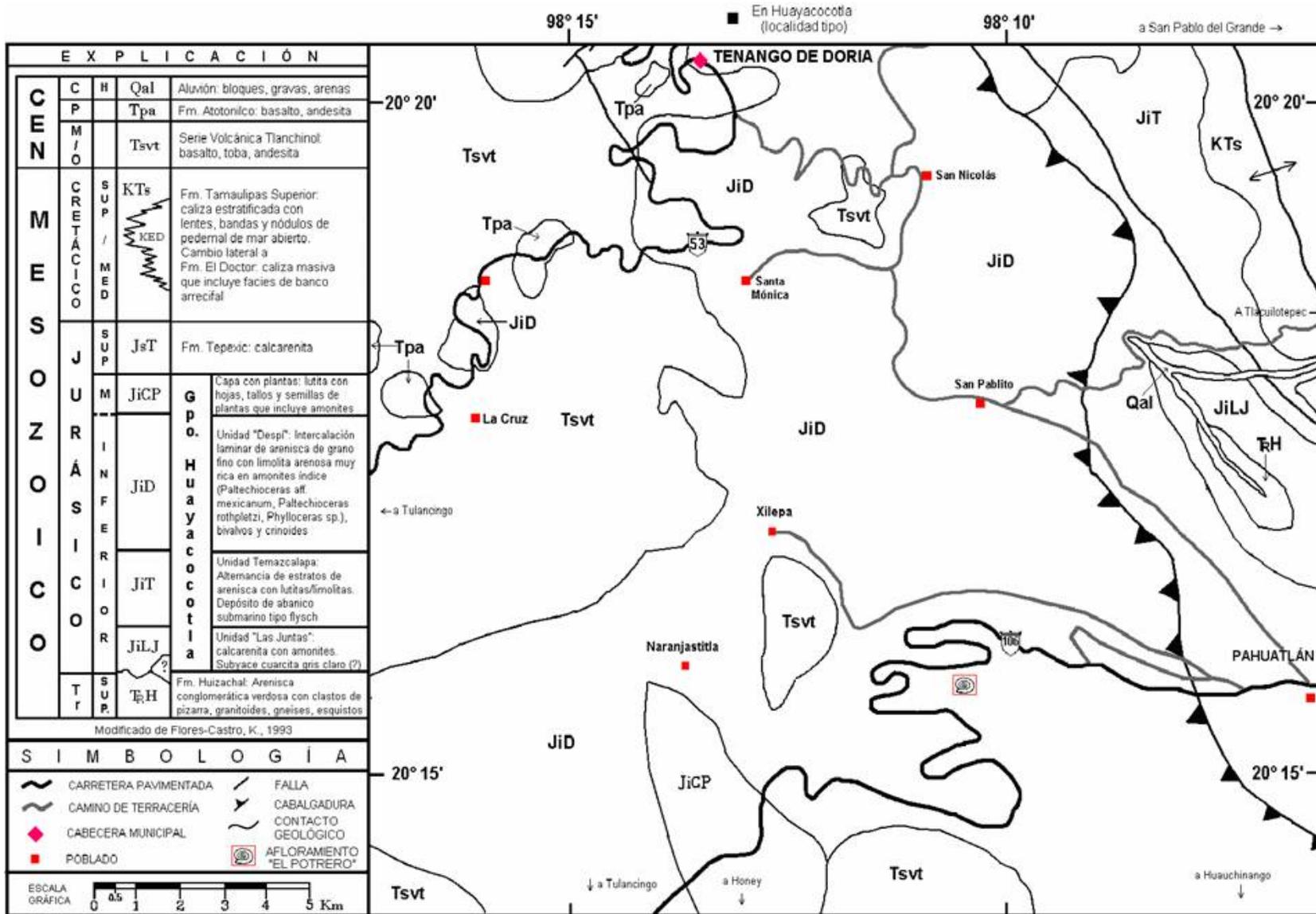
## **Litoestratigrafía**

Existen otros estudios del anticlinorio de Huayacocotla (Schmidt-Effing, 1980; Schlatter y Schmidt-Effing, 1984) en los que se propone una clasificación litoestratigráfica correlacionable al Sinemuriano Superior y mediante una zonación bioestratigráfica con amonites fósiles indicadores de los horizontes de *Oxynoticeras oxynotum* y *Eparietites raricostatum*. Tales estudios se utilizaron para redefinir a estas rocas como Grupo Huayacocotla del Sinemuriano marino, con cuatro Formaciones: 1) Las Juntas, 2) Temazcalapa, 3) Despí, 4) Tenango, y un Grupo sin nombre determinado comúnmente como "Capa con plantas" (*sensu* Schmidt-Effing, 1980).

Flores-Castro (1993) considerando a los autores antes mencionados, elabora un mapa geológico en el área de Tenango de Doria y comprueba que de la base a la cima hay un "conglomerado de fragmentos de arenisca, de color café-rojizo; tienen arenisca calcárea de color gris oscuro y más de 1000 metros de lutita negra con estratificación gruesa, que alterna con arenisca negra de grano medio". Este autor considera a la unidad "Tenango" dentro de la "Despí" y así tener cuatro unidades litoestratigráficas (Figura 3):

- "Las Juntas" contiene arenisca y calcarenita, con un espesor de 300 a 350 m aproximadamente, presenta amonites y bivalvos, correspondientes al Sinemuriano Medio-Superior.
- "Temazcalapa" constituida por una secuencia de areniscas y lutitas / limolitas, con características de turbiditas, carece de material fósil y el espesor aproximado es de 300 m.
- "Despí" se caracteriza por contener intercalación laminar de areniscas de grano fino con limolita arenosa, abundantes fósiles índice y espesor aproximado de 300 a 350 m.
- "Capas con Plantas" constituida por lutita y arenisca, abundantes restos de plantas y escasos fósiles marinos, un espesor aproximado de 200 a 250 m.

Figura 3. Plano geológico del área de estudio. Porción de la hoja topográfica Pahuatlán F14-D73. Tomado y modificado de Flores-Castro (1993)



---

## ***Tectónica del anticlinal Huayacocotla***

De acuerdo con Ochoa-Camarillo *et al.* (1998), la Formación Huayacocotla quedó expuesta a partir del proceso tectónico la “Sierra Madre Oriental”, e incluye una fase de extensión, donde se formaron pilares y fosas tectónicas, iniciando durante el Jurásico Temprano y a finales del Jurásico Medio. El origen de ésta Formación incluye un segundo evento tectónico, en donde las rocas sedimentarias jurásicas y cretácicas fueron plegadas, formando lo que se conoce como orogenia laramídica, uno de los cuales propició la formación de pliegues y cabalgaduras llamado anticlinorio de Huayacocotla. Por último un tercer evento tectónico debido a extensión postpliocénica, conformado por fallas normales que delimitan el “*graben*” de Molango con una longitud de 10 km y un salto de más de 200 m.

## **MÉTODO**

### **Trabajo de Campo**

#### ***Área de estudio***

El afloramiento se encontró durante una fase de búsqueda de rocas liásicas en la región, utilizando la cartografía geológica y las indicaciones de algunos lugareños. Se verificó la existencia de material fósil durante una caminata previa, posteriormente se inició la limpieza de la vegetación del afloramiento para poder reconocer y familiarizarse con el material.

Se diferenciaron 12 capas con un criterio megascópico, que se midieron con cinta métrica (Figura 4); simultáneamente se buscaron y recolectaron fósiles de amonoides y pelecípodos tanto grandes como pequeños, unos completos y otros fragmentados.

Conforme se realizó el muestreo se anotó su posición con respecto al plano de estratificación, el nivel estratigráfico al que pertenecen y el plano de fractura de las rocas (Figura 5).

Se tomaron muestras de mano para definir la secuencia estratigráfica, de acuerdo con el criterio de Tucker (2001) para la obtención de un perfil litológico preliminar, este método se

apoya mediante la observación en el microscopio petrográfico, la cual consiste en describir la roca, incluyendo color, textura (redondeo, sorteo, contacto entre los granos y la orientación preferencial de los granos), composición del sedimento, estructuras sedimentarias, fósiles y la interpretación del ambiente de depósito, cementación, compactación y reemplazamiento.

## **Trabajo de Laboratorio**

### ***Colección de fósiles en el Museo de Paleontología***

Los ejemplares colectados fueron numerados con la clave INV-018, lo cual significa el número de localidad con invertebrados fósiles registrados. Se ubica físicamente en gabinetes pertenecientes al Museo de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

### ***Paleontología Sistemática***

Para la descripción taxonómica de los amonites se utilizaron los trabajos de Erben (1956), Blau et al. (2000, 2001 y 2003), Meister et al. (2002). Para ello se utilizó un microscopio estereoscópico Olympus BX 40 con oculares WH 10X/22.

La identificación se realizó con diferentes criterios diagnósticos, como la forma y el tamaño de la concha, la dirección y tipo de costilla, la posición de la quilla y surco en la parte ventral del fósil.

Para la designación de sinonimias se consideraron las descripciones de Cuvier (1797); D'Orbigny (1842-51); Hauer (1856); Suess (1865); Hyatt (1867); Dumortier (1867); Hyatt (1874); Hyatt (1875); Zittel (1884); Böse (1894); Buckman (1913, 1918); Buckman (1924); Trueman y Williams (1925); Crickmay (1929-1930); Arkell (1950); Erben (1956); Arkell (1957); Geyer (1979); Dommergues et al. (1994); Taylor et al. (2001); Meister et al. (2002); Blau et al. (2003); Edmunds et al. (2003).



Figura 4. Medición con cinta métrica cada estrato del afloramiento "El Potrero".

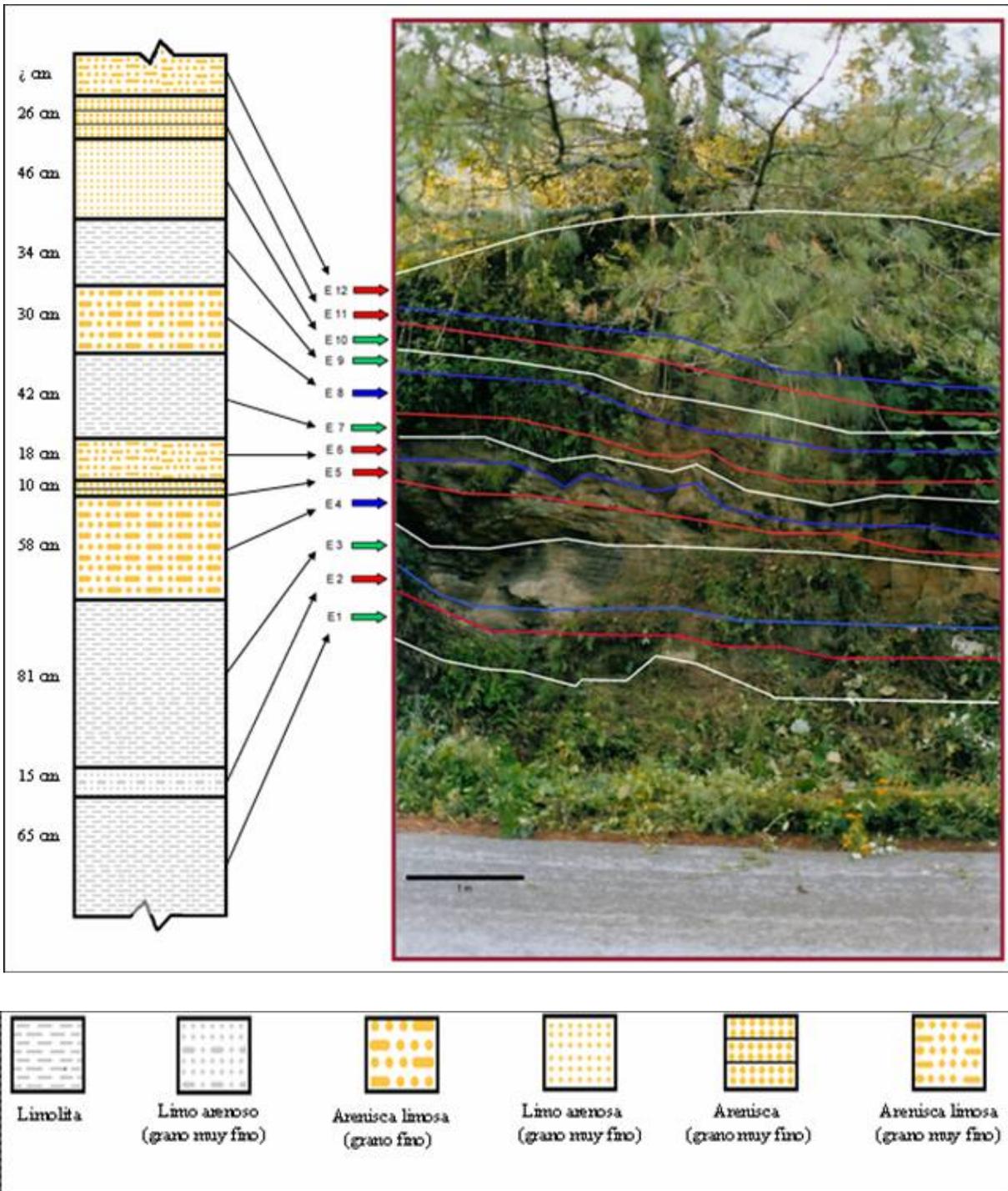


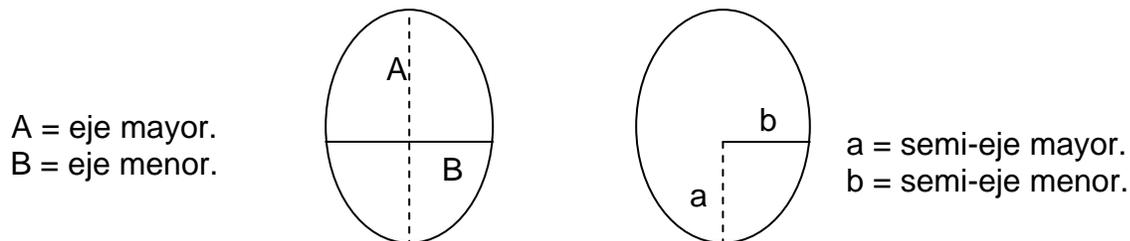
Figura 5. Delimitación de cada una de los estratos que conforman el afloramiento "El Potrero". E1-E12, significan el número de capa en la secuencia estratigráfica. Litología megascópica preliminar (Nota: Los cambios aparentes de dirección, representan el relieve del afloramiento, no responden al grosor de los estratos).

Se dibujaron los ejemplares para tener una idea más clara de la morfología de cada uno, lo cual complementó la descripción taxonómica.

### **Tratamiento de discrepancias de *Paltechioceras tardecrescens***

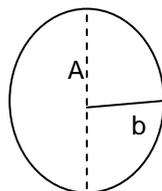
Se compararon los resultados taxonómicos con un trabajo simultáneo en curso (“El Bopo”), con respecto a la identidad común de un taxón (*Paltechioceras tardecrescens*), se realizó un análisis, el cual consistente en establecer la relación eje mayor / semi-eje menor (afloramiento “El Potrero”) o diámetro mayor / radio mayor (“El Bopo”) de la morfología dual circular / ovalada que presentan los amonites (Figura 6) y obtener la relación entre ambas formas, tales resultados en los dos afloramientos, se compararon con el promedio de diámetro de diez ejemplares fotografiados a tamaño natural en Blau *et al.* (2003) ver Cuadros 5 y 6, Anexo 3.

Mediciones de diámetros realizadas en el afloramiento “El Potrero”



Relación de diámetros

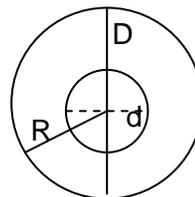
Ovoide



(A/b) donde:

A = eje mayor.  
b = semi-eje menor.

Circular.



(D/d) donde:

D = diámetro mayor.  
R = radio mayor.  
d = diámetro menor.

Figura 6. Principales dimensiones de una forma circular con respecto a una forma ovoide.

Nota: Una figura circular presenta diámetro menor sólo en la corona circular (Caballero *et al.*, 1998).

### ***Morfología funcional***

Con base en la morfología funcional de las familias de los amonoideos, propuestos por Westermann (1996), se obtiene una aproximación preliminar del ambiente que después será confirmada o modificada con parámetros petrológicos y geoquímicos.

### ***Abundancia relativa y medidas principales de la fauna fósil en función de números y medidas***

Se proporcionó un listado de especies descritas para cada uno de los estratos del afloramiento, acompañados del número de ejemplares, para obtener su abundancia relativa. Se determinaron las principales medidas en aquellos ejemplares en los que fue posible obtener el diámetro mayor, radio mayor, eje mayor, semi-eje mayor y menor, eje menor, distancia del ombligo a la última vuelta, altura de la última vuelta y el número de vueltas (Cuadro 4, Anexo 2), con la ayuda de un vernier digital "Mitutoyo", modelo CD - 6" CS (Figura 7).

### ***Índice y espectro de hábitat***

Se aplicó para centrar lo mejor posible la franja ambiental ocupada por los amonites y va señalado con base en la morfología funcional.

Este índice consiste en caracterizar con taxones los sitios con los niveles de ocurrencia en los diferentes hábitat de las familias de amonoideos, según la información de siete diferentes tipos de ambientes marinos tomados de Westermann *et al.* (1996) que son extrapolados a las facies de Wilson (1975).

Así, por ejemplo, para la familia Echioceratidae reportada de cuatro ambientes diferentes (plataforma distal, media, proximal e intermareal), se realizó un cuadro, denominado índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981) (Cuadros 7-16, Anexo 4), en el que cada familia recibe un valor numérico consecutivo de acuerdo a la preferencias de hábitat; si una familia está presente en un sólo ambiente se le otorga el valor de 1, mientras que si está presente en varios tipos de ambientes, se divide 1 entre el número de ambientes que la familia está representada. Posteriormente, se suman todos los valores de cada familia por ambiente y el resultado obtenido es sometido a una regla de tres para obtener un porcentaje,

---

el cual representará el eje vertical y los diferentes tipos de ambientes marinos el eje horizontal de una gráfica llamada espectro taxonómico de hábitat (Sánchez, 1996) (Figuras 39-43, Anexo 5).

Este método se realiza para el afloramiento y para cada uno de los niveles de la secuencia estratigráfica.

### ***Espectro de valor ponderado de abundancia de Westermann (1996)***

Este tipo de índice consiste en tomar la información sobre la abundancia y presencia/ocurrencia de las familias de amonoides en ambientes marinos, proporcionada por Westermann (1996), los cuales son ponderados a valores numéricos ( $X=3$  dominante,  $x=2$  abundante,  $o=1$ ), para ser representados en una gráfica, en la que se refleja el nivel de abundancia en cada familia y cada tipo de ambiente en el que ésta se encuentra, extrapolado a las facies de Wilson (1975) (Figuras 44-48, Anexo 6).

### ***Las tallas como indicadores de fosilización “in situ / ex situ”***

Desde un punto de vista tafonómico, se miden los bioclastos, es decir, pedazos, estén enteros o no, porque son objetos depositados que se mueven bajo las mismas reglas que los fragmentos de roca llamados clastos o granos.

El análisis exploratorio consiste en agrupar los datos de diámetro mayor de los bioclastos en un cuadro, a partir de las muestras colectadas, para ser puestas en uno de los intervalos de clase, obtenidos por medio de la regla de Sturges (Moore, 1995), que no se superpongan (Cuadros 17-26, Anexo 7). Por último, se obtiene una gráfica que en el eje vertical representa las frecuencias con respecto a los intervalos del eje horizontal.

Para obtener estos datos, primero se obtuvo el intervalo (R) del conjunto de datos agrupados, en este caso los diámetros máximos de la fauna fósil como bioclastos, colectados en las diferentes capas o niveles de la secuencia, los cuales consistieron en obtener la diferencia de los datos con valores mayores con respecto a los datos con valores menores de los diámetros mayores. Posteriormente, se determinó el intervalo de clase mediante la regla de Sturges (Moore 1995), para la cual se obtuvo el logaritmo 10 de los datos (número

total de ejemplares) y se aplicó el resultado a la fórmula,  $K = 1 + 3.322$  (Resultado del logaritmo 10).

La amplitud de los intervalos ( $W$ ) se realizó el cociente  $W = R/K$ . Por último, con los resultados obtenidos se determinó la frecuencia, representada en el eje vertical y cada intervalo en el eje horizontal de una representación gráfica del afloramiento y cada nivel del que esta constituido (Figuras 49-53, Anexo 8).

### ***Litología megascópica***

Se determinaron las características litológicas del cuerpo de roca que incluye el tipo de arenisca, color fresco y de intemperismo, contenido fósil y espesor correspondiente a cada estrato del afloramiento.

### ***Estructuras sedimentarias***

Para determinar el tipo de estructuras sedimentarias de cada estrato, se realizó un corte transversal de las rocas colectadas, con una máquina de corte de rocas, marca "LAPRO SLAB SAW" instalada en la Unidad Central de Laboratorios de la UAEH (Figura 8) y se pulieron con una lija de la marca "FANDELI" modelo A-99 de grano fino.

### ***Descripción petrográfica***

Las muestras de rocas representativas de cada estrato se clasificaron y ordenaron para la elaboración de láminas delgadas de 30 micras de espesor, a un proveedor especializado.

Para la determinación petrográfica, se retomaron los parámetros propuestos por Tucker (2001) en sección delgada, como son el porcentaje de grano de cuarzos, feldespatos, micas, bioclastos, entre otros. La textura, redondeo, esfericidad, sorteo, empacamiento, orientación del grano, cemento, reemplazamiento, compactación, porosidad, tipo de arenisca y el ambiente deposicional (Cuadro 27, Anexo 9). Para ello se utilizó el microscopio

---

petrográfico Olympus BX 40 con oculares WH 10X/22 y objetivos 10X, 40X y 100X y un condensador acromático 0.9.

### ***Geoquímica inorgánica***

La técnica de extracción y la preparación de muestras se realizó en el laboratorio del Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (CICT-UAEH).

Las muestras destinadas a análisis de elementos mayores y traza fueron principalmente reducidas de tamaño de grano mediante la trituration manual. Posteriormente, se pulverizaron en morteros con pistilo de ágata, evitando posible contaminación con metales de Fe, Mo, Cu, Cr, Ni, Co, V, Mg, Mn, W, procedentes de la molienda con equipos de acero (Angeles-Cruz, 2006).

Una vez pulverizadas, se homogenizaron al hacerlas pasar por el tamiz n.200. A continuación, se pesaron 10g de muestra y se colocaron en viales de vidrio con tapa hermética que previamente se etiquetaron. Las muestras finalmente fueron empacadas y enviadas a los Laboratorios ActLabs de Toronto, Canadá y al Instituto de Geología Marina y Química de la Universidad Nat. Sun Yat-Sen de Taiwán, para su análisis (Angeles-Cruz, 2006).

El método de análisis para los elementos traza se realizó por medio de Fluorescencia de Rayos X (XRF), Activación Neutrónica, ICP e ICP-MS. Mediante la espectrometría XRF es posible analizar más de 80 elementos con un amplio rango de sensibilidad, detectando concentraciones desde algunas partes por millón (ppm) hasta concentraciones de 100% en peso (Angeles-Cruz, 2006).

Para la calibración de los equipos se utilizaron estándares de referencia, certificados internacionalmente, de acuerdo al tipo de material analizado para minimizar el efecto matriz. En el caso de los elementos traza, se utilizaron los estándares: Certified MAG1, Certified BIR1, Certified DNC1, Certified GXR-2, Certified LKSD-3, Certified GXR1, Certified SY3, Certified STM1 y Certified IFG1 (Angeles-Cruz, 2006).



Figura 7. Aspecto del trabajo de medición de los ejemplares fósiles, presentes en las rocas colectadas en campo.



Figura 8. Máquina cortadora de rocas “LAPRO SLAB SAW”, instalada en el Laboratorio de Análisis de los Materiales de la Unidad Central de Laboratorios de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

## RESULTADOS

### Paleontología Sistemática

Cephalopoda CUVIER, 1797  
Ammonoidea ZITTEL, 1884  
Arietitidae HYATT, 1875  
Arietitinae HYATT, 1875  
*Arnioceras* HYATT, 1867  
***cf. Arnioceras sp.***



Figura 9. *cf. Arnioceras sp.*, amonite representante del Sinemuriano Superior.

### Sinonimia

1979. *Arnioceras cf. arnouldi* (DUMORTIER). GEYER.

**Material.** 2 ejemplares provenientes de la localidad muestreada y depositados en el gabinete 1 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-018 según libreta de campo de Dr. Esquivel, pendiente de asignar número de catálogo.

**Diagnosis.** Concha evoluta, discoidal y angosta. Sección de vuelta comprimida con apertura moderadamente baja. Quilla ancha, acompañada por dos surcos angostos. Costillas fuertes, afiladas, próximas al hombro, inclinadas hacia adelante, desapareciendo en el *venter*, cóncava hacia delante en estadios juveniles, en estadios medios y de vejez la curvatura se

va perdiendo y las costillas corren solamente poco arqueadas sobre los flancos y ligeramente inclinadas hacia delante. Las costillas terminan un poco falcadas y desaparecen al lado de los surcos de la quilla. La altura máxima ocurre a mitad de los flancos y son más anchas a mitad de los espacios intercostales (Erben, 1956).

**Descripción.** Ejemplares circulares, con diámetro mayor de 14.18 mm en el estrato 1 y otro con 16.77 mm en el estrato 8 (Cuadro 4, Anexo 2). Presentan conchas discoidales con una quilla y dos surcos, con costillas simples, densas, gruesas, ligeramente proyectadas, bien marcadas (relieve alto) que corren solamente poco arqueadas (prosradiadas) sobre los flancos. Su altura máxima alcanza media altura de los flancos (Figuras 16 y 17a).

**Discusión.** Los descritos se asemejan al ejemplar de Erben (1956, lámina 29, figura 10) en la forma de las costillas de la última vuelta, pero se encuentran incompletos. Su descripción se hizo por la densidad, fineza, altura máxima de las costillas a media altura de los flancos (Figura 16) y por ser carinadas y bisulcadas. El ejemplar ésta incompleto, pero se confiere al género *Arnioceras*.

Oxynoticeratidae HYATT, 1875

*Gleviceras* BUCKMAN, 1918

***Gleviceras* sp.**



Figura 10. *Gleviceras* sp., amonite índice del Sinemuriano Superior.

**Material examinado.** 7 ejemplares provenientes de la localidad muestreada y depositados en el gabinete 1 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-018, pendiente de asignar número de catálogo.

**Diagnosis.** Concha ligeramente comprimida, con un *venter* (Figura 16) casi afilado, quilla pronunciada y tiene una pendiente umbilical más abrupta (Arkell *et al.*, 1957).

**Descripción.** Diámetros variables, el mayor entre 23.20 y 67.31 mm y menor de 20.59 a 42. mm. Se localizan tres ejemplares en el estrato 4, uno en el estrato 5, uno en el estrato 8 y dos en el estrato 11 (Cuadro 4, Anexo 2). La concha es poco comprimida y las costillas no se proyectan, se observa una concha involuta. El ombligo es marcado y estrecho pudiéndose observar en las primeras vueltas, que contiene costillas simples, radiales y distantes. La última vuelta es casi lisa con costillas tenues, simples, radiales, distantes, ligeramente cóncavas e inclinadas hacia delante (Figuras 16 y 17b).

**Discusión.** La concha involuta, comprimida y el *venter* casi afilado así como lo pronunciado de la zona umbilical y la presencia de costillas finas y distantes describen la especie.

Echioceratidae BUCKMAN, 1913  
*Plesechioceras* TRUEMAN Y WILLIAMS, 1925  
*Plesechioceras cihuacoatlae* (ERBEN, 1956).  
***Plesechioceras cf. cihuacoatlae***

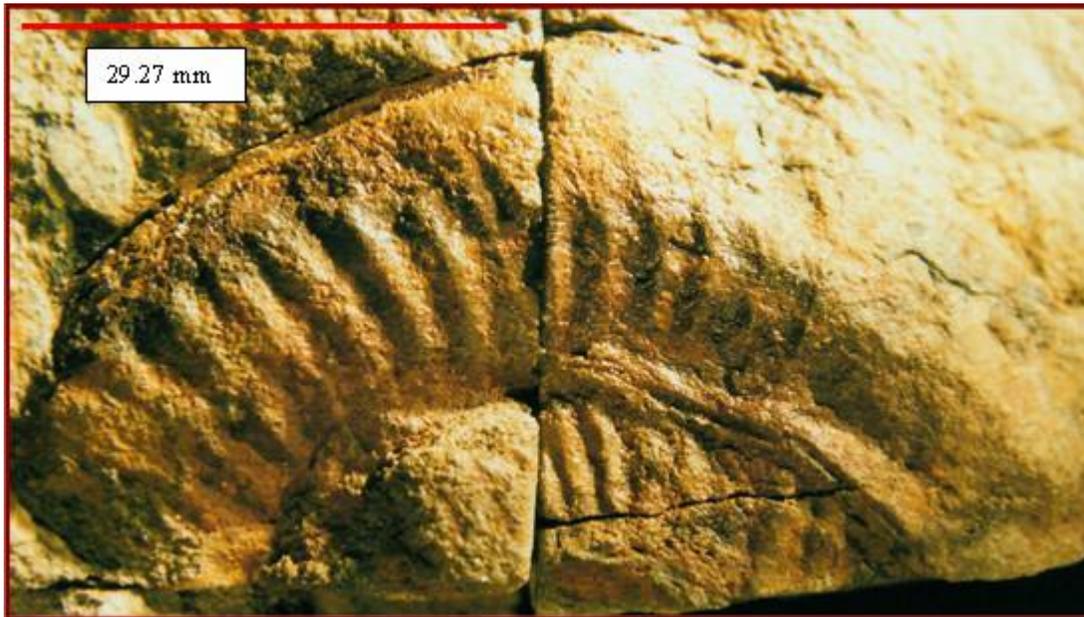


Figura 11. *Plesechioceras cf. cihuacoatlae*, amonite índice del Sinemuriano Superior.

---

## Sinonimia

1956. *Vermiceras*

1956. *Vermiceras edmundi* (DUMORTIER). ERBEN.

**Material examinado.** 1 ejemplar de la localidad muestreada, depositado en el gabinete 1 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-018, pendiente de asignar número de catálogo.

**Diagnosis.** Concha discoidal, con costillas de densidad constante durante la ontogenia, delgadas arqueadas y prorsirradiadas, la mayoría llegan a la parte ventrolateral, pero algunas llegan a la quilla. Esta última está bordeada por dos surcos angostos y poco profundos. Las vueltas internas están cercanas a las costillas y son ligeramente más espaciadas. La sección de vuelta varía desde redondeada a subcuadrada (Blau *et al.*, 2003).

**Descripción.** Diámetro mayor de 58.84 mm, se localiza en el estrato 8 (Cuadro 4, Anexo 2). Concha discoidal evoluta, se caracteriza por tener costillas simples, densas e inclinadas hacia delante, las terminaciones externas están redondeadas y alcanzan su altura máxima a media altura de los flancos y de relieve bajo (Figuras 16 y 17c). El ejemplar se deformó diagenéticamente, lo que permite observar la parte ventrolateral con quilla y dos surcos. A pesar de encontrarse fracturado se pudo describir.

**Discusión.** Los ejemplares presentan concha discoidal, ancho de la última vuelta poco amplio, costillas ligeramente cóncavas, terminaciones externas que llegan a la parte ventrolateral, sin tocar las quillas laterales, además de relieve bajo quilla con dos surcos, por lo que coincide con la descripción de Blau *et al.* (2003). Para Erben, 1956, la especie presentan costillas bien marcadas, cóncavas y dirigidas oblicuamente hacia delante (Figuras 16) sobre la pendiente umbilical y oblicuamente hacia atrás sobre el hombro.

Echioceratidae BUCKMAN, 1913.

*Paltechioceras* BUCKMAN, 1924.

***Paltechioceras tardecrescens* (HAUER, 1856).**



Figura 12. *Paltechioceras tardecrescens*, amonite índice del Sinemuriano Superior.

### **Sinonimia.**

1924. *Leptechioceras aplanatum* (HYATT). BUCKMAN.

2003. *Paltechioceras flexicostatum* (TRUEMAN y WILLIAMS). EDMUNDS, VARAH y BENTLEY.

**Material examinado.** 59 ejemplares provenientes de la localidad muestreada y depositados en el gabinete 1 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-018, pendiente de asignar número de catálogo.

