



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO.**

---

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA.  
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA.  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA.**

INTERPRETACIÓN DE PALEOAMBIENTES MARINOS DEL GRUPO  
HUAYACOCOTLA  
CON BASE EN INVERTEBRADOS FÓSILES EN LA LOCALIDAD "PEÑA BLANCA",  
MUNICIPIO DE SAN BARTOLO TUTOTEPEC, HIDALGO, MÉXICO.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

**ARIANA GRANADOS LEÓN.**

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

**PACHUCA DE SOTO, HIDALGO 2007.**

La presente tesis fue financiada bajo el proyecto de investigación “Determinación de Indicadores Petrogenéticos y Paleoambientales en rocas y material fósil de la Sierra Madre Oriental, mediante la aplicación de Técnicas Geoquímicas” con recursos del programa SEP-PIFI 3.1, de quien es responsable el Dr. Kinardo Flores Castro del Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

## **DEDICATORIA:**

### **A mis padres:**

Gerónimo Granados y Margarita León, por su apoyo económico y moral durante los años que me llevo realizar mi carrera profesional.

### **A mis Hermanos:**

Pily, Norma, Manuel y de una manera especial a Silvia y Octavio Q. E.  
P.D.

### **A mis cuñados:**

C.p Edmundo León, Ing. Enrique Tovar por las aportaciones económicas que me ayudaron a terminar mi carrera. Al Prof. Francisco Ramón porque motivaste a mi mamá para que pudiera continuar mis estudios profesionales y tus sabios consejos que me hicieron crecer como persona.

### **A ti Hugo:**

Por confiarme tu computadora, darme el escaner y la impresora que ocupe para realizar la presente.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A mi papá y a tí má! Gracias por dejarme nacer, por darme el dinero que me gaste en mi formación profesional, los sacrificios económicos que hiciste para que pudiera salir adelante, mil gracias por estar con migo en las alegrías y más en los momentos en los que pensé que ya no podía, los quiero mucho.

Pily, Norma, Tavo y Manuel, por que nunca me han dejado sola y compartir mis alegrías y mis enojos que son más comunes, gracias por no creer que podía eso me motivo a salir siempre adelante, pese a todas las dificultades que dios nos ha mandado siempre nos mantenemos juntos, los quiero.

Al Ing. Octavio Granados León por las fotos que tomaste de mis amonites y tus correcciones en la edición de mis fotos, te quiero mucho, sé que esperabas este momento para compartir con migo la felicidad de titularme siempre estarás en mi corazón.

A mi hermana Silvia porque siempre has sido un ejemplo de vida para mí.

A mis sobrinos: Enrique, Ale, Hailenee, Javi, Dany y Manolito, por soportar mis gritos, los quiero mucho!!!!!!

Al Dr. Carlos Esquivel Macias por haberme dado la oportunidad de entrar a su trabajo de investigación en el cual se llevo a cabo esta tesis y al Dr. Kinardo Flores por sus correcciones acertadas a esta tesis y por la gestión de la beca que me fue otorgada, les agradezco su valiosa amistad.

Al Dr. Alberto Blanco Piñón por sus valiosas sugerencias al inicio de trabajo y por su amistad.

Elvis te agradezco tu compañía, amistad, y las veces que soportaste mis enojos, sin ti las cosas en el laboratorio no hubieran sido igual.

A mis compañeros del laboratorio de Paleontología, Aarón, Gelos, Jorge y Arturo, por hacer más amenas los días que estuvimos encerrados. De manera especial a Jorge Alberto González por tu ayuda con los dibujos de las columnas estratigráficas de esta tesis.

A mis amigas Mara y Roció por brindarme su confianza y cariño.

A los de JACUNA MATHATHA, por dejarme compartir con ustedes sus travesuras. De manera especial al Ing. Luis Manuel León Estrada por el tiempo que te quite con mis dudas técnicas, los quiero mucho.

A Hugo, gracias por dejarme compartir con tigo mis triunfos y fracasos, y porque siempre has estado a mi lado cuando más te he necesitado.

CONTENIDO:	Pág.
ÍNDICE.....	1
RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
Antecedentes .....	5
Justificación .....	6
OBJETIVOS:	7
General: .....	7
Particulares: .....	7
MÉTODO	7
De campo .....	8
De Gabinete y Laboratorio .....	12
ÁREA DE ESTUDIO .....	16
Vías De Acceso .....	17
Geología Regional .....	17
RESULTADOS:	21
<b>PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA .....</b>	
<b>PETROLÓGICOS.....</b>	29
<b>ESTRUCTURA DE TALLAS.....</b>	31
<b>GEOQUÍMICA.....</b>	32
<b>DISCUSIÓN.....</b>	35
<b>CONCLUSIONES.....</b>	39
<b>GLOSARIO.....</b>	40
<b>REFERENCIAS.....</b>	42
<b>ANEXOS.....</b>	49

## RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en un afloramiento denominado "Peña Blanca" que se ubica a 25 kilómetros al noroeste de San Bartolo Tutotepec, en el estado de Hidalgo. En este lugar aflora una secuencia de arenisca y limolita con fósiles de amonites (Cephalopoda, Amonoidea), almejas (Bivalvia, Posiidonidae), crinoides (Articulata, Isocrinidae) y algunos restos vegetales no identificados. Los primeros se consideran excelentes indicadores estratigráficos, y el resto son buenos indicadores ambientales. Los fósiles se recolectaron y fueron depositados en el Museo de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

En el citado afloramiento se observan dos secciones con faunas semejantes, las cuales se compararon para determinar su equivalencia paleoambiental y estratigráfica.

En el laboratorio se realizó la descripción e identificación de las especies de cefalópodos (amonoideos), *Orthechioceras pauper*, *O. incaguasiense*, *Paltechioceras tardecrescens*, *P. rothpletzi*, *P. mexicanum*, *Phylloceras sp.*, un isocrínido (Echinodermata, Articulata), y las almejas (Posiidonidae), *Posiidontis cf. semiplicata*. También se prepararon láminas delgadas para estudios petrográficos, los que junto a la morfología funcional de los amonites, aportan evidencia de un ambiente marino somero de plataforma abierta, de baja energía y cerca de la zona de oleaje.

Se utilizó la bibliografía existente para apoyar el trabajo taxonómico; asimismo, se comparó con modelos paleoambientales preexistentes que permiten visualizar el paleoambiente, integrándose la información geoquímica del área. Los afloramientos representan los horizontes del Sinemuriano europeo y norteamericano, *Oxinotum*, *Raricostatum*, *Macdonnelli* y *Aplanatum*, por lo que se acepta que la edad corresponde con la parte más alta del Sinemuriano Superior.

## **INTRODUCCIÓN**

En este trabajo se hizo una investigación sobre interpretación paleoambiental que aún es poco frecuente en México, ya que se requiere de diferentes líneas de evidencia provenientes de diversas especialidades de Ciencias de la Tierra.

En particular se busca integrar determinaciones taxonómicas, así como datos petrológico/sedimentarios del contexto físicoquímico, necesarios para entender el proceso de fosilización de los organismos en los afloramientos. Así como integrar datos tafonómicos que aportan indicadores del contexto original y datos geoquímicos, que dan argumento e interrelaciona con el análisis morfo-funcional de los taxones y del ambiente sedimentario interpretado. De esta manera, se intenta ampliar el conocimiento sobre el ambiente original que representa la paleocuenca Huayacocotla.

Con base en lo anterior, y realizado el análisis de los datos obtenidos provenientes de las diferentes líneas de investigación, se interpreta el paleoambiente en que vivieron los organismos de invertebrados que quedaron fosilizados en las rocas jurásicas de una parte de la paleocuenca Huayacocotla, correspondiente al estado de Hidalgo.

Las líneas de investigación que se utilizaron como herramientas para soportar la presente interpretación paleoambiental son:

### **Paleontología sistemática**

Es el trabajo fundamental de todo paleoecólogo ya que se requiere reconocer a los taxones fósiles con los que se trabaja para tomar en cuenta, bajo el principio del uniformismo taxonómico (Dodd y Stanton, 1990), las cualidades morfo-funcionales de cada uno como indicadoras del paleoambiente.

### **Petrología**

Se encarga de estudiar las cualidades de las rocas sedimentarias que resultan de los diferentes procesos (físicos, químicos y biológicos) que les dan origen, además de la diagénesis (compactación, recristalización y otras modificaciones al sedimento original de la roca) (Tucker, 2003). Tales



cualidades son denominadas texturales en general, incluyendo el diámetro del grano, su redondeo, esfericidad, porosidad, selección, orientación preferencial, cementación y compactación, entre otras.

Los ambientes y procesos de depósito pueden ser deducidos mediante la integración de las cualidades texturales, y ayudar a comprender mejor la historia geológica, o al menos el origen de las rocas portadoras de fósiles. También amplían, sin duda, el panorama del paleoambiente que predominó durante la deposición en un sitio determinado.

### **Tafonomía**

Es la rama de la paleontología que reconstruye patrones de conservación y destrucción selectiva del material fosilizable por medio del estudio de fenómenos, tales como, fragmentación diferencial asociada con la resistencia variable de los restos según la estructura particular de los taxones de acuerdo con los principios del actualismo y uniformismo (García-Barrera y Contreras, 1997).

Para comprender las relaciones de la asociación fósil con la comunidad original, se analizan las paleocomunidades y ecosistemas en su conjunto a través del entendimiento del ambiente deposicional y postdeposicional.

### **Geoquímica**

Esta ciencia como disciplina de la geología, ayuda a determinar las condiciones fisicoquímicas en las que se formó la roca, de ello se pueden 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, entre otros.

Los elementos traza proporcionan información que apoya la interpretación de ambientes antiguos, se definen como aquellos que se presentan en concentraciones menores a 1% en peso (% wt). Su concentración en sedimentos resulta de intemperismo, diagénesis, clasificación de sedimentos y geoquímica 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).

La actividad biológica también puede alterar la concentración de algunos elementos como Ba, Mn, Fe, P, Ni, Co, Cu, Zn y Cd que se incorporan a ciclos biológicos, o como nutrimentos, por lo que generalmente los sedimentos ricos en Ba subyacen zonas de intensa actividad biológica.

## **ANTECEDENTES**

Los primeros estudios de la Formación Huayacocotla fueron realizados por Böse (1894) quien reconoce las facies pertenecientes al Liásico y la denomina como “Pizarra Potrero”. Sin embargo, las primeras observaciones de los sedimentos marinos pertenecientes al Jurásico Inferior en el anticlinorio de dicha formación fueron hechas por Díaz–Lozano (1916) y por Burckhardt (1930) quienes se refieren a estas rocas como “sedimentos Liásicos”, de acuerdo a la fauna de amonites encontrada en éstas (Ochoa-Camarillo, 1996).

Imlay y colaboradores (1948), definieron formalmente como Formación Huayacocotla a los sedimentos marinos de la porción noreste del centro de México y restringe el nombre a los estratos que lito y biofacialmente corresponden a las capas liásicas, que afloran en la barranca del río Vinasco, cerca del poblado de Huayacocotla, Veracruz. El estratotipo que caracteriza a dicha formación se encuentra localizado en un tramo de este río, entre los ranchos la Calera y Badta (Erben 1956).

Es evidente que todos los trabajos citados se refieren a esta unidad litoestratigráfica como Formación Huayacocotla. Sin embargo, otros autores la refieren como Grupo Huayacocotla, (Schmidt Effing, 1980; Schlatter y Schmidt-Effing, 1984), al sugerir cinco Formaciones (Las Juntas, Temazcalapa, Despí, Tenango y una adicional, llamada “Capa con Plantas”), sin la formalidad requerida por el código de nomenclatura estratigráfica (NACSN, 1983), con base en la descripción litológica y en la fauna de los amonites previamente estudiados por Imlay *et al.* (1948).

Flores-Castro (1993), describe y realiza la cartografía geológica de la región de Tenango De Doria, a escala 1: 250,000 y retoma la descripción de Imlay *et al.* (1948) sobre la Formación Huayacocotla. Trabajos más recientes

de Blau *et al.* (2000, 2001, 2003) y Meister *et al.* (2002, 2005), obtuvieron la bioestratigrafía de los afloramientos del Grupo Huayacocotla en la región de Tenango de Doria, con base en la fauna de amonites y también describieron un nuevo género y dos nuevas especies de amonites que usan para discutir la conexión marina proto-Atlántico-Pacífico a través del territorio mexicano durante el Jurásico.

## **JUSTIFICACIÓN**

Ya que existe una larga serie de trabajos geológicos y paleontológicos a lo largo de varias generaciones de investigadores que confieren una buena base teórica para iniciar estudios paleoambientales en la región, en el laboratorio de paleontología de la UAEH se decidió continuarlos.

Dada la complejidad geológica y la abundante vegetación de la Sierra Madre Oriental que son un obstáculo natural para este tipo de investigaciones, los paleontólogos han preferido tradicionalmente el estudio de secuencias sedimentarias mejor expuestas en el norte del país; sin embargo, resulta de mucho interés abordar este estudio debido a la escasez de trabajos sobre la interpretación paleoambiental en México y en la región hidalguense en particular donde se busca integrar diversos conocimientos que permitan entender mejor lo que representan los sedimentos de la paleocuenca Huayacocotla del Jurásico, que hasta ahora no habían sido estudiadas con ese enfoque

La presente interpretación paleoambiental se fundamenta en una localidad cuya abundancia de fósiles y facilidad de acceso permite una investigación comparable a otras similares en curso paralelo del mismo proyecto, una de ellas en proceso de publicación (Esquivel-Macias en prensa) y otras dos tesis de licenciatura en etapa terminal (Hernández-Velazquez y Gayosso-Morales).

## **OBJETIVOS:**

### **General:**

Interpretar el paleoambiente con base en fósiles de invertebrados marinos, y empleando técnicas auxiliares como la geoquímica, petrología y tafonomía.

### **Particulares:**

- 1.- Elaborar un perfil de las secciones estudiadas, como base descriptiva del paleoambiente.
- 2.- Aportar indicadores de las características paleoambientales que representan las especies de amonites, bivalvos y crinoideos, con base en el reconocimiento de los taxones que porta el paquete sedimentario estudiado.
- 3.- Realizar un análisis de petrología sedimentaria, como evidencia de las condiciones paleoambientales que prevalecieron en el momento de la deposición de los fósiles.

## **MÉTODO**

### **De Campo:**

#### ***Búsqueda del afloramiento:***

El afloramiento fue reconocido sobre caminos de terracería en la región de San Bartolo Tutotepec, Hidalgo, México. Cuando se proyectaron las búsquedas, se inicio con la revisión de los mapas geológicos disponibles (carta geológica 1:250 000, hoja Pachuca F-14-11 y la carta topográfica 1:50 000, hoja Pahuatlán F-14-D-73 de Hidalgo, Veracruz y Puebla), se fijaron rutas que fueron exploradas y se hizo énfasis en aquellas que ofrecían posibilidades de contener material fósil, así se encontró el afloramiento de estudio que fue registrado como "Peña Blanca" (INV-37).