**Diagnosis.** Concha discoidal, delgada, apertura baja. Costillas numerosas, simples rectas o muy poco cóncavas, están inclinadas hacia delante variando el grado de inclinación durante el crecimiento, son pronunciadas y muestran un relieve moderadamente alto; asimismo, anchas, es decir, que alcanzan el ancho de los espacios intercostales. Estas últimas tienen bases bien cóncavas, en todos los estadios las terminaciones externas de las costillas desaparecen ligeramente en la parte ventrolateral; aumento en la altura moderadamente

rápido y ombligo bastante amplio, ancho y poco profundo. Tiene una quilla pronunciada que está acompañada de surcos de quilla poco profundos. El aumento de la altura de vuelta es moderadamente rápido y las vueltas se recubren poco (Erben, 1956).

**Descripción.** Diámetro mayor variable, entre 8.74 y 94.94 mm y diámetro menor de 5.14 a 59.53 mm (Cuadro 4, Anexo 2). Amonite de concha comprimida, ovoide, evolutivo (amplia zona umbilical), delgada, en los flancos se aprecian costillas densas y ligeramente inclinadas hacia adelante (prorsirradiadas), llegan más allá de la parte ventrolateral, relieve alto, espacios intercostales más anchos que las costillas, moderadamente elevada amplitud y aumento de vuelta (Figuras 16 y 17d).

**Discusión.** De los 59 ejemplares colectados, 17 presentan una concha ovoide, en comparación a la diagnosis de Erben, 1956, que son conchas discoidales, presenta disparidad en cuanto a la densidad de las costillas, simples rectas e inclinadas hacia adelante. Se determina que se trata de *Paltechioceras tardecrescens* por el espacio, dirección, tipo, regularidad y fineza de las costillas.

Según Erben, 1956 existen ejemplares con una quilla, mientras que para Blau *et al.* (2003) son tricarinados. Sin embargo, un ejemplar deformado diagenéticamente, permite ver que el borde tricarinado del *venter* (Figura 16).

Echioceratidae BUCKMAN, 1913  
*Paltechioceras* BUCKMAN, 1924  
***Paltechioceras rothpletzi* (BÖSE, 1894)**

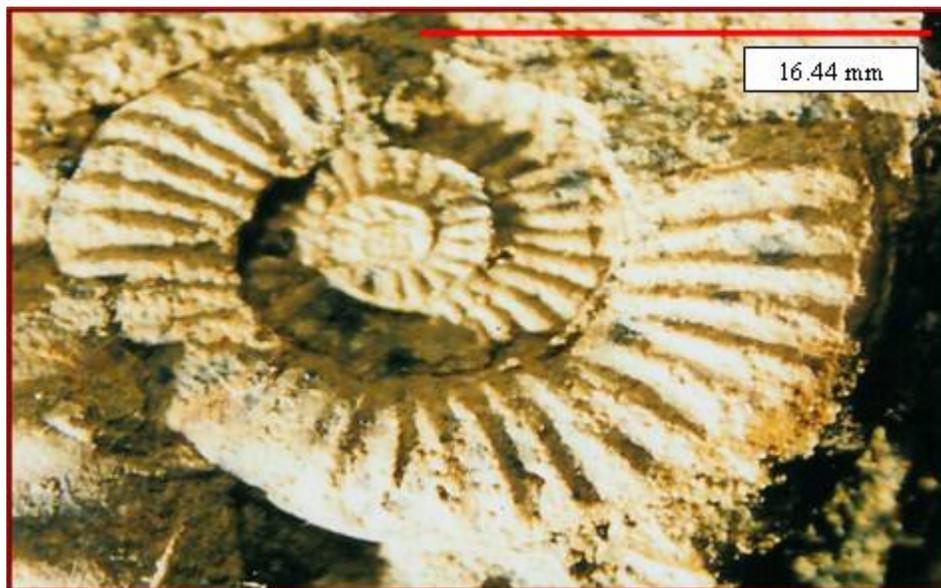


Figura 13. *Paltechioceras rothpletzi*, amonite índice del Sinemuriano Superior.

## Sinonimia

1956. *Vermiceras aff. rothpletzi* (BÖSE). ERBEN.

1994. *Paltechioceras aff. rothpletzi* (BÖSE). DOMMERGUES, FERRETTI Y MEISTER

**Material examinado.** 5 ejemplares provenientes de la localidad muestreada y depositados en el gabinete 1 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-018, pendiente asignar el número de catálogo.

**Diagnosis.** Esta especie es la más esbelta de *Paltechioceras*, se caracteriza por presentar costillas regulares y se diferencia de los otros, por la alta frecuencia de sus costillas, densas y finas. La densidad de las costillas es constante en toda la espira y particularmente en las vueltas internas están cercanas y finas. En todas las etapas de crecimiento las costillas están fuertemente inclinadas hacia delante (prorsirradiadas). La sección de vuelta es rectangular y el venter es tricarinado (Blau *et al.*, 2003).

**Descripción.** Diámetro mayor variable, entre 10.88 y 44.50 mm y diámetro menor entre 9.95 y 25.81 mm (Cuadro 4, Anexo 2). Concha ovoide, evoluta, esbelta con costillas finas, densas, proyectadas y de relieve moderadamente alto. Los 5 ejemplares se encuentran completos y reúnen las características diagnósticas y descriptivas que las determinan, como el de costillas simples regulares y constantes en toda la concha, densas y ligeramente prorsirradiadas, así como de la forma ovoide de la concha (Figuras 16 y 17e).

**Discusión.** En la descripción de Blau *et al.* (2003) no se menciona costillas proyectadas. Comparado a *Paltechioceras tardecrescens* es más involuto debido al rápido incremento en la altura de vuelta. No se observó el *venter* (Figura 16) ni la sección de vuelta.

Echioceratidae BUCKMAN, 1913

*Paltechioceras* BUCKMAN, 1924

***Paltechioceras ? harbledownense*** (CRICKMAY, 1929-1930).



Figura 14. *Paltechioceras ? harbledownense*, amonite índice del Sinemuriano Superior.

### Sinonimia

1929-30. *Melanhippites harbledownense* CRICKMAY.

2001. *Paltechioceras harbledownense* (CRICK-MAY). TAYLOR, GUEX Y RAKUS.

**Material.** 2 ejemplares provenientes de la localidad muestreada y depositados en el gabinete 1 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-018, pendiente de asignar número de catálogo.

**Diagnosis.** Concha discoidal delgada, ombligo amplio y poco profundo. Costillas numerosas simples, fuertes y anchas, espacios intercostales más estrechos que las costillas, estas son ligeramente cóncavas, inclinadas hacia delante de manera variable, las terminaciones

externas se unen a las quillas laterales ganchudas poco pronunciadas. El aumento en la altura de vuelta es moderado, de apertura baja. La quilla es pronunciada, alta y redondeada; acompañada de surcos poco profundos (Erben, 1956).

**Descripción.** Diámetro mayor de 90.69 mm y diámetro menor de 71.03 mm y otro de 103.17mm de diámetro mayor y 73.00 mm de diámetro menor, localizados en el estrato 9 (Cuadro 4, Anexo 2). Amonite de concha discoidal, evoluta, en los flancos se aprecian costillas gruesas, densas, cóncavas e inclinadas hacia delante (prorsirradiadas). La terminación externa llega a la parte ventrolateral, mostrando la superficie lisa. Los ejemplares presentan relieve bajo, espacios intercostales de anchura semejante a las costillas, ligera amplitud de vuelta y de poco aumento (Figura 16 y 17 f).

**Discusión.** Se describe por: el espacio, dirección, regularidad, relieve y anchura de las costillas; concordantes con Erben (1956), en especial por la descripción de las terminaciones externas de las costillas poco pronunciadas y falcadas que llegan la quilla. Para Blau *et al.* (2003) la primera parte de las costillas se inclina hacia atrás y en el borde umbilical son un poco más cóncavas, prorsiradidas y constantes desde la zona umbilical hasta la última vuelta (Figura 16).

#### ***Amonites de afinidad incierta***

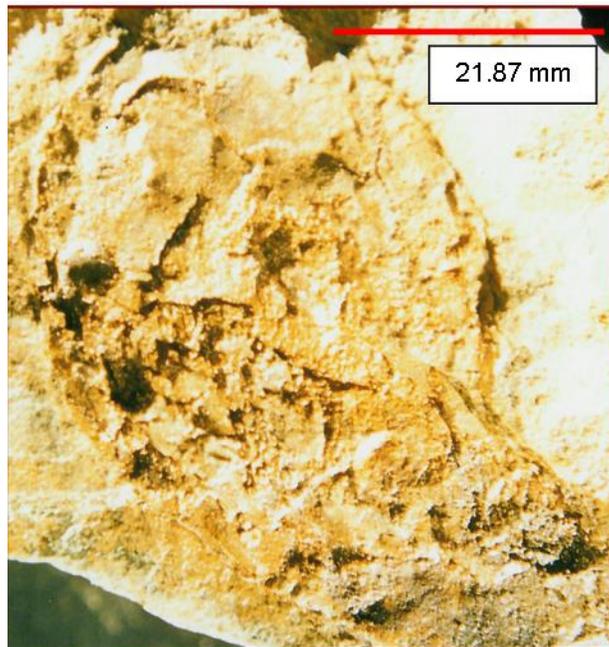


Figura 15. *Phylloceras sp.*, amonite índice del Sinemuriano Superior.

Se colectaron tres ejemplares con diámetros variables (mayor: 28.56, 43.73 y 45.12 mm y menor: 19.74, 24.91 y 26.43 mm) en el estrato 1 y 4 (Cuadro 4, Anexo 2). Se caracterizan por conchas involutas, ovoides cuya protoconcha no tiene vueltas marcadas, por lo es posible que se trate de *Phylloceras sp.*, (SUESS, 1865). Se encuentran deformados diagenéticamente, por lo que, no es posible ver características diagnosticas como: tipo, dirección y forma de costillas así como: quilla, surcos, constricciones y sección de vuelta; además los moldes internos no permiten determinar las líneas de sutura.

## Morfología de amonites

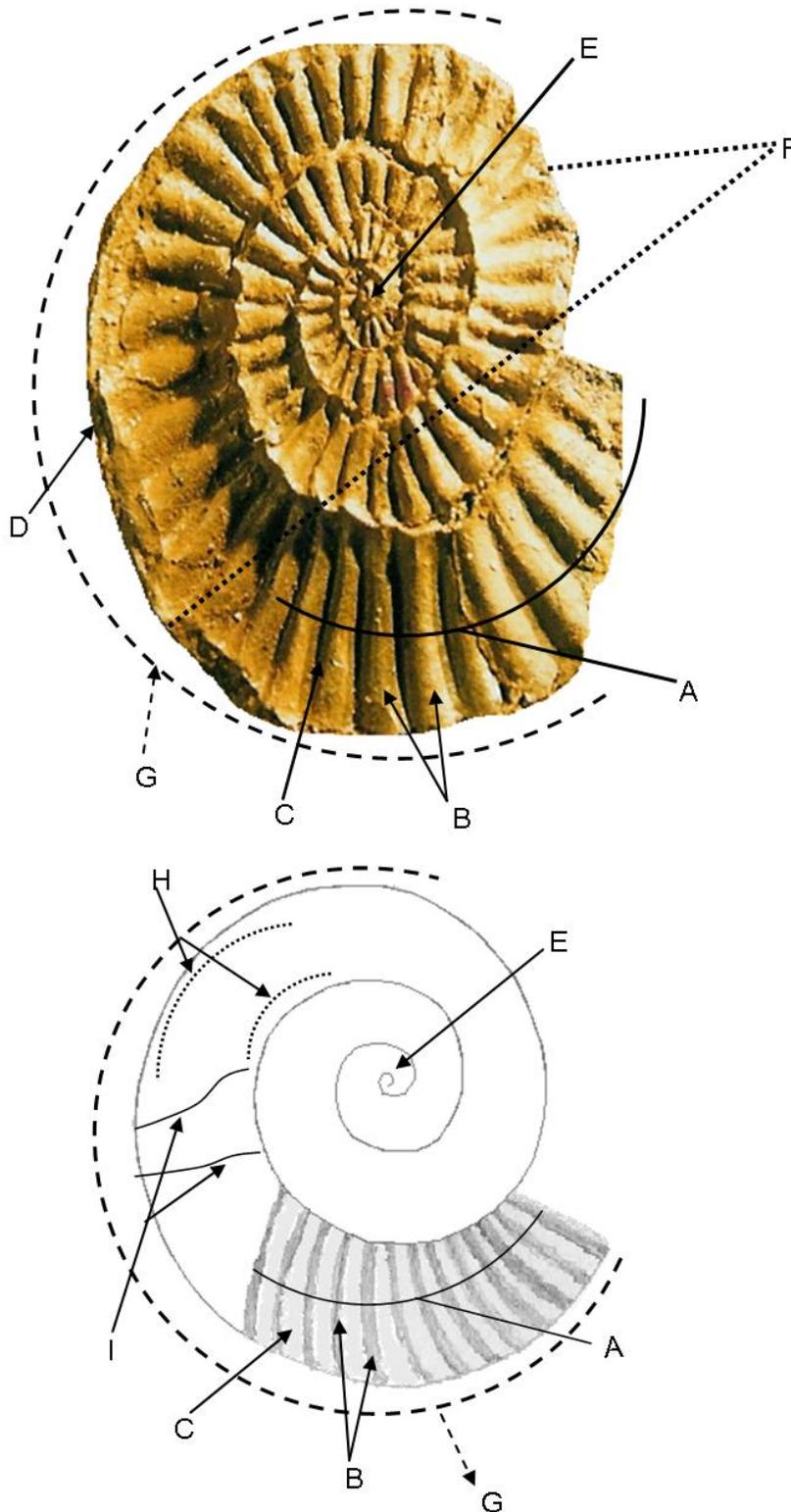


Figura 16. Algunas características morfológicas de los ejemplares de amonites. El ejemplar es *Paltechioceras tardescens* del afloramiento "El Potrero", representante del Sinemuriano Superior.

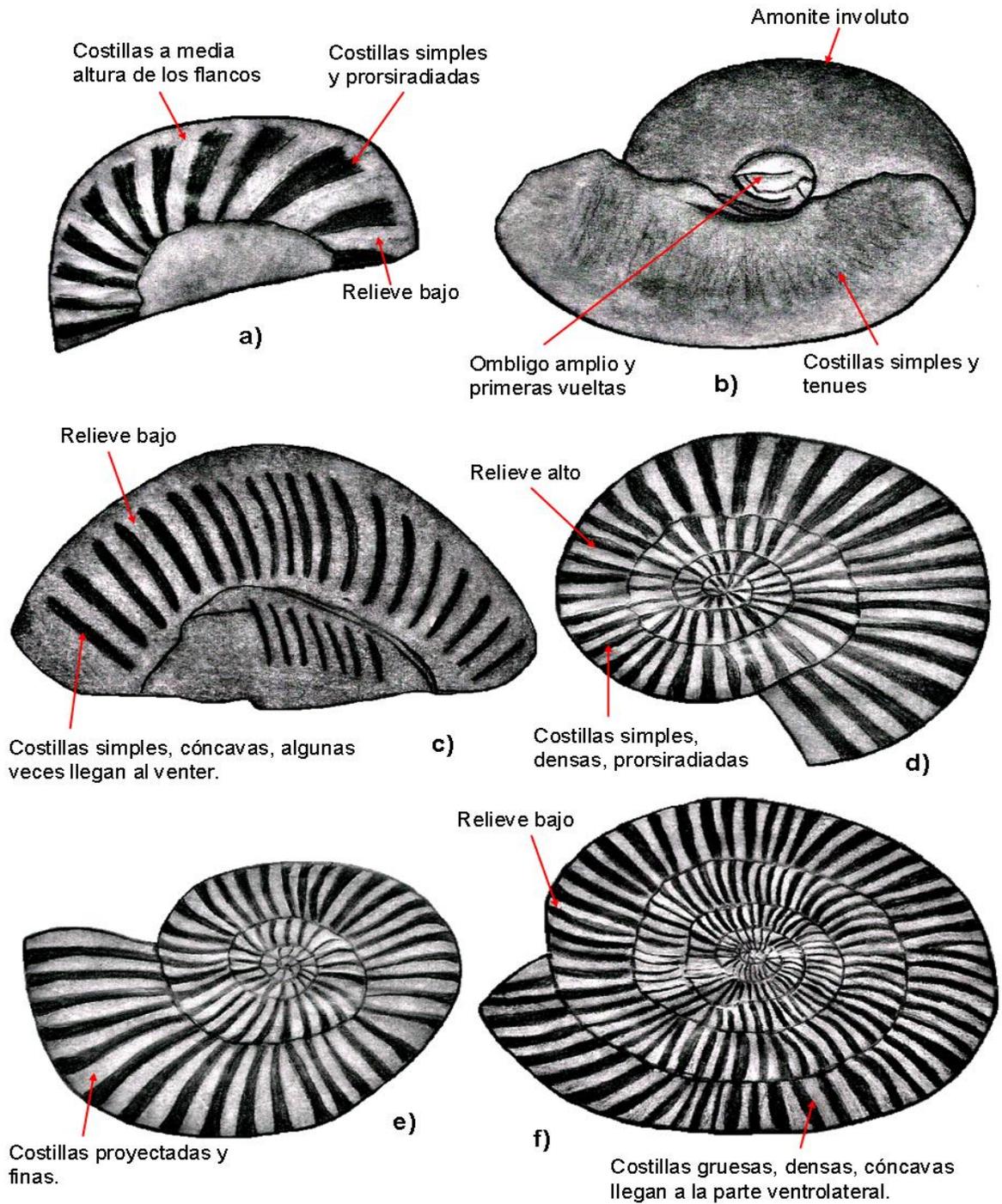


Figura 17. Dibujos de amonites a) *cf. Arnioceras sp.*, b) *Gleviceras sp.*, c) *Plesechioceras cf. cihuacoatl*, d) *Paltechioceras tardecrescens*, e) *P. rothpletzi*, f) *P. ? harbledownense*.

## Analisis paleoecológico.

### *Abundancia relativa*

Para el afloramiento en su conjunto y cada una de los estratos se elaboraron conteos de ejemplares y se presentan medidas que permiten determinarlos. Estos últimos permitieron visualizar la abundancia relativa de cada taxa. En consecuencia, las especies más abundantes del afloramiento son:

- *Paltechioceras tardecrescens* (Figura 12) con 59 ejemplares y porcentaje de 36.20 (Figura 18), cuyo diámetro mayor presenta una media de 38.20 mm y un intervalo de los 8.74 a 78.70 mm. En cuanto al radio mayor tiene una media de 11.58 mm y un intervalo de 5.42 a 50.68.38 mm. Asimismo, la altura de la última vuelta presenta una media de 5.31 mm y un intervalo de 2.70 a 22.52 mm. El número de vueltas tiene un intervalo de 3 a 6 vueltas (Cuadro 4, Anexo 2).

-Posteriormente, bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1) con 45 ejemplares y porcentaje de 28.22 (Figura 18) y 33 ejemplares de amonites no identificadas (Cuadro 4, Anexo 2) con porcentaje de 20.25 (Figura 18) y 6 restos vegetales (Figura 38 B, Anexo 1) con porcentaje de 4.29 (Figura 18), se caracterizan por no presentar las medidas antes mencionadas.

-La siguiente especie más abundante es *Gleviceras sp.* (Figura 10) con 7 ejemplares y porcentaje de 4.29 (Figura 18), cuyo diámetro mayor de concha presenta una media de 49.49 mm y un intervalo que va de 23.20 a 67.31 mm. En cuanto al radio mayor tiene una media de 20.77 mm y un intervalo de 11.25 a los 45.45 mm. Por otra parte la altura de la última vuelta tiene una media de 1.65 mm y un intervalo que va de los 28.41 a 31.18 mm. En cuanto al número de vueltas, presentan un intervalo de 4 a 5 internas, ya que son conchas de tipo involuta (Cuadro 4, Anexo 2).

-Seguido de *Paltechioceras rothpletzi* (Figura 13) con 4 ejemplares y porcentaje de 2.45 (Figura 18), cuyo diámetro mayor tiene una media de 27.07 mm y un intervalo de 10.88 a los 44.50 mm. El radio mayor tiene una media de 15.33 mm y un intervalo que va de los 5.32 a 25.14 mm. La altura de última vuelta presenta una media de 6.99 mm y un intervalo de 2.84 a los 11.58 mm. Y para el número de vueltas, presenta un intervalo 4 a 6 vueltas (Cuadro 4, Anexo 2).

---

- Posteriormente, *Arnioceras sp.* (Figura 9), *Paltechioceras ? harbledownense* (Figura 14) y *Phylloceras sp.* (Figura 15) con 2 ejemplares (Cuadro 4, Anexo 2) y porcentaje de 1.23 (Figura 18).

- Por último, *Plesechioceras cf. cihuacotlae* (Figura 11) con 1 ejemplar (Cuadro 4, Anexo 2) y porcentaje de 0.61 (Figura 18).

#### Estrato 1 (Figura 5)

La especie más abundante para esta capa de roca es *P. tardecrescens* (Figura 12) con 8 ejemplares, cuatro de los cuales se reconocieron por fragmentos, seguido de *Phylloceras sp.* (Figura 15) con 2 ejemplares, un ejemplar de *Arnioceras sp.* (Figura 9), 1 bivalvo (Figura 38 A, Anexo 1), 1 ejemplar no identificado de amonita y 2 restos vegetales (Figura 38 B, Anexo 1) (Cuadro 4, Anexo 2)

#### Estrato 2 (Figura 5)

Está representado por 3 restos vegetales (Figura 38 B, Anexo 1), 2 bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1), 1 *P. tardecrescens* (Figura 12) y un ejemplar no identificado de amonita (Cuadro 4, Anexo 2).

#### Estrato 3 (Figura 5)

Representado por 5 ejemplares no identificados de amonites, 3 bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1) y 1 *P. tardecrescens* (Figura 12) (Cuadro 4, Anexo 2).

#### Estrato 4 (Figura 5)

Tiene una abundancia de 5 bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1), 3 amonites no identificados, *Gleviceras sp.* (Figura 10) con 3 ejemplares, 1 ejemplar de *P. tardecrescens* (Figura 12), 1 *Phylloceras sp.* (Figura 15) y 1 *P. rothpletzi* (Figura 13) (Cuadro 4, Anexo 2).

#### Estrato 5 (Figura 5)

Las especies más abundantes son: 10 ejemplares de *P. tardecrescens* (Figura 12), 7 bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1), 3 no identificados de amonites, seguido de 2 *P. rothpletzi* (Figura 13) y 1 *Gleviceras sp.* (Figura 10) (Cuadro 4, Anexo 2).

#### Estrato 6 (Figura 5)

No se encontraron representantes fósiles (Cuadro 4, Anexo 2).

#### Estrato 7 (Figura 5)

Están presentes 3 bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1) (Cuadro 4, Anexo 2).

#### Estrato 8 (Figura 5)

La especie más abundante es *P. tardecrescens* (Figura 12) con 5 ejemplares, seguido de 5 bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1), 1 *P. rothpletzi* (Figura 13), 1 *Arnioceras sp.* (Figura 9) y 1 *Plesechioceras cf. cihuacoatlae* (Figura 11), 1 *Gleviceras sp.* (Figura 10) y 1 ejemplar no identificado de amonita (Cuadro 4, Anexo 2).

#### Estrato 9 (Figura 5)

Representado por 5 ejemplares no identificados de amonitas, seguido de *P. tardecrescens* (Figura 12) con 3 ejemplares, 2 *P. ? harbledownense* (Figura 14), 1 *P. rothpletzi* (Figura 13), 1 bivalvo (Figura 38 A, Anexo 1) y 1 ejemplar no identificado de amonita (Cuadro 4, Anexo 2).

#### Estrato 10 (Figura 5)

Contiene 14 ejemplares de *P. tardecrescens* (Figura 12), 13 bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1) y 1 resto vegetal (Figura 38 B, Anexo 1) (Cuadro 4, Anexo 2).

## Estrato 11 (Figura 5)

Está constituido por 6 *P. tardecrescens* (Figura 12), 3 ejemplares no identificados, de amonitas, 2 *Gleivceras sp.* (Figura 10) y 1 bivalvo (Figura 38 A, Anexo 1) (Cuadro 4, Anexo 2).

## Estrato 12 (Figura 5)

Se caracteriza por la presencia de 10 ejemplares de *P. tardecrescens* (Figura 12), 11 no identificados de amonitas, 5 bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1) y 1 resto vegetal (Figura 38 B, Anexo 1) (Cuadro 4, Anexo 2).

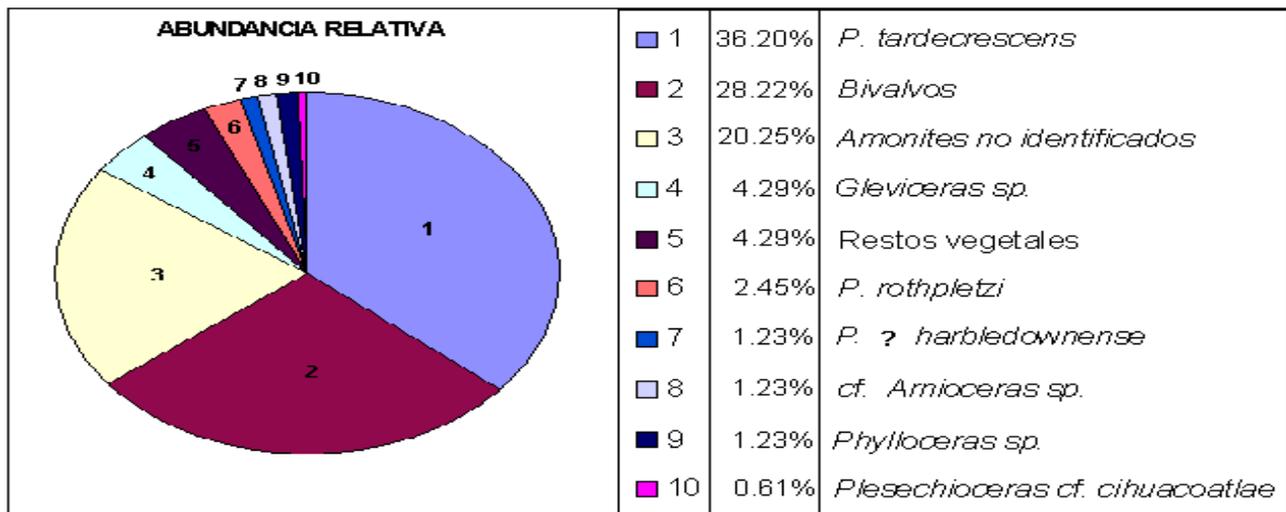


Figura 18. Abundancia relativa de la fauna fósil presente en el afloramiento "El Potrero".

## Estructura de la asociación fósil

### **Espectro taxonómico de hábitat (Sánchez, 1996) con base en la morfología funcional.**

Las gráficas correspondientes a este análisis (Figuras 39-43, Anexo 5) indican individualmente para cada estrato y en conjunto para el afloramiento, que los amonites encontrados habitan un intervalo entre pendiente de talud distal hasta plataforma intermareal con marcada preferencia en plataforma nerítica distal y media (Figura 19).

### **Espectro de valor ponderado de abundancia de Westermann, 1996 (Cuadro 1) con base en la morfología funcional.**

Las gráficas (Figuras 44-48, Anexo 6) de este análisis representan el hábitat de los amonites. Algunas familias son representativas de ambiente de pendiente de talud de distal a proximal, familias con marcada preferencia en plataforma nerítica distal y media y familias de ambientes de plataforma proximal e intermareal (Figura 19).

Cuadro 1. Hábitat representativo de las familias y géneros de amonites. Tomado y modificado de Westermann (1996).

Hábitat de Westermann (1996)									
Familias y Géneros	Ambiente							Hábitat	Profundidad
	O c	A R	D S	O f	O n	O x	P I		
<b>Phylloceratidae</b> ( <i>Phylloceras</i> )	x	X	X	x	-	-	--	N/Ds	65 – 482 m
<b>Arietitidae</b> ( <i>Arnioceras</i> )	-	-	-	o	X	X	o	Ds/N/P	----
<b>Oxynoticeratidae</b> ( <i>Gleviceras</i> )	-	-	-	o	X	x	o	N	----
<b>Echioceratidae</b> ( <i>Plesechioceras</i> , <i>Paltechioceras</i> )	( ?)	-	-	o	X	x	o	P	185 m

Ambiente: **Oc**; Oceánico, **Ar**; Ammonitico-Rosso, **DS**; plataforma distal / pendiente superior, **Off**; lejos de la costa en limos oscuros anóxicos, **On**; cerca de la costa en limos oscuros anóxicos, **Ox**; lutitas oxidadas, **PI**; Plataforma y Talud, **X**; dominante, **x**; abundante, **o**; escaso.

Hábitat: **Ds**; demersal, **N**; Nectónico, **P**; Planctónico. Nota: Intervalo ambiental de cada una de las cuatro familias de amonites que se describieron. El signo (?), significa que no se sabe el ambiente para esa familia

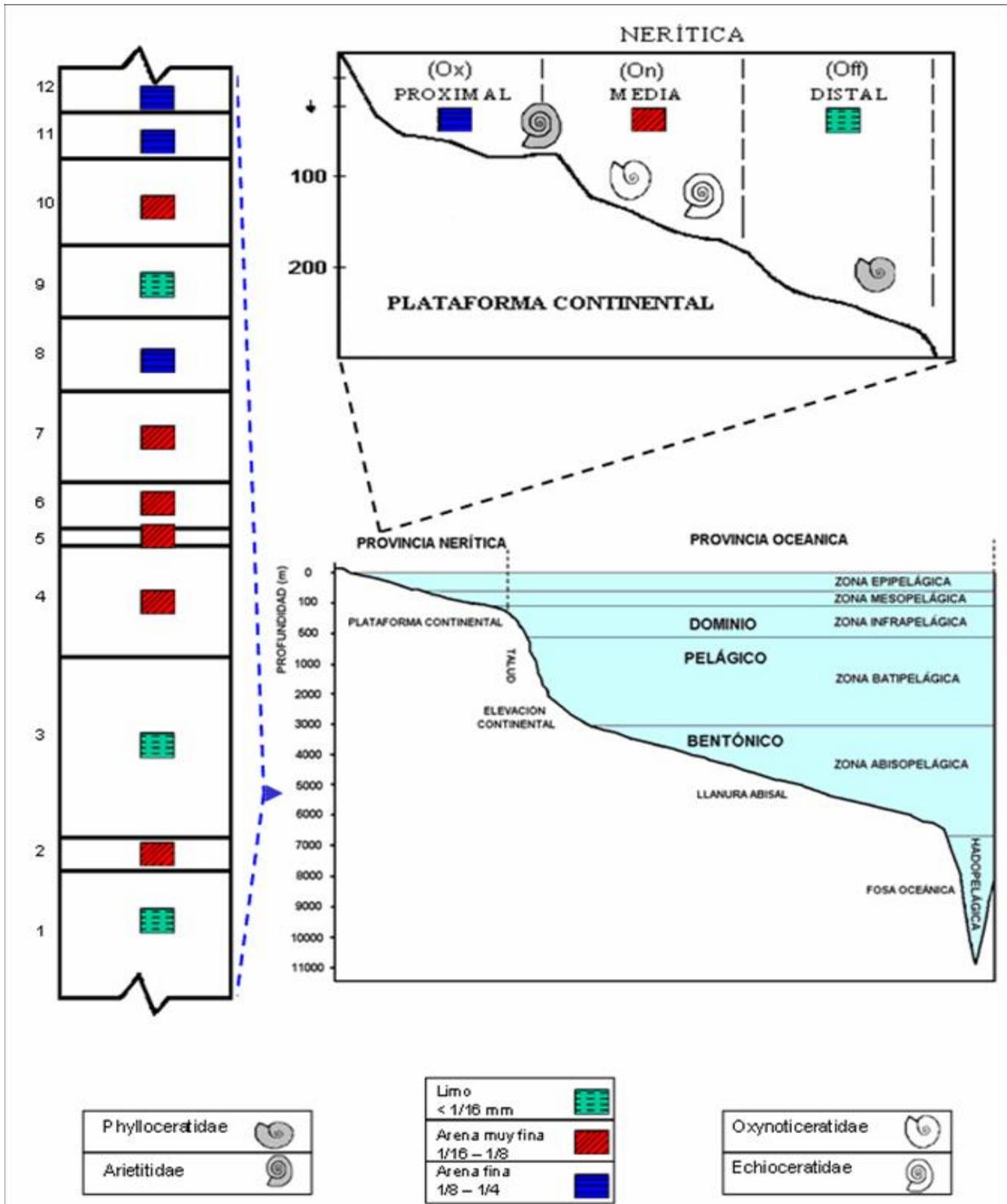


Figura 19. Representación gráfica del espectro de hábitat y el de valor ponderado de Westermann (1996) de las familias de amonites en plataforma continental, con base en fósiles (Taxonomía), hábitat preferente de Westermann (1996), extrapolado a las facies de Wilson (1975), así como el tamaño del grano (Litología)

## **Análisis de tallas**

### ***Las tallas como indicadores de fosilización “In situ / ex situ”.***

La situación común o que prevalece entre los doce estratos es de algún grado de transporte (*ex situ*), aún asumiendo que los amonites, estrictamente hablando, no se pueden fosilizar *in situ*. Son nectónicos o planctónicos, lo cual implica que al morir no sufrieron deposición directa e inmediata, pero flotan y pueden pasar días con el consecuente movimiento horizontal de las corrientes antes de irse al fondo. La implicación de tal fenómeno es que aún fosilizándose en el sitio de la primera caída al sustrato, no pertenecen a este sitio; sin embargo, la ausencia de apícticos y anapícticos (opérculos) decididamente indica que no han caído en primera instancia, donde murieron. Lo que es pertinente a este estudio es conocer si una vez depositados en el sustrato, sin importar su historia previa, han sufrido arrastre sobre el fondo, lo cual se reflejaría en la integridad de las conchas y/o en la selección de diámetros, por lo tanto, lo que se ve de acuerdo a las tallas graficadas (Figuras 49-53, Anexo 8) es:

Para la gráfica del estrato 2 (Figura 50 B, Anexo 8), la distribución de los diámetros indica tendencia a las tallas pequeñas y medias, lo cual según la Figura 20 significa que se han transportado alguna distancia tal, que permitió que las tallas mayores tengan tendencia a segregarse de las menores. La situación es muy semejante en todas las demás gráficas con variantes que parecen deberse más a la carencia de fósiles que a una situación distinta al transporte.