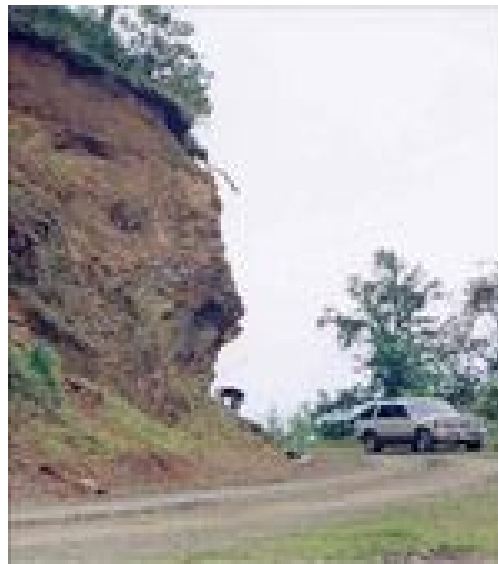
#### ***Levantamiento de un perfil:***

Consistió en hacer un registro detallado de la localidad de estudio, que incluye identificación litológica de la roca y apreciación de las estructuras sedimentarias perpendiculares al plano de estratificación. Se midió toda la estructura litológica como un estrato único, dado su aspecto masivo, aunque

posee una laminación de orden milimétrico apreciable con la más cuidadosa observación de laboratorio.

***Colecta de material paleontológico:***

Se procedió a buscar fósiles (Figura 1), notando su posición relativa y calidad de preservación. La colecta fue llevada a mano, mediante la exploración visual de la roca y extrayendo los fósiles con pica, cincel y martillo, luego se envolvieron en papel y fueron trasladados para su posterior estudio detallado en el laboratorio / museo de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



**Figura 1.-** Colecta de material fósil en el afloramiento Peña Blanca.

***Muestreo de rocas para su análisis macro y microscópico:***

Consistió en la observación de la secuencia y acomodo de los sedimentos, y posteriormente se seleccionaron las muestras representativas para su análisis, se prepararon láminas delgadas y se observaron en el microscopio petrográfico junto con el especialista en el laboratorio de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

## **De gabinete y laboratorio:**

### ***Identificación taxonómica:***

Realizada mediante comparación de caracteres diagnósticos como el tipo de concha, costillas y suturas observados en los especímenes colectados y reportados en la literatura por Blau *et al.*, (2000,2001, 2003.), Meister *et al.*, (2002, 2005) y Erben (1956).

Se tomaron fotografías del material fósil, con una cámara reflex de 35 mm y con iluminación natural complementada con lámparas laterales para evidenciar el relieve de los objetos. La película empleada fue 400 grados asa de sensibilidad y la velocidad de la exposición se respeto de acuerdo con el exposímetro manual de la cámara, permitiendo una ligera sobre-exposición para compensar el efecto del fondo oscuro empleado.

Uso de los índices de abundancia de Simpson, para establecer la estructura de la "asociación fósil" y determinar la equivalencia ambiental entre las secciones del afloramiento.

Aplicación del índice y el espectro de hábitat, según lo propuesto por Sanchez (1999), con algunas modificaciones para visualizar gráficamente el ambiente que ocupan las especies de amonites con base en la morfología funcional (Ver en anexos).

Este índice sirve para caracterizar con taxones los sitios con los niveles de ocurrencia en los diferentes hábitats de las familias de amonoideos, según la información de siete diferentes tipos de ambientes marinos (OC: oceánico, AR: Ammonito Rosso, DS: Plataforma distal / pendiente superior, Off: a cierta distancia de la costa, On: en la costa, PI: Plataforma) tomados de Westermann (1996).

Por ejemplo la familia Phylloceratidae esta reportada en cinco ambientes diferentes, según el último autor citado (escaso en On, abundante en Off y en OC, dominante en AR y DS).

Para sacar el índice de hábitat, a cada familia se le otorga el valor de 1 si esta estuviera presente sólo en un hábitat, en el caso contrario si estuviera presente en más de uno, se divide 1 entre el número de hábitats; es decir si Phylloceras esta presente en cinco hábitats se divide 1 entre 5, luego se suman todos los valores por hábitat y el resultado obtenido es sometido a una regla de tres para obtener un porcentaje de presencia.

El espectro de Hábitat se obtiene al graficar en el eje “Y” el porcentaje del índice de hábitat y en el eje “X” los tipos de hábitats, que propone Westermann, 1996, para las familias involucradas en este trabajo (Ver en anexos).

### ***Petrología:***

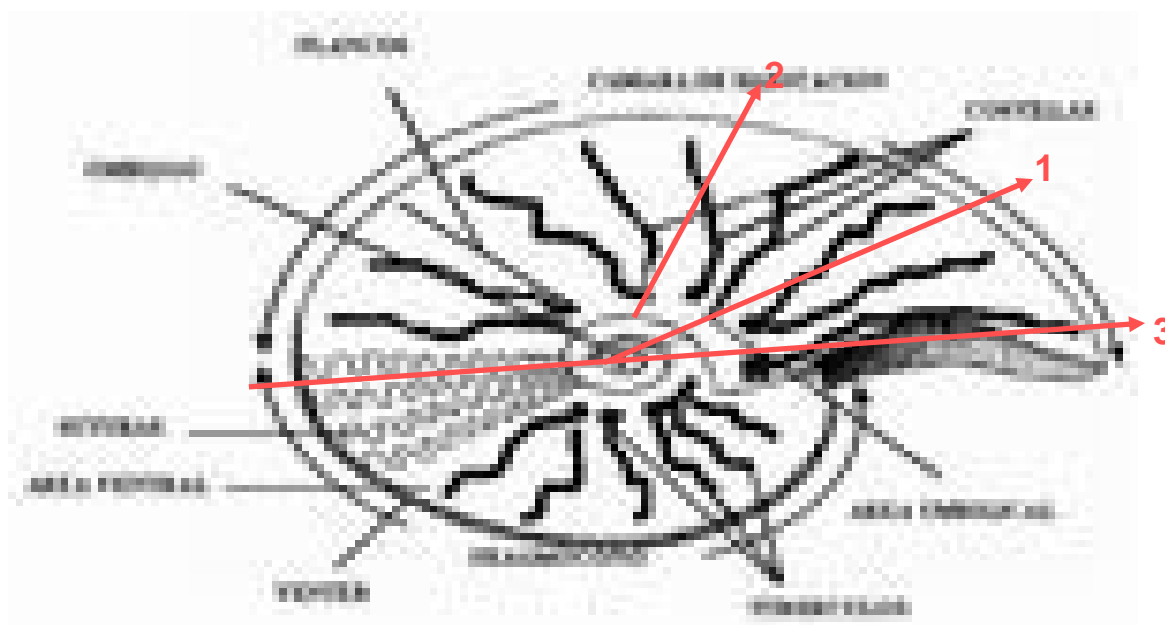
Se llevo a cabo el corte de las muestras de rocas mediante la cortadora Buehler "LAPRO SLAB SAW", posteriormente se mandaron con un proveedor especialista para elaborar laminas delgadas de 30 micras de espesor que se observaron bajo el microscopio petrográfico Olympus BX40 con oculares WH10X/22 Y objetivos 4X, 10X, 40X y 100X y condensador acromático 0.9.

Para determinar el ambiente de depósito, se analizo a detalle el acomodo de los sedimentos de acuerdo al plano de estratificación, el redondeo, angulosidad del grano y porosidad del sedimento, presencia o ausencia de bioclastos, así como la composición petrográfica sedimentaria.

### ***Tafonomía:***

#### ***Estructura de tallas:***

Conteo y medición de parámetros tales como la distancia del ombligo a la última vuelta, altura de la última vuelta, número de vueltas y el diámetro máximo de los taxones involucrados, correspondientes a los amonites y al resto de los demás taxones solo se midió el diámetro máximo, las mediciones se llevo a cabo con el vernier digital marca Mitutoyo (Figura 2).



**Figura 2.-** Parámetros de medición en los amonites: **1.-** distancia del ombligo a la última vuelta, **2.-** altura de la última vuelta, **3.-** diámetro máximo.

Uso de análisis de estructura de tallas, el cual permite establecer las diferentes asociaciones fósiles de los invertebrados, mediante la diferencia de fragmentación para demostrar el modo de deposición *in situ*.

### **Geoquímica:**

Se seleccionaron algunas muestras de acuerdo a sus características litológicas de la roca como el grado de intemperismo entre otras. Cuando se llegó al laboratorio de Ciencias de la Tierra se desempacaron y se secaron para quitar rastros de materia vegetal y tinta.

Las muestras destinadas a análisis de elementos mayores y traza fueron reducidas mediante trituración manual en morteros de ágata. Posteriormente se homogenizaron con un tamiz n. 200, se pesaron 10 g. Estos se enviaron 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 respectivo análisis, donde se analizaron por medio de Fluorescencia de Rayos X, y por Activación Neutrónica. El análisis consiste en irradiar una muestra con rayos X, en la que un haz primario genera otro secundario que presenta longitudes de onda características de los elementos



presentes en la muestra, este estudio involucra la preparación de la muestra en dos formas diferentes:

La primera es para analizar elementos traza, en donde se prepara una "tableta", compactando la muestra pulverizada. La segunda es para elementos mayoritarios, donde, la muestra pulverizada se funde con metaborato o tetraborato de litio.

Los resultados del análisis consisten en graficas de resonancia magnética que se utilizan para trazar graficas para observar la profundidad.

Cuando se obtuvo la información del análisis, el Dr. Kinardo Flores Castro hizo la interpretación paleoambiental de los respectivos elementos.

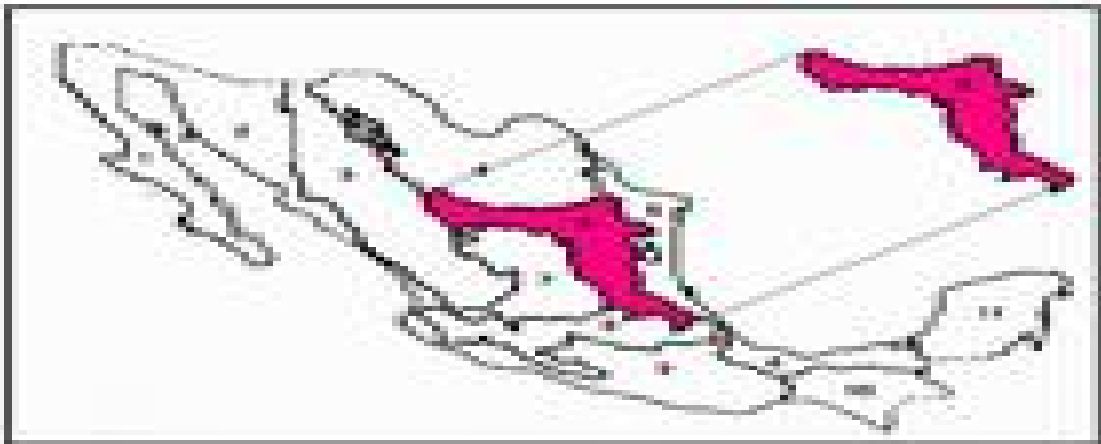
### **AREA DE ESTUDIO:**

La geología de México es particularmente compleja (Carta geológica 1: 250 000) por lo que, para su estudio se ha dividido territorialmente en once provincias morfotectónicas (Figura 3). Dentro de esta clasificación el área de estudio corresponde a la Provincia de la Sierra Madre Oriental (SMO), que regionalmente se constituye por grandes cuerpos jurásicos y cretácicos de rocas sedimentarias marinas, complejamente plegados y fallados en anticlinorios y sinclinorios. El sector este-oeste, de dicha provincia comprende el norte de Hidalgo, occidente de Veracruz y norte de Puebla y es también llamado sector transversal o bien de "cordones estrechamente espaciados" (Ferrusquía-Villafranca, 1998).

Dentro de la provincia hay numerosos cuerpos jurasicos de roca usualmente emplazados en el suroriente, donde aflora una banda casi continua. En su unidad inferior esta banda es la Formación Huayacocotla, la cual consiste en areniscas finas y de grano grueso con intercalación de conglomerados, sumamente fosilífera con plantas y amonoides, (Ferrusquía-Villafranca, 1998).

El área de estudio de la presente investigación se localiza, políticamente, dentro del municipio San Bartolo Tutotepec, y al afloramiento se le denominó Peña Blanca. Este sitio muestra evidencias de estar dividido en dos secciones denominadas "Peña Blanca I" y "Peña Blanca II" dando la impresión de ser producto de dos bloques de falla normal. En consecuencia

se definieron dos secciones con fauna de amonoides, bivalvos y crinoideos (Figuras 4, 5 y 6).

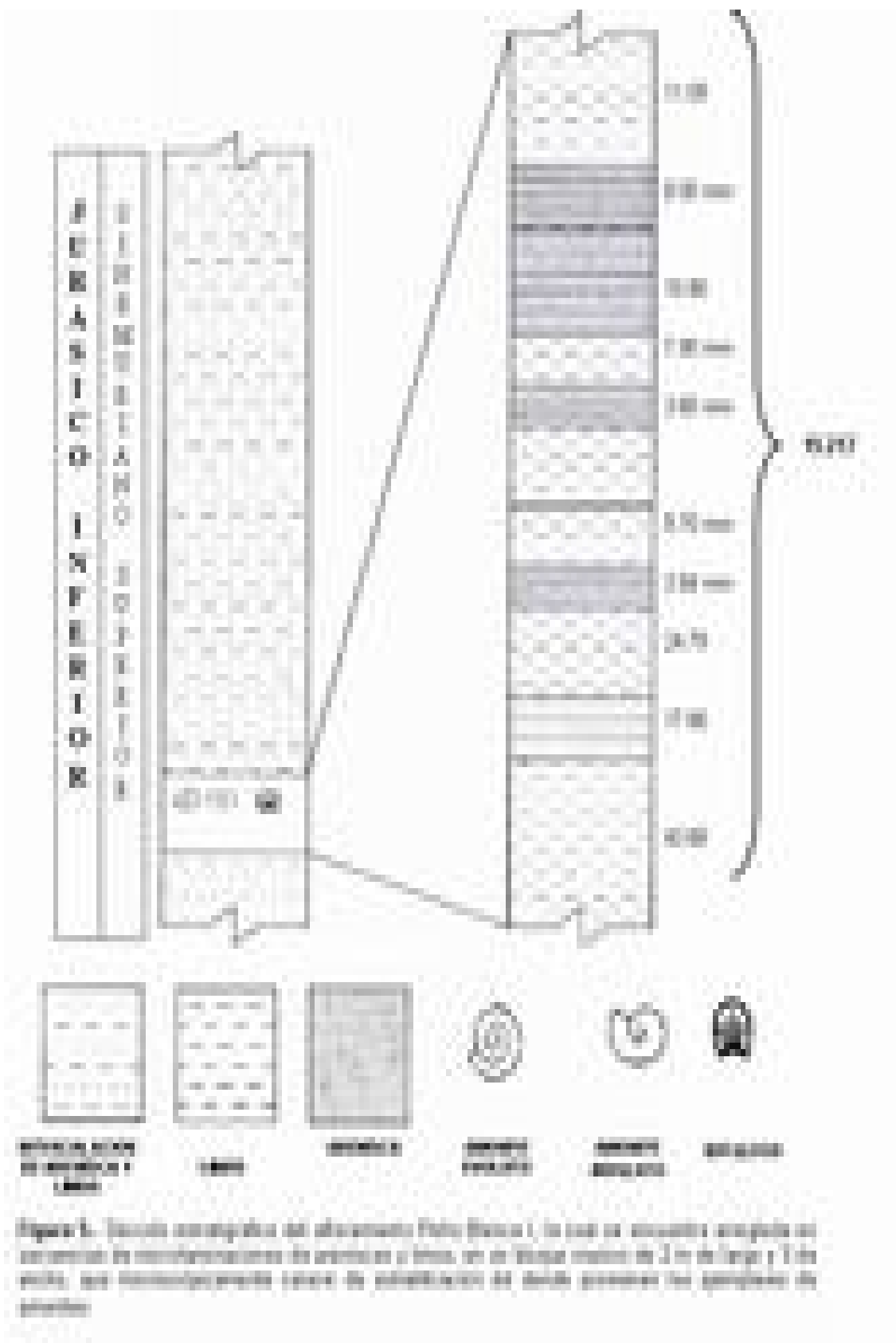


**Figura 3.- Distribución geográfica de México. 1. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. 2. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. 3. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. 4. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. 5. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. 6. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. 7. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. 8. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. 9. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. 10. Zona de San Juan de los Ríos y Salinas. (Modificado de la publicación de la Comisión Nacional de Estudios Geológicos, 1986)**