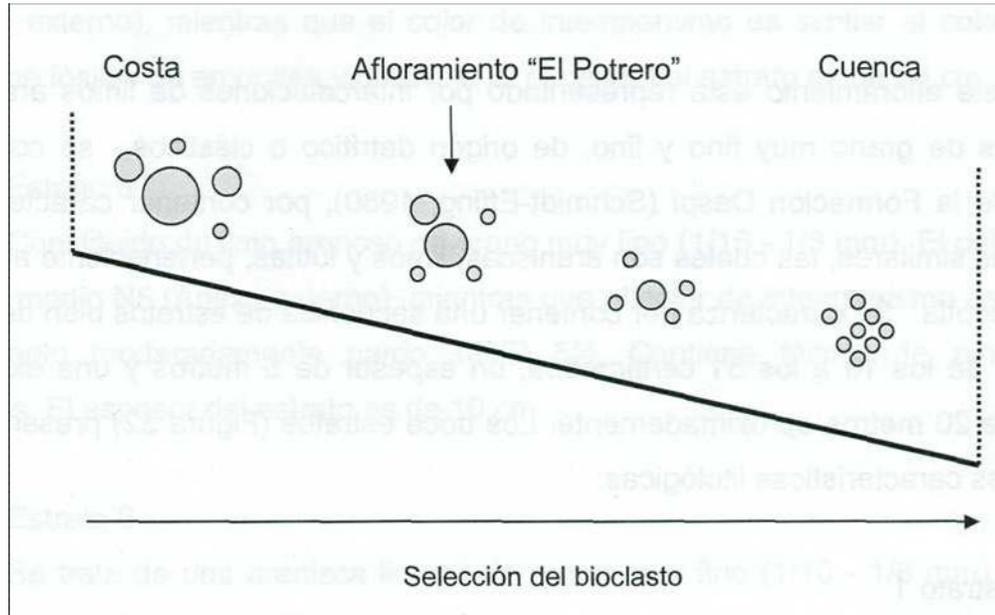


Figura 20. Transporte y selección en un ambiente marino

## **Petrología y petrografía sedimentaria**

### ***Litología megascópica.***

Este afloramiento está representado por intercalaciones de limos arenosos, areniscas de grano muy fino y fino, de origen detrítico o clásticos, se considera dentro de la Formación Despí (Schmidt-Effing, 1980), por contener características litológicas similares, las cuales son areniscas, limos y lutitas, perteneciente al Grupo Huayacocotla. Se caracteriza por contener una secuencia de estratos bien definidos que van de los 10 a los 81 centímetros, un espesor de 5 metros y una extensión lateral de 20 metros aproximadamente. Los doce estratos (Figura 32) presentan las siguientes características litológicas:

#### Estrato 1

Constituido de limolita, de tamaño de grano de  $< 1/16$  mm. El color fresco de la roca es gris medio oscuro N4 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es amarillento pardo 10YR 6/6. Esta capa de roca contiene fósiles de amonites, bivalvos y restos vegetales. El espesor visible es de 65 cm.

#### Estrato 2

Está constituida de limo arenoso de grano muy fino ( $1/16 - 1/8$  mm). El color fresco es amarillo pardo a moderadamente castaño 10YR 5/2 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es amarillo moderadamente pardo 10YR 5/4. Contiene fósiles de amonites, bivalvos y restos vegetales. El espesor del estrato es de 15 cm.

#### Estrato 3

Contiene limolita de grano muy fino ( $< 1/16$  mm). El color fresco de la roca es gris medio oscuro N4 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es amarillento anaranjado pardo 10YR 6/6. Esta capa de roca contiene fósiles de amonites y bivalvos. El espesor del estrato es de 81 cm

#### Estrato 4

Constituido principalmente de arenisca limosa de grano fino (1/16 - 1/8 mm). El color fresco de la roca es amarillo pálido moderadamente anaranjado 10YR 7/6 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es similar al color fresco. Contiene fósiles de amonites y bivalvos. El espesor del estrato es de 58 cm.

#### Estrato 5

Constituido de limo arenoso de grano muy fino (1/16 - 1/8 mm). El color fresco es gris medio N5 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es castaño amarillento moderadamente pardo 10YR 5/4. Contiene fósiles de amonites y bivalvos. El espesor del estrato es de 10 cm.

#### Estrato 6

Se trata de una arenisca limosa de grano muy fino (1/16 - 1/8 mm). El color fresco de la roca es amarillo castaño claro ligeramente anaranjado 10YR 6/4 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es castaño claro ligeramente pálido 5YR 5/4. Esta capa de roca carece fósiles. El espesor del estrato es de 18 cm.

#### Estrato 7

Constituido de arenisca limosa, de tamaño de grano de (1/8 - 1/4 mm). El color fresco de la roca es gris medio oscuro N4 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es amarillento castaño moderadamente pardo 10YR 5/2. Esta capa de roca contiene fósiles de bivalvos. El espesor del estrato es de 42 cm.

#### Estrato 8

Constituido principalmente de arenisca de grano fino (1/8 - 1/4 mm). El color fresco de la roca es amarillento pálido ligeramente anaranjado 10YR 8/6 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es castaño moderado 5YR 4/2. Contiene fósiles de amonites y bivalvos. El espesor del estrato es de 30 cm.

### Estrato 9

Constituida de limolita, de tamaño de grano de  $< 1/16$  mm. El color fresco de la roca es gris medio N5 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es castaño claro 5YR 4/6. Esta capa de roca contiene fósiles de amonites y bivalvos. El espesor del estrato es de 34 cm.

### Estrato 10

Constituido de arenisca limosa de grano muy fino ( $1/16 - 1/8$  mm). El color fresco es anaranjado 10YR 7/4 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es moderadamente castaño 5YR 4/4. Contiene fósiles de amonites, bivalvos y restos vegetales. El espesor del estrato es de 46 cm.

### Estrato 11

Consta de arenisca de grano muy fino ( $1/8 - 1/4$  mm). El color fresco es amarillo moderadamente castaño 10YR 5/4 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es amarillento pardo moderadamente castaño 10YR 5/6. Contiene fósiles de amonites y bivalvos. El espesor del estrato es de 26 cm.

### Estrato 12

Se trata de una arenisca de grano muy fino ( $1/8 - 1/4$  mm). El color fresco de la roca es amarillo ligeramente anaranjado 10YR 6/6 (Anexo externo), mientras que el color de intemperismo es amarillento pardo moderadamente castaño 10YR 5/2. Contiene fósiles de amonites, bivalvos y restos vegetales. El espesor del estrato es indeterminado.

## ***Estructuras sedimentarias***

Estructuras sedimentarias primarias, por que se originan al mismo tiempo en le que se depositó el sedimento, se considera una sedimentación de tipo "ripple", en el que se encuentran alternancias de capas de limos y otras de arcilla (Corrales *et al.*, 1977). Los doce estratos (Figura 32) presentan las siguientes estructuras:

El estrato 1 representa estructuras de tipo "Flaser-Wavy", en el que existen periodos de quietud y baja energía de transporte de los sedimentos, está representada por limos, mientras que los periodos de corriente y alta energía de transporte están representados por las areniscas, produciendo ondulaciones al momento de la sedimentación (Figura 21 a).

El estrato 2 similar a la capa 1 representa estructuras de tipo "Flaser-Wavy".

El estrato 3 similar a la capa 1, pero con mayor presencia de periodos de corriente, alta energía de transporte, debido a las areniscas intercaladas (Figura 21 c).

El estrato 4 representa una estructura de tipo lenticular de areniscas e intercalación de limos, representando mayores periodos de corriente, alta energía de transporte y recurrentes periodos de quietud (Figura 21 d).

El estrato 5 es similar a la capa 3 con estructuras de tipo "Flaser-Wavy", pero más pronunciadas las intercalaciones de areniscas (Figura 21 e).

El estrato 6 presenta estructuras de tipo lenticular aislado, en el que existe mayor presencia de limos e intercalación de areniscas, representando mayor periodo de quietud, baja energía de transporte y ocasionales periodos de corrientes (Figura 21 f).

El estrato 7 presenta estructura laminar paralela con mayor presencia de areniscas e intercalaciones menores de limos, indicando mayores periodos de quietud y baja energía de transporte de los sedimentos (Figura 21 g).

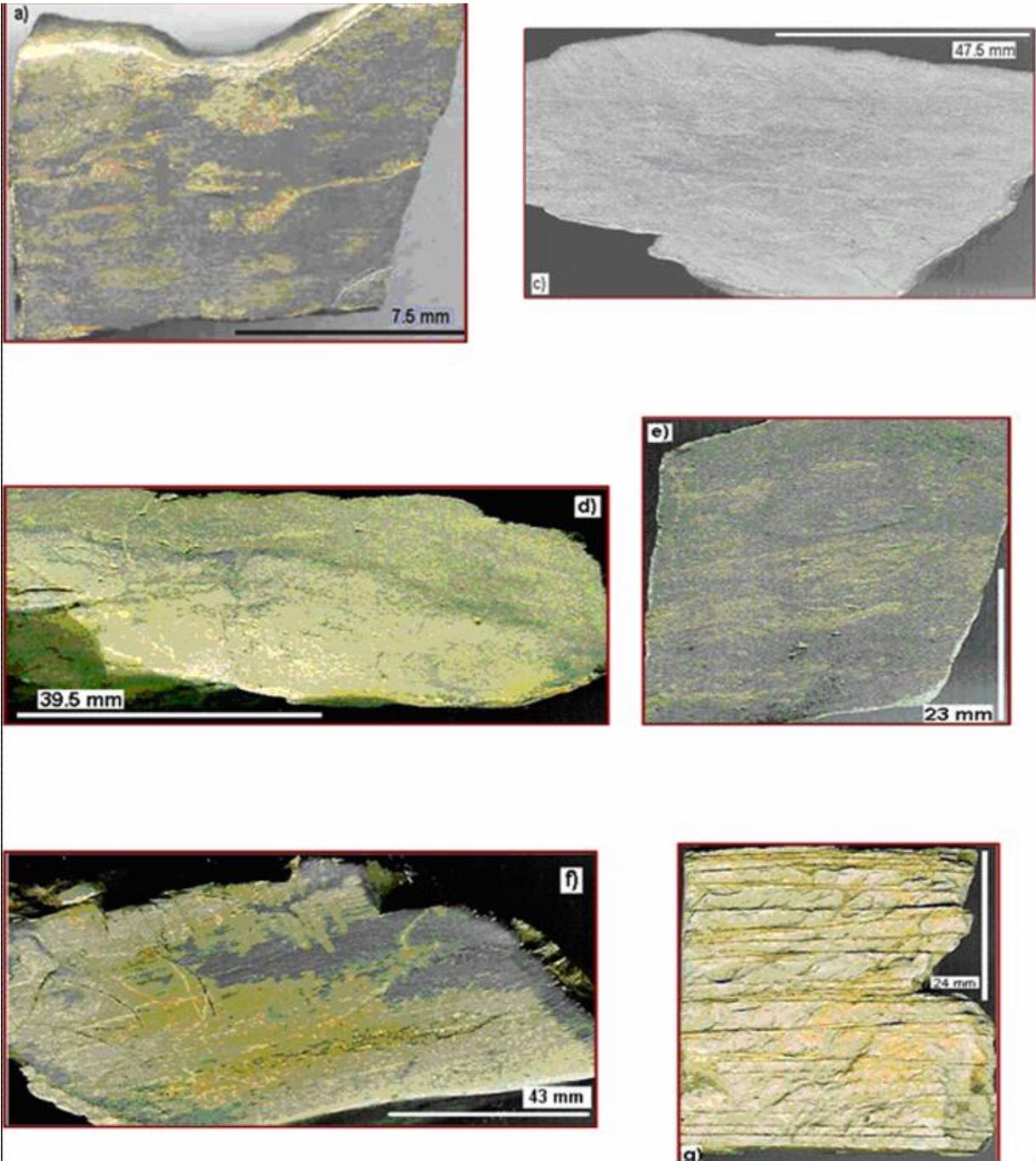
El estrato 8 presenta estructuras de tipo lenticular de areniscas, indicando periodos de corriente y alta energía de transporte de los sedimentos, además presenta pequeñas intercalaciones de limos.

El estrato 9 es similar a la capa 4 presenta estructura lenticular de areniscas e intercalación de limos, indicando periodos de corriente y alta energía de transporte y periodos menores de quietud de los sedimentos (Figura 22 i).

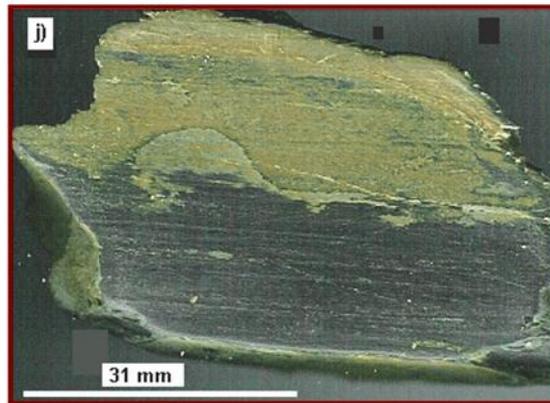
El estrato 10 presenta limos y areniscas en una proporción similar indicando periodos de corriente y quietud, así como de baja y alta energía de transporte de los sedimentos al momento de la sedimentación (Figura 22 j).

El estrato 11 contiene estructuras de tipo "Wavy", ondulaciones de areniscas e intercalación de limos, implicando periodos de corrientes fuertes y alta energía transporte de ambos tipos de sedimento (Figura 22 k).

El estrato 12 es similar a la capa 6 por presentar estructura de tipo lenticular aislado.



Figuras 21. Estructuras sedimentarias. a) Tipo "Flaser-Wavy", correspondiente al estrato 1 (Figura 32). c) Tipo "Flaser-Wavy", correspondiente al estrato 3 (Figura 32). d) Tipo lenticular con intercalación de limos, correspondiente al estrato 4 (Figura 32). e) Tipo "Flaser-Wavy", correspondiente al estrato 5 (Figura 32). f) Tipo lenticular con intercalación de areniscas, correspondiente al estrato 6 (Figura 32). g) Tipo laminar paralela, intercalación de arenas en limos, correspondiente al estrato 7 (Figura 32). Nota: La estructura correspondiente al estrato 2 tiene similitud con la figura c) en cuanto al tipo de estructura.



Figuras 22. Estructuras sedimentarias. i) Tipo lenticular con intercalación de limos, correspondiente al estrato 9 (Figura 33). j) Intercalación limo/arenosa, correspondiente al estrato 10 (Figura 23). k) Ondulaciones “Wavy” de arenas con intercalaciones de limos, correspondiente al estrato 11 (Figura 23). Nota: La estructura correspondiente al estrato 8 tiene similitud con la Figura 21 d.

### Descripción petrográfica

El estrato 1 es limo arenoso (Figura 23), que consta de 30 a 40% de cuarzo, 15 a 20% de feldespato, 1% moscovita y el restante de matriz limo-arcillosa, con ausencia de granos líticos y microbioclastos. Presenta clastos con fracturas concoides desde muy angulosos y subangulosos a redondeados, bien seleccionados con tendencia horizontal de acomodo en el plano de estratificación y no existe contacto entre ellos. Feldespato reemplazado por arcilla debido al avanzado intemperismo. El cemento es de arcilla limosa hematizada (Cuadro 27, Anexo 9).

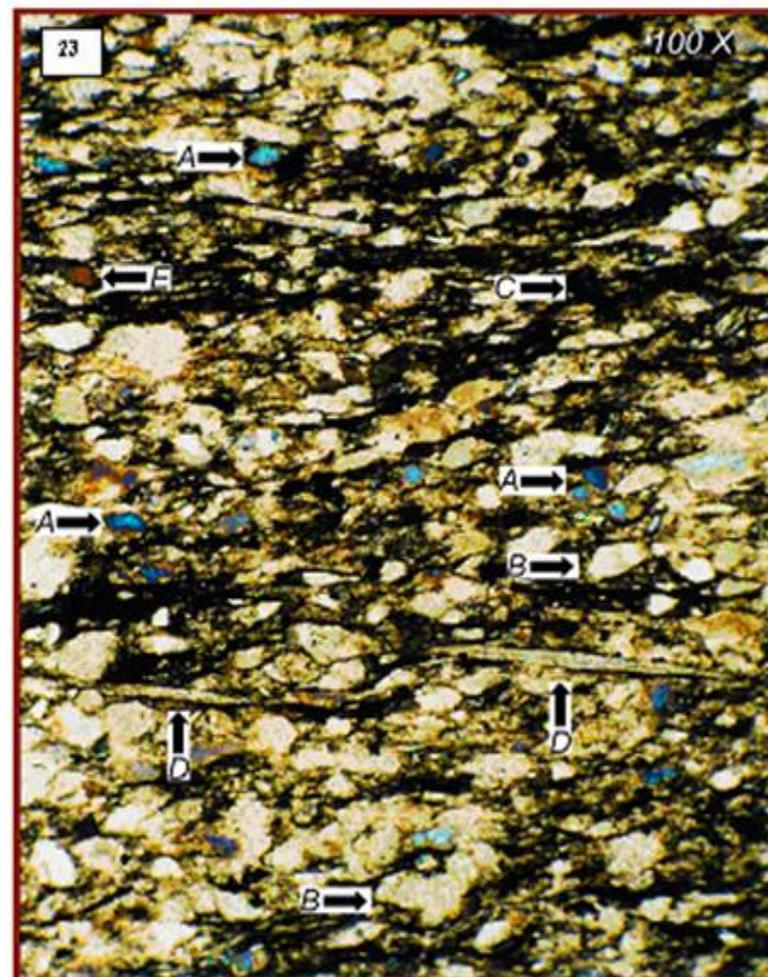


Figura 23. Fotografía de lámina delgada de 30 micras (100X), correspondiente al estrato 1 de la columna estratigráfica (Figura 32). (A) granos de feldespato, (B) granos de cuarzo, (C) matriz limo-arcillosa, (D) cristales de mica, (E) posible hematita.

El estrato 2 es limolita (Figura 24) compuesta de 25% de cuarzo, 25% feldespato, 1% moscovita y 1% de microbioclastos. Presenta granos de feldespato desde subesféricos redondeados a subredondeados, cristales de cuarzos angulosos a muy angulosos y tal vez angulosos y subesféricos. En cuanto al reemplazamiento presenta limos y arcillas. Sin porosidad (Cuadro 27, Anexo 9).

El estrato 3, es limo arenoso muy similar al estrato 1 (Cuadro 27, Anexo 9).

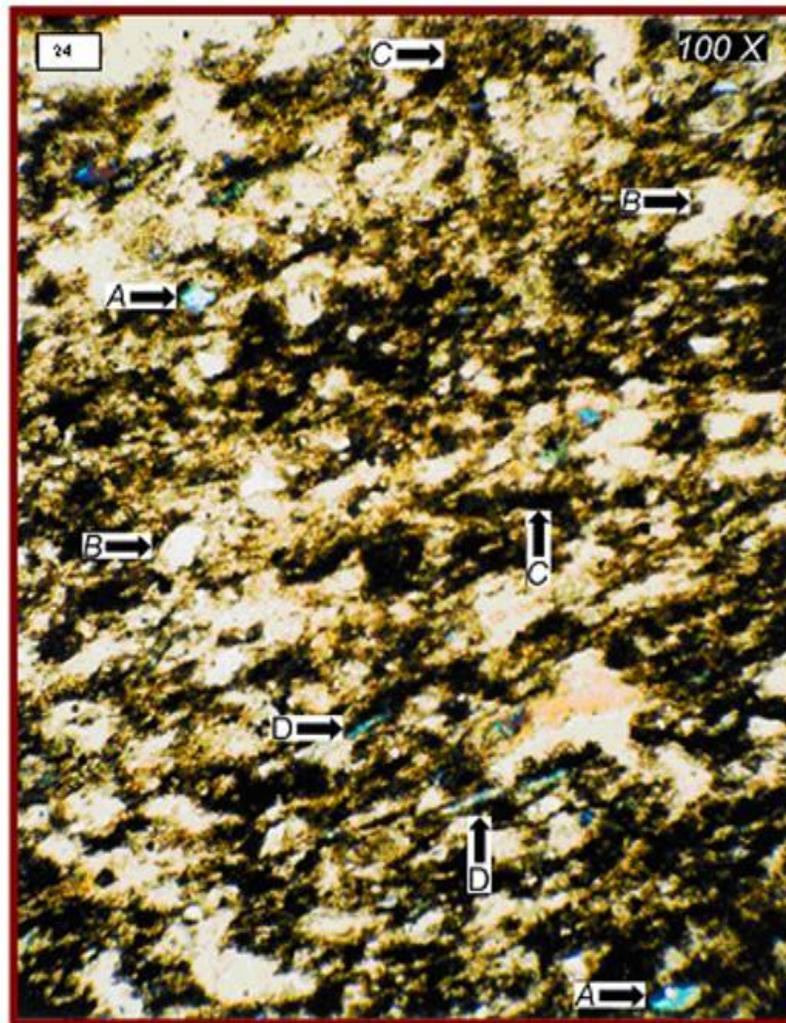


Figura 24. Fotografía de lámina delgada de 30 micras (100X), correspondiente al estrato 2 de la columna estratigráfica (Figura 32). (A) granos de feldespato, (B) granos de cuarzo, (C) matriz limo-arcillosa, (D) cristales de mica.

El estrato 4 es una arenisca limosa (Figura 25) que se compone de 10 a 15% de cuarzo, 15 a 20% de feldespato, 1 a 2% de moscovita y vestigios de granos líticos, clorita, sin microbioclastos. Presenta cristales de cuarzos y feldespatos de muy angulosos a subesféricos y de subesféricos a casi laminares, bien seleccionados. No existe contacto entre ellos, acomodados al azar, orientación preferencial conforme el plano de estratificación, hay reemplazamiento de feldespato por arcilla. Compactación y porosidad ausentes (Cuadro 27, Anexo 9).

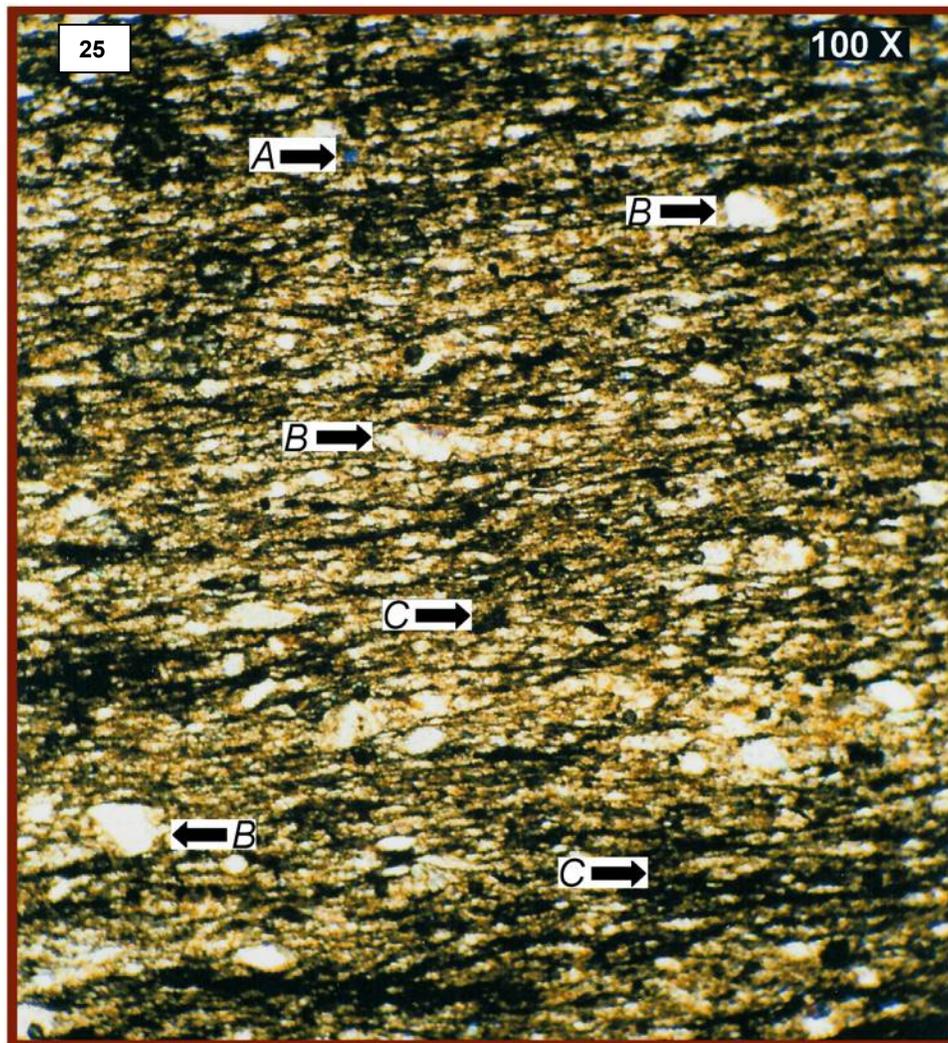


Figura 25. Fotografía de lámina delgada de 30 micras (100X), correspondiente al estrato 4 de la columna estratigráfica (Figura 32). (A) granos de feldespato, (B) granos de cuarzo, (C) matriz limo-arcillosa.

El estrato 5 es arenisca feldespática (Figura 26), que presenta 50% de feldespato, 10% de cuarzo, 3 a 5 % de granos líticos y moscovita, sin microbioclastos y 40% de limos arcillosos. Clastos angulosos a subredondeados y de laminares a subesféricos, moderadamente seleccionados con acomodo caótico y 5% de tendencia horizontal de acomodo del grano en el plano de estratificación. Cemento de limo y arcilla hematizada, granos en contacto suturado, reemplazamiento de feldespatos intemperizados por arcilla (Cuadro 27, Anexo 9).

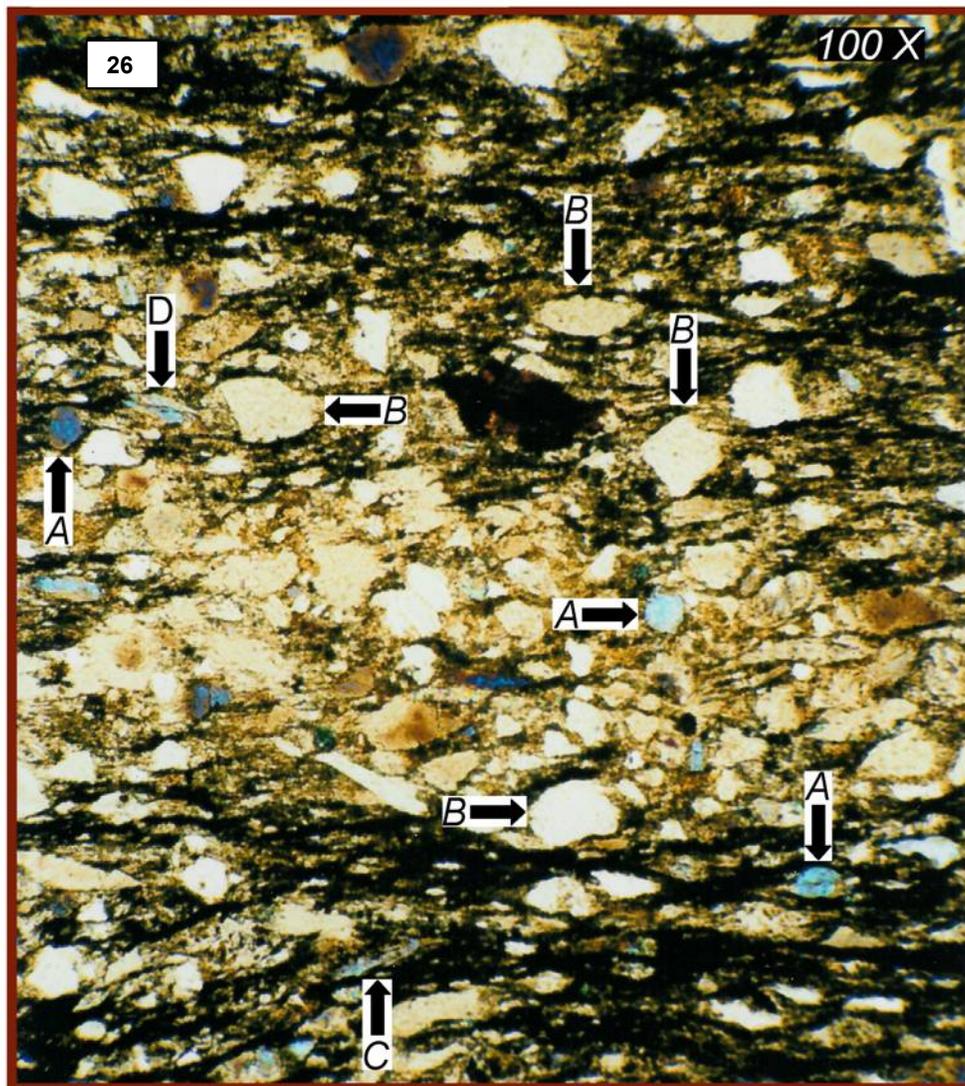


Figura 26. Fotografía de lámina delgada de 30 micras (100X), correspondiente al estrato 5 de la columna estratigráfica (Figura 32). (A) granos de feldespato, (B) granos de cuarzo, (C) matriz limo-arcillosa, (D) cristales de micas.

El estrato 6 es una arenisca limosa (Figura 27) con 50% de feldespato, cuarzo 5 a 10%, moscovita 5% sin presencia de microbioclastos ni granos líticos, 40% de limos arcillosos hematizados.

Presenta clastos subesféricos a sublaminares, angulosos a subangulosos subredondeados, bien seleccionados, acomodo caótico y ligera orientación preferencial de acomodo de los clastos en el plano de estratificación. El cemento es de arcilla hematizada, ausencia de compactación y porosidad (Cuadro 27, Anexo 9).