**Figura 4.- Sección del afloramiento 'Volcán de San Juan de los Ríos' en el municipio de San Juan de los Ríos, Tlaxcala, México.**

### SECCIÓN ESTRATIGRAFICA DE PEÑA BLANCA I



## SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE PEÑA BLANCA II.

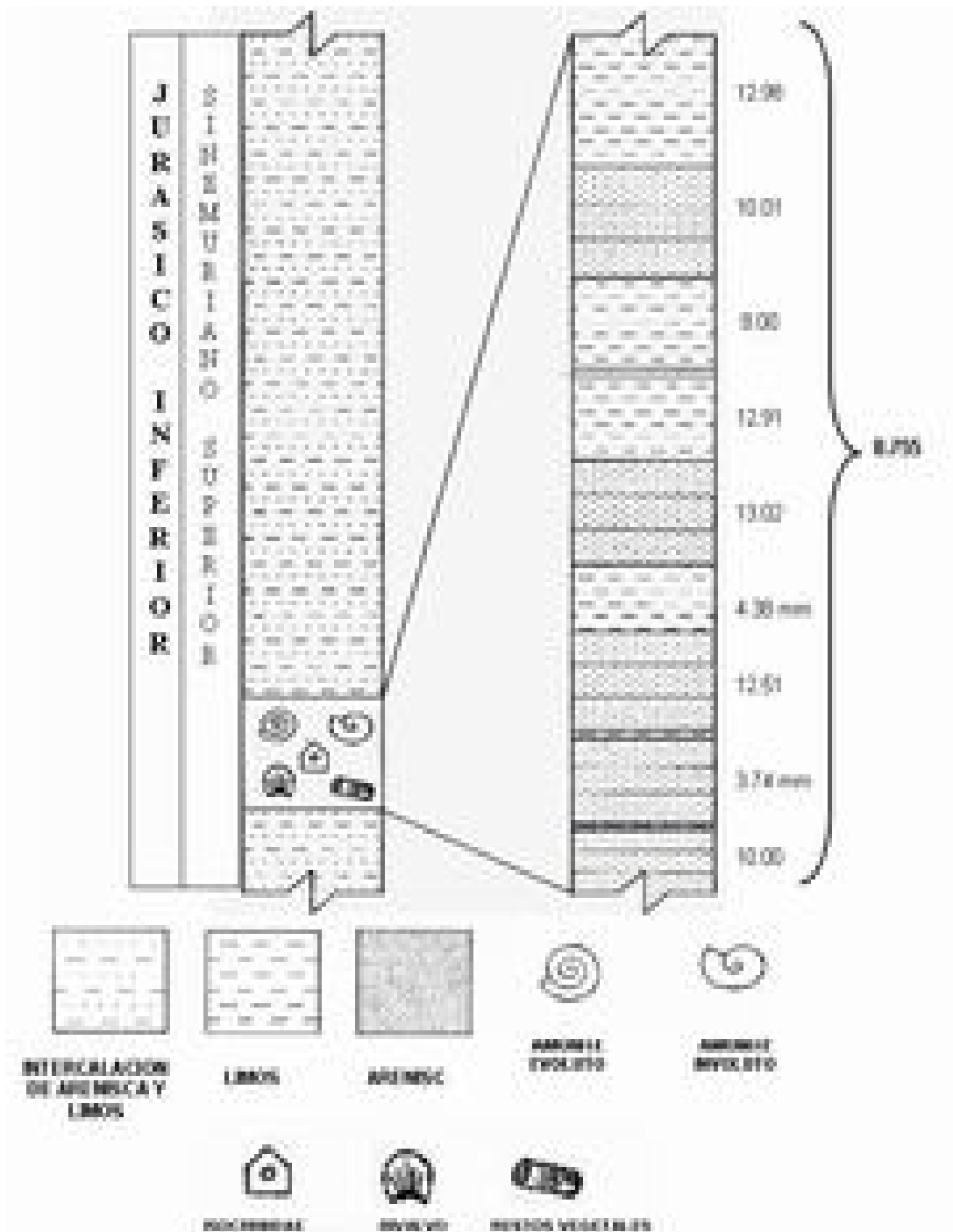
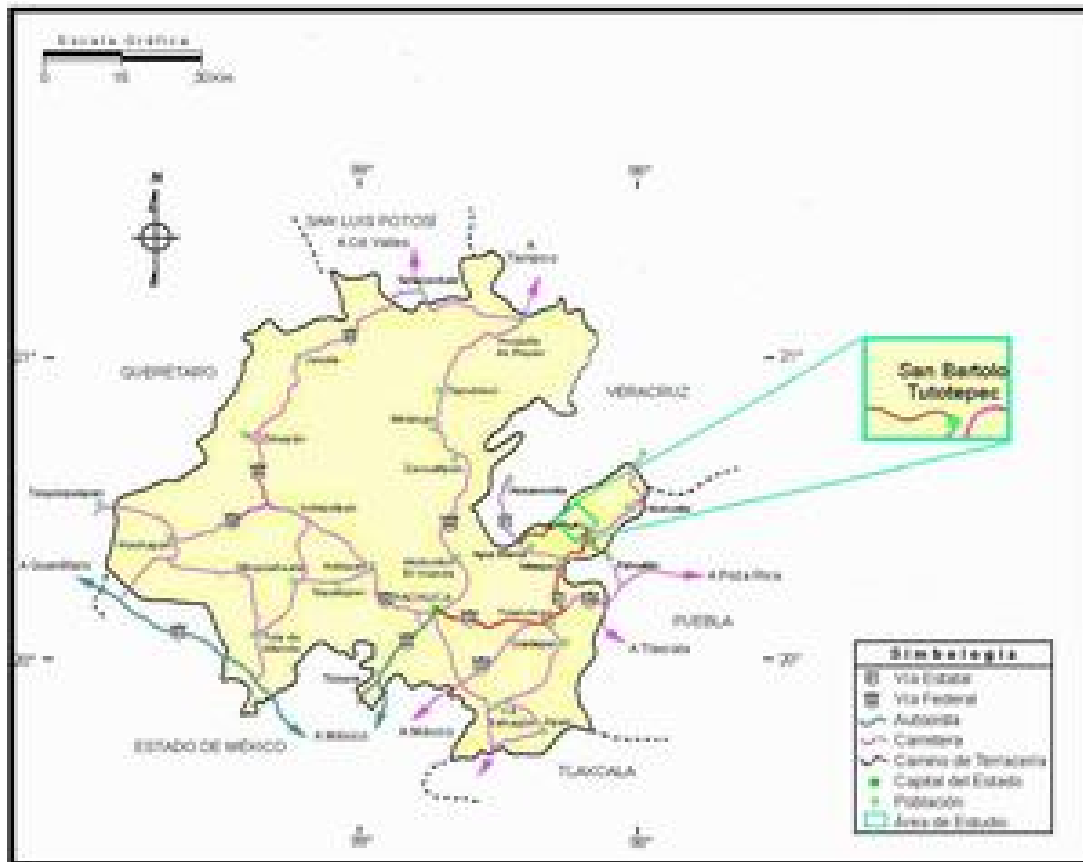


Figura 6. Sección estratigráfica del afloramiento Peña Blanca II, está integrada en secuencias de microlaminaciones de arenisca y limos, en un bloque masivo, el cual mide 50 mts. de largo por 20 de ancho, macroscópicamente carece de estratificación, de estas microlaminaciones provienen los fósiles.

## Vías De Acceso



**Figura 7.-** Mapa de localización del afloramiento Peña Blanca en San Bartolo Tutotepec, Hidalgo, México.

La principal vía de acceso desde la ciudad de Pachuca, Capital del estado de Hidalgo es por la carretera federal No. 130, Pachuca – Tulancingo. Se sigue hasta el entronque denominado "San Alejo" que se encuentra a 12 kilómetros de la ciudad de Tulancingo y que conduce al poblado de Metepec. Se toma la carretera estatal 51 que conduce a Tenango de Doria que se encuentra a una distancia de 33 km. a continuación se sigue el trayecto por una hora mas hasta la desviación de Huehuetla y San Bartolo Tutotepec tomando rumbo hacia San Bartolo, donde inicia una carretera, aproximadamente a 30 minutos de la plaza principal de San Bartolo Tutotepec se encuentra el afloramiento "Peña Blanca" ubicada con GPS  $20^{\circ}23'54.4''$  y  $98^{\circ}14'56.2''$ .

## Geología Regional

La SMO incluye las cordilleras y zonas asociadas de México centroseptentrional a partir del área de Monterrey-Salttillo. Incluye las cordilleras plegadas y geomorfos hacia el norte, desde el oriente de la faja volcánica transmexicana. La subprovincia de “cordones estrechamente espaciados” abarca las sierras altas nororientales de la SMO (Ferrusquia – Villafranca, 1998).

En el estado de Hidalgo la SMO se manifiesta litoestratigráficamente con varias formaciones, entre las que destaca la Fm. Huayacocotla, la cual consiste de areniscas finas y presenta fósiles de plantas, amonites y bivalvos del Jurásico Inferior (Erben, 1956). Este último autor dividió a la Fm. Huayacocotla en nueve unidades con base en su contenido faunístico y litológico (Figura 8). La Formación Huayacocotla en el área de Tenango de Doria, Hidalgo se divide en cinco unidades litoestratigráficas (Figura 9) (Schmidt-Effing (1980):

- 1).- "Las Juntas", constituida por pizarra negra con amonoideos
- 2).- "Temazcalapa", representada por una alternancia de arenisca y lutita, turbidítica
- 3).- "Despí", constituida por lutita y limonita, con intercalaciones de arenisca
- 4).- "Tenango", consiste en lutita negra
- 5).- “Capa con Plantas” consiste en limonita y arenisca

Conforme a esta última división el afloramiento de estudio corresponde a la Fm. Despí, la cual esta representada por bloques masivos sin estratificación aparente; sin embargo cuando se analizaron muestras de rocas en láminas delgadas se observaron secuencias alternantes de areniscas y limos.

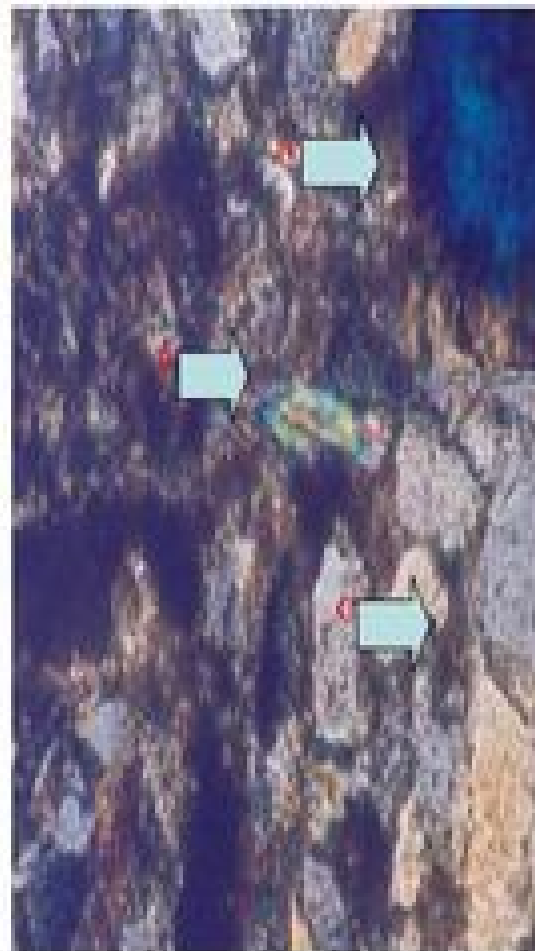
La composición mineralógica con base en láminas delgadas en la sección Peña Blanca I (Figura 10), es: 30% Cuarzo, 40 a 50% feldespato, 1-2% de moscovita y clorita vestigial en matriz de limolita. Los granos van de muy angulosos a subredondeados, correspondiendo el diámetro a arena de grano muy fino, concentrados en intercalaciones lenticulares. Existe hematita postdiagénica rellenando grietas y como cemento.

Para la sección lindante de Peña Blanca II, hay 2% de cuarzo, 5-10% feldespatos, 1-2% de moscovita (Figura 11). Los granos de cuarzos son angulosos (poco desgaste), bien clasificados (sufrieron mucho transporte

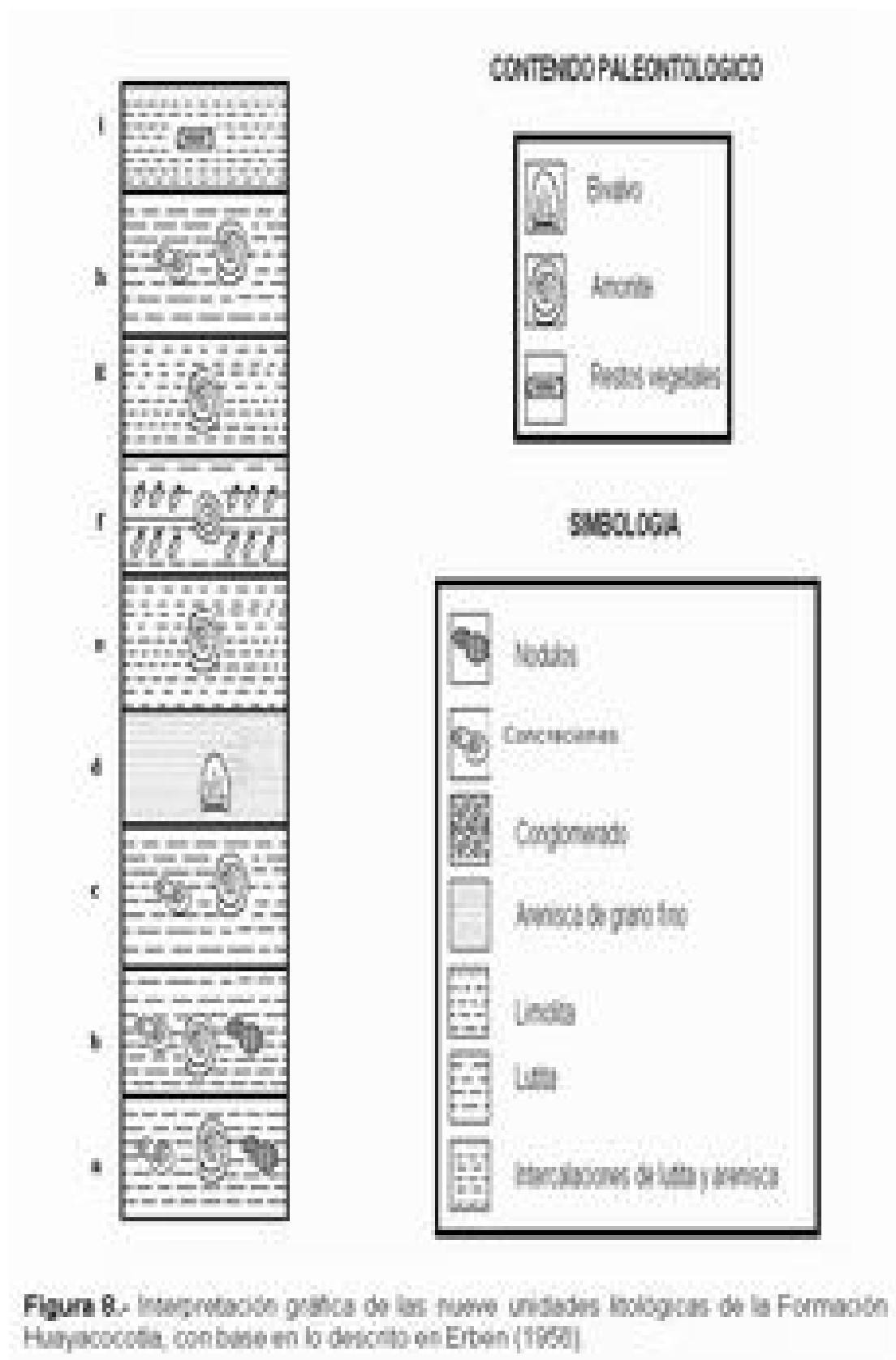
horizontal), en matriz laminar de limolita arcillosa del orden milimétrico. Se presenta hematita posdiagenética en reemplazo de algunos granos de feldespato. La arenisca es subarcósica, a juzgar por la proporción de componentes minerales. Existe tendencia de los granos a orientación conforme al plano de estratificación. El cemento también es arcilla hematizada.



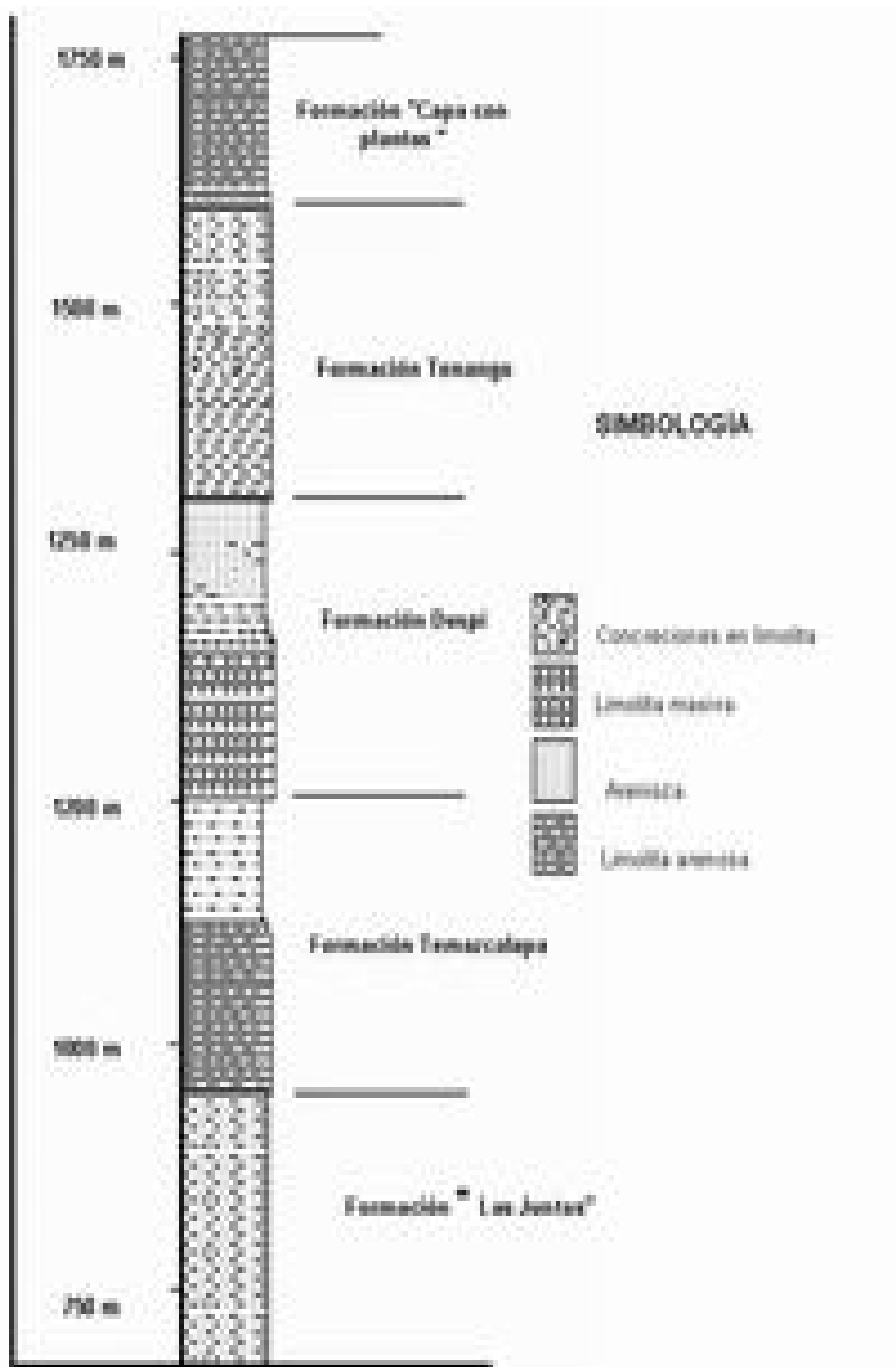
**Figura 10.** Descripción de la sección delgada del afloramiento Peña Blanca [ en donde se observa la secuencia de limonita (B) y arena (A), con aumento de 40X y a una velocidad de 1/30, con polarizado.



**Figura 11.** Feldespatos (A), Biotita (B), Cuarzo (C) A 100 X, con prismas cruzados y 30 segundos de velocidad.







**Figura 9.-** Columna estratigráfica del Grupo Huayacocotla en la Región de Tenango de Donia según Schmidt-Effing (Tomada y modificada de Schmidt-Effing, 1990)

**RESULTADOS:****Paleontología Sistemática****Cephalopoda CUVIER, 1797****Ammonoidea ZITTEL, 1884****Echioceratidae BUCKMAN, 1913*****Paltechioceras* BUCKMAN, 1924*****Paltechioceras tardecrescens* (HAUER, 1856)*****Sinonimia:***1924. *Leptechioceras aplanatum* (HYATT). BUCKMAN.2003. *Paltechioceras flexicostatum* (TRUEMAN y WILLIAMS). EDMUNDS, VARAH y BENTLEY.***Material:*** 51 ejemplares depositados en el gabinete 2 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-037 según libreta de campo de Dr. Esquivel Macías.***Diagnosis:*** La concha es evoluta con la sección de vuelta comprimida y el aumento de la altura de vuelta es moderadamente rápido. Las costillas son escasamente prosirradiadas, inclinadas hacia delante, más pronunciadas conforme al crecimiento; muestran un relieve moderadamente alto, a la vez son tan anchas como los espacios intercostales y en su base se curvan hacia atrás. En todos los estadios de crecimiento las terminaciones distales de las costillas se esfuman ligeramente antes de la única quilla.***Descripción:*** La concha es evoluta con amplia zona umbilical y sección de vuelta comprimida. La amplitud de vuelta también es moderadamente

elevada y se aprecian las costillas densas y ligeramente inclinadas hacia adelante que llegan más allá del hombro. El relieve es bajo y se ven los espacios intercostales ligeramente más anchos que las costillas.

**Discusión:** Los ejemplares mexicanos descritos por Blau *et al.*, (2003), muestran una disparidad dentro de la densidad de costillas, principalmente en las edades intermedias y adultas. Esta descripción es congruente con los ejemplares del presente estudio.

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



**Sinonimia:**

1894. *Arietites rothpletzi* BÖSE.

1994. *Paltechioceras aff. rothpletzi* (BÖSE).

**Material:** 24 ejemplares depositados en el gabinete 2 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-037.

**Diagnosis:** Tiene concha evoluta; las costillas son prosirradiadas y claramente finas, regulares y de alta frecuencia y particularmente afiladas en sus vueltas mas internas, están fuertemente inclinadas hacia delante. El venter es tricarinado.

**Descripción:** Tipo de concha evoluta. Costillas finas prosirradiadas que se aprecian mejor en las vueltas mas internas.

**Discusión:** En el lectótipo de Böse, la sección de vuelta es altamente rectangular. El vientre es tricarinado y estrecho; se observa claramente la densidad y fineza de las costillas prosirradiadas.

**Echioceratidae BUCKMAN, 1913**

***Paltechioceras* BUCKMAN, 1924**

***Paltechioceras aff. mexicanum.* (ERBEN, 1956b)**



**Sinonimia:**

1956b. *Arnioceras ceratitoides mexicanum* ERBEN.

**Material:** 23 ejemplares depositados en el gabinete 2 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-037.

**Diagnosis:** La concha es evoluta con vuelta externa subelíptica. Las costillas se van espaciando en las vueltas más externas, son ligeramente prosirradiadas con aspecto falcado menos marcado en las vueltas internas. Tiene surcos escasamente profundos y tres quillas.

**Descripción:** Poseen concha evoluta. En las vueltas más internas las costillas prosirradiadas, están más espaciadas que en las vueltas externas, y en la última vuelta se observa el gancho que forma la costilla. Tiene surcos escasamente profundos, es claramente tricarinado.

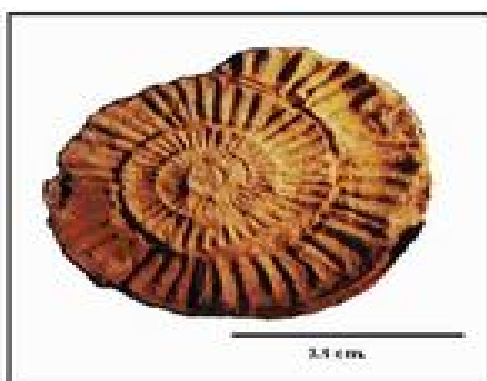
**Discusión:** La especie *P. aff. mexicanum* encontrada en esta localidad, corresponde con la descrita por Erben (1956) y Blau *et al.*, (2003), tales como el tipo de costilla que en las vueltas mas internas no son tan marcadas

como en las ultimas vueltas, además de la forma de gancho que forman en las vueltas mas externas, es tricarinado.

**Echioceratidae BUCKMAN, 1913**

***Ortechioceras* TRUEMAN AND WILLIAMS, 1925 *sensu lato*.**

***Ortechioceras incaguasiense* HILLEBRANDT, 2002.**



***Sinonimia:***

1956. *Coroniceras aff. schloenbachi* (REYNES). ERBEN.

***Material:*** 32 ejemplares depositados en el gabinete 2 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-037.

***Diagnosis:*** Concha evoluta. Costillas radiales ligeramente prosirradiadas con poco espacio entre ellas, se proyectan hacia atrás cerca de los surcos con un rasgo curvo, cerca del hombro se hacen tenues y se estrechan, sugiriendo pequeños nodos. Es tricarinado.

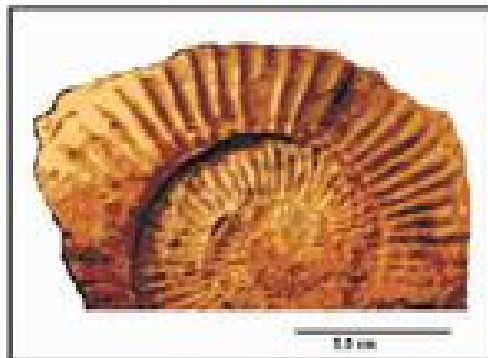
***Descripción:*** Concha evoluta, en las vueltas interiores las costillas son más densas, proversas, se observa los pequeños nodos, en las vueltas mas externas las costillas van desde rectas a regulares, ligeramente curvas, se observa la quilla tricarinada.

***Discusión:*** Blau *et al.*, 2003, sugieren que los ejemplares con diámetro arriba de los 25 a 35 mm el área ventral es, de casi plana a ligeramente redondeada, las costillas densas prosirradiadas y ligeramente curvas.

**Echioceratidae BUCKMAN, 1913**

***Ortechioceras* TRUEMAN AND WILLIAMS, 1925 *sensu lato*.**

***Ortechioceras pauper* (ERBEN, 1956).**



***Sinonimia:***

1956. *Vermiceras bavaricum* (BÖSE) ERBEN.

***Material:*** 18 ejemplares depositados en el gabinete 2 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-037.

***Diagnosis:*** Tiene concha evoluta cuyas vueltas internas tienen costillas finas y densas de tipo radial que se hacen más espaciadas y poco proversas sobre las últimas vueltas, sobre el hombro se inclinan progresivamente hacia delante y finalizan hasta tocar el surco. Venter Tricarinado.

***Descripción:*** Concha evoluta con, las costillas radiales y espaciadas en las vueltas más externas que tocan el surco. El venter también es tricarinado.

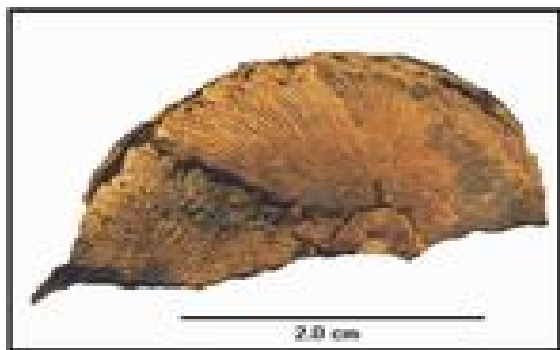
***Discusión:*** Las características diagnosticas son semejantes, como el tipo de concha, las costillas y la quilla de la diagnosis de Blau *et al.*, 2003.

**Phylloceratiodea ZITTEL, 1884**

**Phylloceratidae ZITTEL, 1884**

**Phylloceratinae ZITTEL, 1884**

***Phylloceras* SUESS, 1866**



**Material:** 4 ejemplares depositados en el gabinete 2 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-037.

**Diagnosis:** Es un amonite con concha involuta cuyas suturas muestran lóbulos phylloides muy marcados, complejamente ramificados y consecutivamente disminuyen su tamaño conforme se observa una porción más dorsal, la sección de vuelta es comprimida y afilada. Costillas finas, poco proradiadas. El ombligo se marca donde se ven las primeras costillas.

**Descripción:** Concha involuta, las costillas son prosirradiadas y finas, se aprecia claramente el ombligo, en un ejemplar se aprecia el complejo pero distintivo patrón de suturas, en el resto de los ejemplares no se conservaron.