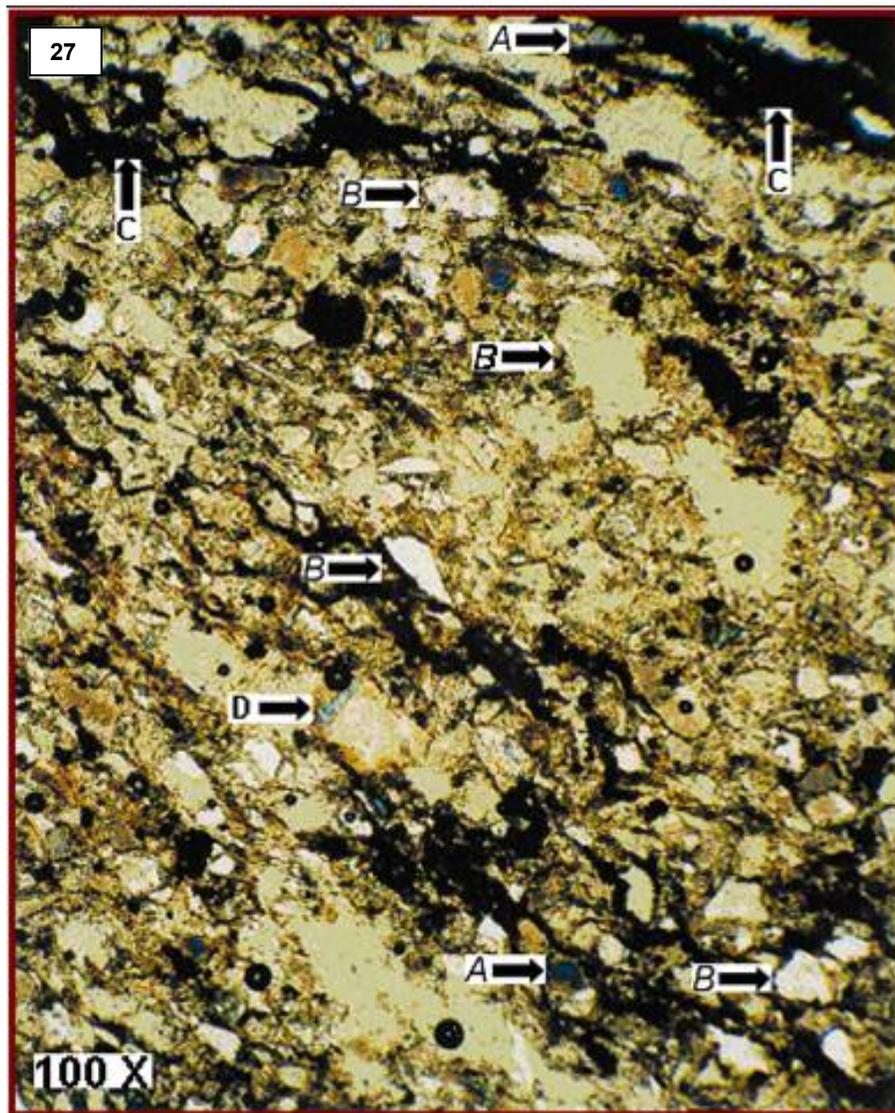


Figura 27. Fotografía de lámina delgada de 30 micras (100X). Fotografía correspondiente al estrato 6 de la columna estratigráfica (Figura 32). (A) granos de feldespato. (B) granos de cuarzo, (C) matriz limo-arcillosa, (D) posible mica.

El estrato 7 es arenisca limosa (Figura 28) con 10% de cuarzo, 30 a 40% de feldespato, menos de 1% de granos líticos y 1 a 2% de moscovita, sin microbioclastos, matriz limo arcillosa hematizada. Presenta clastos desde muy angulosos a redondeados, la esfericidad va desde laminar a subesférica, están moderadamente seleccionados, acomodo caótico y sin orientación del grano. El cemento es de arcilla hematizada, el reemplazamiento de feldespato por arcilla, compactación por contacto suturado y sin porosidad (Cuadro 27, Anexo 9).

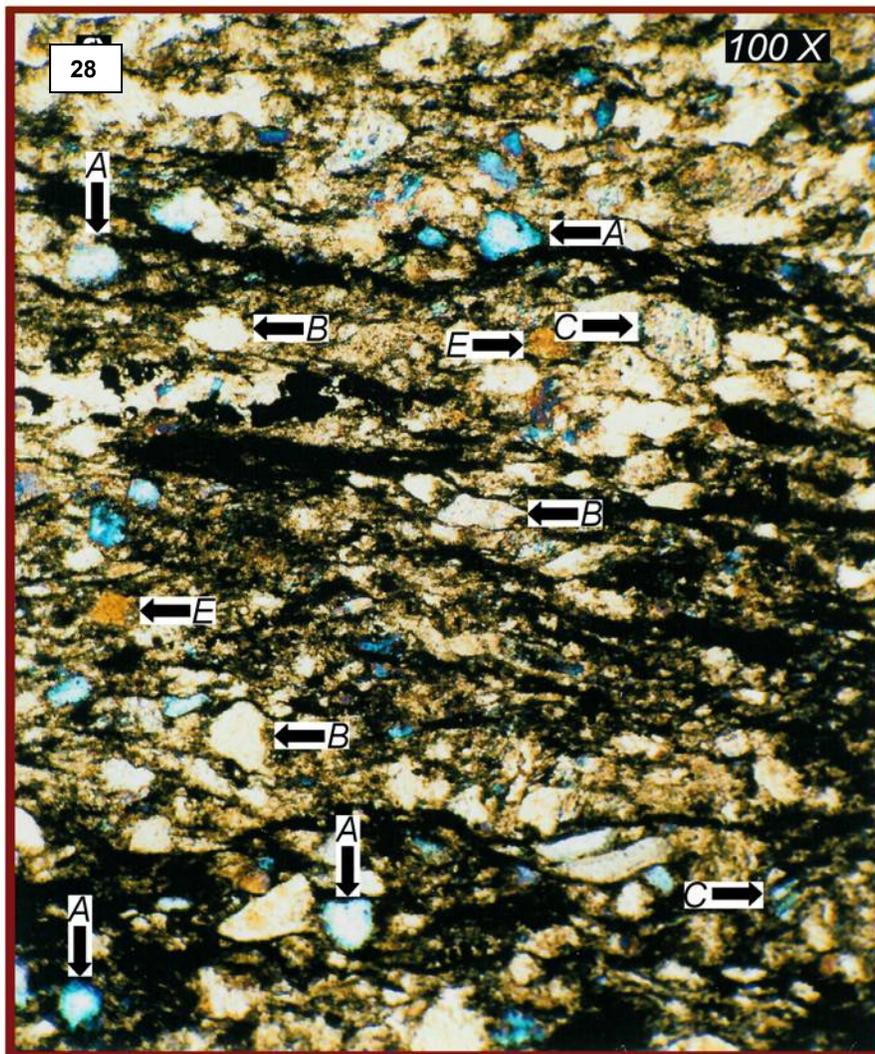


Figura 28. Fotografía de lámina delgada de 30 micras (100X). Fotografía correspondiente al estrato 7 de la columna estratigráfica (Figura 32). (A) granos de feldespato, (B) granos de cuarzo, (C) matriz limo-arcillosa, (E) posible hematita.

El estrato 8 es una arenisca limosa (Figura 29) contiene 60% de cuarzo, 40% feldespato, 1% y 30% de moscovita en forma de hojuela, matriz limo arcillosa, sin microbioclastos. Presenta cristales de cuarzos y feldespatos muy angulosos a redondeados, clastos desde muy esféricos a tabulares, bien seleccionados, sin contacto entre los granos, salvo el 1 o 2% de tipo cóncavo / convexo, acomodo caótico al azar. Cemento de limo arcillosa hematizada, compactación por contacto de arena (Cuadro 27, Anexo 9).

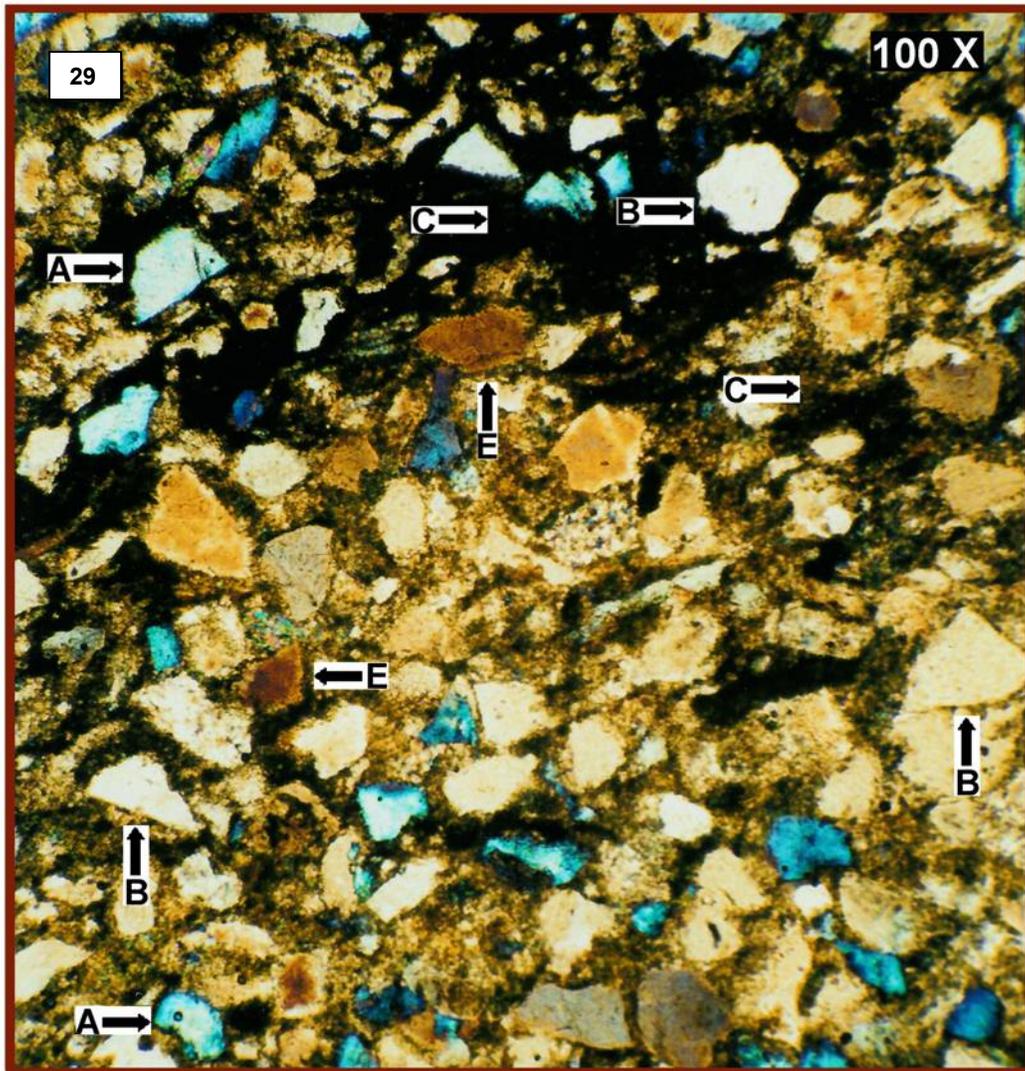


Figura 29. Fotografía de lámina delgada de 30 micras (100X). Fotografía correspondiente al estrato 8 de la columna estratigráfica (Figura 32). A) granos de feldespato, (B) granos de cuarzo, (C) matriz limo-arcilloso, E) posible hematita.

El estrato 9 se trata de una limolita lutítica seritizada (Figura 30) presenta 15 a 20% de feldespato, cuarzo 5%, mica 0.5 % y 80% de matriz limo hematizada, no presenta granos líticos ni microbioclastos. Clastos subangulosos a subredondeados, de laminares a subesféricos, bien seleccionados, empacamiento de lentes irregulares de arcilla hematizada, no hay orientación preferencial de los clastos en el plano de estratificación. Cemento limo arcillosa hematizada y vestigios de arenas, compactación y porosidad ausentes (Cuadro 27, Anexo 9).

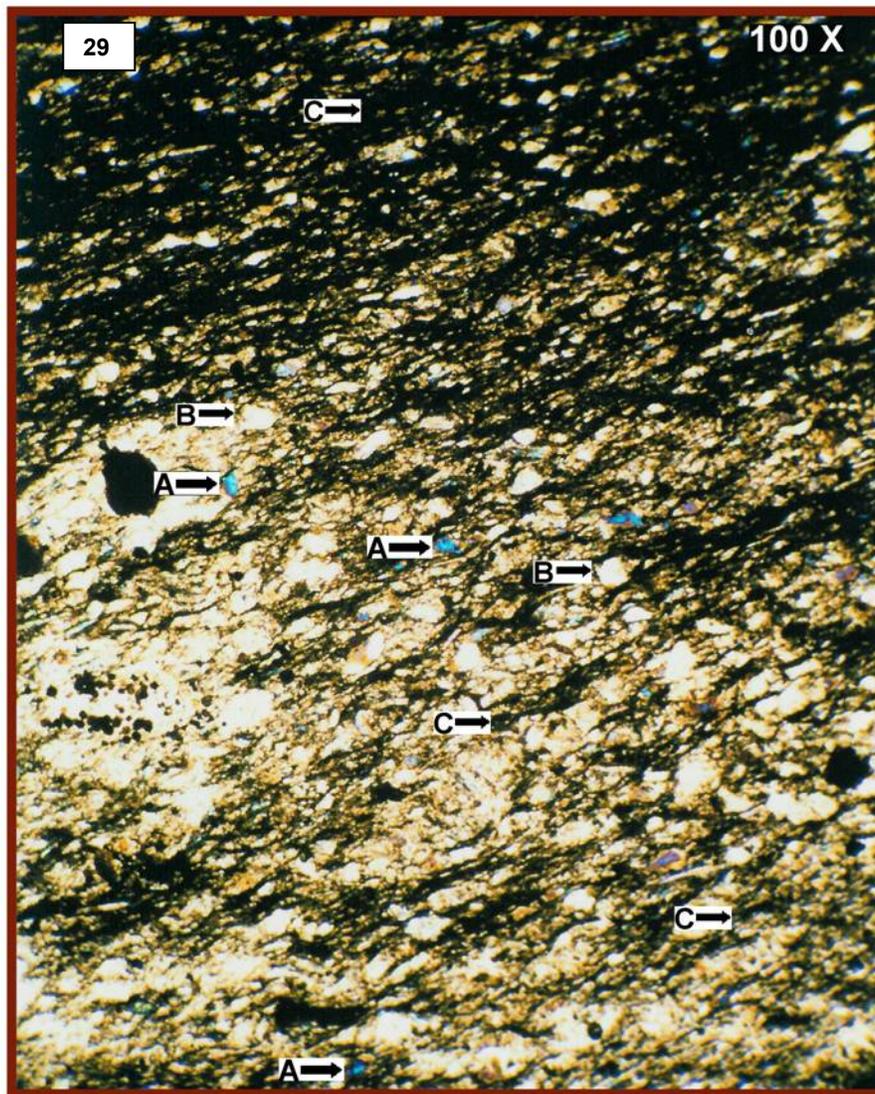


Figura 30. Fotografía de lámina delgada de 30 micras (100X). Fotografía correspondiente al estrato 9 de la columna estratigráfica (Figura 32). A) granos de feldespato, (B) granos de cuarzo, (C) matriz limo arcillosa.

El estrato 10 es una limolita 50% arenosa 50% (Figura 31) que contiene 5% de cuarzo, 20 a 25% de feldespato y 5 a 10% de mica, una matriz de 50% de limo y 10% de arcilla, no presenta granos líticos ni microbioclastos. Presenta clastos angulosos a subredondeados, de subesféricos a muy laminares, moderadamente seleccionados, acomodo caótico y sin orientación preferencial de los clastos en el plano de estratificación. Cemento de arcilla hematizada, compactación y porosidad ausentes (Cuadro 27, Anexo 9).

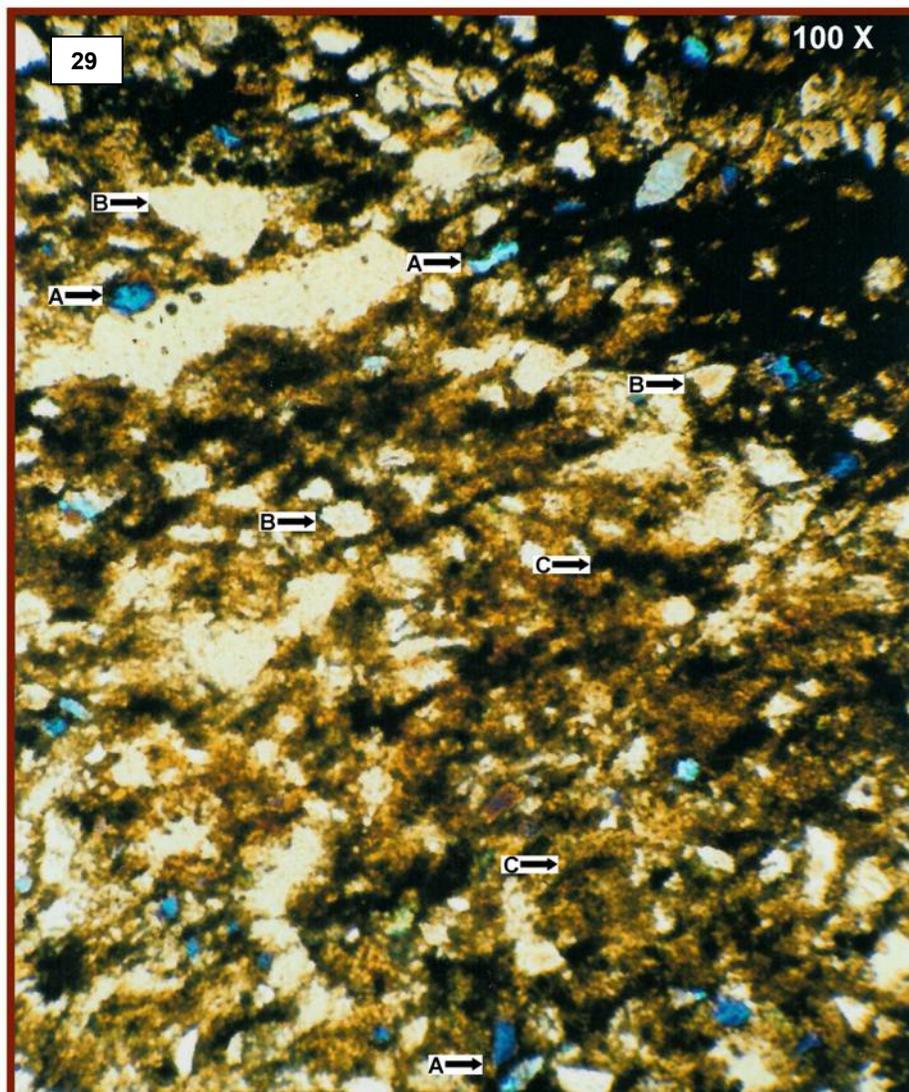


Figura 31. Fotografía de lámina delgada de 30 micras (100 X), correspondiente al estrato 10 de la columna estratigráfica (Figura 32). A) granos de feldespato, (B) granos de cuarzo, (C) matriz limo-arcillosa.

El estrato 11 y 12 litológicamente son similares al estrato 5, 6 y 7 (Cuadro 27, Anexo 9).

En general se realiza la descripción de láminas delgadas con respecto al porcentaje de granos en cada una de ellas (Cuadro 27, Anexo 9).

En las columnas del porcentaje de grano, se observa que la concentración de cuarzo presente varía de 5 a 60%, mientras que para los granos de feldespatos varía de 15 a 50%.

En la mayoría de las láminas delgadas, se puede apreciar la ausencia de granos líticos, a excepción de las láminas 4, 5, 7 y 11, que presentan concentraciones menores al 5%.

En cuanto a los cristales de moscovita en las láminas delgadas 1, 2, 3, 4, 7, 8 y 9 se encuentran presentes concentraciones menores al 2%. Para las demás láminas se aprecian por arriba de 3%.

En su mayor parte no existen microbioclastos a excepción de la lámina delgada 2 con 1% muy pequeños.

La matriz presente en la mayoría de las láminas delgadas, es de limo arcilloso hematizada en concentraciones que varían de 30 a 80%, a excepción de la lámina cuatro que presenta una matriz limo cloritizada.

En las columnas de textura del grano (Cuadro 27, Anexo 9), se presentan clastos de redondeo heterogéneo, los cuales van desde muy angulosos, redondeados y subesféricos a subredondeados, sublaminares y laminares. La esfericidad también es bastante heterogénea, al presentar granos que van desde muy angulosos, laminares, esféricos, subesféricos a angulosos, subangulosos, subredondeados, tabulares y muy laminares. Clastos bien seleccionados en la mayoría de las láminas delgadas a excepción de las láminas 5, 7, 10 y 11 que están moderadamente seleccionados.

En cuanto al empacamiento presenta acomodo caótico y no existe contacto entre los clastos presentes a excepción de la lámina 8 que presenta de 1 a 2% de contacto de tipo cóncavo-convexo, la lámina 9 que presenta lentes irregulares de arcilla hematizada y las

láminas 5 y 11 un 5% con tendencia horizontal de acomodo del grano en el plano de estratificación. La orientación del grano, se aprecia una tendencia horizontal de acomodo conforme el plano de estratificación en su mayor parte, luego le sigue una orientación caótica al azar, seguido de presencia y ausencia de orientación preferencial del clasto en el plano de estratificación.

El tipo de cemento presente para la mayoría de las láminas delgadas es de limos y arcillas hematizadas. El reemplazamiento tiene una tendencia a originar arcillas a partir de feldespatos. La compactación está ausente en la mayoría de las láminas, aunque en la lámina 1 es debido a los cristales de mica, en las láminas 5, 7 y 11 por granos en contacto saturado y en la lámina 8 por contactos de arenas.

La porosidad está ausente en casi todas las láminas delgadas, excepto en la 1 y 3, que presentan fracturas ortogonales. El tipo de arenisca en la mayoría de las láminas delgadas, es una secuencia de arenas y limos con proporciones diferentes. Por último, el tipo de ambiente es marino, de plataforma abierta, somero, que va de baja y media energía. En el caso de la lámina 2 y 8, el ambiente es submareal por arriba del máximo oleaje de tormenta y la lámina 4 es submareal con lluvia de clastos suspendidos en el agua, provenientes del oleaje.

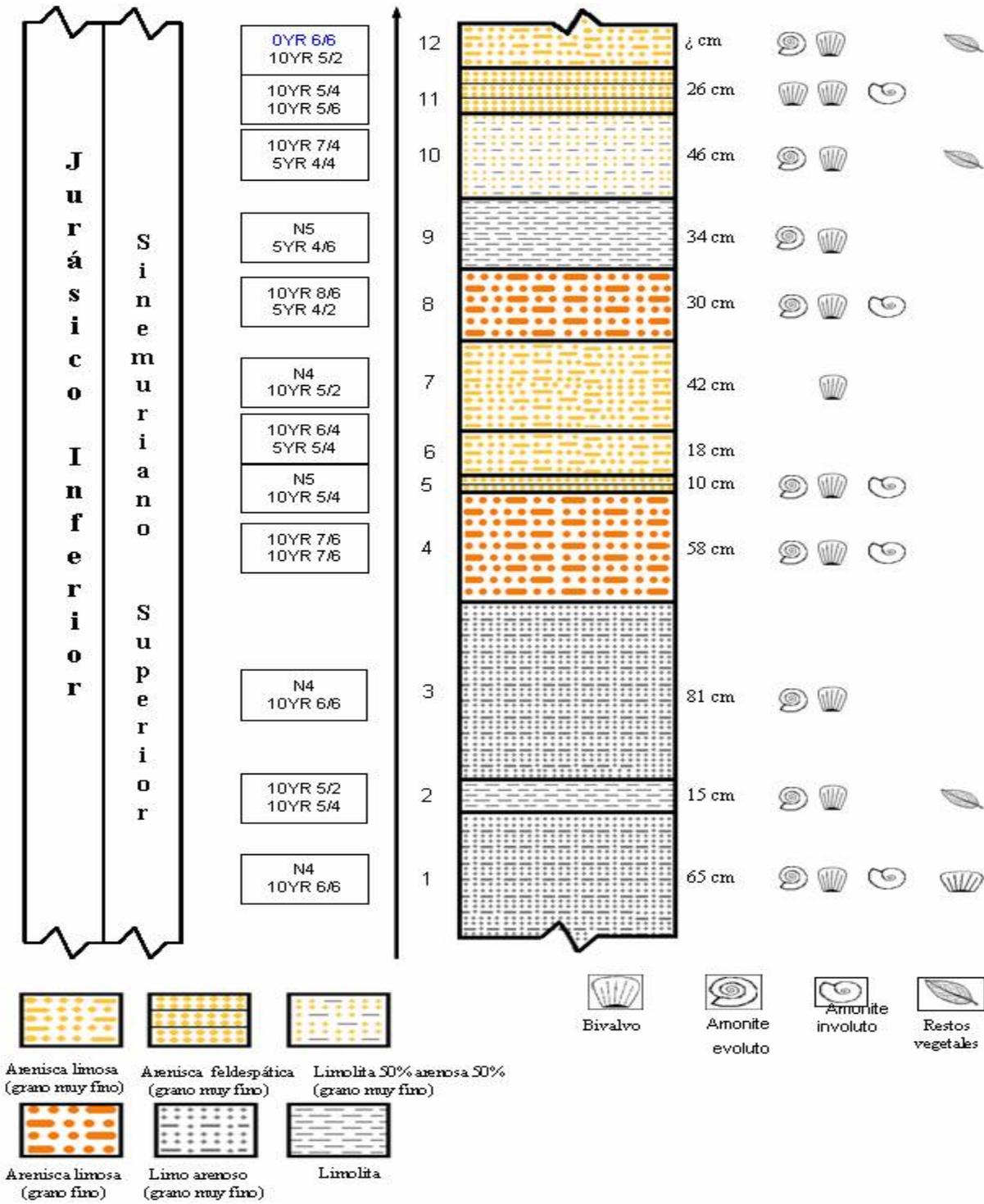


Figura 32. Columna litológica del afloramiento "El Potrero", con espesor aproximado de 5 metros. Esta columna está representada de la base a la cima por una secuencia de limos arenosos y areniscas de grano muy fino y fino. El primer recuadro representa la escala de tiempo geológico que representa el afloramiento. El segundo contiene información del color fresco (superior) e intemperismo (Inferior) de las rocas colectadas.

### Geoquímica inorgánica.

Mediante la aplicación de herramientas geoquímicas y diagramas de discriminación se ha obtenido información previa sobre las condiciones fisicoquímicas de la cuenca de Huayacocotla, hacia el Jurásico Inferior, en la región de Tenango de Doria y San Bartolo Tutotepec, en el estado de Hidalgo (Angeles-Cruz, 2006). En este estudio, se reporta la composición de las rocas precursoras de los sedimentos liásicos (estimación de protolitos) en dichas localidades, y concluye que derivan de rocas ígneas intermedias.

Con respecto a los valores obtenidos de la química de roca total para la muestra seleccionada del afloramiento "El Potrero", se presentan los siguientes resultados de elementos mayores y traza:

Cuadro 2. Elementos mayoritarios

% wt									
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
62.94	1.01	20.39	3.90	0.02	0.69	0.02	0.75	3.34	0.06

Cuadro 3. Elementos traza

ppm.											
V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Ba	Pb
180	152	5	12	30	41	154	88	43	227	676	25

### **Interpretación de los resultados de la química de roca total.**

El valor de las relaciones  $Al/(Al+Fe+Mn) = 0.839$  e  $Y/P_2O_5 = 767.9$  (Figura 33), sugiere que el enriquecimiento de Al e Y se debe principalmente a aportes terrígeno-pelágicos y que la influencia hidrotermal (alteración térmica) no es significativa (Boström, 1973; Marchig *et al.*, 1982).

La concentración elevada (respecto al estándar de referencia UCC) de otros elementos como  $K_2O$ ,  $TiO_2$ , Rb y Zr (Figura 33), también se atribuye a aportes de origen terrígeno (Rantitsh *et al.*, 2003) lo que no resulta extraño al tratarse de una cuenca poco alejada de la costa.

La baja concentración de  $MnO$  y  $P_2O_5$  (Figura 33), así como las relaciones  $Mn/Al = 0.0026$  y  $V/Rb = 1.17$  sugieren condiciones reductoras en el ambiente de depósito (Algeo y Maynard, 2004; Van Cappellen e Ingall, 1996; Lazar, 2003; Hallberg, 1976).

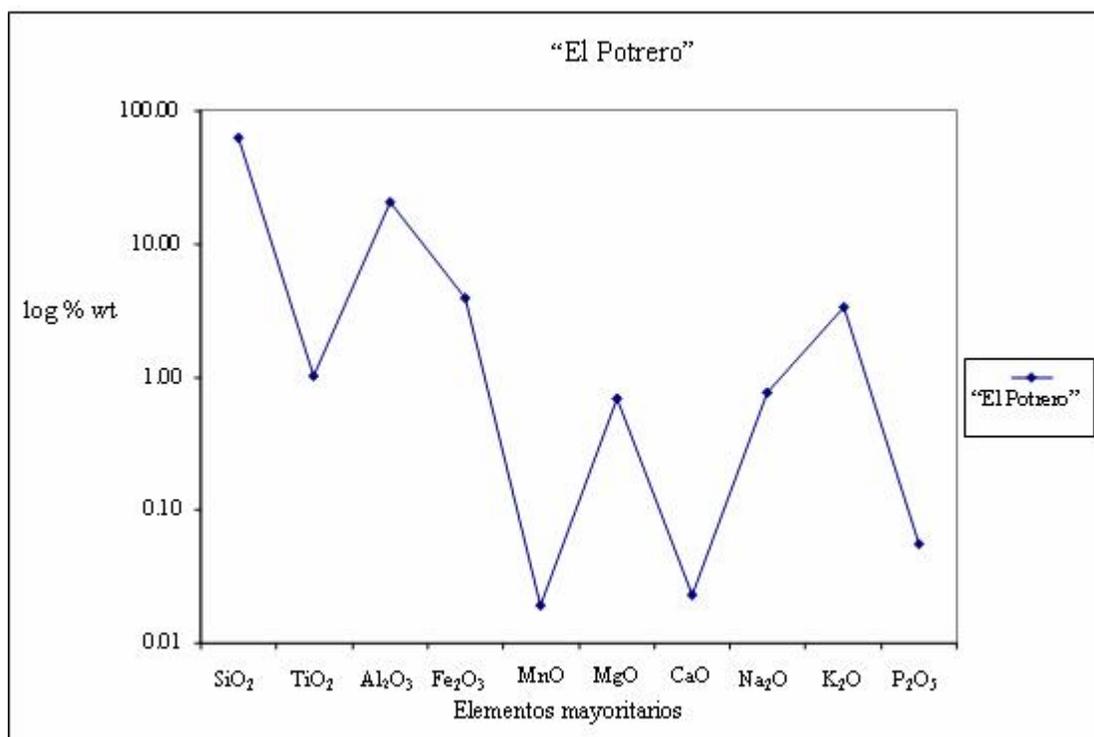


Figura 33. Diagrama de la concentración de elementos mayoritarios de las muestras del afloramiento "El Potrero".

El enriquecimiento de V, Co, Ni, Cr, Cu, Zn, As, Pb (cambia el estado de oxidación), así como de As, Co y Ni ver Figura 34 (forma sulfuros insolubles; Jacobs y Emerson, 1985; Huerta-Díaz y Morse, 1992) en depósitos sedimentarios sugiere condiciones reductoras del agua que está en contacto con los sedimentos (Arthur *et al.*, 1990; Calvert y Pedersen 1993).

El predominio en la concentración de V, Zn y Pb sobre la de Cr, Co y Cu (Figura 34), sugiere condiciones disóxicas sulfurosas en el ambiente de depósito (Algeo y Maynard, 2004).

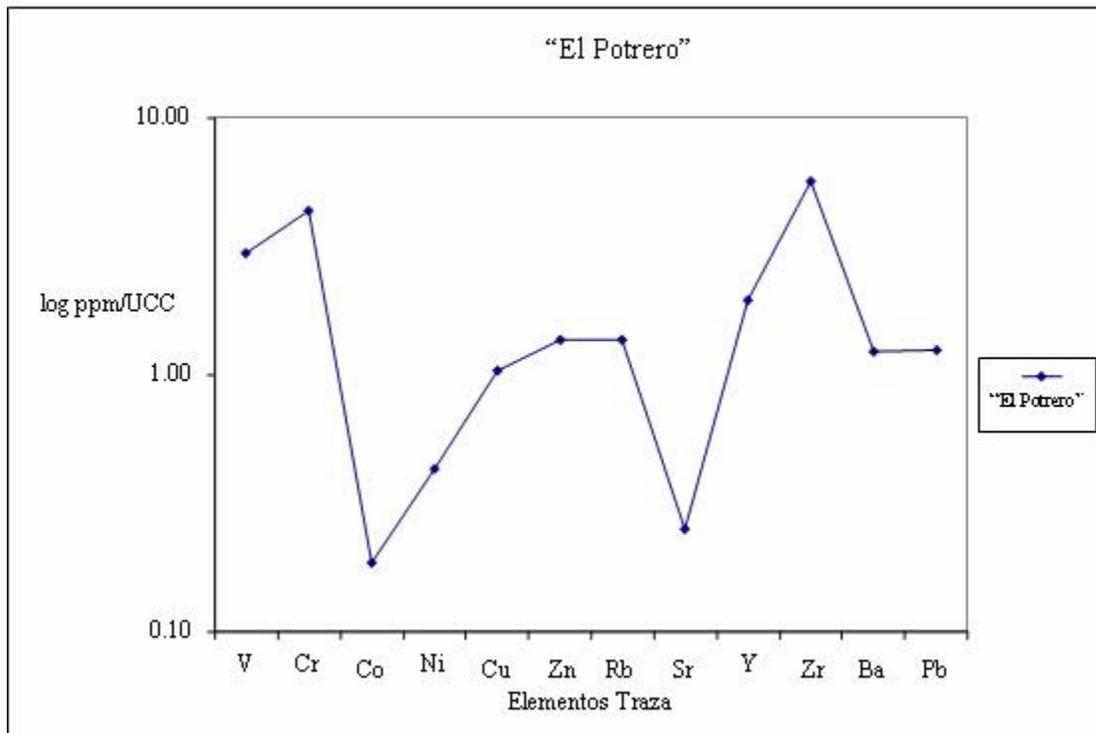


Figura 34. Diagrama de la concentración de algunos elementos traza de las muestras "El Potrero". Datos normalizados UCC (Taylor y McLennan, 1995).

## DISCUSIÓN

El afloramiento consiste en una sección con estratos de arenisca fina cuyo aspecto es variable conforme se observan en detalle, de tal forma que se pueden considerar variantes ambientales finas. Se postula que, en términos generales, se trata de sedimentos marinos porque están constituidos a partir de la erosión de rocas de composición ígnea intermedia propias de una cuenca marina intraarco (Angeles-Cruz), contienen amonites que se caracterizan por presentar una estructura específica en cuanto a la forma de su concha (serpenticono, platicono y oxicono) (Figura 35), las cuales se relacionan con los hábitos preferentes de cada familia o grupo taxonómico, es decir, planctónica, demersal y nectónica respectivamente (Westermann,1996). La mayoría de estos tienen marcada preferencia a ambientes de plataforma nerítica; es el caso de *Arnioceras*, *Gleviceras*, *Plesechioceras*, *Paltechioceras* (Figuras 9-14) y *Phylloceras* (Figura 15), este último con mayor preferencia por el borde de plataforma continental cercano a la pendiente de talud (Figuras 39 A y 40 B, Anexo 5).

La secuencia de estudio representa fondos de profundidad moderada, bien oxigenados porque los minerales presentes son propios de esas condiciones (Cuadro 2, Figura 33) y los elementos traza son consistentes con el intervalo suboxico (Cuadro 3, Figura 34). Adicionalmente, se considera que la mezcla de fragmentos, sus diámetros y desgaste de los granos de sedimento (Figura 20), son propios de una mezcla que proviene de la zona litoral (Griem, 1999) y en algunos casos pudo acumularse cerca de la pendiente de talud. Como se explica en párrafos subsecuentes, esta serie de parámetros sufren variaciones que caracterizan a cada uno de los estratos.

Por tratarse de una sección claramente estratificada y cuyos niveles son concordantes, se puede establecer, para esta secuencia, la edad del Sinemuriano Superior y por lo tanto, se considera una unidad sedimentaria y ambiental, en la que es posible considerar variaciones menores del ambiente estrato por estrato.

El estrato 1 contiene a *Paltechioceras tardecrescens* (Equioceratidae) (Figura 12) con una concha de tipo serpenticono (Figura 35), característica de especies de hábitos estrictamente planctónicos (Westermann 1996, Cuadro 1), lo que hace suponer que se

---

movían conforme a las mareas superficiales. Mientras que *Arnioceras sp.* (Arietitidae) (Figura 9) tiene concha platicono (Figura 35), característica de especies de hábitos nectónicos y demersales (Westermann, 1996; Cuadro 1, Figura 35) con capacidad de nado horizontal y vertical en la columna de agua. Ambas familias, debido a sus hábitos, representan ambiente de plataforma nerítica con tendencia a profundidades medias, evidenciado con en el espectro taxonómico de hábitat (Figura 39 A, Anexo 5) y el espectro de valor ponderado de Westermann (1996) (Figura 44 a, Anexo 6).

Por otra parte *Phylloceras sp.* (Phylloceratidae) (Figura 15) presenta concha de tipo oxicono (Figura 35) característico de hábitos nectónicos y demersales Westermann, 1996 (Cuadro 1, Figura 35) en profundidad mínima 65m (Cuadro 1). *P. tardecrescens* (Figura 12) representa un hábitat planctónico (Figura 35) pero a profundidad de 185m (Cuadro 1), por lo tanto esta fauna podía moverse horizontal y verticalmente en toda la plataforma continental, incluyendo la pendiente de talud. El espectro taxonómico de hábitat (Figura 39 A, Anexo 5) y de valor ponderado de Westermann (1996) (Figura 44 a, Anexo 6) hacen visible tal tendencia. Este estrato también presenta bivalvos que se presume eran de fondo arenoso, así como restos vegetales continentales no identificados (Figura 38 A y B, Anexo 1).

El ambiente que indica la fauna de este estrato es congruente con la textura del grano sedimentado consistente de limo, con arenisca muy fina de angulosa a redondeada, bien seleccionados, con tendencia de acomodo horizontal del grano respecto al plano de estratificación (Figura 23); lo que implica que han viajado lo suficiente, con tal fuerza para que se marque ligeramente su orientación preferencial. Las estructuras sedimentarias incluyen ondulación “Flaser-Wavy” (Figura 21 a), típica de corrientes débiles en plataforma abierta. Ya que no hay lutitas, se considera de profundidad somera, relativamente alejada a la fuente del sedimento erosionado. La profundidad también queda restringida por la presencia de *Phylloceras sp.* colapsados (Figura 15), a profundidades máximas de 482m para el sitio de deposición final (Cuadro 1).

El estrato 2 al igual que el estrato 1 presenta a *P. tardecrescens* (Figura 12), representante planctónico (Cuadro 1), habitando la plataforma nerítica con tendencia a profundidad media y proximal, representado con el espectro taxonómico de hábitat (Figura 39

B, Anexo 5) y de valor ponderado de Westermann (1996) (Figura 44 b, Anexo 6). Además este estrato presenta restos vegetales de origen continental y bivalvos fijos en fondo arenoso (Figura 38 A y B, Anexo 1).

El ambiente que representa la fauna fósil no concuerda con el ambiente depósito que representan los elementos texturales del estrato, al tratarse de limolita que presenta granos muy angulosos y subesféricos, bien seleccionados y con orientación preferencial en el plano de estratificación (Figura 24); lo que es consecuente con una fuente de sedimentos erosivos relativamente alejada; la selección y el transporte sugieren la energía necesaria para que se marque su orientación preferencial. Las estructuras sedimentarias tipo “Flaser-Wavy” (Figura 21) ocurren debajo del nivel submareal y son típicas de corrientes débiles, por lo que, se apoya la depositación en plataforma abierta, tal vez cerca de la pendiente de talud, pero se considera poco profunda, dado que no hay lutitas ni minerales de reducción. La profundidad también queda delimitada por la presencia de *P. tardecrescens* (Figura 12), que indica profundidades mínimas de 185m para el sitio de deposición final (Westermann, 1996; Cuadro 1).

El estrato 3 es similar al 1, contiene bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1) de fondo arenoso no identificados y a *P. tardecrescens* (Figura 12), con tipo de concha serpenticono (Figura 35), representante de zona planctónica (Cuadro 1), habitando la plataforma nerítica media y proximal, expresado en el espectro taxonómico de hábitat (Figura 40 A, Anexo 5) y en la de valor ponderado de Westermann (1996) (Figura 45 a, Anexo 6), de profundidad somera de hasta 185m (Cuadro 1).

El estrato 4 difiere de los demás estratos, en que presenta a *P. rothpletzi* (Equioceratidae) (Figura 13), pero es semejante al ambiente que representa *P. tardecrescens* con concha serpenticono (Figura 35), ambos habitan la plataforma nerítica media y proximal a profundidad máxima de 185m (Cuadro 1). El espectro taxonómico de hábitat (Figura 40 B, Anexo 5) y el de valor ponderado de Westermann, 1996 (Figura 45 b, Anexo 6) evidencian lo mismo.

---

Hay semejanza con el estrato 1 por presentar *Gleviceras sp.* (Figura 10) al igual que *Phylloceras sp.* (Figura 15), éste último con concha oxicono (Figura 35), asociado con hábitos nectónicos (Cuadro 1); este hábito también implica movimientos horizontales y verticales. Ambas familias habitaban la plataforma nerítica media hasta el borde de la pendiente de talud, representado en el espectro taxonómico de hábitat (Figura 40 B, Anexo 5) y el de valor ponderado de Westermann (1996) (Figura 45 b, Anexo 6). También presenta bivalvos (Figura 38 A, Anexo 1), al parecer de fondos arenosos o fangosos.

Los amonites y las características texturales coinciden con el ambiente mencionado ya que se trata de arenisca limosa desde angulosas a subredondeada (Figura 25) que implica cercanía del protolito. La orientación preferencial en el plano de estratificación indica transporte por corrientes débiles, aunque la mayoría de los clastos se encuentran en posición caótica por suspensión en el agua. Las microestructuras lenticulares (Figura 21 d) también siguieron corrientes más débiles que las onduladas que se forman en plataforma abierta somera. La profundidad máxima que indica *Gleviceras sp.* (Figura 10) es incierta, pero podría ser mayor de 182m (Cuadro 1) para su deposición final.

El estrato 5, similar al 4 en que contiene a *P. tardecrescens* (Figura 12) *P. rothpletzi* (Figura 13) ambos serpenticonos (Figura 35), representan hábito planctónico (Cuadro 1) y *Gleviceras sp.* (Figura 10) es un oxicono (Figura 35) de plataforma nerítica media y distal, evidenciado en el espectro taxonómico de hábitat (Figura 41 A, Anexo 5) y en el de valor ponderado de Westermann (1996) (Figura 46 a, Anexo 6). La profundidad debió ser 185m o menos (Cuadro 1). También hay bivalvos de fondos arenosos (Figura 38 A, Anexo 1).

El ambiente que representa la fauna fósil se relaciona con el ambiente sedimentación dada la textura con arena de grano fino, desde angulosa a subredondeada, (Figura 26) que indica cierta cercanía a la fuente del sedimento. Los clastos están moderadamente seleccionados y acomodados caóticamente (Figura 27, Cuadro 27, Anexo 9) dado su origen en el oleaje, implicando que la energía no bastó para orientar los granos conforme el plano de estratificación. Las estructuras tipo “Flaser-Wavy” (Figura 21 e) son específicas de corrientes débiles, pero más fuertes que los estratos 1 y 2, originadas en plataforma abierta

somera. La presencia de *P. tardecrescens* (Figura 12) establece la profundidad alrededor de 185m (Cuadro 1).

El estrato 6 carece de fósiles (Cuadro 4, Anexo 2), lo que podría indicar un régimen de energía muy alto para el arrastre al momento de la fosilización, esto se podría establecer mediante la textura del sedimento del que forma parte. Se trata de areniscas intercalado con limo desde angulosos a subangulosas y subredondeadas (Figura 27), que pudieron haberse alejado de la fuente ya que se aprecian bien seleccionados con ligera orientación preferencial respecto al plano de estratificación (Cuadro 27, Anexo 9), los granos pudieron haber viajado con fuerza necesaria para marcar su orientación. Las estructuras lenticulares aisladas (Figura 21 f), caracterizan corrientes débiles originadas a baja profundidad en plataforma abierta.

El estrato 7 carece de amonites, pero si presenta bivalvos (Figura 38 B, Anexo 1) de fondos arenosos, habitantes cercanos a la pendiente de talud. Por tratarse de una arenisca limosa similar al estrato 6, contiene granos desde muy angulosos a redondeados, moderadamente seleccionados y acomodo caótico (Figura 28), lo cual indica cierto alejamiento de la fuente del sedimento de erosión, pero implica que han viajado lo suficiente para dejar señales de orientación. Las estructuras sedimentarias son laminares paralelas (Figura, 21 g), típica de corrientes más débiles que las onduladas y lenticulares, originadas a baja profundidad en plataforma abierta, cerca de la pendiente de talud.

El estrato 8 contiene a *P. tardecrescens* (Figura 12) y *P. rothpletzi* (Figura 13) con concha serpenticono (Figura 35) común de hábitat planctónico a profundidades máximas de 185m (Cuadro 1). Mientras que *Arnioceras sp.* (Figura 9) presenta concha platicono (Figura 35), asociada a hábitos, demersales y nectónicos (Cuadro 1) con capacidad de nado horizontal y vertical. Este estrato difiere, por contener a *Plesechioceras cihuacoatl*ae (Figura 11) de hábitos similares a los de *Paltechioceras*. Todos representan una plataforma nerítica con tendencia a media y proximal, expresado en el espectro taxonómico de hábitat (Figura 41 B, Anexo 5) y el de valor ponderado de Westermann (1996) (Figura 46 b, Anexo 6).

---

El ambiente representado por la fauna es congruente con la textura de una arenisca, igual que la capa 4, 6, y 7 con intercalación de limos. Los clastos van desde muy angulosos a redondeados (Figura 29), demostrando cercanía a la fuente de materiales erosionados. Los clastos se orientan al azar (Cuadro 27, Anexo 9); indicando que el transporte fue por suspensión en una zona poco profunda y sin suficiente fuerza para dejar marcas de orientación en el plano de estratificación. Las estructuras lenticulares (Figura 22) de areniscas con intercalaciones ocasionales de limos son propias de corrientes débiles originadas en plataforma abierta. La profundidad mínima queda delimitada por la presencia de *P. tardecrescens* (Figura 12) a 185 m (Cuadro 1).

El estrato 9 al igual que 4, 5 y 8 contiene a *P. tardecrescens* (Figura 12), *P. rothpletzi* (Figura 13) y difiere de los demás estratos, por contener a *Paltechioceras ? harbledownense* (Figura 14), de hábitos similares a *Paltechioceras* con concha serpenticono (Figura 35); es decir son habitantes del plancton, de plataforma nerítica media y proximal: El espectro taxonómico de hábitat (Figura 42 A, Anexo 5) y el de valor ponderado de Westermann (1996) (Figura 47 a, Anexo 6) evidencian esta interpretación.

Las preferencias ambientales sugeridas por la fauna no son congruentes con las condiciones de sedimentación que sugiere la textura de este estrato de limolita, que al igual que el estrato 2, contiene granos desde subangulosos a subredondeados, bien seleccionados (Figura 30), indicando que la fuente de sedimentos se encontraba alejada de la zona de depositación. Los clastos no tienen orientación preferencial, lo que implica que han viajado lo suficiente. Las estructuras lenticulares (Figura 22 i) de areniscas se originan por corrientes débiles. La profundidad mínima queda delimitada por la presencia de *P. tardecrescens* (Figura 12) a 185m (Cuadro 1).

El estrato 10 presenta a *P. tardecrescens* (Figura 12), conconcha tipo serpenticono (Figura 35), representante de hábito planctónico (Cuadro 1), de la plataforma nerítica media y proximal. El espectro taxonómico de hábitat (Figura 42 B, Anexo 5) y el de valor ponderado de Westermann (1996) (Figura 47 b, Anexo 6), evidencian tal facies junto a los bivalvos de lugares fangosos (Figura 38 A, Anexo 1) y restos vegetales continentales (Figura 38 B, Anexo 1).

Los hábitos del contenido fósil, no son congruentes con la textura de una limolita arenosa desde angulosa a subredondeada, moderadamente seleccionada, caótica (Figura 31; Cuadro 27, Anexo 9); ello implica poco transporte. Las estructuras sedimentarias son 50 % areniscas y 50% limos (Figura 22 j), que dan idea de alternancia de corrientes fuertes y débiles en una plataforma abierta, considerada somera. La profundidad queda delimitada por la presencia de *P. tardecrescens* (Figura 12) a profundidades mínimas de 185m (Cuadro 1).

El estrato 11 al igual que los estratos 1, 2 y 10, presenta a *P. tardecrescens* (Figura 12), con concha serpenticono (Figura 35), asociada a hábito planctónico (Cuadro 1) de la plataforma nerítica media y proximal; esa facies es evidente en el espectro taxonómico de hábitat (Figura 43 A, Anexo 5) y en el de valor ponderado de Westermann, 1996 (Figura 48 a, Anexo 6). También hay bivalvos de fondos arenosos (Figura 38 A, Anexo 1), pero la presencia de *Gleviceras sp.* (Figura 10) conchas oxicono (Figura 35) da cuenta de hábitos nectónicos (Cuadro 1) con movimientos natatorios horizontales y ocasionalmente verticales en plataforma nerítica media y distal cerca de la pendiente de talud, que también queda de manifiesto en el espectro taxonómico de hábitat (Figura 43 A, Anexo 5) y en el de valor ponderado de Westermann, 1996 (Figura 48 a, Anexo 6).

El ambiente representado por el contenido faunístico es congruente con la textura de una arenisca angulosa a subredondeada, moderadamente seleccionada. Hay clastos con orientación caótica (Cuadro 27, Anexo 9); que implican agua agitada y cercanía a la fuente del sedimento. Las ondulaciones "Wavy" (Figura 22 k), implican corrientes fuertes en plataforma nerítica, considerada poco profunda por la ausencia de lutitas. La profundidad queda delimitada por la presencia de *P. tardecrescens* (Figura 12) a los 185m (Cuadro 1).

El estrato 12 al igual que 1, 2 y 10, contiene a *P. tardecrescens* (Figura 12), con tipo de concha serpenticono (Figura 35), representantes de hábitos estrictamente planctónicos (Cuadro 1), de plataforma nerítica media y proximal, evidenciado en el espectro taxonómico de hábitat (Figura 43 B, Anexo 5) y de valor ponderado de Westermann, 1996 (Figura 48 b, Anexo 6). Se encuentran bivalvos de fondos fangosos (Figura 38 A, Anexo 1) y restos vegetales continentales (Figura 38 B, Anexo 1).

---

El ambiente que representa esta capa es consistente entre la fauna fósil y la textura del material erosionado, se trata de una arenisca que tiene intercalación de limos, similar al estrato 6, con granos de angulosos a subredondeados, bien seleccionados lo que los sitúa cerca del sitio de origen. Hay clastos con acomodo caótico (Cuadro 27, Anexo 9), que implica ausencia de corrientes. Las estructuras sedimentarias son lenticulares (Figura 21 f), típica de corrientes más débiles que las de tipos "Wavy", originadas en plataforma abierta. La presencia de *P. tardecrescens* (Figura 12), indica profundidades mínimas de 185m (Cuadro 1) en el lugar de depositación final, apoyado por la ausencia de lutitas.

### ***Aproximación preliminar al conjunto de estratos***

La textura de los sedimentos limo / arenosos (Figura 32) junto a los espectros de hábitat (Figuras 39-43, Anexo 5) y los de valor ponderado de Westermann (1996) (Figuras 44-48, Anexo 6), corresponden con el criterio de morfología funcional (Figura 35) y demuestran que los amonites del afloramiento tienen una marcada preferencia por los hábitos neríticos.

Los amonites que presentan concha de tipo oxicono, comparadas a los serpenticono / planorbicono (Figura 35), se presentan en dos facies distintas. Considerando que las primeras indican un intervalo más amplio de hábitat, es poco probable encontrarlos en facies de plataforma nerítica, pero si en facies de pendiente de talud. En consecuencia, la preferencia ambiental para ambas formas del afloramiento es amplia, habitando la provincia nerítica en plataforma continental con probabilidades de estar en plataforma distal e incluso en cuenca proximal (oceánica).

El apoyo de que el ambiente de la paleocuenca en este sitio fue de plataforma nerítica media a distal, se da por la abundancia relativa de las dos formas de concha (Figura 18), ya que los de tipo serpenticono / planorbicono son más abundantes y se superponen a los de tipo oxicono (Figura 35).

## Eventos sedimentarios

Un primer evento que parece haber acontecido, es que las arenas fueron arrastradas cerca de la costa por el oleaje o expuestas a tormentas ambientales (variaciones de energía relacionadas con mareas y/o temporales de corta duración). La mayoría de los clastos viajaron por el piso y algunos otros en suspensión, bajo condiciones de desorden tal que les permitían tener formas poco redondeadas y quedar sin orientación al sedimentarse; ello es observable en la textura y estructura sedimentaria de cada estrato. Quizá se deba a ello la ausencia de fósiles, aunque algunos amonites pudieron flotar al morir y fueron movidos mar adentro donde se depositaron. Esto es congruente con la ausencia de fósiles del estrato 6 y 7(excepción de 3 bivalvos).

Un segundo evento permitió que los sedimentos se depositaran bajo un régimen de energía y de transporte mayor, al igual que la fauna de facies nerítica media, las cuales se acumularon, sufrieron destrucción y/o deformación durante el arrastre. Es así como se encuentra una variedad de taxones en los estratos 5, 10, 12 y 4, 8,11 a excepción de los estratos 1 y 9 que son de limo. Quizá algunos amonites murieron, flotaron en la superficie, de la zona adyacente, y se colapsaran cerca al ser depositados con clastos moderadamente redondeados y seleccionados, en presencia de corrientes o mareas débiles; inferencia debida a las estructuras sedimentarias tipo “Flaser-Wavy”, que representan periodos de corriente con otros de quietud (Figura 21 y 22).

Un tercer evento pudo permitir que los sedimentos sufriesen más transporte, de tal forma que algunos clastos poco redondeados rodaban por el piso, mientras que otros más pequeños viajaban suspendidos en el flujo del agua, por medio de corrientes débiles, permitiendo la selección de granos bien redondeados. Representan la facies nerítica distal, cerca de la pendiente de talud. Los estratos que se originaron bajo este régimen de sedimentación, permitieron encontrar poca variedad de taxones en las capas 1, 2, 3 y 9, junto a restos de plantas.

---

## ¿Fosilización “*ex situ*” o “*in situ*”?

Mediante el análisis de frecuencia de tallas en los que se consideraron los diámetros máximos de todas las especies como bioclastos (Cuadros 17-26, Anexo 7), se obtuvieron resultados que demuestran una distribución asimétrica (kurtosis) con tendencia a las tallas pequeñas (Figuras 49-53, Anexo 8), a excepción del estrato 2 (Figura 49 B, Anexo 8) que presenta una tendencia a las tallas medianas.

Lo anterior puede indicar que, al morir los amonites, sufrieron arrastre diferencial y, en consecuencia, la estructura de tallas se vio afectada. En otras palabras, por procesos de fosilización *ex situ* que evidencian que los ejemplares murieron, algunos en la propia facies de depósito más otras que sufrieron arrastre y transporte por corrientes desde sitios adyacentes (Meldahl, 2000; Figura 20). Esto se comprueba con el hecho que los amonites que fueron depositados (Primer evento sedimentario) y posteriormente arrastrados, sufrieron algún mecanismo de alteración tafonómica que modificó la morfología de sus conchas (Fernández-López 2000). Estos eventos se suscitaron bajo el régimen de energía y transporte en la plataforma nerítica media (segundo evento sedimentario) y posteriormente se depositaron en plataforma nerítica distal cerca de la pendiente de talud (tercer evento sedimentario).

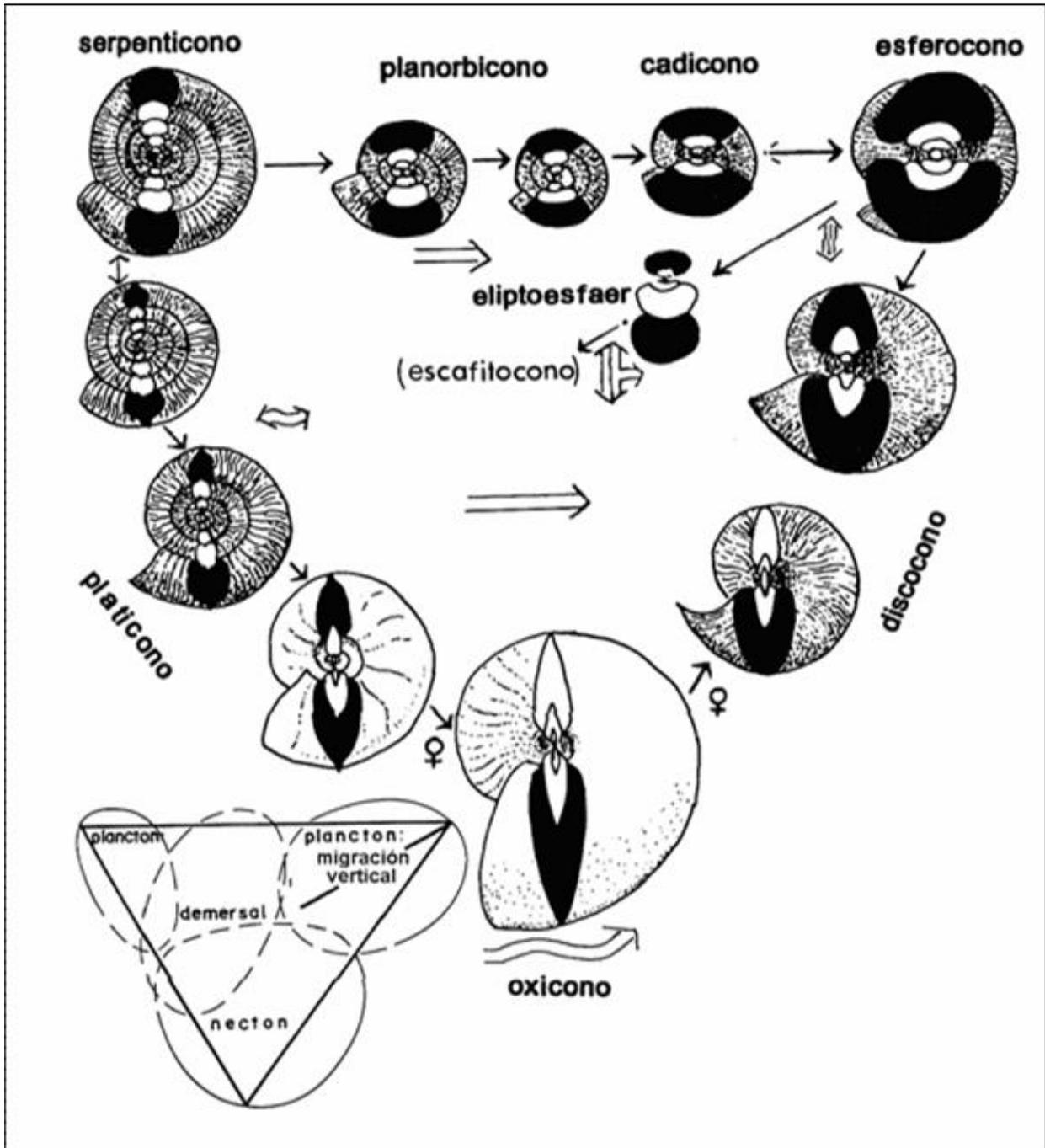
El material colectado se encuentra incompleto ya que se han perdido por la misma vía otros taxones que no se encuentran en esta muestra y la riqueza original del ambiente representado pudo ser mayor. Cabe destacar que la carencia y/o modificaciones de las entidades conservadas, implica una aproximación de la información paleobiológica original y no una deficiencia del registro fósil, más bien es la falta de los componentes, estructura y modificaciones físicas sucesivas que han experimentado dichos elementos conservados.

### **Geoquímica inorgánica**

Los resultados obtenidos de geoquímica inorgánica demuestran que la concentración de Co (Cuadro 3), con respecto a los demás elementos traza (V, Cr, Cu, Zn, Pb, As y Ni) están más enriquecidos (Cuadro 34), puesto que el Co es muy móvil durante la etapa diagenética; el hecho de que aparezca empobrecido no es argumento suficiente para contradecir la afirmación que las condiciones reductoras del agua que están en contacto con los sedimentos. Esto es congruente con el crecimiento de organismos bentónicos (bivalvos; Figura 38 A, Anexo 1) durante intervalos en los que las condiciones del agua del fondo contenían cierta cantidad de oxígeno (disóxicas-óxicas; Kenig *et al.*, 2004), sugiriendo una posible alternancia periódica de condiciones euxínicas y disóxicas-óxicas en el agua del fondo de la cuenca. Sin embargo, la presencia de estos fósiles en el afloramiento indican la existencia de cantidades variables de oxígeno en el fondo de la cuenca, ya que son pocas las especies conocidas que se supone pueden adaptarse a condiciones anóxicas (e.g. Oschmann, 1994; Fenchel y Finlay, 1995).

Con respecto a la concentración de MnO y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Cuadro 2, Figura 33), así como las relaciones Mn / Al (1.17) demuestran condiciones reductoras de oxígeno, congruente con la menor abundancia de fauna fósil en limos arenosos de grano fino, mientras que las areniscas representan condiciones con mayor presencia de oxígeno (óxicas).

Para poder entender y poder establecer una forma más amplia los procesos bióticos y abióticos efectuados en la paleocuenca Huayacocotla, en el Jurásico Inferior particularmente el Sinemuriano Superior, se han estado realizando otros trabajos, una de ellas en proceso de publicación (Esquivel-Macias *et al.*) y otras dos tesis de licenciatura en etapa terminal (Granados-Leon y Gayosso-Morales) en afloramientos de distintas regiones del estado de Hidalgo y Puebla, sin embargo faltan por realizar más estudios multidisciplinarios (Figura 36) como el presente.



Figuras 35. Morfología funcional de los amonites planiespirales del Mesozoico, indicadores de ambientes marinos, dirección de movimiento (flechas) y dimorfismo sexual, este último no siendo de interés para esta tesis. Los tipos oxicono, platicono y serpenticono, son los más representativos para los fósiles del afloramiento "El Potrero". Tomado y modificado de Westermann (1996).

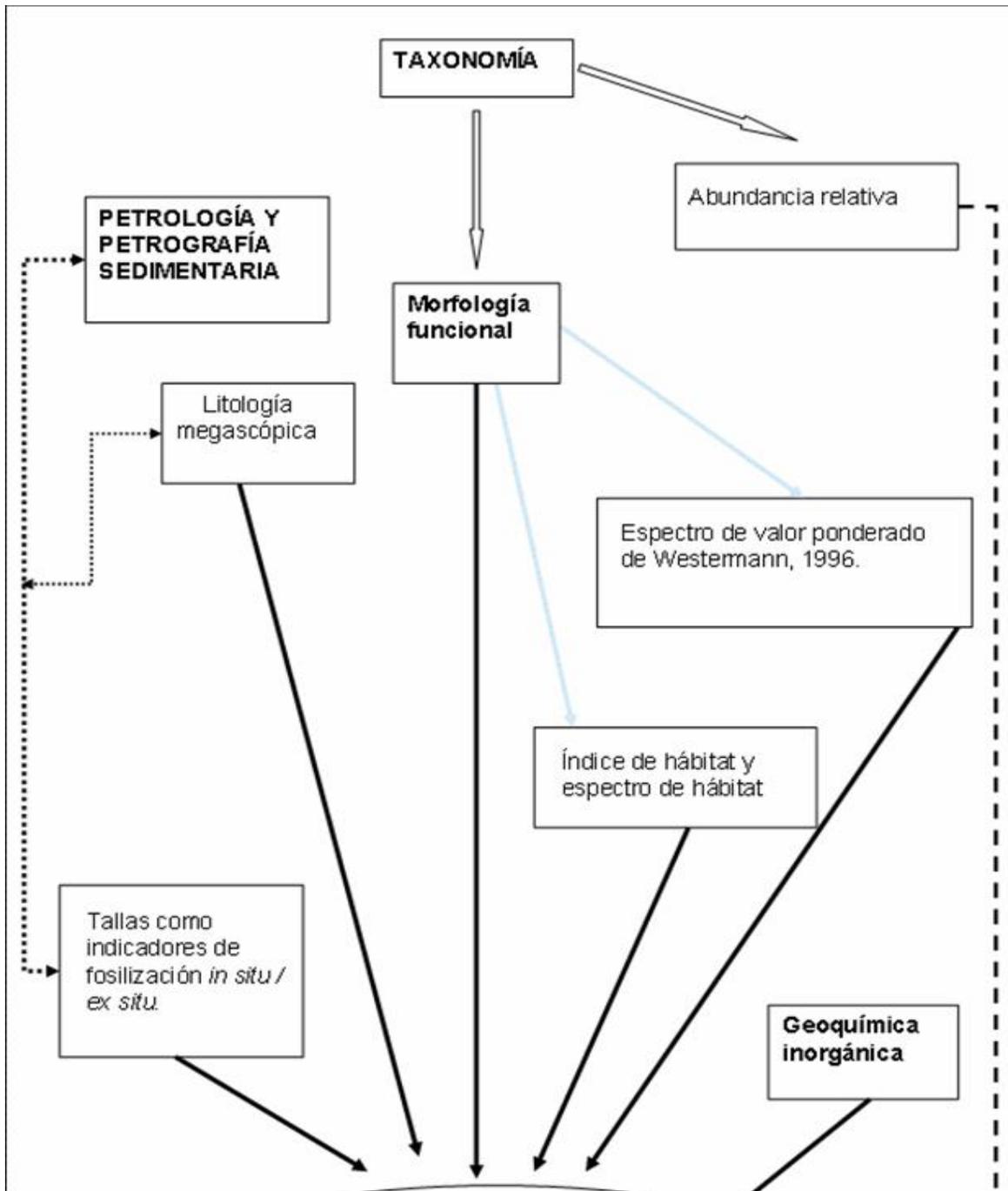


Figura 36. Diagrama de flujo que muestra la relación entre los datos y líneas de evidencia obtenidas.