**Discusión:** Los ejemplares coinciden con diagnosis como la de Meister *et al.*, (2002), como en el tipo de concha y en las suturas; sin embargo no bastan para asignarlo a una especie.

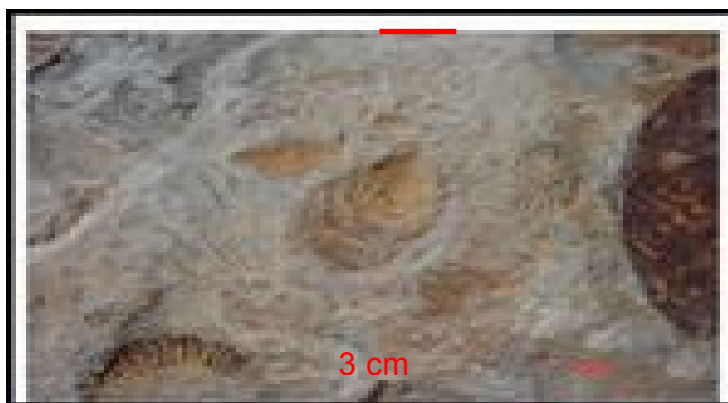
**Cephalopoda CUVIER, 1797**

**Bivalvia LINNAEUS, 1758**

**Posidoniidae FRECH, 1909**

***Posidonotis* LOSACCO, 1942**

***Posiidontis semiplicata* ABERHAN, 1994 (Hyatt 1894)**



***Sinonimia:***

1993 *Posidonotis cancellata* DAMBORENEA

1994 *Posidonotis cf. semiplicata* Hyatt. ABERHAN

***Material:*** 324 ejemplares depositados en el gabinete 2 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-037, pendiente de asignar catálogo.

***Diagnosis:*** Concha equilátera orbicular con el margen de la charnela corto, las aletas son pequeñas bien delimitadas, tiene costillas radiales y pliegues concéntricos y acomodados, que da un patrón reticulado (Aberhan y Palfy, 1996).

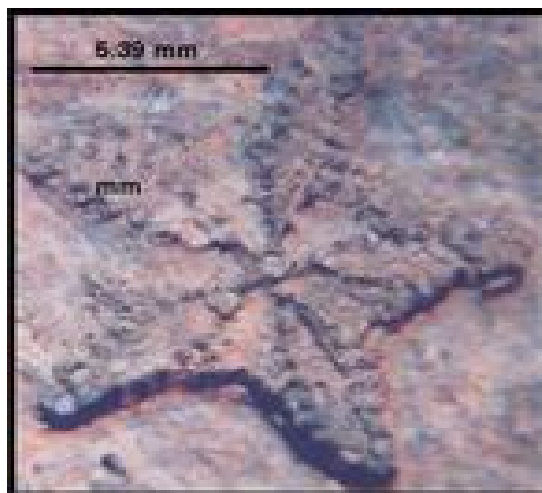
***Descripción:*** Concha orbicular, equilátera, surcos concéntricos, aletas pequeñas, costillas radiales que se aprecian en toda la concha, margen de charnela corto pliegues concéntricos estrechamente acomodados, se aprecia un patrón reticular de pliegues concéntricos.

***Discusión:*** Los ejemplares muestran características diagnosticas que describen Aberhan y Palfy (1996), en cuanto al tipo de concha, el tamaño de las aletas, y el patrón reticular de pliegues bien acomodados.

Hidalgo, México.



**Echinodermata BRUGUIERE, 1791**  
**Crinoidea MILLER, 1821**  
**Articulata ZITTEL, 1879**  
**Isocrinida SIEVERTS-DORECK, 1951**  
**Isocrinidae GISLEN, 1924**



**Material:** Un ejemplar proviene de Peña Blanca II depositados en el gabinete 2 del Museo de Paleontología de la UAEH, localidad INV-037.

**Diagnosis:** La serie columnar de la familia es muy larga, pentalobulada o circular en sección transversal. Las placas nodales tienen cinco cirros dispuestos radialmente. Las crénulas se caracterizan por ser petaloides. El perfil transversal de las placas columnares se modifica durante el crecimiento desde pentalobulado hasta pentagonal e incluso llega a ser redondo en algunos géneros (Rasmussen y Sieverts-Doreck, 1978).

**Descripción:** El ejemplar se describe con base en placas disgregadas, el perfil transversal corresponde con una columna pentalobulada con tendencia a subcircular cuyo largo se ignora, las cicatrices cirrales no se aprecian. Los lóbulos petaloides pentaradiales se componen de crénulas cortas y rectas orientadas diagonalmente al eje del borde.

**Discusión:** En cada lóbulo se aprecia una forma petaloide, el borde de estos pétalos se encuentra rodeado por crestas de igual tamaño, es difícil apreciar otras características debido al estado del ejemplar, pero la escasa morfología presente coincide con la diagnosis de la familia isocrinidae.

## RESULTADOS PETROLÓGICOS:

Las características del contenido mineralógico de cada lámina delgada correspondiente a los afloramientos Peña Blanca I y Peña Blanca II, se describieron de acuerdo al formato para láminas delgadas en arenas propuesto por Tucker (2003).

La primera fila corresponde a las características texturales de la roca y el ambiente que representa cada lámina delgada de los afloramientos de estudio, ya que tales características representan distintos procesos físicos, químicos, biológicos y de diagénesis para describir paleoambientes y procesos de depósito.

Por medio de la observación microscópica de las rocas se determinaron tales características y se relacionaron paleoambientalmente (Cuadro 1), tales como:

a).- Distancia a la costa en el lugar de sedimentación y grado de desgaste de los clastos, que se relaciona en el nivel de energía del agua.

b).- Composición mineral, se relaciona al tipo de organismos que habitaron y en algunos casos formaron el sedimento.

c).- Estructuras sedimentarias, indican el régimen de energía y explican el grado de fragmentación que muestran los restos fósiles.

Estos datos proporcionaron información importante para interpretar las condiciones paleoambientales del depósito sedimentario y de sus procesos diagenéticos.

**CUADRO 1.- FORMATO PARA DESCRIBIR ARENAS EN LÁMINAS DELGADAS.**

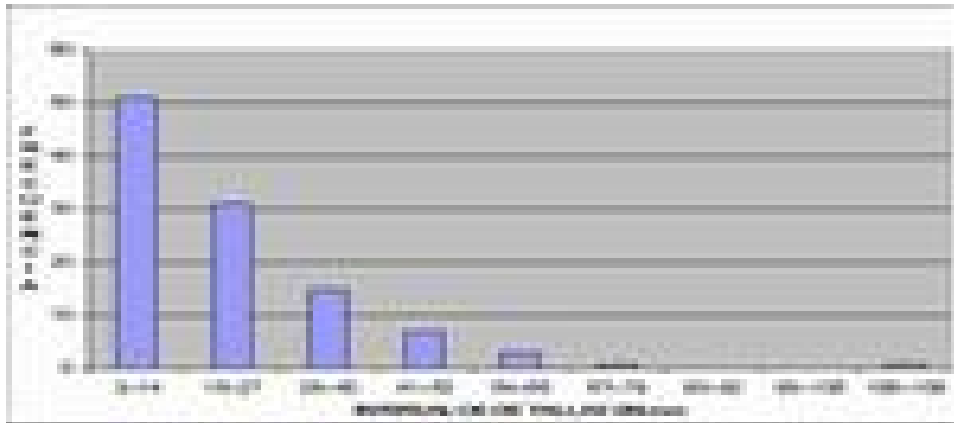
NO. DE LÁMINA.	% DE CUARZO	% FELDESPATOS	GRANOS LÍTICOS	MICA	BIOCLASTOS	TEXTURA	REDONDEZ	ESFERICIDAD	SORTEO	ENPAQUAMIENTO	ORIENT. DEL GRANO	CEMENTO	REEMPLAZAMIENTO	COMPACTACIÓN	POROSIDAD	TIPO DE ARENA	AMBIENTE DE DEPÓSITO
1 PB2	2	5-10	Nh	Btta	nh	ag	sr	pr	bs	nh	soprabe	hm	fxa	nh	nh	SA	M,S,BE,CZO,SPP,CC.
2 PB2	1-2	5-2	Nh	Btta	nh	ag	sr	pr	bs	nh	oprabe	ahm	nh	nh	nh	ASA	M,S,BE,XDNMOT.
3 PB1	30	40-50	Nh	Btta	nh	ma	sr	pr	bs	nh	soprabe	ahm	fxa	nh	sh	L	M, S, BE, PA, SM, XANMOT.
4 PB1	5-10	40-50	Nh	Btta	nh	ma	r, ma	e	bs	L	soprabe	ahm	fxa	nh	nh	SA-A	M,S,e´, CZO, SM, PA
5 PB1	5	15-20	Nh	Btta	nh	sa	sr	l-se	bs	nh	oprabe	ahm	fxa	nh	nh	L,gA	M,S,e´,PA,XANMOT
6 PB1	5-10	15-20	Nh	Btta, mk, clta.	nh	sa	r	E,p	bs	nh	soprabe	ahm	fxa	sh	nh	L	M,S,e´, PA.
7 PB1	10-15	20-30	Sh	Btta	nh	sa	sr	e,sl	bs, s	nh	oprabe	ahm	fxa	sh	nh	SAI	M,S,AE,XDNSM, XANMOT,BO, PAS.
8 PB1	10-15	15-20	Nh	Btta	nh	a	mr	e,l	s	nh	soprabe	ahm, cltta	fxa	nh	nh	SA-A,ISA	M,S, ,XANMOT, e´
9 PB1	10-15	20	Nh	Btta	nh	sa	r	e,sl	bs	nh	oprabe	ahm	fxa	nh	nh	SA	M,S ,XANMOT, e´

**ABREVIATURAS.-** A.- Arcosa, **ASA.-** Arcosa subarcosa, **SA.-** Subarcosa, **SAI.-** Subarcosa lítica, **ahm.-** arcilla hematizada, **hm.-** hematita, **L.-** Limolita, **mk.-** Moscobita, **clta.-** Clorita, **oprabe.-** Orientación preferencial respecto al plano de estratificación, **soprabe.-** sin orientación preferencial, **Btta.-** Biotita, **nh.-** no hay, **sh.-** si hay, **ag.-** anguloso, **sa.-** sub anguloso, **sr.-** subredondeado, **ma.-** muy anguloso, **r.-** redondo, **mr.-** muy redondeado, **pr.-** poco redondeado, **e.-** esféricos, **l.-** laminar, **sl.-** sub laminar. **bs.-** bien seleccionado, **fxa.-** Sustitución de granos de feldespato por arcilla.

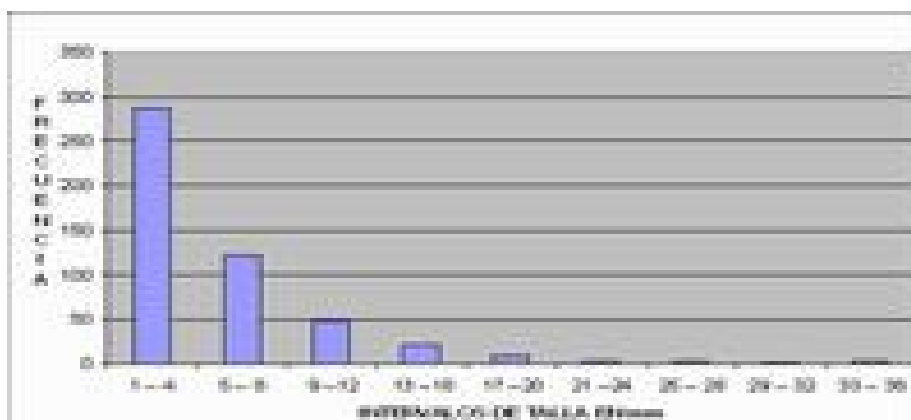
**AMBIENTE.-** **M.-** Marino, **S.-** Somero, **BE.-** Baja energía, **AE.-** Alta energía, **e´.-** Mediana energía, **BO.-** Bien Oxigenado, **SM.-** Sub Marial, **CZO.-** Cerca de la Zona de Oleaje, **SPP.-** Sobre Pendiente Pronunciada, **PP.-** Pendiente Pronunciada, **PA.-** Plataforma Abierta, **PS.-** Plataforma siliciclastica, **PAS.-** Plataforma Abierta Siliciclastica, **CC.-** Cerca de la Costa, **XDNMOT.-** Por Debajo del Nivel Máximo de Oleaje de Tormenta, **XANMOT.-** Por Arriba del Nivel Máximo de Oleaje de Tormenta.

## ESTRUCTURA DE TALLAS:

En las siguientes figuras se observa una estructura normal de tallas con una inclinación preferencial hacia las tallas menores, tal preferencia es indicadora de los procesos de fosilización que se discuten más adelante.



**Figura 12.-** Representa a los intervalos de frecuencia que se observa en las tallas de los amonites presentes en el afloramiento Peña Blanca I. Al graficar los intervalos de tallas se observa una estructura normal.



**Figura 13.-** Representa a los intervalos de frecuencia que se observa en las tallas de los amonites presentes en el afloramiento Peña Blanca II. Al graficar los intervalos de tallas se observa una estructura normal.

## **GEOQUÍMICA:**

La interpretación de los resultados del análisis químico de roca (análisis de los elementos mayores y traza) y la utilización de diagramas de discriminación, permite obtener argumento fisicoquímico que ayuda a comprender el paleoambiente. Es importante señalar que su interpretación debe de interrelacionarse con la información geológica y paleontológica del sitio.

Como elementos mayores se entiende que la concentración de un elemento deberá estar por encima del 1% en peso (>1000 ppm), y por el contrario, un elementos traza será aquel que se presente en concentración menor a 1% en peso (<1000 ppm).

La variación en la concentración de los elementos químicos en sedimentos, resulta del intemperismo, diagénesis, clasificación de sedimentos y geoquímica de los elementos individuales. Su concentración en rocas sedimentarias se normaliza con respecto a un estándar de referencia que permite identificar el enriquecimiento, o empobrecimiento, de ciertos elementos. Su comportamiento gráfico se compara con un estándar de referencia para construir diagramas de discriminación (Angeles-Cruz, 2006).

Al graficar el contenido de elementos mayoritarios y elementos traza de Peña Blanca I y Peña Blanca II, se observa que en Peña Blanca II hay un enriquecimiento de patrones químicos notable respecto a Peña Blanca I (  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cu}$ , y  $\text{Zn}$ ). Adicionalmente, si se considera que el valor de masa (M) para Peña Blanca I es menor que para Peña Blanca II, puede afirmarse que Peña Blanca II se deposito a una profundidad mayor.