## CONCLUSIÓN

En consecuencia con los objetivos establecidos, los resultados presentados y las diferentes líneas de evidencia en las que se apoyo esta tesis (Taxonomía, análisis morfofuncional, espectros de hábitat, análisis de tallas, petrología y geoquímica; Figura 36), se establece un modelo paleoambiental, acerca de las condiciones que prevalecieron y marcaron la historia de la vida de los amonites sinemurianos, que evolucionaron rápidamente y están bien representados en las secuencias de estudio como vestigios de una comunidad fósil, principalmente de amonites y bivalvos. Estos mismos organismos, en especial los amonoides constituyen excelentes fósiles guía, por lo que no puede dejarse de lado la determinación precisa de los horizontes a los que pertenecen.

El afloramiento “El Potrero” es una secuencia de doce capas arenoso-limosas bien establecidas que representan una facies de plataforma continental donde los organismos que contiene tenían hábitos neríticos medios, proximales y distales. Para llegar a esta conclusión se obtuvieron, describieron e interpretaron resultados, que demuestran la argumentación suficiente para establecer un modelo paleoambiental de un afloramiento relativamente pequeño, pero de gran importancia para entender, resolver e interpretar un sitio particular y, al parecer representativo de la paleocuenca Huayacocotla.

Los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos establecidos en esta tesis, se retomaran para obtener una conclusión general y demostrar el paleoambiente de este afloramiento.

Los amonites presentan una estructura específica en cuanto a la forma de su concha (morfología funcional) la cual está relacionada con los hábitos de vida (planctónicos, demersales y nectónicos) y los ambientes preferentes (plataforma nerítica proximal, media y distal cerca de la pendiente de talud) de cada familia o grupo taxonómico como *Phylloceras* (Phylloceratidae), *Arnioceras* (Arietitidae), *Gleviceras* (Oxynoticeratidae), *Plesechioceras* y *Paltechioceras* (Echioceratidae).

Mediante los espectros de hábitat y de valor ponderado de basados en las ideas de Andrews *et al.* (1979), Evans *et al.* (1981) Westermann (1996) y Sánchez (1999) se ilustran las preferencias ambientales que representan dichas familias de amonites.

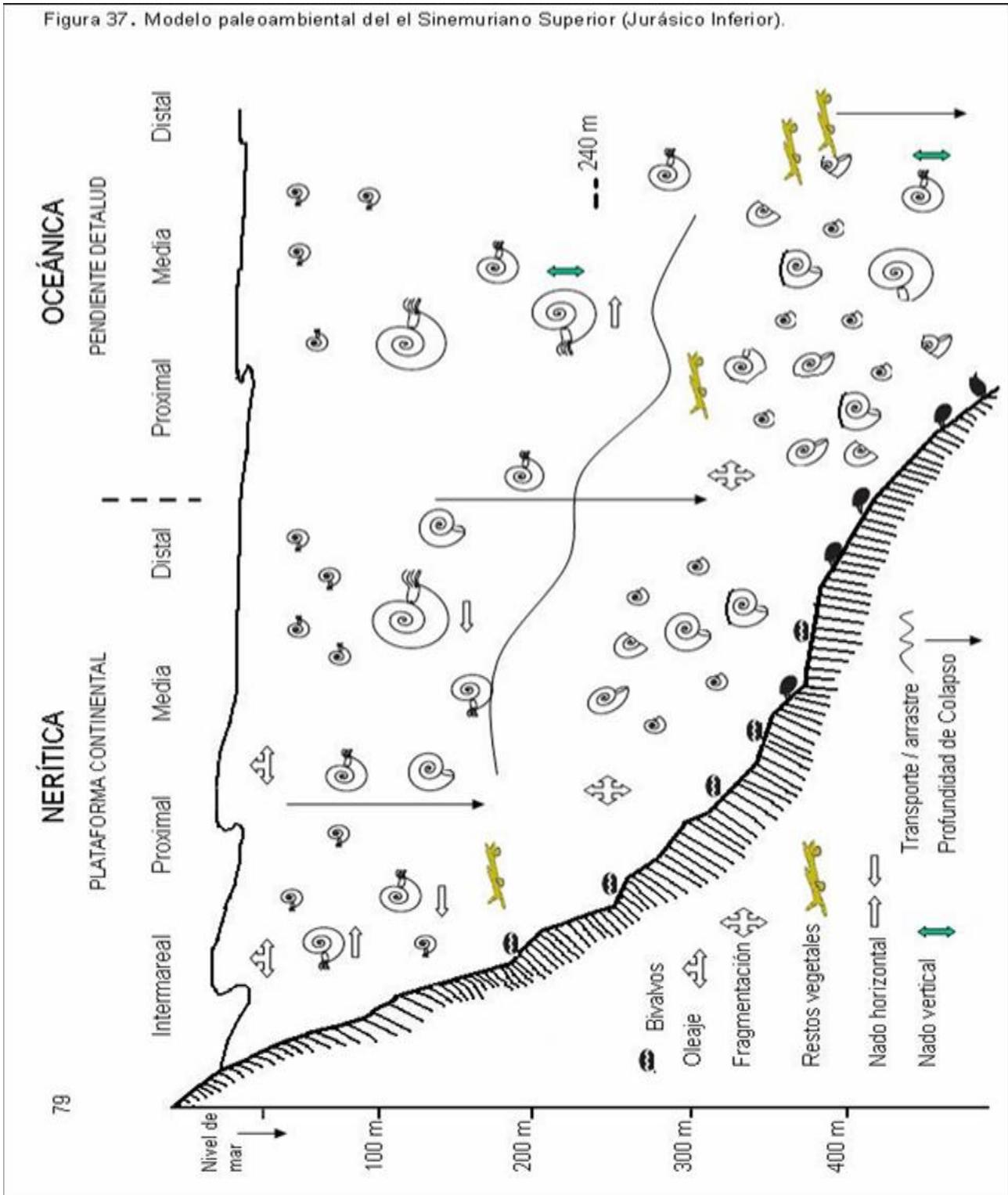
A partir de la textura (redondeo, angulosidad, selección, empacamiento y trama) los sedimentos de origen detrítico, reflejan las propiedades en cuanto a la cantidad de transporte que han sufrido las partículas y las condiciones energéticas del medio en que se encontraban, implicando variaciones bajas y altas en el momento de la depositación, aunado a que las estructuras sedimentarias demuestran condiciones que permitieron la sedimentación y ocasionales periodos de turbidez en el flujo del agua.

El sedimento limo / arenoso de grano fino indica ambientes en condiciones ligeramente escasas de oxígeno (intervalo subóxico) y baja energía en el ambiente, su consecuente depositación, implica condiciones de cuenca abierta, mientras que las areniscas representan condiciones con mayor presencia de oxígeno (óxicas) y de alta energía, más cercanas a la costa.

Mediante el análisis de tallas de los bioclastos, se determina que sufrieron transporte de lugares cercanos y algunos otros alejados del lugar a donde finalmente fueron fosilizados, implicando algún mecanismo de alteración tafonómica.

Por lo tanto, se respalda que el afloramiento representa un ambiente marino de plataforma abierta somera con variaciones de baja, media energía relacionadas con mareas y/o temporales de corta duración, cerca de la zona de oleaje o expuestos a tormentas ambientales, desde plataforma nerítica hasta pendiente de talud, demostrando la preferencia de hábitat de los amonoideos y el arrastre sufrido hasta el lugar de su depósito final, junto con restos de otros animales como bivalvos e incluso restos vegetales provenientes del continente (Figura 37, modelo paleoambiental).

Figura 37. Modelo paleoambiental del el Sinemuriano Superior (Jurásico Inferior).



**ANEXOS.**

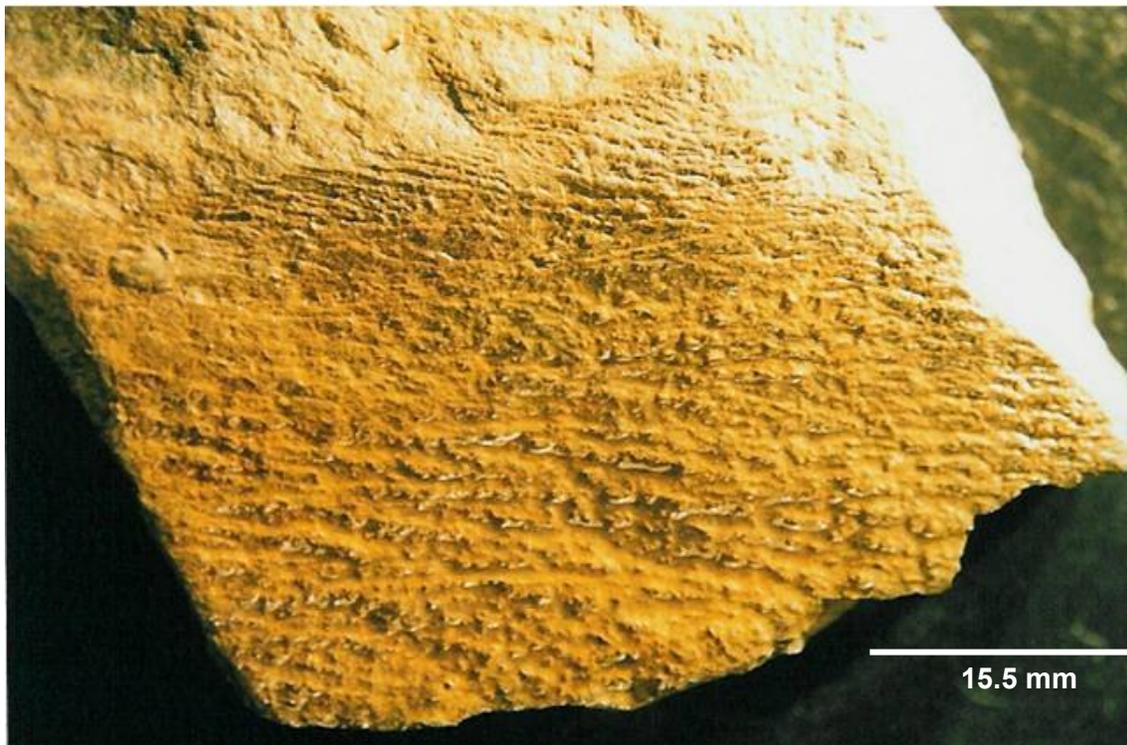


Figura 38. A) Bivalvo no identificado. B) resto vegetal no identificado.

Cuadro 4: Relación de taxones contenidos en cada uno de los estratos del afloramiento el “El Potrero” y sus principales dimensiones. Nota: Todos los *Paltechioceras tardecrescens* presentan eje mayor (en lugar de diámetro mayor), eje menor (diámetro menor), semi-eje mayor (altura ombligo-radio mayor), semi-eje menor (altura ombligo-radio menor), altura de la última vuelta y número de vueltas.

Estrato	Taxón	Diámetro mayor (mm)	Diámetro menor (mm)	Altura ombligo - radio mayor (mm)	Altura ombligo - radio menor (mm)	Altura de última vuelta (mm)	No. de vueltas (mm)
1	<i>Bivalvo</i>	11.82	8.43	----	----	----	----
	<i>Arnioceras</i> sp.	14.18	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	14.21	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	16.06	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	19.62	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	31.98	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	32.53	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	34.19	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	38.27	30.12	22.17	14.17	8.24	----
	<i>P. tardecrescens</i>	38.80	23.22	20.31	12.50	8.02	4
	Phylloceratidae	43.73	24.91	27.88	10.61	17.41	involuta
	Phylloceratidae	45.12	26.43	21.29	12.21	----	involuta
	<i>Restos vegetales</i>	53.09	27.24	----	----	----	----
<i>P. tardecrescens</i>	78.98	----	----	----	----	----	
2	<i>Restos vegetales</i>	27.46	19.57	----	----	----	----
	<i>Restos vegetales</i>	29.18	22.48	----	----	----	----
	<i>Restos vegetales</i>	29.90	17.95	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	31.71	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	41.59	27.69	23.04	12.25	7.88	4
	<i>Bivalvo</i>	6.95	----	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	10.67	----	----	----	----	----
3	<i>Bivalvo</i>	6.95	----	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	7.72	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	9.69	----	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	10.14	6.06	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	13.32	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	20.75	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	23.21	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	10.68	7.53	5.96	3.45	1.89	3
	<i>No identificado</i>	7.61	----	----	----	----	----
4	<i>Bivalvo</i>	6.13	3.99	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	7.21	----	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	8.47	----	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	9.16	----	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	9.43	5.68	----	----	----	----

	Taxón	Diámetro mayor (mm)	Diámetro menor (mm)	Altura ombligo - radio mayor (mm)	Altura ombligo - radio menor (mm)	Altura de última vuelta (mm)	No. de vueltas (mm)
4	<i>P. rothpletzi</i>	10.88	9.95	5.32	2.98	2.84	3
	<i>No identificado</i>	12.67	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	13.63	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	14.98	-----	-----	-----	-----	-----
	Phylloceratidae	28.56	19.74	17.19	7.69	10.18	involuta
	Gleviceras sp.	52.81	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	53.00	35.64	27.05	21.74	13.26	5
	Gleviceras sp.	64.24	-----	45.45	-----	31.18	5 (involuta)
	Gleviceras sp.	67.31	42.37	37.47	16.86	28.93	4 (involuta)
5	<i>P. tardecrescens</i>	8.74	7.27	5.42	2.79	3.25	3
	<i>Bivalvo</i>	9.52	8.98	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	9.61	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	9.82	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	10.32	8.99	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	10.82	8.43	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	12.25	8.88	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	12.64	6.02	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	19.18	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	19.44	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	19.67	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	19.74	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. rothpletzi</i>	21.77	17.06	12.77	7.57	5.17	3
	Gleviceras sp.	23.20	20.58	11.25	7.73	-----	Involuta
	<i>P. tardecrescens</i>	28.68	21.11	14.98	9.57	7.57	4
	<i>P. rothpletzi</i>	31.11	21.85	18.07	10.03	8.38	4
	<i>P. tardecrescens</i>	32.88	21.78	19.86	8.65	10.86	4
	<i>P. tardecrescens</i>	33.56	-----	22.39	12.03	6.91	4
	<i>Bivalvo</i>	35.10	24.24	18.88	14.12	-----	-----
	<i>No identificado</i>	36.27	18.87	-----	-----	-----	-----
<i>P. tardecrescens</i>	49.79	-----	-----	-----	9.19	4	
<i>P. tardecrescens</i>	52.98	-----	32.30	-----	14.92	5	
<i>P. tardecrescens</i>	71.38	57.92	43.73	31.04	19.48	5	
6							
7	<i>Bivalvo</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8	<i>Bivalvo</i>	8.38	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	11.75	6.86	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	15.91	11.45	-----	-----	-----	-----
	Arnioceras sp.	16.77	-----	9.24	-----	-----	-----

	Taxón	Diámetro mayor (mm)	Diámetro menor (mm)	Altura ombligo - radio mayor (mm)	Altura ombligo - radio menor (mm)	Altura de última vuelta (mm)	No. de vueltas (mm)
8	<i>Bivalvo</i>	22.74	13.66	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	29.86	21.30	-----	-----	-----	-----
	<i>Gleviceras</i> sp.	31.46	-----	-----	-----	-----	4
	<i>P. tardecrescens</i>	42.22	22.65	18.82	11.88	8.03	4
	<i>No identificado</i>	44.05	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	54.42	44.34	30.59	23.19	12.29	5
	<i>P. tardecrescens</i>	55.23	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Plesechioceras cihuacoatlae</i>	58.84	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	70.02	53.09	41.26	22.30	16.57	5
	<i>P. tardecrescens</i>	94.94	59.53	50.68	25.68	22.52	6
9	<i>No identificado</i>	6.50	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	7.90	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	9.38	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	10.21	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	13.12	7.66	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	25.13	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	32.25	23.23	15.86	9.63	6.88	4
	<i>P. tardecrescens</i>	39.73	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	43.78	29.22	26.40	11.25	10.85	5
	<i>P. rothpletzi</i>	44.50	25.81	25.14	12.90	11.58	-----
	<i>P. harbledownense</i>	90.69	71.03	63.07	42.75	25.63	6
	<i>P. harbledownense</i>	103.17	73.00	55.14	34.27	20.52	6
10	<i>Bivalvo</i>	5.59	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	6.75	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	8.23	5.20	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	8.69	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	8.84	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	9.58	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	10.66	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	10.86	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	11.75	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	12.46	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	12.95	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	13.90	9.77	-----	-----	-----	-----
	<i>Bivalvo</i>	14.43	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	17.02	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	18.65	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	22.27	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>P. tardecrescens</i>	23.06	15.60	13.43	5.61	7.46	3
	<i>P. tardecrescens</i>	27.88	-----	-----	-----	-----	-----
<i>P. tardecrescens</i>	31.00	-----	-----	-----	-----	-----	

	Taxón	Diámetro mayor (mm)	Diámetro menor (mm)	Altura ombligo - radio mayor (mm)	Altura ombligo - radio menor (mm)	Altura de última vuelta (mm)	No. de vueltas (mm)
10	<i>Restos vegetales</i>	33.03	15.83	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	35.88	33.16	21.37	17.66	10.58	5
	<i>P. tardecrescens</i>	42.96	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	48.40	28.23	22.19	13.39	9.51	4
	<i>P. tardecrescens</i>	51.37	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	60.05	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	62.27	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	68.20	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	78.70	55.61	41.52	21.84	16.29	6
11	<i>Bivalvo</i>	6.58	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	8.81	5.14	5.47	2.53	2.70	3
	<i>P. tardecrescens</i>	9.51	5.61	5.82	2.49	3.29	?
	<i>P. tardecrescens</i>	9.57	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	11.67	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	17.70	9.68	10.56	3.74	7.70	3
	<i>No identificado</i>	20.02	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	25.18	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	44.39	----	----	----	----	----
	<i>Gleviceras sp</i>	46.62	22.89	15.67	11.05	----	4 (involuta)
	<i>P. tardecrescens</i>	48.11	----	----	----	----	----
	<i>Gleviceras sp</i>	60.82	----	35.54	----	28.41	5 (involuta)
12	<i>Bivalvo</i>	7.55	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	8.47	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	8.91	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	10.08	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	10.76	----	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	10.86	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	12.10	----	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	15.01	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	15.44	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	16.35	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	16.51	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	18.17	----	----	----	----	----
	<i>Bivalvo</i>	22.45	----	----	----	----	----
	<i>P. tardecrescens</i>	22.58	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	24.14	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	25.21	----	----	----	----	----
	<i>No identificado</i>	25.26	20.90	14.66	9.34	6.20	4
	<i>P. tardecrescens</i>	26.54	20.09	16.75	8.27	8.91	4
<i>Bivalvo</i>	27.44	----	----	----	----	----	

	Taxón	Diámetro mayor (mm)	Diámetro menor (mm)	Altura ombligo - radio mayor (mm)	Altura ombligo - radio menor (mm)	Altura de última vuelta (mm)	No. de vueltas (mm)
12	P. tardecrescens	29.72	20.06	17.34	7.72	8.99	4
	Restos vegetales	38.04	-----	-----	-----	-----	-----
	P. tardecrescens	43.95	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	56.27	-----	-----	-----	-----	-----
	<i>No identificado</i>	61.75	-----	-----	-----	-----	-----
	P. tardecrescens	61.84	41.79	34.75	18.25	14.70	5
	P. tardecrescens	65.71	-----	32.53	-----	15.61	5
	P. tardecrescens	67.96	48.65	46.70	19.13	20.56	6

### Análisis de la relación de diámetros de *Paltechioceras tardecrescens* del afloramiento “El Potrero”

Cuadro 5. Relación de diámetro de cada uno de los ejemplares de *P. tardecrescens* presentes en los estratos del afloramiento “El Potrero”. Resultados de eje mayor, semi-eje menor y la relación de los primeros 9 estratos.

Estrato	No. Ejemplar	Eje mayor mm.	Semi-eje menor mm.	Relación
E1	1	38.27	30.12	1.27
	2	38.8	23.22	1.67
E2	3	41.59	27.69	1.50
E4	4	53	35.64	1.49
E5	5	8.74	7.27	1.20
	6	8.74	7.27	1.20
	7	32.88	21.78	1.51
	8	71.38	57.92	1.23
E8	9	42.22	22.65	1.86
	10	54.42	44.34	1.23
	11	70.02	53.09	1.32
	12	94.94	59.53	1.59
E9	13	32.25	23.23	1.39
	14	43.78	29.22	1.50

Continuación del cuadro 5

Estrato	No. Ejemplar	Eje mayor mm.	Semi-eje menor mm.	Relación
E10	15	23.06	15.6	1.48
	16	35.88	33.16	1.08
	17	48.4	28.23	1.71
	18	78.7	55.61	1.42
E11	19	8.81	5.14	1.71
	20	9.51	5.61	1.70
	21	17.7	9.68	1.83
E12	22	26.54	20.09	1.32
	23	29.72	20.06	1.48
	24	61.84	41.79	1.48
	25	67.96	48.65	1.40
<b>PROMEDIO</b>		<b>41.57</b>	<b>29.06</b>	<b>1.46</b>

Cuadro 6. Relación de diámetro de cada uno de los ejemplares de *P. tardecrescens* presentes en el afloramiento "El Bopo". Resultados de diámetro mayor, radio mayor y la relación.

"El Bopo"	No. Ejemplar	Diámetro mayor mm.	Radio mayor mm.	Relación
3	26	27.28	21.47	1.27
	27	22.71	20.25	1.12
	54	33.24	23.60	1.41
	19	28.01	0	0.00
	29	24.24	23.14	1.05
	55	23.51	18.51	1.27
	56	24.34	18.34	1.33
	60	29.24	22.08	1.32
	21	30	22.04	1.36
5	5	25.75	19.89	1.29
	6	15.32	12.09	1.27
	3	21.31	16.57	1.29
	14	31.23	24.70	1.26
	24	34.01	27.38	1.24
	23	31.78	25.32	1.26
	22	22.35	19.68	1.14
	21	19.84	15.36	1.29
	17	12.28	9.81	1.25
	32	33.36	25.68	1.30
	25	35.53	28.45	1.25
	28	23.50	18.16	1.29
	29	12.95	10.76	1.20
	30	34.36	26.38	1.30
31	21.40	16.94	1.26	
	33	47.20	37.69	1.25

Continuación del cuadro 6

"El Bopo"	No. Ejemplar	Diámetro mayor mm.	Radio mayor mm.	Relación
6	2	9.82	7.94	1.24
	3	21.89	18.49	1.18
	5	28.73	21.25	1.35
	6	5.14	4.37	1.18
	7	22.42	14.80	1.51
	10	26.67	19.86	1.34
	25	29.83	23.28	1.28
	22	44.02	35	1.26
	27	13.13	10.13	1.30
	30	7.05	5.58	1.26
	31	12.86	9.22	1.39
	26	8.38	6.09	1.38
	34	15.71	11.47	1.37
	33	22.42	16.83	1.33
8	1	60.40	5.80	10.41
	2	60.42	5.67	10.66
	3	6.04	5.10	1.18
	7	15.58	10.24	1.52
	13	11.55	10.15	1.14
<b>PROMEDIO</b>		<b>24.64</b>	<b>16.84</b>	<b>1.67</b>

Nota: Los resultados obtenidos de la relación de diámetros de los afloramientos, demuestran una diferencia significativa en cuanto la forma oval circular de *P. tardecrescens*; implica que los ejemplares del afloramiento "El Potrero" presentan una forma mas ovalada, sin embargo los ejemplares de Blau et al., 2003 son más ovalados: Por tanto, pudieron suceder dos cosas para que los ejemplares presenten esa forma.

- Mediciones con criterio diferente entre una forma circular y otra ovoide.
- Debido a algún mecanismo de alteración tafonómica sufrida durante o después de la fosilización.

**Índices de hábitat para las familias de amonites (*Phylloceratidae*, *Arietitidae*, *Oxynoticeratidae*, *Echioceratidae*) de cada uno de los estratos que conforman el afloramiento “El Potrero”.**

Cuadro 7. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 1 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitat de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
<i>Echioceratidae</i>				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 1</math></b>				<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>
<b>Porcentaje</b>				<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

Cuadro 8. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 2 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitat de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
<i>Phylloceratidae</i>	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		
<i>Arietitidae</i>				0.25	0.25	0.25	0.25
<i>Echioceratidae</i>				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 3</math></b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>6.67</b>	<b>6.67</b>	<b>6.67</b>	<b>23.33</b>	<b>23.33</b>	<b>16.67</b>	<b>16.67</b>

Cuadro 9. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 3 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitat de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 1</math></b>				<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>
<b>Porcentaje</b>				<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

Cuadro 10. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 4 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitat de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Phylloceratidae	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		
Oxynoticeratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 3</math></b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>6.67</b>	<b>6.67</b>	<b>6.67</b>	<b>23.33</b>	<b>23.33</b>	<b>16.67</b>	<b>16.67</b>

Cuadro 11. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 5 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitats de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Oxynoticeratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 2</math></b>				<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
<b>Porcentaje</b>				<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

Cuadro 12. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 8 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitats de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Arietitidae				0.25	0.25	0.25	0.25
Oxynoticeratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 3</math></b>				<b>0.75</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>
<b>Porcentaje</b>				<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

Cuadro 13. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 9 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitats de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 1</math></b>				<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>
<b>Porcentaje</b>				<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

Cuadro 14. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 10 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitat de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 1</math></b>				<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>
<b>Porcentaje</b>				<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

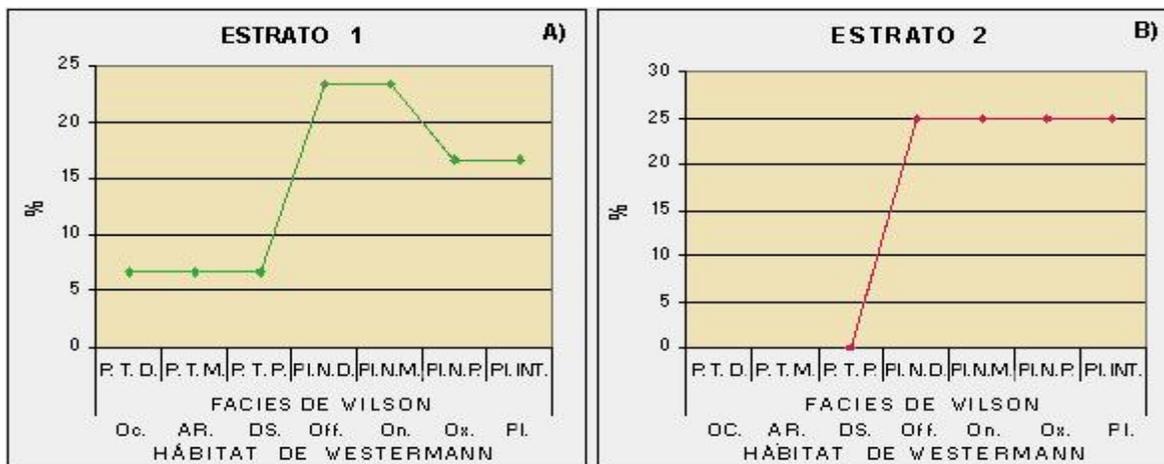
Cuadro 15. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 11 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitat de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Oxynoticeratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 2</math></b>				<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
<b>Porcentaje</b>				<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

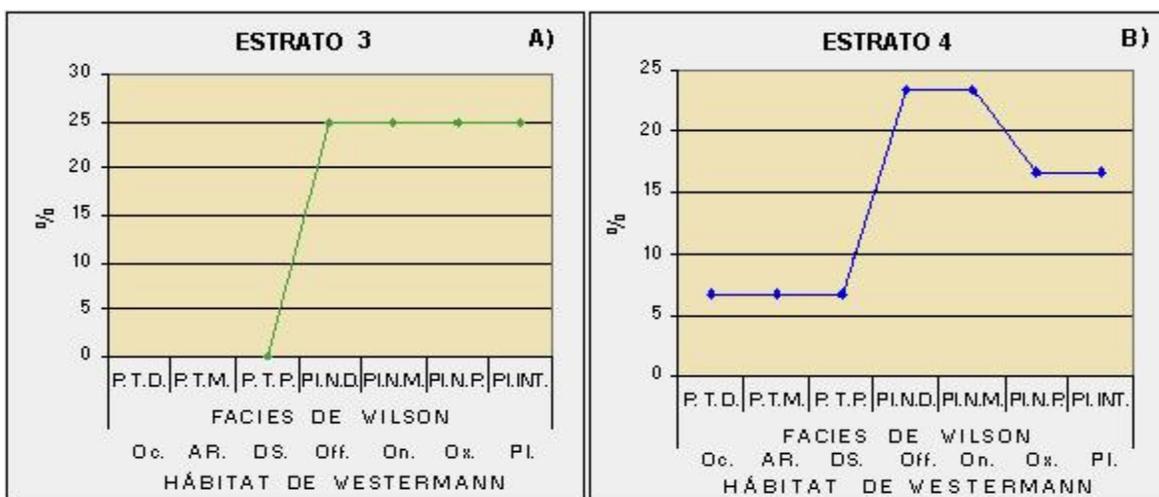
Cuadro 16. Índice de hábitat (Evans *et al.*, 1981), con base en lo hábitos ambientales de las familias de amonites propuestos por Westermann (1996), extrapolados a las facies de Wilson (1975). Cuadro correspondiente al estrato 12 de la columna estratigráfica (Figura 32).