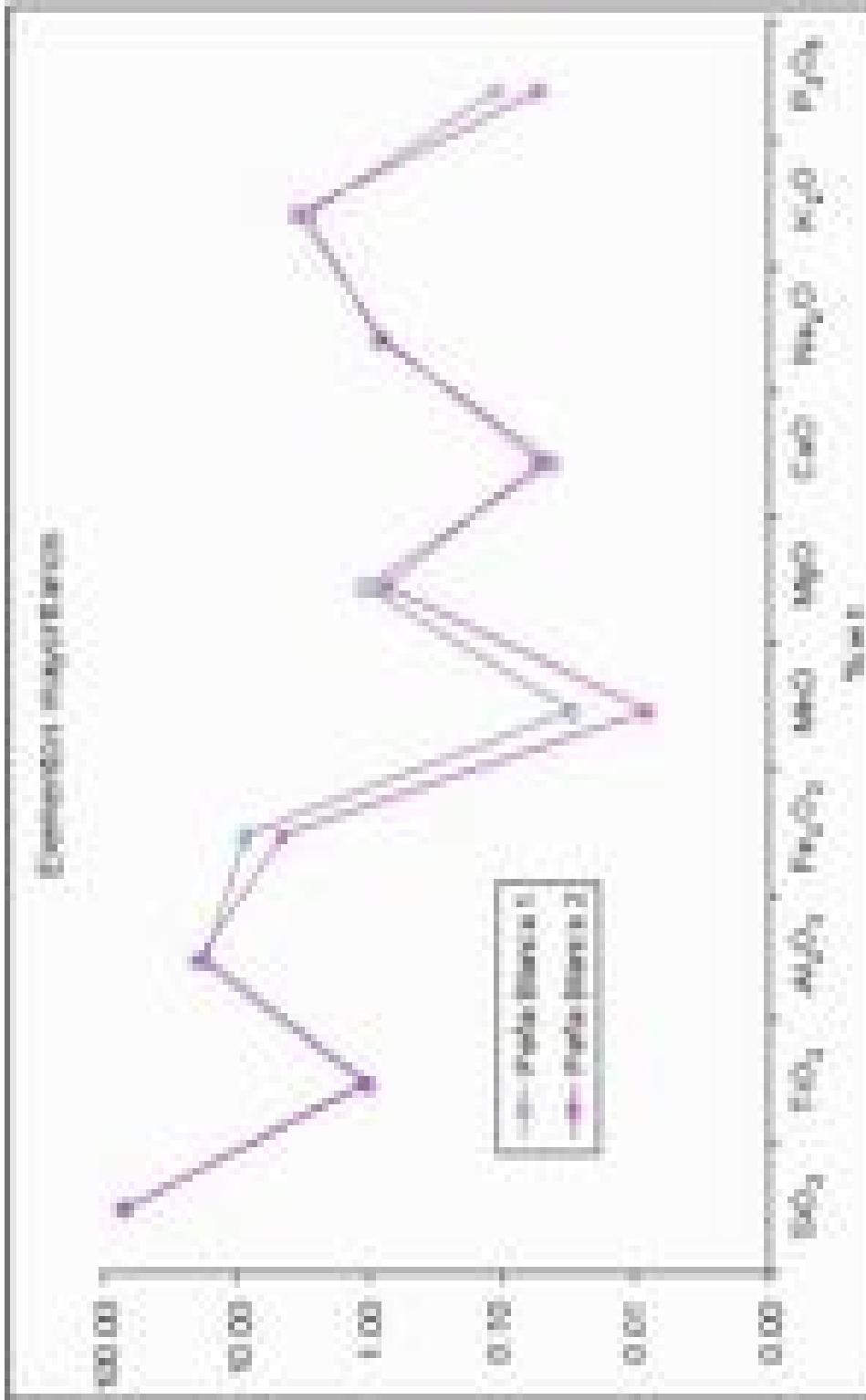
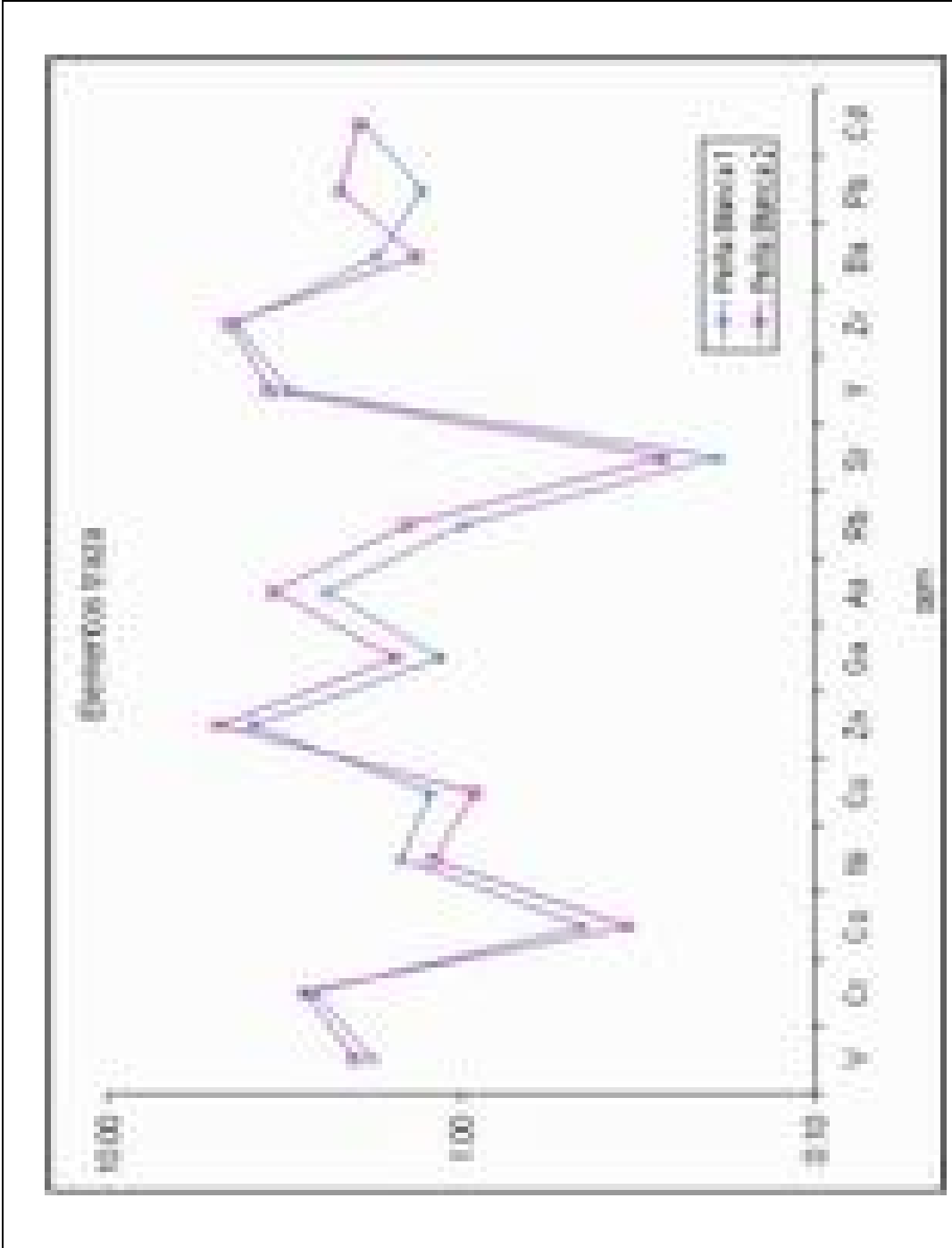


Figura 14. Concentración de elementos mayoritarios en muestras del afloramiento denominado "Peña Blanca".



**Figura 15.** Concentración de elementos traza en muestras del afloramiento “Peña Blanca”. Datos normalizados UCC (Taylor y McLennan, 1995).

## DISCUSIÓN:

El fundamento de esta tesis consistió en integrar diferentes líneas de evidencia que requieren conocimientos de varias especialidades (Taxonomía, Estratigrafía, Petrología sedimentaria, Tafonomía y Geoquímica). De acuerdo con este punto de vista integral de la paleontología, que hasta ahora no ha sido muy común en México, se hizo una interpretación paleoambiental. Tal interpretación se apoya con una serie de datos robustos extraídos de las rocas del Sinemuriano Superior en la localidad de estudio y permiten confirmar que son representativas de una cuenca tectónica tras-arco con fondos que probablemente van desde los disóxicos a los subóxicos, sobre una plataforma nerítica con facies dístales y proximales a la línea de costa. Esta cuenca fue habitada por diferentes formas de cefalópodos, crinoides, y bivalvos representados como fósiles autigénicos. Con base en lo anterior, se discute a continuación la hipótesis paleoambiental propuesta.

Es sabido que el tipo de concha de los amonoides está fuertemente relacionado al hábitat específico de cada grupo (Westermann, 1996), por ejemplo, la familia Echioceratidae representada por las especies *Orthechioceras pauper*, *O. incaguasiense*, *Paltechioceras tardecrescens*, *P. rothpletzi*, y *P. mexicanum* muestran tipos de concha planorbicono y platicono, las cuales indican que estas especies habitaban la columna de agua en una zona cercana a la costa sobre la plataforma nerítica, además Westermann (1996) menciona que estas especies tenían capacidad para moverse por si mismas horizontal y verticalmente, por lo que se les puede considerar nectónicas sobre la plataforma nerítica, ya que el límite de colapso de la concha llega aproximadamente los 185 metros de profundidad. Por otra parte, los Phylloceratidae (filocerátidos) con tipo de concha oxicono, representados en el afloramiento por *Phylloceras sp.*, se consideran restringidos en cuanto al movimiento horizontal y se les concede mayor capacidad de movimiento vertical, dado que su límite de colapso involucra 480 metros de profundidad.

Estas especies son claras indicadoras de dos facies distintas y es necesario explicar su hallazgo dentro del mismo estrato, que en un principio parecería contradictoria la información que aportan. La forma adoptada en el curso de esta



investigación para resolver tal conflicto, se fundamentó en la aplicación de los diagramas denominados espectros de hábitat (Ver en anexos Figura 16).

En el espectro se puede observar que el aparente conflicto se resuelve al notar que en realidad los dos tipos citados de amonoides tienen la preferencia ambiental antes mencionada; sin embargo se les reporta en la literatura con probabilidad de abarcar otras facies contiguas (Westermann, 1996), es decir que los Equiocerátidos tienen marcada preferencia por la plataforma nerítica y proximal.

Sin embargo, es posible encontrarlos marginalmente en facies de pendiente de talud que es donde se haya preferencialmente a *Phylloceras*. El caso de los filocerátidos es inverso, ya que tienen preferencia por la zona de talud y se les encuentra raramente en la plataforma.

Para inferir que el ambiente en cuestión pertenece a la plataforma nerítica, con base en los organismos índice, basta considerar la abundancia relativa de ambos (Ver en anexos Figura 17), ya que los equiocerátidos se sobreponen con respecto a los filocerátidos, ello aunado al tipo de sedimento que se discute más adelante resulta convincente para la determinación de una plataforma nerítica media distal.

Adicionalmente, la presencia de *Posiidontis cf. semiplicata*, la cual es indicadora de ambientes disóxicos, (Aberhan y Palfy, 1996) introduce una variable en la interpretación ambiental que debe ser explicada.

Dado que *Posiidontis* se encuentra fragmentada en los afloramiento “Peña Blanca II” lo cual evidencia arrastre, sugiere que tanto amonites como bivalvos se depositaron en una plataforma nerítica con características disóxicas, esto aunado a la presencia de Echioceratidae y Phylloceratidae, que indica que el fondo debió ser disóxico aún cuando la columna de agua no lo era.

En cuanto a la presencia del isocrínido de la familia isocrinidae se puede decir que su modo de vida era pseudoplactónico pues se sujetaba a objetos flotantes tales como maderos (Hess, 1999), lo cual es congruente con el aporte continental hacia el océano de algunos restos vegetales no identificados y con el tipo de sedimentos que se discute más adelante. En consecuencia, su presencia también indica una plataforma nerítica.

Como se ha dicho previamente, la petrología sedimentaria apoya la idea de una plataforma nerítica en facies proximal a distal (Cuadro 1), con base en los resultados del análisis en lámina delgada, el cual muestra que los granos del sedimento tienen poco transporte debido a su acomodo y a su textura. Adicionalmente, se observa una microestratificación tal que las areniscas claras y los limos oscuros se alternan de forma regular a lo largo de toda la secuencia con grosores laminares del orden de milímetros (Figuras 8 y 9), donde las areniscas representan un ambiente más oxigenado y de alta energía, mientras que los limos posiblemente se depositaron en un ambiente con menor contenido de oxígeno, en periodos de menor energía. Esto es congruente con la presencia de la especie *Posiidontis cf. semiplicata* en el sedimento fino.

La preservación de los restos encontrados sugiere que no se fosilizaron lejos de su hábitat, ya que la naturaleza planctónica o nectónica del mismo no permite jamás una fosilización estrictamente *in situ*, particularmente si se considera que todos los restos carecen de ápticos y anápticos. Sin embargo, es posible pensar que los amonoides, así como el resto de los moluscos, no vivieron tan lejos del sitio de la deposición *post mortem*, aún cuando estos podían ser transportados por la corriente del agua (Meldahl, 2000).

En el caso particular de las especies de amonoides reportadas para este trabajo, son reconocidas mundialmente como habitantes de mares epicontinentales (Meldahl, 2000) los cuales suelen ser cuencas más o menos restringidas, especialmente si se trata de cuencas intra-arco como la que ocupa a este estudio. Dicho argumento permite aceptar que los ejemplares estudiados habitaban aguas asociadas a los sedimentos como el descrito previamente. Esta suposición se respalda en el análisis de tallas, que al graficarse (Figuras 12 y 13), muestra inclinación hacia las tallas menores de ejemplares poco fragmentados, que a su vez indican un transporte menor desde el momento de su muerte hasta su fosilización. Esta evidencia también parece apoyar la existencia de la plataforma nerítica, tanto de baja como de alta energía, dada la calidad de preservación que incluye amonoides poco fragmentados (Ver en anexos cuadros 2 al 16), valvas enteras (Ver en anexos cuadros 17 al 20) y un crinoideo desarticulado.

Los resultados geoquímicos en cuanto a los patrones obtenidos del afloramiento Peña Blanca I y Peña Blanca II son similares (Figuras 14 y 15). Estos afloramientos

presentan un enriquecimiento en Cd (Figura 15), que pudo deberse a la precipitación de este elemento como sulfuro, indicando condiciones disóxicas sulfurosas en el ambiente de depósito, lo cual concuerda con la presencia de *Posiidondis cf. semiplicata*. La concentración más elevada de este elemento en Peña Blanca II sugiere que se trata de un sitio más profundo con respecto a Peña Blanca I de acuerdo con Jacobs y Emerson, (1995); Huerta-Díaz y Morse, (1992); Calvert y Pedersen, (1993). En ambas muestras predomina la concentración de V, Zn y Pb sobre la de Cr, Co y Cu, que puede indicar que se debe a las condiciones disóxicas sulfurosas al tiempo de la deposición (Algeo y Maynard, 2004). De acuerdo a esta composición de Peña Blanca II, pudieron proceder de fuentes ígneas intermedias e ígneas félsicas.

## CONCLUSIÓN:

Como consecuencia del trabajo multidisciplinario de esta tesis, es posible la interpretación del paleoambiente que quedó representado en las rocas jurásicas, específicamente del Sinemuriano Superior de la cuenca Huayacocotla.

La integración de los resultados obtenidos que con anterioridad se discutieron sugieren que los fósiles autigénicos de: amonites, bivalvos y crinoides, vivieron en condiciones que permitieron una diversidad de especies, de hábitos planctónicos, neríticos y demersales, indicadoras de un ambiente de mar somero de plataforma nerítica con facies distales y proximales a la línea de costa. La asociación de especies de fósiles de invertebrados que se hallaron en este trabajo, se asemeja con la del tipo "limo-arcillosa". En este tipo de comunidad, existen organismos filtradores y algunos epifaunales como la especie *Posiidontis cf. semiplicata*, la cual formaba tapetes oceánicos.