Hábitat de Westermann	Oc.	AR.	DS.	Off.	On.	Ox.	PI.
Facies de Wilson	Pendiente de Talud			Plataforma Nerítica			Plataforma Intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Total <math>\Sigma = 1</math></b>				<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>
<b>Porcentaje</b>				<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

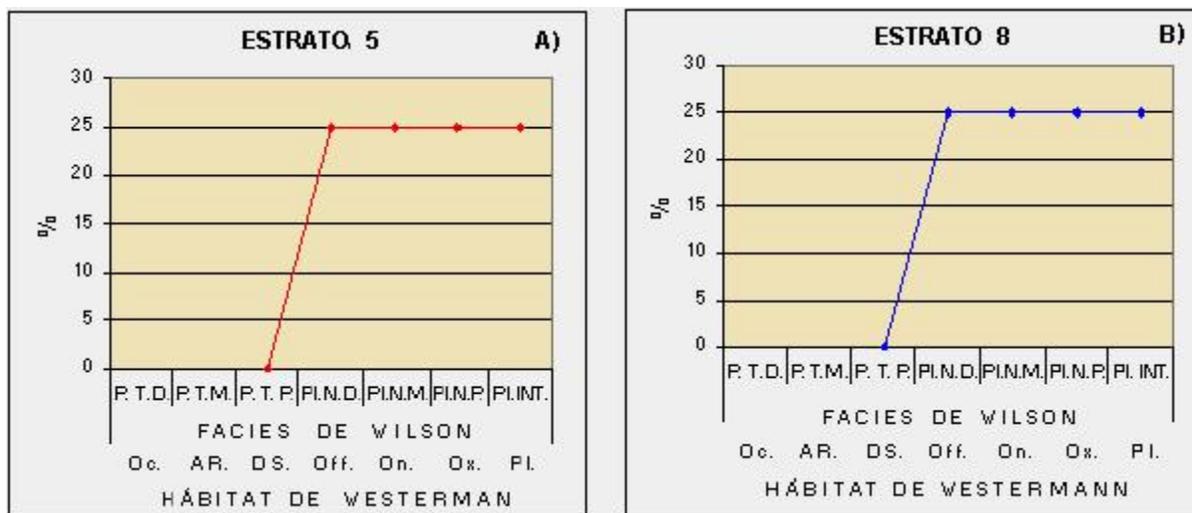
**Espectros de hábitat para las familias de amonites (Phylloceratidae, Arietitidae, Oxynoticeratidae, Echioceratidae) de cada uno de los estratos que conforman el afloramiento “El Potrero” (Figura 32).**



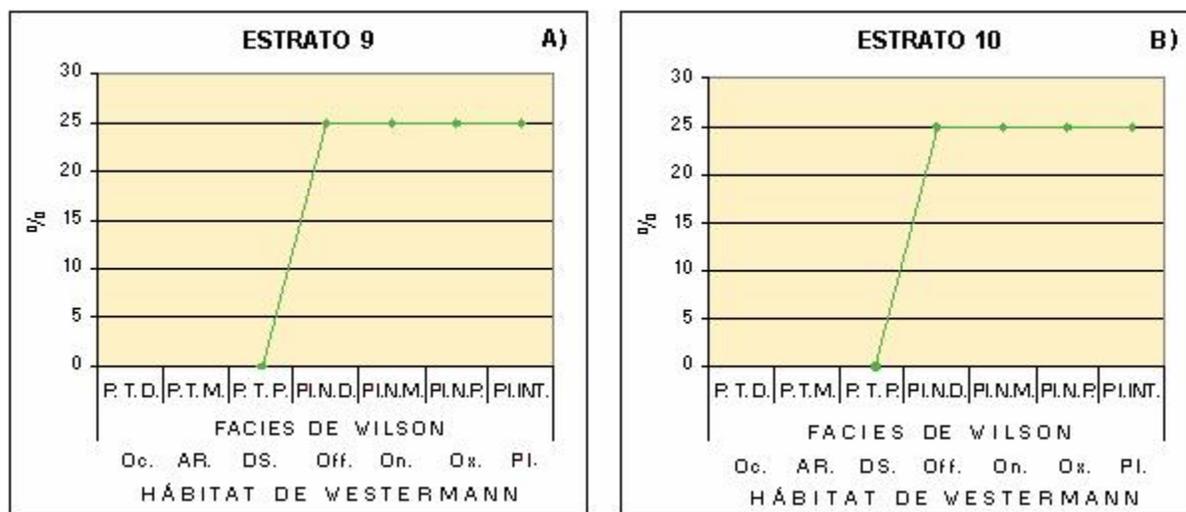
Figuras 39. Espectros taxonómicos de Hábitat (Sánchez, 1999). A) Arietitidae, Echioceratidae representativas de ambientes de plataforma nerítica distal y media, seguido de plataforma proximal e intermareal (facies de Wilson extrapoladas al hábitat de Westermann (1996). La presencia de Phylloceratidae (Cuadro 7, Anexo 4) indica ambiente de pendiente de talud distal, media y proximal. B) Echioceratidae representativa de ambiente de plataforma nerítica distal a plataforma intermareal (Cuadro 8, Anexo 4).



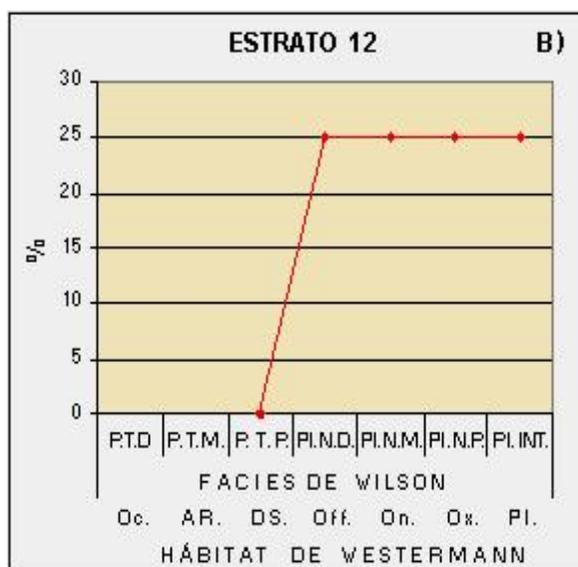
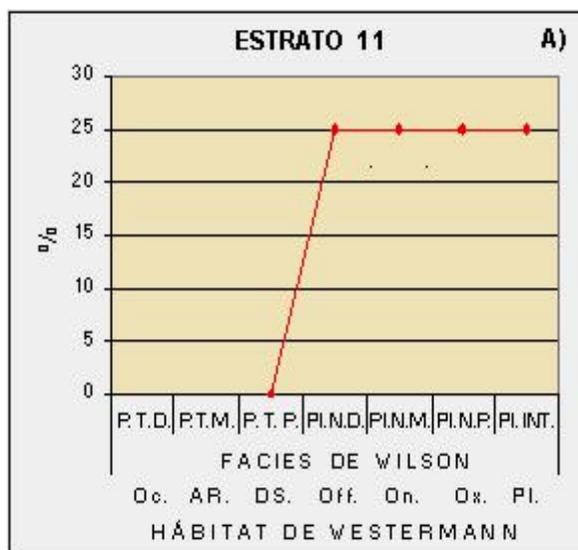
Figuras 40. Espectros taxonómicos de Hábitat (Sánchez, 1999). A) Echioceratidae representativa de ambiente de plataforma nerítica distal a plataforma intermareal (Cuadro 9, Anexo 4). B) Oxynoticeratidae, Echioceratidae representativas de ambientes de plataforma nerítica distal y media, seguido de plataforma proximal e intermareal (facies de Wilson extrapoladas al hábitat de Westermann (1996). La presencia de Phylloceratidae (Cuadro 10, Anexo 4) Indica ambiente de pendiente de talud distal, media y proximal.



Figuras 41. Espectros taxonómicos de Hábitat (Sánchez, 1999). A) Oxynoticeratidae, Echioceratidae representativas de ambiente de plataforma nerítica distal a plataforma intermareal (Cuadro 11, Anexo 4). B) Arietitidae, Oxynoticeratidae y Echioceratidae representativas de ambientes de plataforma nerítica distal a plataforma intermareal (Cuadro 12, Anexo 4) Nota: los estratos 6 y 7 no tienen representantes fósiles de las familias de amonites (Cuadro 4, Anexo 2).



Figuras 42. Espectros taxonómicos de Hábitat (Sánchez, 1999). A) Echioceratidae representativa de ambiente de plataforma nerítica distal a plataforma intermareal (Cuadro 13, Anexo 4). B) Echioceratidae representativa de ambiente de plataforma nerítica distal a plataforma intermareal (Cuadro 14, Anexo 4).



Figuras 43. Espectros taxonómicos de Hábitat (Sánchez, 1999). A) Oxynoticeratidae, Echioceratidae representativas de ambientes de plataforma nerítica distal a plataforma intermareal (Cuadro 15, Anexo 4). B) Echioceratidae representativa de ambiente de plataforma nerítica distal a plataforma intermareal (Cuadro 16, Anexo 4).

**Espectros de valor ponderado de abundancia de Westermann (1996) de las familias de amonites (Phylloceratidae, Arietitidae, Oxynoticeratidae, Echioceratidae) de cada uno de los estratos que conforman el afloramiento “El Potrero” (Figura 32).**

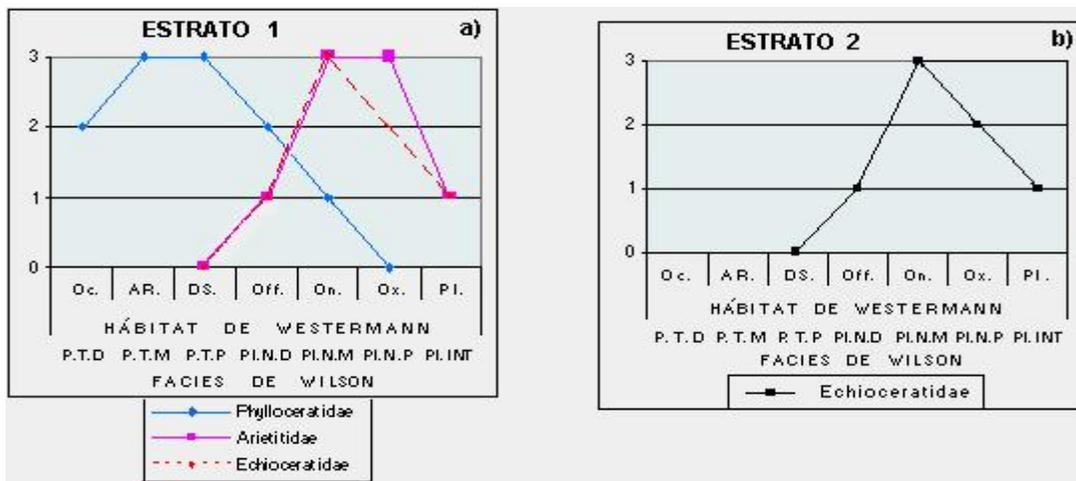


Figura 44. Espectro de valor ponderado de Westermann (1996) al índice de hábitat (Evans, 1981). a) familias representativas de ambiente desde pendiente de talud hasta plataforma intermareal. La presencia de Phylloceratidae indica ambiente de pendiente de talud distal a plataforma nerítica proximal. b) familia representativa de ambiente de plataforma nerítica media (facies de Wilson, 1975 extrapoladas al hábitat de Westermann, 1996).

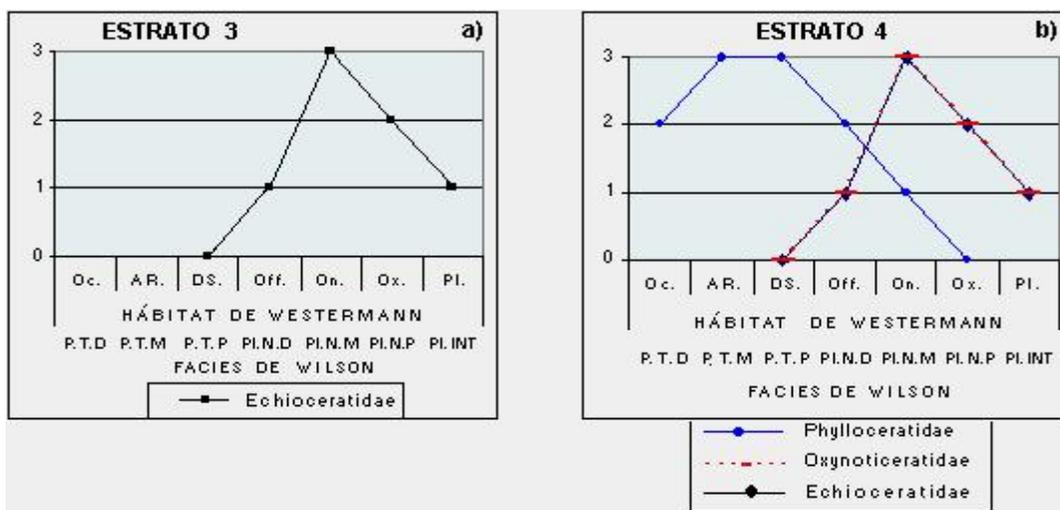


Figura 45. Espectro de valor ponderado de Westermann (1996) al índice de hábitat (Evans, 1981). a) familia representativa de ambiente de plataforma nerítica media (facies de Wilson, 1975 extrapoladas al hábitat de Westermann, 1996). b) familias representativas de ambiente desde pendiente de talud hasta plataforma intermareal. La presencia de Phylloceratidae indica ambiente de pendiente de talud distal a plataforma nerítica proximal.

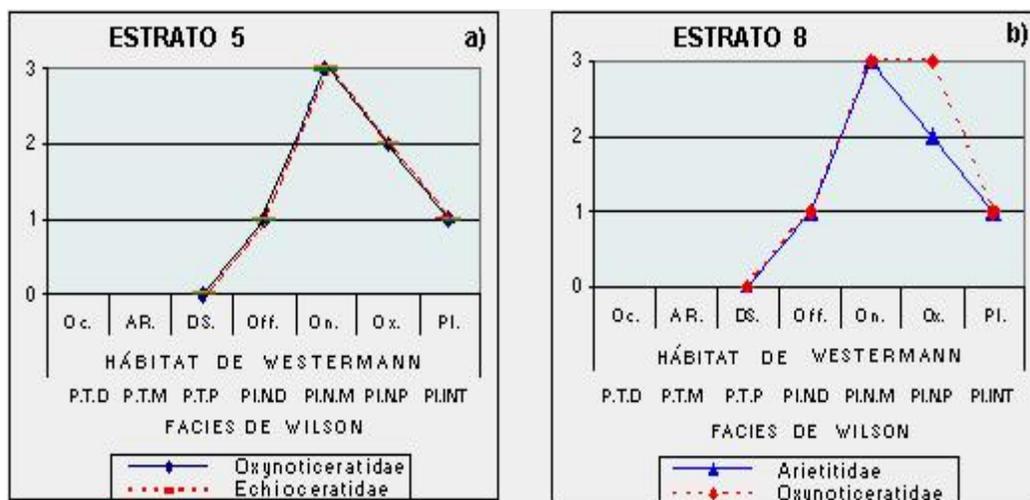


Figura 46. Espectro de valor ponderado de Westermann (1996) al índice de hábitat (Evans, 1981). a) familias representativas de ambiente de plataforma nerítica media (facies de Wilson, 1975 extrapoladas al hábitat de Westermann, 1996). b) familias representativas de ambiente desde pendiente de talud proximal hasta plataforma intermareal. Nota: los estratos 6 y 7 no tienen representantes fósiles de las familias de amonites (Cuadro 4, Anexo 2).

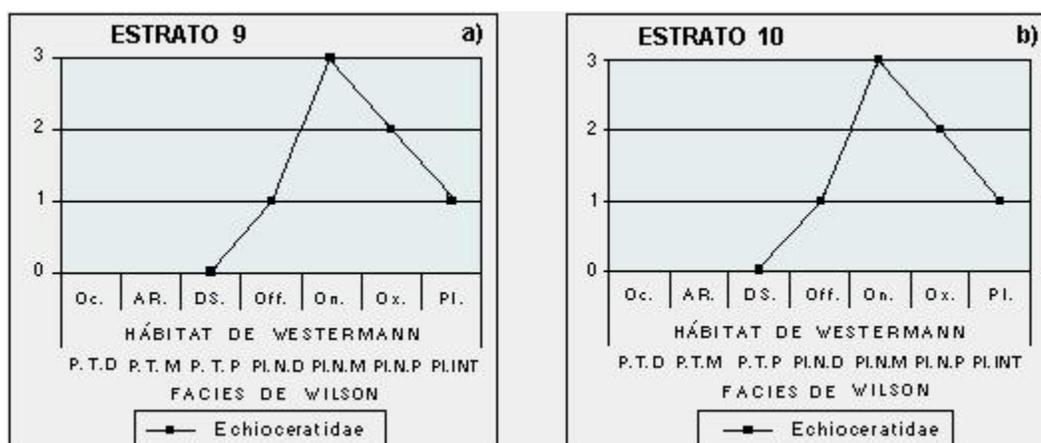


Figura 47. Espectro de valor ponderado de Westermann (1996) al índice de hábitat (Evans, 1981). a) y b) familias representativas de ambiente de plataforma nerítica media (facies de Wilson, 1975 extrapoladas al hábitat de Westermann, 1996).

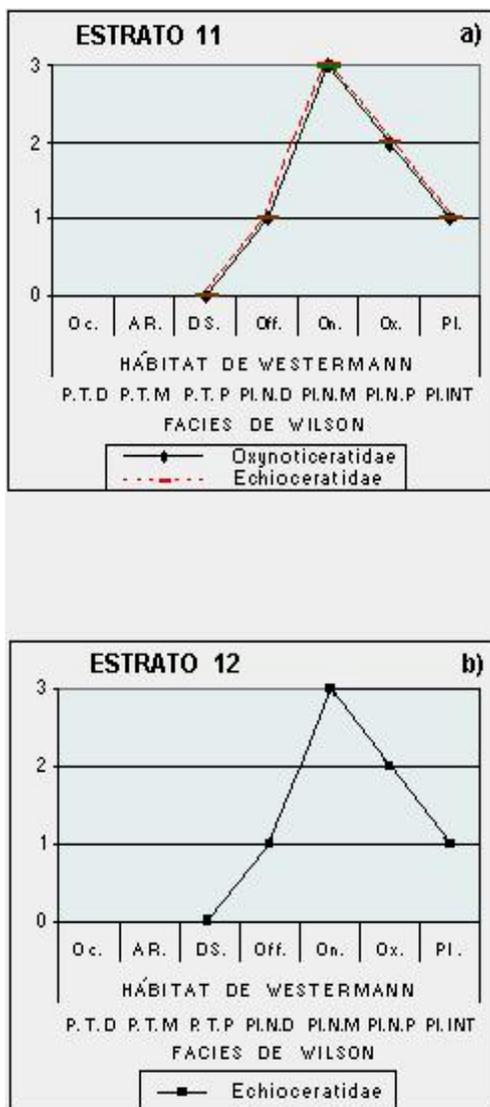


Figura 48. Espectro de valor ponderado de Westermann (1996) al índice de hábitat (Evans, 1981). a) familias representativas de ambiente de plataforma nerítica media. b) familias representativas de ambiente de plataforma nerítica media (facies de Wilson, 1975 extrapoladas al hábitat de Westermann, 1996)

**Distribución de frecuencias por tallas en función de las medidas de los fósiles, considerados como bioclastos, de cada capa que conforma el afloramiento “El Potrero” (Figura 32)**

Cuadro 17. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente al estrato 1 del afloramiento “El Potrero”.

<b>ESTRATO 1</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	11.82		
2	14.18		
3	14.21		
4	16.06		
5	19.62		
6	31.98	10 - 24	5
7	32.53	25 - 39	5
8	34.19	40 - 54	3
9	38.27	55 - 69	0
10	38.80	70 - 84	1
11	43.73		
12	45.12		
13	53.09		
14	78.98		

Cuadro 18. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente al estrato 2 del afloramiento “El Potrero”

<b>ESTRATO 2</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	6.95		
2	10.67		
3	27.46	6 - 15	2
4	29.18	16 - 25	0
5	29.90	26 - 35	4
6	31.71	36 - 45	1
7	41.59		

Cuadro 19. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente al estrato 3 del afloramiento “El Potrero”

<b>ESTRATO 3</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	6.95		
2	7.61		
3	7.72	6 – 10	6
4	9.69	11 – 15	1
5	10.14	16 – 20	1
6	13.32	21 - 25	1
7	20.75		
8	23.21		

Cuadro 20. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente al estrato 4 del afloramiento “El Potrero”.

<b>ESTRATO 4</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	6.13		
2	7.21		
3	8.47		
4	9.16		
5	9.43		
6	10.88	5 – 18	9
7	12.67	19 – 32	1
8	13.63	33 – 46	0
9	14.98	47 – 60	2
10	28.56	61 - 74	2
11	52.81		
12	53.00		
13	64.24		
14	67.31		

Cuadro 21. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente al estrato 5 del afloramiento “El Potrero”.

<b>ESTRATO 5</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	8.74		
2	9.52		
3	9.61		
4	9.82		
5	10.32		
6	10.82		
7	12.25		
8	12.64		
9	19.18		
10	19.44	8 – 19	12
11	19.67	20 – 31	4
12	19.74	32 – 43	4
13	21.77	44 – 55	2
14	23.20	56 – 67	0
15	28.68	68 – 79	1
16	31.11		
17	32.88		
18	33.56		
19	35.10		
20	36.27		
21	49.79		
22	52.98		
23	71.38		

Cuadro 22. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente al estrato 8 del afloramiento “El Potrero”.

<b>ESTRATO 8</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	8.38		
2	11.75		
3	15.91		
4	16.77		
5	22.74	8 - 25	5
6	29.86	26 - 43	4
7	31.46	44 - 61	3
8	42.22	62 - 79	1
9	44.05	80 - 97	1
10	54.42		
11	55.23		
12	58.84		
13	70.02		
14	94.94		

Cuadro 23. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente al estrato 9 del afloramiento “El Potrero”.

<b>ESTRATO 9</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	6.50		
2	7.90		
3	9.38		
4	10.21	6 - 27	6
5	13.12	28 - 49	4
6	25.13	50 - 71	0
7	32.25	72 - 93	1
8	39.73	94 - 115	1
9	43.78		
10	44.50		
11	90.69		
12	103.17		

Cuadro 24. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente a la capa 10 del afloramiento “El Potrero”.

<b>ESTRATO 10</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	5.59		
2	6.75		
3	8.23		
4	8.69		
5	8.84		
6	9.58		
7	10.66		
8	10.86		
9	11.75		
10	12.46		
11	12.95		
12	13.90	5 – 16	13
13	14.43	17 – 28	5
14	17.02	29 – 40	3
15	18.65	41 – 52	3
16	22.27	53 – 64	2
17	23.06	65 – 76	2
18	27.88		
19	31.00		
20	33.03		
21	35.88		
22	42.96		
23	48.40		
24	51.37		
25	60.05		
26	62.27		
27	68.20		
28	78.70		

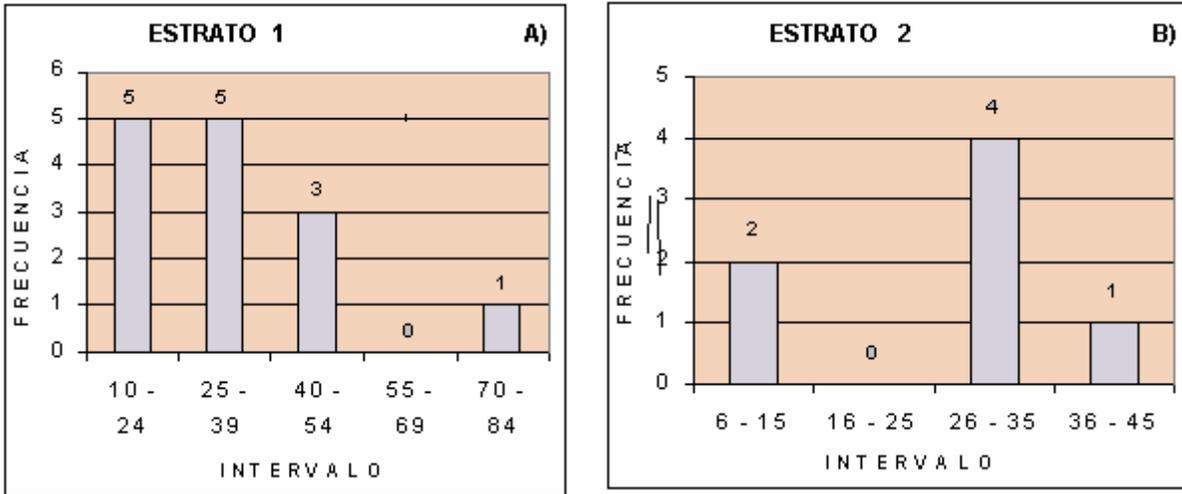
Cuadro 25. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente al estrato 11 del afloramiento “El Potrero”.

<b>ESTRATO 11</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	6.58		
2	8.81		
3	9.51		
4	9.57	6 – 18	6
5	11.67	19 – 31	2
6	17.70	32 – 44	1
7	20.02	45 – 57	2
8	25.18	58 - 70	1
9	44.39		
10	46.62		
11	48.11		
12	60.82		

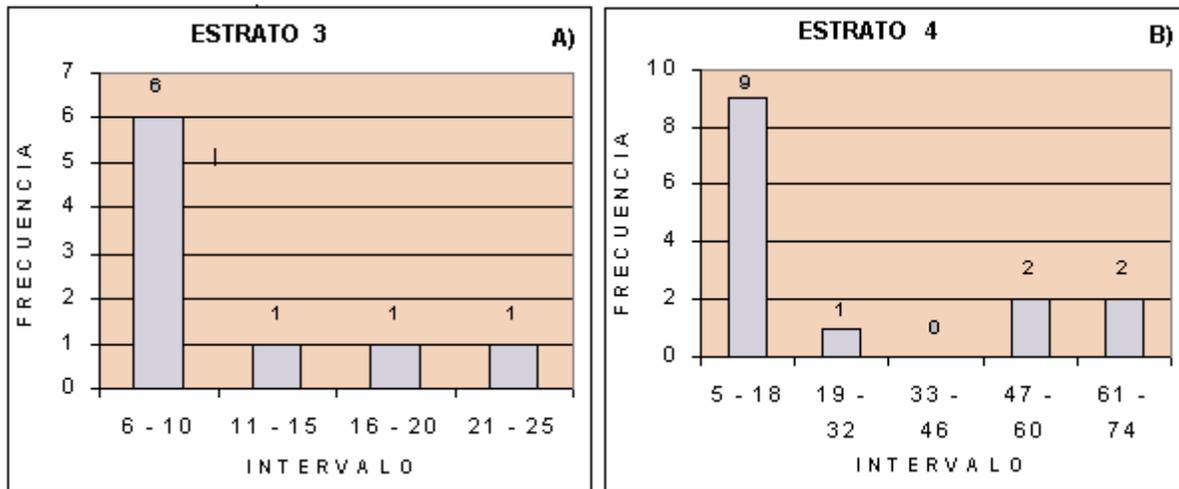
Cuadro 26. Se determinan para los fósiles como bioclastos, datos del diámetro mayor, el intervalo de clase y frecuencias relativas (Moore, 1995), correspondiente al estrato 12 del afloramiento “El Potrero”.

<b>ESTRATO 12</b>			
NO. EJEMPLAR	DIÁMETRO MAYOR mm	INTERVALOS	FRECUENCIA
1	7.55		
2	8.47		
3	8.91		
4	10.08		
5	10.76		
6	10.86		
7	12.10		
8	15.01		
9	15.44		
10	16.35		
11	16.51	7 – 18	12
12	18.17	19 – 30	8
13	22.45	31 – 42	1
14	22.58	43 – 54	1
15	24.14	55 – 66	4
16	25.21	67 - 78	1
17	25.26		
18	26.54		
19	27.44		
20	29.72		
21	38.04		
22	43.95		
23	56.27		
24	61.75		
25	61.84		
26	65.71		
27	67.96		

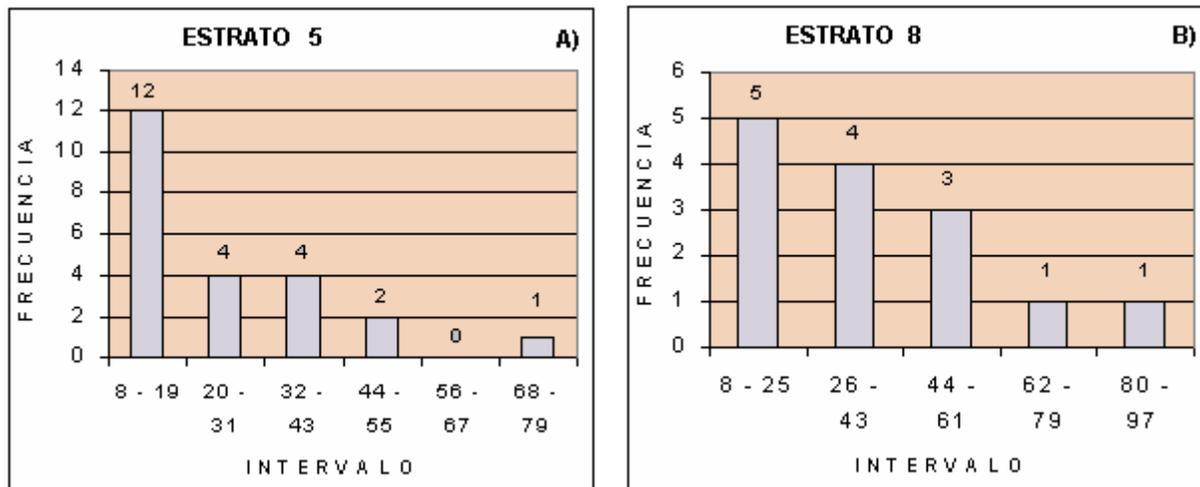
**Distribución de frecuencias por tallas en función de las medidas de los fósiles, considerados como bioclastos, de cada estrato que conforma el afloramiento “El Potrero”.**



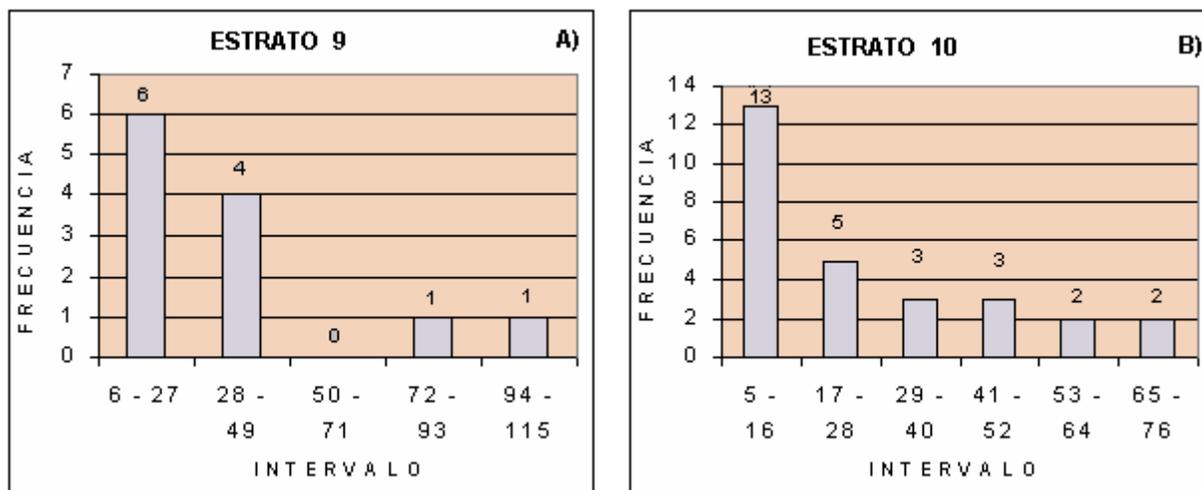
Figuras 49. Se observan datos del intervalo de clase y frecuencia relativa, obtenidos de las medidas de diámetro mayor de los fósiles como bioclastos (Cuadros 17-18, Anexo 7), correspondiente a cada capa del afloramiento “El Potrero” (Figura 32). A) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas pequeñas. B) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas medianas.



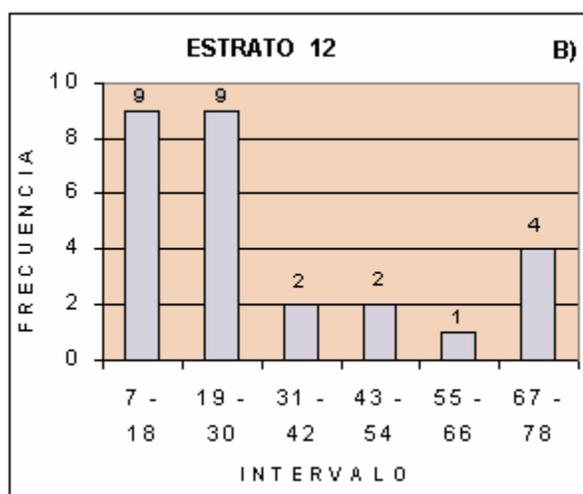
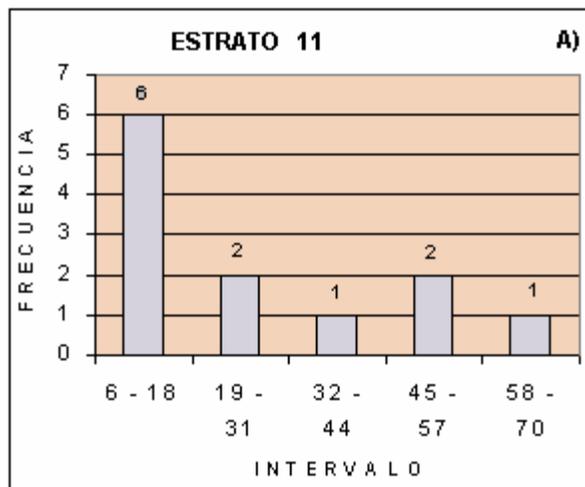
Figuras 50. Se observan datos del intervalo de clase y frecuencia relativa, obtenidos de las medidas de diámetro mayor de los fósiles como bioclastos (Cuadros 19-20, Anexo 7), correspondiente a cada capa del afloramiento “El Potrero” (Figura 32). A) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas pequeñas. B) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas pequeñas.



Figuras 51. Se observan datos del intervalo de clase y frecuencia relativa, obtenidos de las medidas de diámetro mayor de los fósiles como bioclastos (Cuadros 21-22, Anexo 7), correspondiente a cada capa del afloramiento “El Potrero” (Figura 32). A) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas pequeñas. B) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas pequeñas.



Figuras 52. Se observan datos del intervalo de clase y frecuencia relativa, obtenidos de las medidas de diámetro mayor de los fósiles como bioclastos (Cuadros 23-24, Anexo 7), correspondiente a cada capa del afloramiento “El Potrero” (Figura 32). A) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas pequeñas. B) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas pequeñas.