Estos datos son congruentes con los obtenidos de la geoquímica de las rocas de Peña Blanca I y Peña Blanca II, que de acuerdo con el tipo de grano de los sedimentos se infiere que la parte más próxima a la costa es la representada por Peña Blanca I, mientras que Peña Blanca II representa una zona más alejada de la línea de costa, teniendo como base la proporción Mg/Ca la cual disminuye al aumentar la profundidad, al tiempo que aumenta la concentración de Cd.

En Peña Blanca I, la concentración elevada de  $Fe_2O_3$ , se debe al origen ígneo máfico de los sedimentos (Figuras 15). La naturaleza del protolito, junto con las condiciones reductoras del ambiente de depósito, contribuyeron al enriquecimiento de Cr, Ni, Cu, y Zn, y del 1 al 5% de  $SiO_2$ , el cual indica un origen biogénico.

En Peña Blanca II, el enriquecimiento de  $Al_2O_3$  y  $TiO_2$  se debe a la incorporación de estos óxidos a minerales arcillosos.

Estos datos sugieren que se depositaron en una cuenca trans-arco que se formó durante el proceso de subducción de placas, que provocó el levantamiento tectónico de la Sierra Madre Oriental, dando origen a un arco de islas y se cree que de la erosión de este último, pudieron proceder gran parte de los sedimentos que dieron origen a las diferentes unidades litológicas que conforman al Grupo Huayacocotla.

## 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 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.

**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.

**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.

**ELEMENTOS MAYORITARIOS:** Convencionalmente, se considera elemento mayoritario a aquel que se encuentra en concentraciones mayores al 1% en peso (>1000 ppm)

**ELEMENTOS TRAZA:** Es aquel que se presenta en concentraciones menores a 1% en peso (%W), esto es: menos de 1000 partes por millón (ppm).

**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.

**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.

**FÓSIL ÍNDICE:** Organismos fósiles que han sufrido cambios evolutivos rápidos e irreversibles, que vivieron en un lapso geológico determinado y poseen características particulares.

**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:

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

**DEPRIMIDA:** Caracterizada porque la altura es de mayor dimensión que su anchura.

**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:** Es la depresión que se observa alrededor del eje de enrollamiento de los amonites y que queda limitada 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.

**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 ESTRATIGRAFICA:** 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.

## REFERENCIAS

- Aberhan, M.**, 1993, Benthic macroinvertebrate associations on a Carbonate clastic ramp in segments of the early Jurassic back arc basin of northern Chile (26° -29° S): *Revista Geologica de Chile*, 20, 105-136.
- Aberhan, M.**, 1994, Early Jurassic Bivalvia of Northern Chile, Part I, Subclasses Paleotaxodonta, Pteriomorpha and Isofilibranchia Beringeria: *Würzburger Geowissenschaftliche Mitteilungen*, 13, 108.
- Aberhan, M., Palfy, J.**, 1996, A low oxygen tolerant east Pacific flat clam (*Posidontis semiplicata*) from lower Jurassic of the Canadian cordillera: *Canadian Journal of Earth Sciences*, 33, 993-1006.
- Aberhan, M., Muster, H.**, 1997, Paleobiology of Early Jurassic Bakevellid Bivalves from Western Canada: *Paleontology*, 40 (3), 799-815.
- Algeo, T. J. y Maynard, J. B.**, 2004, Trace-element behavior and redox facies in core shale of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems: *Chemical Geology*, 206 (3-4), 289-318.
- Angeles-Cruz, A. K.**, 2006, Geoquímica de Rocas Sedimentarias Jurasicas en la localidad de la Sierra Madre Oriental (Tenango de Doria—San Bartolo Tutotepec, Hidalgo): Implicaciones Paleoambientales: Mexico, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tesis de Licenciatura, 121p.
- Arkell, W. J., Kummel, B., Wright, C.W.**, 1957, Descriptions Systematic, en 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 p.
- Blau, J., y Meister, C.**, 2000, Upper Sinemurian Ammonite Sucessions Based 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 Asteroceatinae: *Neus Jahrbuch fur Geologie. Palaontologie. Monatshefte*, 3, 175-183.



- Blau, J., Meister, C., Schlatter, R., Schmid-Effing, R.,** 2003, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, Mexico). Part III; Echioceratidae: *Revue Paleobiologie Geneve*, 22(1), 421-437 p.
- Böse, E.,** 1894, Uebes liasische und mitteljuraische Fleckenmergel in den bayerischen Alpen: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 46, 703-768.
- 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.
- Calvert, S., Pedersen, T.,** 1993, Geochemistry of recent oxic and anoxic marine sediments: Implication for the geological record: *Marine Geology*, 113, 67-88.
- Carrilo-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.
- Condie, K. C.,** 1993, Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales: *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Coney, P. J.,** 1983, Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 15(1), 6-15.
- Claisse, F.,** 1989, Automated sample preparation for análisis of geological materials, en Ahmedali, S. T. (ed.), *X ray fluorescence analysis in the geological sciences; advances in methodology*: Canada, short course, 39-54.
- Corrales, I., Rosell, J., Sanchez de la Torre, L. M., Vera, J. A., y Villas, L.,** 1977, Estratigrafía: Madrid, España, Rueda, p.
- Cuvier, G.,** 1797, *Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux*: Paris, 710 p.
- 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 Huachinango, Puebla: *Instituto Geológico de México*, 34, 1-18.

- Dodd, R. J. y Stanton, Jr.,** 1990, Paleocology concepts and applications: Canada, United States of America, 502 p.
- Edmunds, M., M. Varah y A. Bentley.,** 2003, The ammonite biostratigraphy of the Lower Lias `Armatum Bed` (upper Sinemurian-Lower Pliensbachian) at St Meter's Field, Radstock, Somerset: Proceedings of Geological Association., 114, 65-96
- Erben, H. K.,** 1996, El Jurásico Inferior de México y sus Amonitas, en XX Congreso Geológico Internacional, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 1-393
- Esquivel-Macias, C.,** 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.
- Farrimond, P., Eglinton, G.,** 1990, The record of organic components and the nature of source rocks, en, Briggs D. y Crowther, P. (eds.), Palaeobiology: Estados Unidos de Norteamérica, 217-222.
- Ferrusquia-Villafranca. I.** en, Ramamoorthy, T., Bye, R., Lot, A. y 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, Universidad Autónoma del Estado de Chihuahua, Tesis de Licenciatura, 60 p.
- García-Barrera, P., Contreras, A.,** 1997, Tafonomía, en, García-Barrera, P., Contreras, A., (eds) Paleontología: Universidad Nacional Autónoma de México, Pag.
- Gislen, T.,** 1924, *Echinoderm studies: zoology bridag fran*, Uppsala, Suecia, 9, 330.
- Gromet, L. P., Dymek, R. F., Haskin, L. A. and Korotev, R. L.,** 1984, The "North American Shale Composite": its compilation, major and trace element characteristics: Geochimic Cosmochimic., 48, 2469-2482.
- Hauer, F. V.,** 1856, Uber die Cephalopoden aus dem Lias der nordöstlichen Alpen: Denkschr. Akad. Wiss. Wien math.-natw, 2,1-86.
- Haskin, M. A. y Frey, F. A.,** 1966, Dispersed and not so rare earths: Science, 152, 299-314.

- Haskin, M. A. y Haskin, L. A.**, 1966, Rare earths in european shales: a redetermination: Science, 154, 507-509.
- Haskin, M. A., Haskin, M. A., Frey, F. A. y Wildman, T. R.**, 1968, Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths, en, Atrens, L. H. (ed.), Origin and distribution of the elements: Oxford, Pergamon, U.K. Press, 889-911.
- Hess, H., Ausich, W. I., Brett, C. E., Simms, M. J.**, 1999, Fossil Crinoids: Cambridge, England, Cambridge University Press, 275.
- Hillebrandt, A. V.** 2002. Ammoniten aus dem oberen Sinemurian von Sudamerika: Revue Paleobiologie, 21 (1), 35-147.
- Huerta-Diaz, M. A., y Morse, J. W.**, 1992, Pyritization of trace metals in anoxic marine sediments: Geochimic Cosmochimic, 56, 2681-2702.
- Hyatt, A.**, 1894, Trias and Jura in the Western States: Geological society of America, 5, 395-434.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)**, 1983, Carta Geologica, Pachuca F-14-11, escala 1:250 000: Mexico, Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1 mapa.
- 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.
- Imlay, R.W., Cepeda, E., Alvarez, M., Diaz-Gonzalez, t.**, 1948, Stratigraphic relations of certain Jurassic formations in eastern Mexico: American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 32(9), 1750-1761.
- Jacobs, L., y Emerson, S.**, 1985, Partitioning and Transport of metals across the O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O interface in a permanently anoxic basin: Geochimic Cosmochimic, 49, 1433-1444.
- Kuegelgen, H.**, 1958, Der Aufbau der zentralen Sierra Madre Oriental, México: Zeitschr. Deutschland Gesellschaft, 110,117-142.
- Leake, B. E.**, Hendry, G. L., Kemp, A., Plant, A. G., Harvey, P. K., Wilson, J. R., Coats, J. S., Aucott, J. W., Lunel, T. y Howarth, R. J., 1969, The Chemical analysis of rock powders by automated X-ray fluorescence: Chemical Geology, 5, 7-86.

- Lossaco, U.**, 1942, Un nuovo genere aleniano di aviculida e della Sabina: *Revista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 48, 9-10.
- McKerrow, W.**, 1978, *The ecology of fossil an illustred guide*: Cambridge, Massachusetts, The mit press. P.383
- McLennan, S. M.** 1989, Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes, en, Lipi, B. R. y Mckay, G. A. (eds.), *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements: Reviews in Mineralogy*, 21, 169-200.
- Meister, C.**, Blau, J., Schlatter, R. y Schmidt-Effing, R. 2002, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México), Part. II: Phylloceratoidea, Lytoceratoidea, Schloteimiidae, Arietitinae, Oxynoticeratidae, and Eoderoceratidae: *Revue Paleobiologie*, 21 (1): 391-409.
- Meister, C.**, Blau, J., Domergues, J. L., Schlatter, R., Schmidt-Effing, R., Burk, K. 2005, Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, Mexico), Part. IV: Biostratigraphy, paleobiogeography and taxonomic addendum: *Revue Paleobiologie*, 24 (1): 365-384.
- Meldahl, K. H.**, 2000, Paleobiology, en, Derek, E. G., Peter, R. (eds.), *Paleobiology II*: Blackwell Publishing, 262-264.
- Miller, J. S.**, 1821, *A Natural History of the Crinoidea, or Lily Shaped Animals, with observations on the genera Asteria, Euryale, Comatula and Marsupites*: Bristol, 150 p.
- Moore, R. C., Jeffords, R.M.**, 1968, Classification and nomenclature of fossil crinoids based on studies of dissociated parts of their columns, en Moore, R. C., (eds.), *Echinodermata: Kansas*, University of Kansas Press, 1-86.
- Nesbitt, H. W., y Young, G.M.**, 1982, Early Proterozoic Climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites: *Nature*, 299, 715-717.
- Nesbitt, H. W.**, MacRae, N. D. y Kronberg, B. I., 1990, Amazon deep-sea fan muds: light REE enriched products of extreme chemical weathering. *Earth Planet: Science*, 100, 118-123.

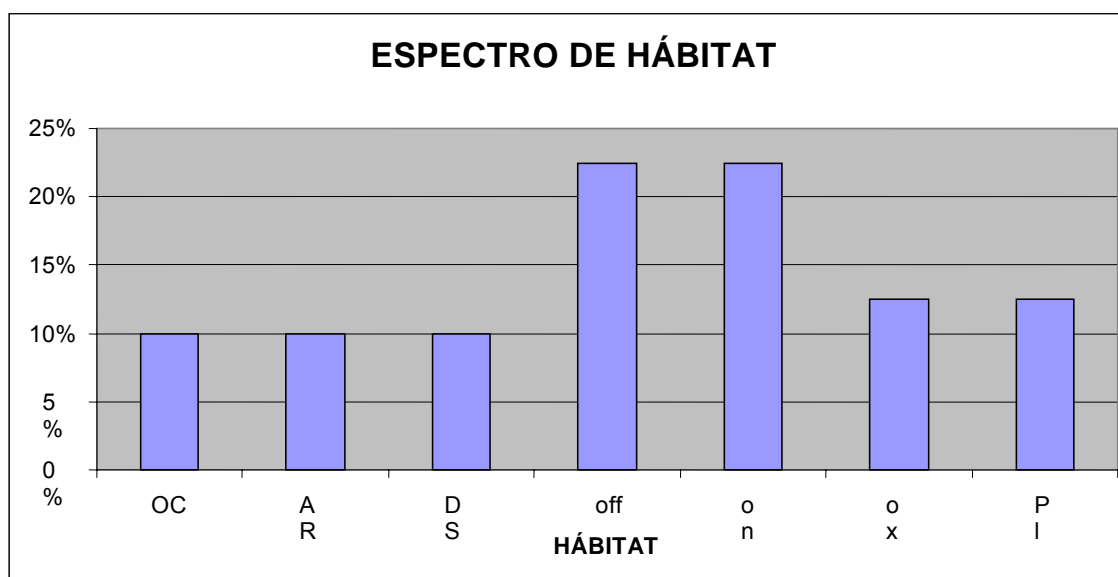
- Norrish, K. y Hutton, J. T.**, 1969, An accurate X-ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological samples: *Geochimica et Cosmochimica*, 33, 431-453.
- Ochoa-Camarillo, C. H.**, 1996, Geología del Anticlinorio de Huayacocotla en la Región de Molango, Estado de Hidalgo, México: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis de maestría, 76 p.
- Rasmussen y Sieverts-Doreck**, 1978, Echinodermata 2 Crinoidea, en Georges Ubaghs, R. C., Moore, H., Wienberg Rasmussen, N. Gary Lane, Albert Breimer, H.L. Strimple, J. C., Brower, Russell M. Jeffords, James Sprinkle, R.E. Peck, D.B. Macurda, Jr., D.L. Meyer, Michel Roux, Hertha Sieverts-Doreck, R.O. Fay, y R. A. Robison, (eds), *Treatise on Invertebrate Paleontology*: University of Kansas Press, The University of Kansas Press and The Geological Society of America, Inc., 850-851.
- Roser, B. P. y Korsch, R. J.**, 1986, Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio: *Journal of Geology*, 94, 635-650.
- Roser, B. P. y Korsch, R. J.**, 1988, Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data: *Chemical Geology*, 67, 119-139.
- 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 y Schmidt-Effing, R.**, 1984, Bioestratigrafía y Fauna de Amonites del Jurásico Inferior (Sinemuriano) del área de Tenango de Doria (Estado de Hidalgo, México), III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Oaxtepec, México, 154-155.
- Schmidt-Effing, R.**, 1980, The Huayacocotla Aulacogen in Mexico (Lower Jurassic) and the origin of the Gulf of Mexico, en Pilger, R. H. Jr.(ed), *Symposium on the Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic*, Proceedings: USA, Louisiana State University, Baton Rouge, 79-86.
- Sieverts-Doreck, Hertha**, 1951a, Crinoiden aus dem Unterkarbon des oberharzes: *Neues Jahrbuch Geologie und Paleontologie*, 93, 117-144.