Figuras 53. Se observan datos del intervalo de clase y frecuencia relativa, obtenidos de las medidas de diámetro mayor de los fósiles como bioclastos (Cuadro 25-26, Anexo 7), correspondiente a cada capa del afloramiento “El Potrero” (Figura 32). A) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas pequeñas. B) Distribución asimétrica con tendencia a las tallas pequeñas.

Cuadro 27. Descripción de láminas delgadas, se observan los parámetros que propone Tucker (2001) en sección delgada.

Los números de lámina corresponden con el número de estrato del afloramiento "El Potrero" (Figura 32)

Número de lámina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	% GRANO											
<b>Cuarzo</b>	30 a 40	25	30 a 40	10 a 15	10	5 a 10	10	60	5	5	10	5 a 10
<b>Feldespato</b>	15 a 20	25	15 a 20	15 a 20	50	50	30 a 40	40	15 a 20	20 a 25	50	50
<b>Granos líticos</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Si hay	3 a 5	Ausente	-1	Ausente	Ausente	Ausente	3 a 5	Ausente
<b>Micas</b>	1 a 2 Mcv. Hem.	Mcv	1 a 2 Mcv. Hem.	1 a 2 Biot.	3 a 5	5	1 a 2	1	0.5	5 a 10	3 a 5	5
<b>Bioclastos</b>	No micrs.	1 muy pequeños.	No micrs.	No micrs.	No micrs.	No micrs.	No micrs.	No micrs.	No micrs.	No micrs.	No micrs.	No micrs.
<b>Otros</b>	Mz. Lim./ Arci.	50 Mz. Lima. y Hem.	Mz. Lim. / Arci.	Lim./ Clor.	40 Lim./ Arci.	40 Lim./ Arci./Hem	40 Lim./ Arci./Hem	30 Mz. Lim. / Arci.	80 Lim. / Hem.	Lim.50 Arc. 10	40 Lim. / Arci.	40 Lim. / Arci. / Hem.
	TEXTURA											
<b>Redondeo</b>	Frac. Cons.	Felds. Sbsesf. Reds a Sbreds.	Frac. Cons..	Cz. y Felds. muy Angs. a Sbreds. Y de Sbsesf. a casi Lamrs.	Angs. a Sbreds.	Sbsesf. a Sblamr.	Muy Angs. a Reds.	Cz y Felds. muy Angs., a Reds.	Sbangs. a Sbreds.	Angs. a Sbreds	Angs. a Sbreds.	Sbsesf. a Sblamr.
<b>Esfericidad</b>	Muy Ang. a Sbangs.	Cz. Angs. a muy Angs. y Sbsesf.	Muy. Ang. a Sbangs.	Angs. a Sbreds.	Lamrs. a Sbsesfs.	Angs. a Sbangs. /Sbreds.	Lamrs. a Sbsesfs.	Muy Esf. a Tabs. Mks; Biot. Fh. a muy Reds.	Lamrs. a Sbsesf.	Sbsesfs. a muy Lamrs.	Lamrs. a Sbsesf.	Angs. a Sbangs. /Sbreds.
<b>Sorteo</b>	Bselec.	Bselec.	Bselec.	Bselec.	Mod. selec.	Bselec.	Mod. Selec.	Bselec.	Bselec.	Mod. selec.	Mod. selec.	Bselec.
<b>Empaciamiento</b>	Ncontgr	Ncontgr.	Ncontgr	Ncontgr. Acomodado al zar	Acaot. Y 5% Thagpe	Acaot. / Hem.	Acaot.	Ncontgr salvo 1 a 2 % de Tc/c.	Len. Irre. de Arc. / Hem.	Acaot.	Acaot. Y 5% Thage.	Acaot. Hem.
<b>Orientación del grano</b>	Thagpe	Thagpe.	Thagpe.	Opcpe.	Ocaot.	Ligera Opcpe.	Ausente	Ocaot. al azar	No Opcpe.	No Opcpe.	Ocaot.	Ligera Opcpe.

Número de Lámina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Cemento</b>	Arc. / Lima. / Hem.	Lim. / Aren. / Hem.	Arc. / Lima. / Hem.	Arc. Hem.	Lim. y Arc. Hem.	Arc. / Hem.	Arc. / Hem.	Lim. / Arci. Hem.	Lim. / Arci. Hem. V. de arenas	Arc. / Hem.	Lim. y Arc. Hem.	Arc. / Hem.
<b>Remplazamiento</b>	Felds. por Arcs.	Felds. por Arcs. / Hem. Lim. por Arcs.	Felds. por Arcs.	Felds. por Arcs.	Feldsi. por Arcs.	Felds. por Arcs.	Felds. por Arcs.	Feldsi. por Arcs.	Felds. por Arcs.	Felds. por Arcs.	Feldsi. por Arcs.	Felds. por Arcs.
<b>Compactación</b>	Ccl.	Ausente	Ccl.	Ausente	GCS.	Ausente	GCS.	Contacto de arena	Ausente	Ausente	GCS.	Ausente
<b>Porosidad</b>	Frac. Ort.	Ausente	Frac. Ort.	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Tipo de arenisca</b>	Lim. / Aren.	Limt.	Lim. / Aren.	Arni. / SA.	Ara. / Lima.	Ara. / Lima.	Ara. / Lima.	Ara. / Lit.	Limt. / Lut. / Ser.	Lim. / Aren. (SA)	Ara. / Lima.	Ara. / Lima.
<b>Ambiente deposicional</b>	M., Pla., S., 1/2 E.	M., Pla., S., SbMamto.	M., Pla., S., 1/2 E.	M., Pla., S., B E. con Ilcsapo.	M., Pla., S., 1/2 E., SbM.	M., Pla., S., 1/2 E.	M., Pla., S., 1/2 E.	M., Pla., S., BE. cerca a la PAE., SbMamto.	M., Pla., S., BE.	M., Pla., S., 1/2 a A E.	M., Pla., S., 1/2 E., SbM.	M., Pla., S., 1/2 E.

**Felds.;** Feldespatos, **Feldsi.;** Feldespatos intemperizados, **No micrs.;** No microbioclastos, **Mcv.;** Moscovita, **Mks.;** Micas, **Cz.;** Cuarzos, **Fh.;** Forma de hojuelas, **Biot.;** Biotita, **Mz.;** Matriz, **Lim. / Arci. / Hem.;** Limo Arcillosa hematizada, **Arc. / Lima.;** Arcilla Limosa, **Limt.;** Limolita, **Lut.;** Lutítica, **Aren.;** Arenoso, **Clor.;** Cloritizado, **Ccl.;** Cristales de clorita, **Frac. Cons.;** Fracturas concoideas, **Ortog.;** Ortogonales, **Angs.;** Angulosos, **Sbangs.;** Subangulosos, **Reds.;** Redondeados, **Sbreds.;** Subredondeados; **Sbesfs.;** Subesfericos, **Lamrs.;** Laminar, **Sblamrs.;** Sublaminar, **Tab.;** Tbulares; **Efs.;** esfericos, **Bselec.;** Bien seleccionados, **Mod. selec.;** Moderadamente seleccionados, **Thagpe.;** Tendencia horizontal de acomodo del grano en el plano de estratificación, **Ncontgr.;** No hay contacto entre los granos, **Acaot.;** Acomodo caótico, **Ocaot.;** Orientación caótica, **Tc/c.;** Tipo cóncavo / convexo, **Lens. Irreg.;** Lentes irregulares, **Opcpe.;** Orientación preferencial de los clastos en el plano de estratificación, **V.;** Vestigios, **GCS.;** Granos en contacto saturado. **Ser.;** Seritizada, **Ara.;** Arcosa, **SA.;** Subarcosica, **Arni.;** Arenisca, **Lit.;** Lítica. **M.;** Marino, **Pla.;** Plataforma abierta, **S.;** Somero, **SbM.;** Submareal, **SbMamto.;** Submareal por arriba de la máxima oleaje de tormenta, **Ilcsapo.;** Lluvia de clastos suspendidos en el agua, proveniente del oleaje, **BE.;** Baja energía, **1/2 E.;** Media energía, **SbM.;** Submareal, **PAE.;** Playa de alta energía.

# REFERENCIAS

## REFERENCIAS

- Aberhan, M., 1994, Early Jurassic Bivalvia of Northern Chile, Part I, Subclasses Paleotaxodonta, Pteriomorphia and Isofilibranchia. *Beringeria: Würzburger Geowissenschaftliche Mitteilungen*, 13, 108.
- Aberhan, M., Muster, H., 1997, Paleobiology of Early Jurassic Bakevellid Bivalves From Western Canadá: *Paleontology*, 40(3), 799–815.
- Aguayo-Camargo, J.E., 1977, Sedimentación y Diagénesis de la Formación “Chipoco” (Jurásico Superior) en afloramientos, estados de Hidalgo y San Luís: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 9(2), 11–37.
- Algeo, T.J., Maynard, J. B., 2004. Trace-element behavior and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems: *Chemical Geology*, 206 (3-4), 289-318.
- Andrews, P.L.J.M., Evans, E.M.N., 1979, Patterns of ecological diversity in fossil and modern mammalian faunas: *Biological Journal of the Linnean Society*, 11, 177-205.
- Angeles-Cruz, C.A., 2006. Geoquímica de rocas sedimentarias jurásicas en localidades fosilíferas de la Sierra Madre Oriental (Tenango de Doria - San Bartolo Tutotepec, Hidalgo): Implicaciones paleoambientales: Hidalgo, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, tesis profesional de Licenciado en Química. 155 p. inédita.
- Arellano-Gil, J., Vachard, D., Yussim, S., Flores de Dios-González, A., 1998, Aspectos estratigráficos, estructurales y paleogeográficos del Pérmico Inferior al Jurásico Inferior en Pemuxco, Estado de Hidalgo, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15 (1), 9–13.
- Arkell, W.J., 1950, A classification of the Jurassic ammonites: *Journal of Paleontology*., 24, 345- 364.
- Arkell, W.J., Kummel, B. y Wrigth, C.W., 1957, Descriptions Systematic, *in* Moore, R.C., (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*: University of Kansas Press, The University of Kansas Press and The Geological Society of America, Inc., 129-440.
- Blau, J., Meister, C., 2000, Upper Sinemurian Ammonite Successions Based on 41 Faunal Horizons: an attempt at worldwide correlation: *Georesearch Forum*, 6, 3-12.

- 
- Blau, J., Meister, C., Schlatter, R., Schmid-Effing, R., 2001, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, Mexico). Part II: Erbenites n.g., a new Asterooceratinae: *Neues Jahrbuch für Geologie Paläontologie Monatshefte*, 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; Echioceratidae: *Revue Paleobiologie Geneve*, 22 (1), 421-437.
- Böse, E., 1894, Uebes liasische und mittelljurassische Fleckenmergel in den bayerischen Alpen: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 46, 703-768.
- Boström, K., 1973. The origin and fate of ferromangan on active ridge sediments: *Stokholm Contributions Geology.*, 27, 149-243.
- Buckman, S.S., 1909-1930, Yorkshire Type Ammonites: London, William Wesley & Sons, 1 y 3, 68-130.
- Burckhardt, C., 1930, Etudes syntétiques sur le Mésozoïque Mexicain: *Société Paleontologique Suisse*, 49 (50), 1-280.
- Caballero, A., Martínez, L., Bernárdez, J., 1998, Tablas Matemáticas, Esfinge, S.A DE C.V., México D.F., 64 p.
- Calvert, S., Pedersen, T., 1993, Geochemistry of recent oxic and anoxic marine sediments: Implication for the geological record, *Marine Geology*, 113, 67-88.
- Cantú-Chapa, A., 1971, La Serie Huasteca (Jurásico Medio-Superior) del centro este de México: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 3 (2), 17-40.
- Carrillo-Bravo, J., 1965, Estudio geológico de una parte del anticlinorio de Huayacocotla: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 17 (5-6), 73-96.
- Corrales, I., Rosell, J., Sanchez de la Torre, L.M., Vera, J.A., Villas, L., 1977, Estratigrafía: Madrid, España, Rueda, 717 p.
- Cuvier, G., 1797. *Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux*, Paris, 710 p.
- Crickmay, C.H., 1929-30, The stratigraphy of Parson Bay, British Columbia : University of California Public, *Geological Sciences*, 18, 51-70.
- Damborenea, S.E., 2000, Hispanic Corridor; Its Evolution and the Biogeography of Bivalve Molluscs: *Georesearch Forum*, 6, 369-380.

- 
- Díaz-Lozano, E., 1916, Descripción de unas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz y algunas plantas de la flora liásica de Huauchinango, Puebla: Instituto Geológico de México, 34, 1-18.
- Dommergues, J.L., Ferretti, A., Meister, C., 1994, Les faunes d'ammonites du Sinémurien de l'Apennin Central (Marches et Toscane, Italie): Boll. Society, Paleontology, Italie, 33: 13-42.
- Dumortier, E., 1867, Études paléontologiques sur les dépôts jurassiques du Bassin de Rhône, Deuxième partie, Lias inférieur. Paris (Savy), 1-252.
- D'Orbigny, A., 1842-51, Paléontologie française, Terrains jurassiques, Tome I, Céphalopodes, Paris (Masson), 1-642.
- Edmunds, M., Varah, M., Bentley A., 2003, The ammonite biostratigraphy of the Lower Lias «Armatum Bed» (upper Sinemurien-Lower Pliensbachian) at St Peter's Field, Radstock, Somerset, Proceedings Geology Association 114: 65-96.
- Erben, H.K., 1956, El Jurásico Inferior de México y sus Amonitas, en XX Congreso Geológico Internacional: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 393 p.
- Esquivel-Macias, 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.
- Evans, E.M.N., Van Couvering, J.A.H., Andrews, P., 1981, Palaeoecology of Miocene sites in western Kenya: Journal of Human Evolution, 10, 99-116.
- Felix, J., Lenk, H., 1889-1899, Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexico: Leipzig, Stuttgart, Verlag von Arthur Felix; und E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nägele), Vol. 3.
- Fenchel, T., Finaly, B.J., 1995, Ecology and evolution of in anoxic worlds, Oxford University Press. 288 p.
- Fernández-López, S.R., 2000, Temas de Tafonomía, Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid. 167 p.
- Ferrusquía-Villafranca, I. en Ramamoorthy, T., Bye, R., Lot, A., Fa, J., 1998, (compiladores), Geología de México: Una sinopsis, Oxford University Press Inc., UNAM, México, 30-40.

- 
- Flores-Castro, K., 1993, Bosquejo Estratigráfico de la Porción Oriental del Estado de Hidalgo, México: Chihuahua, México, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 63 p.
- Geyer, O.F., 1979, Ammoniten aus dem tiefen Unterjura von Nord-Peru. *Paläontologie Zoologie.*, 53 (3-4) 198-213.
- Griem W., Griem-Klee, S., 1999, Apuntes de Geología General, Clasificación y propiedad de las Rocas sedimentarias, (en línea): Universidad de Atacama, Departamento de Minas, Área de Geología, Copiapó, Chile, Acceso libre, consulta: 25 Octubre de 2006. <http://plata.uda.cl/minas/apuntes/Geologia/geologiageneral/ggcap05b.htm>
- Hallberg, R., 1976, A geochemical method for investigation of paleoredox conditions in sediments. *Ambio Special Report.*, 4, 139-147.
- Hauer, F.V., 1856, Über die Cephalopoden aus dem Lias der nordöstlichen Alpen: *Denkschr. Akad. Wiss. Wien. math.-natw. Cl.*, 11, 1-86.
- Huerta-Diaz, M. A. y Morse, J. W., 1992, Pyritization of trace metals in anoxic marine sediments: *Geochimic Cosmochimic, Act.*, 56, 2681-2702.
- Hyatt, A., 1867, The fossil Cephalopods of the Museum of Comparative Zoology: Harvard, *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, I (5), 71–102.
- Hyatt, A., 1875, Remarks on two new genera of ammonites: *Agassiceras* and *Oxynoticeras*: Boston Society of Natural History, *Proceedings*, 17, 225–235.
- 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.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1995, Carta Topográfica, Pahuatlán F-14-D-73, escala 1:50 000: México, Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1 mapa.
- Jacobs, L., Emerson, S., 1985, Partitioning and transport of metals across the O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>S interface in a permanently anoxic basin: Framvaren Fjord, Norway. *Geochimic, Cosmochimic*, 49, 1433–1444.
- Kenig, F., Hudson, J.D., Sinninghe-Damsté, J.S., Popp, B.N., 2004, Intermittent euxinia: Reconciliation of a Jurassic black shale with its biofacies: *Geological Society of America*, 32, (5), 421-424.

- 
- Lazar, O.R., 2003, The influence of sedimentary processes on element distribution in the Devonian New Albano Shale of the Illinois Basin, *GSA Abstracts with programs*, 35 (6), 83.
- Marchig, V., Gundlach, H., Möller, P., Scheley, F., 1982, Some geochemical indicators for discrimination between diagenetic and hydrothermal metalliferous sediments, *Marine Geology*. 50, 242-256.
- 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: Phylloceratoidea, Lytoceratoidea, Schloteimiidae, Arietittinae, Oxynoticeratidae, and Eoderoceratidae: *Revue Paléobiologie*, 21(1), 391–409.
- Meister, C., Blau, J., Dommergues, 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, palaeobiogeography and taxonomic addendum: *Revue Paléobiologie*, 24(1), 365–384.
- Meldahl, K. H., 2000, Paleobiology, *in* Derek, E.G., Peter, R., Crowther (eds.), *Paleobiology II*: Blackwell Publishing, 262-264.
- Mendoza-Rosales, C., Arellano-Gil, J., Silva-Romo, G., 1992, Nuevas localidades del contacto transicional de las formaciones Huizachal y Huayacocotla, en *Convención Geológica Nacional No. 11*: Veracruz, Ver., México: Sociedad Geológica Mexicana, 121 p.
- Moore, D.S., 1995, *Estadística aplicada básica*, Antoni Bosch Editor, Madrid, España, 37-43.
- Ochoa-Camarillo, H.R., 1996, *Geología del Anticlinorio de Huayacocotla en la Región de Molango, Estado de Hidalgo, México*: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis de maestría, 91 p.
- Ochoa-Camarillo, H.R., Buitrón, B.E., Silva-Pineda, A., 1997, Red Beds of the Huayacocotla Anticlinorium, State of Hidalgo, East Central México: Kansas, USA: Geological Society of America, *Abstracts with Programs*, 29 (2), 1–42.
- Ochoa-Camarillo, H.R., 1997, *Geología del anticlinorio Huayacocotla en la región de Molango, Hidalgo, México*, *en* Gómez-Caballero, A., Alcayde-Orraca, M. (eds.), *II Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados*, Pachuca, Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de

- 
- Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología de la UNAM, Guía de las excursiones geológicas, 1–17.
- Ochoa-Camarillo, H.R., Buitrón-S., B.E., Silva-Pineda, A., 1998, Contribución al conocimiento de la Bioestratigrafía, Paleoecología y Tectónica del Jurásico (Anticlinorio de Huayacocotla) en la Región de Molango, Hidalgo, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15(1), 57–63.
- Oschmann, W., 1994. Adaptative pathway of benthic organisms in marine oxygen-controlled environments. *Neues Jahrbuch für Geologie and Paläontologie-Abhandlugen*, 191,173-194.
- Pedrazzini, C., Bazañez-Loyola, M.A., 1978, Sedimentación del Jurásico Medio–Superior en el Anticlinorio de Huayacocotla-Cuenca de Chicontepec, Estados de Hidalgo y Veracruz, México: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 10 (3), 6–25.
- Rantitsh, G., Melcher, F., Meisel, T., Rainer, T., 2003, Rare earth, major and trace elements in Jurassic manganese shales of the Northern Calcareous Alps: hydrothermal versus hydrogenous origin of stratiform manganese deposits, *Mineralogy and Petrology*, 77, 109-127.
- Rueda-Gaxiola, J., Dueñas, M.A., Rodríguez, J.L., Minero, M., Uribe, G., 1993, Los anticlinorios de Huizachal Peregrina y de Huayacocotla; dos partes de la fosa de Huayacocotla: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 43 (2), 1–29.
- Sánchez, A., 1999, Implications of the avian fauna for paleoecology in the Early Pleistocene of the Iberian Peninsula: *Journal of Human Evolution*, 37, 375-388.
- Schlatter, R., Schmidt-Effing, R., 1984, Bioestratigrafía y fauna de amonites del Jurásico Inferior (Sinemuriano) del área de Tenango de Doria (Estado de Hidalgo, México), en 3er Congreso Latinoamericano Paleontología, Oaxtepec, Morelos, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Memorias, 154–156.
- Schmidt-Effing, R., 1980, The Huayacocotla Aulacogen in Mexico (Lower Jurassic) and the origin of the Gulf of Mexico, *in* Pilger, R.H. Jr. (ed.), *Symposium on the Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic*, Proceedings: Baton Rouge, USA, Louisiana State University, 79–86.

- 
- Silva-Pineda, A., 1978, Paleobotánica del Jurásico de México-Contribuciones a la Paleobotánica del Jurásico de México: *Paleontología Mexicana*, 44 (1), 1–16.
- Suess, E., 1865/66, Über Ammoniten: Wien, Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Sitzungberichte der Mathematisch–naturwissenschaftliche Classe, Abwehrblätter 1, Band 52 (1865): 71-89.
- Sutter, M., 1990, Hoja Tamasunchale, 14-Q-e (5) con Geología de la hoja Tamasunchale, estados de Hidalgo, Querétaro, San Luís Potosí: México, Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Carta Geológica de México, Serie 1:100 000, un mapa con texto, 55 p.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1995, The geochemical evolution of the continental crust: *Reviews in Geophysics*, 33, 241 -265.
- Taylor, D.G., Guex, J., Rakus M., 2001, Hettangian and Sinemurian ammonoid zonation for the Western Cordillera of North America: *Bulletin Soc. vaud. Science nature*, 87: 381-405.
- The North American Comisión on Stratigraphic Nomenclature, 1983, North American Stratigraphic Code: *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 67 (5), 841-875.
- Trueman, A.E., Williams, D.M., 1925, Studies in the ammonites of the family Echioceratidae: *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 53, 699–739.
- Tucker, M. E., 2003, *Sedimentary Petrology: Estados Unidos de Norteamérica*, Blackwell publishing Company, 262 p.
- Tucker, M.E., 2001, *Sedimentary Petrology. Tercera edición*, Blackwell publishing, Estados Unidos de Norteamérica, 1-13.
- Van Cappellen, P., Ingall, E., 1996, Redox stabilization of the atmosphere and oceans by phosphorus-limited marine productivity: *Science*, 271, 493 – 496.
- Westermann, G.E.G., 1996, Ammonid Life and Habitat, *in* Landman, N.H., Tanabe, K., Davis, R.A. (eds.), *Ammonoid Paleobiology: New York and London*, Plenum Press, 607–707.
- 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.

**GLOSARIO:**

**ALTURA (DE LA VUELTA):** Distancia entre el *venter* y la zona dorsal correspondientes a la última vuelta.

**AMPLITUD (DE LA VUELTA):** Distancia entre los bordes interior y exterior de la última vuelta.

**APERTURA (DE LA CONCHA):** Zona terminal de la concha de los amonites, donde el organismo estaba en contacto con el exterior.

**ARCILLA:** Tipo de las rocas detríticas mas finas. El tamaño es menor a 1/256 mm.

**ARCOSA:** Tipo de arena con menos de 75% de cuarzo y con feldespatos más abundantes que los fragmentos de rocas.

**ARENISCA:** Arena consolidada o cementada.

**BENTOS (*BENTHOS*):** Formas de vida que habitan en el fondo del mar.

**CÁMARA:** espacio comprendido entre dos septos contiguos y que forman parte de las estructuras internas de los amonites.

**CÁMARA DE HABITACIÓN:** También denominada cámara del cuerpo, es el espacio sin divisiones de la concha, que se extiende desde la apertura hasta el último septo creado por el amonite antes de morir.

**CONCHA:** Parte anatómica dura del organismo, que le sirvió como protección durante la evolución del organismo y que gracias a ello tuvo las mejores posibilidades de conservarse fósil (la concha no corresponde la región de la protoconcha).

**CONCHA COMPRIMIDA:** Se caracteriza porque la altura de la sección de la vuelta de la concha de los amonites es claramente mayor que su anchura.

**CONCHA DEPRIMIDA:** Caracterizada por que la altura es de menor dimensión que su anchura.

**CONCHA EVOLUTA:** Es el tipo de amonite en el que las vueltas de la concha se sobreponen muy poco o nada entre sí y por ello se caracterizan por presentar una zona umbilical amplia.

**CONCHA INVOLUTA:** Es el tipo de amonite en el que las vueltas de la concha se sobreponen, de manera evidente, unas a otras, generando al mismo tiempo una zona umbilical remarcablemente estrecha.

**COSTILLA:** Rasgo de ornamentación presente en la superficie de la concha de los amonites y que se manifiesta como un pliegue que circunda a la vuelta.

**COSTILLA SIMPLE:** Se caracteriza por no presentar ramificación alguna y que cubre una distancia que generalmente va de la zona dorsal a la ventral de la vuelta.

**COSTILLAS BIFURCADAS:** Son aquellas que en alguna parte del flanco de la concha se dividen en dos.

**COSTILLAS CÓNCAVAS:** Son aquellas que describen una línea curva en sentido contrario a la dirección de la apertura del amonite.

**COSTILLAS CONVEXAS:** Son aquellas que describen una línea curva en sentido contrario a la dirección de la apertura del amonite.

**COSTILLA SIMPLE:** Se caracteriza por no presentar ramificación alguna y que cubre una distancia que generalmente va de la zona dorsal a la ventral de la vuelta.

**COSTILLAS DENSAS:** Son costillas que se encuentran estrechamente espaciadas o muy juntas sobre la superficie externa de la concha de los amonites.

**COSTILLAS DISTANTES:** Son costillas que se encuentran ampliamente espaciadas entre sí en la superficie externa de la concha de los amonites.

**COSTILLAS PROSIRADIADAS:** Son aquellas que tienen una flexión en sentido a favor del crecimiento o de la apertura de la concha del amonite.

**COSTILLAS RURSIRADIADAS:** Son aquellas que presentan una flexión en dirección opuesta a la dirección de la apertura del amonite.

**ESTRATIFICACIÓN:** Disposición de las rocas sedimentarias en sucesivos estratos.

**ESTRATO:** Nivel simple de litología homogénea o gradacional, depositado de forma paralela a la inclinación original de la formación. Está separado de los estratos adyacentes por superficies de erosión, cambio abrupto en el carácter.

**ESPACIOS INTERCOSTALES:** Son los espacios que existen entre cada una de las costillas, están relacionadas con la densidad o distancia de las costillas.

**FACIES:** Conjunto de características litológicas y paleontológicas que definen una unidad estratigráfica, o conjunto de estratos, y que permiten diferenciarla de las demás.

**FLANCO DE LA VUELTA:** Es la pared lateral de la concha de los amonites y abarca la zona comprendida entre los hombros umbilical y ventral.

**FORMACIÓN:** Conjunto de rocas estratificadas que se caracterizan por su homogeneidad litológica, de forma mas o menos tabular, cartografiable en superficie o que puede seguirse en el subsuelo.

**FRAGMOCONO:** Es la parte de la concha de los amonites que se encuentra dividida totalmente en cámaras debido a las paredes transversales llamadas septos, o bien las cámaras deshabitadas de la concha.

**FORMA DE LA VUELTA:** También denominada sección transversal de la vuelta y que en términos generales puede ser:

**FOSIL ALÓCTONO:** Organismo que es fosilizado lejos de su hábitat.

**FOSIL AUTÓCTONO:** Organismo que es fosilizado dentro de su hábitat.

**GRUPO:** Conjunto de Formaciones y que puede seguirse en el subsuelo.

**HOMBRO UMBILICAL:** Es la zona, proximal al ombligo, en donde la concha del amonite cambia evidentemente de dirección, formando un hombro.

**HOMBRO VENTRAL:** Es la zona, proximal al *venter*, en donde la concha del organismo cambia ligeramente de inclinación.

**LIMO:** Sedimento no compactado ni sementado, con tamaño de grano comprendido entre 1/16 mm.

**LIMOLITA:** Roca compactada, formada por partículas de tamaño limo.

**LÍNEA DE SUTURA:** Rasgo anatómico estructural de la concha de los amonites ubicada como parte del grosor de la concha misma, es decir entre las costillas y los septos, y que le daba un mayor soporte a la presión que el agua del mar ejercía sobre el organismo.

**LÓBULO:** Es un elemento que conforma a la línea de sutura y que se caracteriza por describir una línea cuyo arqueamiento está en posición contraria a la dirección de crecimiento de la concha.

**MADUREZ MINERALÓGICA:** El sedimento detrítico se aproxima al producto mineralógico final debido a los procesos que actúan sobre dicho sedimento.

**MADUREZ TEXTURAL:** Se define con base al grado de redondeamiento, el calibrado de las partículas y el contenido en la matriz.

**MAR EPICONTINENTAL:** Cuerpo de agua marina que se desarrollo exclusivamente sobre plataformas continentales.

**NECTON, NEKTON:** Conjunto de organismos dotados de la facultad de nadar libremente.

**OMBLIGO:** Depresión que se observa alrededor del eje de enrollamiento de los amonites y que queda delimitada por la última vuelta del organismo.

**ORNAMENTACIÓN:** Es el conjunto de rasgos exteriores de la concha de los amonites y que la caracterizan de manera individual, hasta el nivel de género o de especie, comprendiendo las costillas, los tubérculos, los surcos y las quillas.

**ONTOGENIA:** (morfogénesis u ontogénesis) describe el desarrollo de un organismo, desde el óvulo fertilizado hasta su forma adulta.

**PROTOCONCHA:** Es la primer concha o la concha que se forma al inicio del crecimiento del organismo y que ocupa una posición central en el amonite.

**PALEOAMBIENTE:** Conjunto de características bióticas y abióticas que conforman una asociación fósil y el medio que los rodeaba.

**PLACA COLUMNAR:** Elemento estructural serial que compone las columnas de soporte de los equinodermos sésiles.

**PLANCTON, PLANKTON:** Conjunto de organismos que flotan o nadan, generalmente cerca de la superficie de las aguas, y que se caracterizan por tener una capacidad mínima, e incluso nula, para dirigir sus desplazamientos.

**PLATAFORMA CONTINENTAL:** Zona que se extiende desde el límite inferior de la playa hasta el borde superior del talud continental.

**PROTOCONCHA:** Es la primer concha o la concha que se forma al inicio del crecimiento del organismo y que ocupa una posición central en el amonite.

**QUILLA:** Es un escarpe estructural o protuberancia continua y distintiva que se encuentra de manera longitudinal a lo largo del *venter*.

**SEPTO:** Es una pared interna y transversal a la dirección de crecimiento de la concha del amonite, para dividir a ésta en cámaras.

**SUBARCOSA:** Areniscas ricas en cuarzo de 75% a 95% y feldespatos más abundantes que fragmentos de rocas.

**TUBÉRCULO.** Rasgo de ornamentación de la concha de los amonites y que se caracteriza por ser una proyección o protuberancia, sobre las costillas, de la concha.

**UNIDAD ESTRATIGRÁFICA:** Volumen determinado de rocas de la corteza terrestre, que se puede medir.

**VENTER:** Zona más externa de la concha de los amonites y ubicada en posición opuesta a la zona umbilical. Frecuentemente es en esta zona donde se presentan los surcos y las quillas de los amonites.

**VUELTA:** Es la porción de la concha de los amonites que comprende un giro de 360 grados, tomándose preferentemente para su descripción en la zona próxima.

**ZONA FOTICA:** Región de la columna de agua que permite el paso de la luz.

**ZONA SUBMAREAL:** Toda la masa de agua y fondo incluido que yace por debajo del mínimo nivel de oscilación cíclico de la marea.

**ZONA UMBILICAL:** Es el diámetro de la zona deprimida de la concha, que comprende todas las vueltas internas y que no engloba a la última vuelta de la concha

### **Abreviaturas y significado empleados en el texto**

**CG:** Cromatografía de gases.

**INAA:** Análisis instrumental por activación neutrónica.

**Ph:** Fitano (2, 6, 10,14-tetrametil-hexadecano).

**ppm:** Partes por millón (mg del elemento / Kg de muestra).

**Pr:** Pristano (2, 4,10 ,14-tetrametil-pentadecano).

**UCC:** Grupo de datos empleados para la normalización.

**%wt:** Porcentaje en peso de un elemento respecto al peso total de la muestra.

**XRF:** Fluorescencia de Rayos X.