- Suess, E.**, 1866, *Über Ammoniten*: Wien, Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 1(52), 71-89.
- Spath, L. F.**, 1926, The Black Ven. Marls of Black Ven. And Stonebarrow in the Lias of the Dorset coast: *Journal Geology Association*, 82, 165-179.
- Suter, M.**, 1984, Cordilleran deformation along the eastern edge of the Valles-San Luis Potosi carbonate platform, Sierra Madre Oriental fold-thrust belt, east-central México: *Geological Association*, 95, 1387-1397.
- Taylor, S. R. y McLennan, S. M.**, 1981, The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks: *Philadephia Transactions R. Society*, 301. 381-399.
- Taylor, S. R. y McLennan, S. M.**, 1995, The geochemical evolution of the continental crust: *Reviews in Geophysic*, 33, 241-265.
- 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.
- Wedepohl, K. H.**, 1995, The composition of the continental crust: *Geochimica et Cosmochimica*, 59, 1217-1239.
- Westermann, G. E. G.**, 1996, Ammonoid life and habitat, in Landma, N. H., Tanabe, K., Davis, R. A., (eds.), *Ammonoid Paleobiology*: New York and London, Plenum Press, 607-707.
- Zittel, K. A.**, 1879, *Handbuch der Paläontologie, V.1, V Paläontologie*: R. Oldenbourg, Muchen & Leipzig, 765.
- Zittel, K. A.**, 1884, Cephalopoda, in, Zittel, K. A. von, *Handbuch der Palaeontologie*: Munich and Leipzig, R. Oldenboerg, 1, abeteilung 2, Lieferung 3, 1-1893.

**A N N E X O S**

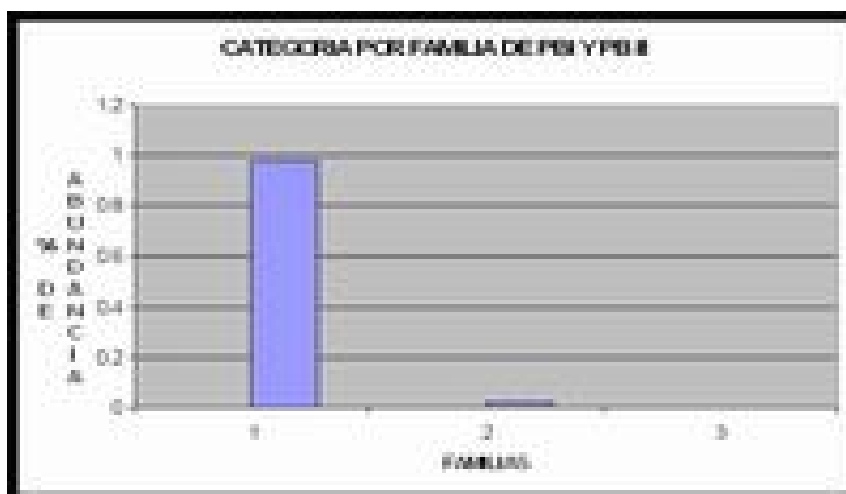
HÁBITAT								
FAMILIA	OC	AR	DS	Off	On	ox	PI	
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25	
Phylloceratidae	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2			
$\Sigma$ = Índice de Hábitat	0.2	0.2	0.2	0.45	0.45	0.25	0.25	$\Sigma=2$
Porcentaje	10	10	10	22.50	22.50	12.50	12.50	$\Sigma=100$

**Figura.- 16** Índice de hábitat de las familias presentes en los afloramientos Peña Blanca I y Peña Blanca II. **OC**: oceánico, **AR**: Ammonito Rosso, **DS**: Plataforma distal / pendiente superior, **Off**: a cierta distancia de la costa, **On**: en la costa, **PI**: Plataforma.



**Figura -17** Espectro de hábitat de las familias presentes en los afloramientos Peña Blanca I y Peña Blanca II. **OC**: oceánico, **AR**: Ammonito Rosso, **DS**: Plataforma distal / pendiente superior, **Off**: a cierta distancia de la costa, **On**: en la costa, **PI**: Plataforma.





**Figura 18.-** Abundancia relativa de las familias presentes en los afloramientos Peña Blanca I (PBI) y Peña Blanca II (PBI).

### EJEMPLARES POR ESPECIE DE PEÑA BLANCA I.

#### Amonites:

**CUADRO 2.-** Las medidas que se muestran pertenecen a la especie *Orthechioceras pauper* en donde los ceros representan a los ejemplares que se encuentran incompletos. La media de la distancia del ombligo a la última vuelta es de 12.63 mm. En la altura de la última vuelta es igual a 11.26 mm. La media en el número de vueltas es de 3.33. En el diámetro máximo la media es de 33.91.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm
32.33	15.91	5	64
0	15.81	1	15.81
0	9.42	4	9.42
0	15.55	3	15.55
0	12.68	1	12.68
0	11.85	1	11.85
53.58	22.32	6	107.16
19.65	10.03	4	39.3
21.33	8.65	6	42.66
16.07	7.84	5	32.14
21.44	10.61	4	33.6
32.52	15.53	4	58.15
0	11.35	2	24.94
0	11.13	2	31.08
0	9.62	3	22.2
17.98	7.66	4	34.4
0	0	1	28.73
12.57	6.83	4	26.8

**CUADRO 3.-** Las medidas corresponden a la especie *Paltechioceras tardecrescens*, en donde la media de la primera columna es igual a 12.97. La media en la altura de la última vuelta es igual a 10.40. En el número de vueltas la media es igual a 3.05 y para el diámetro máximo es de 30.84.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm
30.76	13.68	5	61.52
26.76	12.75	5	50.51
11.05	7.05	2	19.61
17.48	12.09	4	30.9
20.96	11.36	4	40.91
28.57	17.74	5	51.89
36.31	16.11	5	72.68
0	11.33	4	22.32
0	17.6	2	20.7
0	11.67	1	11.67
0	20.06	2	23.04
15.64	8.98	3	35.28
17.56	8.94	3	29
0	0	1	15.13
0	0	0	17.71
11.51	7.62	3	21.46
10.29	7.5	3	20.1
10.67	7.33	3	25.24
8.98	5.91	3	16.38

**CUADRO 4.-** Tabla de medidas correspondiente a la especie *Paltechioceras rothpletzi*, en donde la media de la distancia del ombligo a la última vuelta es: 7.19. La media de la altura de la última vuelta es de 5.23, mientras que para el número de vueltas y el diámetro máximo son 2.14 y 16.94 sucesivamente.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
11.38	7.54	3	23.78
0	0	1	14.28
0	0	0	5.74
12.7	8.36	3	23.66
5.15	8.31	3	14.61
15.08	8.74	3	25.74
6.08	3.72	2	10.81

**CUADRO 5.-** Los datos corresponden a la especie *Paltechioceras mexicanum* y la media de la primera columna es de: 1.92 mm. En la distancia del ombligo a la última vuelta es de 3.23. La media para la altura de la última vuelta es de 0.5, y para el diámetro máximo es de 34.93 mm.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
0	23.3	1	47.27
0	0	0	6.69
0	0	0	52.27
0	0	0	44.3
0	0	0	30.09
0	0	0	38.4
19.22	9.93	4	32.91
0	0	0	25.26
0	0	0	23.4
0	0	0	48.78

**CUADRO 6.-** Muestra las mediadas de la especie *Phylloceras sp*, el cual se caracteriza por ser evolutivo, por lo tanto no se aprecia el número de vueltas. La media de la distancia a la última vuelta es de 13.16 y la del diámetro máximo es de 14.24 mm.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
16.17	16.17
13.26	13.28
10.05	13.28

**CUADRO 7.-** Muestra los datos obtenidos para el género *Orthechioceras*; de los que debido a su estado de preservación no fue posible llegar a determinar la especie. La media de las medidas de distancia del ombligo a la última vuelta es de: 1.52. La media de la altura de la última vuelta es de: 2.38, mientras que para el número de vueltas y el diámetro máximo es de 1.6 y 8.19 consecutivamente.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
0	2.7	1	2.7
0	4.93	1	4.93
7.6	4.3	4	12.38
0	0	1	10.72
0	0	1	10.23

**CUADRO 8.-** En esta tabla se muestran a los ejemplares que por su estado de preservación no fue posible llegar mas allá de determinar al genero *Paltechioceras sp.* La media de la distancia del ombligo a la ultima vuelta es de 1.7 mm. En los datos correspondientes a la segunda columna la media es igual a 1.16; mientras que para el número de vueltas y el diámetro máximo es igual a 1.4 y 10.79 respectivamente.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
0	0	0	10.31
0	0	3	13.18
0	0	0	14.88
0	0	1	11.42
0	0	1	7.19
0	0	1	6.78
0	0	0	14.1
4.79	3.44	2	9.48
6.08	3.26	3	9.87
7.11	4.92	3	10.71

**CUADRO 9.-** Esta tabla muestra los datos correspondientes a la familia *Echioceratidae*, los cuales no fue posible observar datos para la identificación hasta especie. La media de la primera columna es igual: 0.36. La media de la altura de la ultima vuelta es: 0.48, para las columnas de el numero de vueltas y diámetro máximo es igual a 0.11 y 12.22 mm, respectivamente.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS	DIÁMETRO MÁXIMO EN MM.
4.14	3.19	2	6.66
8.62	4.11	2	15.79
0	0	0	29.13
0	0	0	5.73
0	0	0	6.74
0	0	0	5.91
0	0	0	9.7
0	9.62	0	22.2
0	0	0	8.71
0	0	0	4.04
0	0	0	17.71
0	0	0	16.04
0	0	0	14.17
0	0	0	15.95
0	0	0	6.62
0	0	0	13.28
0	0	0	5.25
0	0	0	12.43
0	0	0	38.72
0	0	0	8.82
0	0	0	6.69
0	0	0	14.07
0	0	0	13.03
0	0	0	12.82
0	0	0	7.81
0	0	0	21.03
0	0	0	11.89
0	0	0	6.3
0	0	0	14.36
0	0	0	16.9
0	0	0	8.7
0	0	0	8.5
0	0	0	8.09
0	0	0	4.32
0	0	0	9.71

## EJEMPLARES POR ESPECIE DE PEÑA BLANCA II.

**CUADRO 10.-** Esta tabla muestra los datos correspondientes a la especie *Orthechioceras incaguasiense*. La media de la primera columna es igual: 14. La media de la altura de la ultima vuelta es: 8.63, para las columnas de el diámetro máximo es igual a 33.62 mm, respectivamente.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
31.81	13.07	5	60.62
29.52	12.95	6	59.04
34.52	11.03	7	69.00
30.53	15.89	6	61.80
28.03	14.02	5	56.01
31.1	14.86	5	62.24
18.63	9.74	3	19.43
5.82	3.83	3	10.18
19.5	8.19	4	32.08
12.94	8.27	4	20.80
15.07	9.89	4	27.72
11.82	7.14	4	20.09
7.55	4.31	4	13.91
16.04	9.18	5	32.75
16.67	8.27	2	33.17
29.7	12.37	5	37.01
16.15	10.64	3	29.42
14.25	8.70	4	24.76
15.32	8.79	4	26.61
22	11.03	4	38.66
15	9.07	3	27.76
17	9.02	4	29.33
0	0	1	9.88
0	15.79	2	39.67
0	0	0	22.14
0	0	0	17.39
0	14.82	2	33.31
0	7.77	2	37.69
0	8.79	4	26.34
0	0	0	43.20
0	0	0	20.07

**CUADRO 11.-** Las medidas corresponden a la especie *Paltechioceras tardecrescens*, en donde la media de la primera columna es igual a 15.08. La media en la altura de la última vuelta es igual a 8.80. Para el diámetro máximo es de 32.09.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
32.07	17.01	2	64.14
28.94	13.70	5	57.88
33.44	15.88	6	66.88
33.8	16.08	5	67.09
38.11	12.50	5	76.2
21.61	9.82	5	43.21
17.00	8.66	6	33.90
18.64	9.31	5	33.54
39.63	21.30	5	41.06
20.97	10.97	6	37.42
11.89	8.38	3	20.15
10.54	6.31	3	18.67
15.80	9.14	5	22.54
10.11	5.60	5	17.30
11.33	9.32	5	27.44
59.29	26.38	5	70.45
28.42	11.99	5	32.24
16.38	8.20	5	26.89
19.6	10.19	4	29.71
0	10.14	2	22.57
0	0	0	13.82
0	0	0	30.44
0	0	0	20.07
0	0	0	22.58
0	0	0	6.92
0	0	0	13.39
0	0	0	6.29
0	0	0	18.45
0	10.81	2	26.48
0	10.08	5	15.83
0	10.96	2	11.3

**CUADRO 12.-** Tabla de medidas correspondiente a la especie *Paltechioceras rothpletzi*, en donde la media de la distancia del ombligo a la última vuelta es: 7.80. La media de la altura de la última vuelta es de 5.52, mientras que para el diámetro máximo 15.81.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
3.79	2.6	2	6.61
3.52	2.54	3	5.93
4.51	2.93	3	6.82
6.58	2.88	3	10.69
8.43	5.19	3	13.42
8.38	4.36	4	16.63
10.38	7.56	4	18.43
15.95	11.6	4	28.62
15.36	8.88	3	20.26
8.41	4.32	3	9.14
10.53	6.31	4	23.24
10.1	4.6	4	16.59
14.26	6.32	4	23.49
12.94	8.79	3	22.23
0	9.48	0	15.92
0	0	0	22.89
7.28	0	4	12.71
0	11.12	1	11.12

**CUADRO 13.-** Los datos corresponden a la especie *Paltechioceras mexicanum* y la media de la primera columna es de: 7.00 mm. La media para la altura de la última vuelta es de 5.63, y para el diámetro máximo es de 22.59 mm.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
8.71	4.55	4	19.17
15.21	13.65	3	22.13
13.52	7.49	3	25.13
10.83	7.52	4	18.98
15.22	8.22	4	26.89
10.39	5.79	4	18.27
17.21	10.19	5	29.61
0	0	0	18.75
0	0	0	24.70
0	0	0	16.87
0	0	0	17.39
0	15.79	2	39.67
0	0	0	16.13

**CUADRO 14.-** Muestra las medidas correspondiente a

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
20.73	33.78

**CUADRO 15.-** Datos que corresponden a la familia **Echioceratidae**.

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
0	0	0	12.49
0	0	0	6.71
0	0	0	10.17
0	0	0	15.67
0	0	0	9.27
0	0	0	20.07
0	0	0	17.36
0	0	0	9.22
0	0	0	8.17
0	0	0	11.66
0	0	0	9.47
0	0	0	21.02
0	0	0	10.51
0	0	0	6.66
0	0	0	31.93
3	2.66	3.62	7.16
3	2.11	2.71	5.72
0	0	0	12.68
0	0	0	20.42
0	0	0	6.85
0	0	0	5.05
0	0	0	5.16
0	0	0	16.77
0	0	0	10.25
0	0	0	10.42
0	0	0	6.09
0	0	0	7.47
0	0	0	4.9
0	0	0	15.07
0	0	0	9.87
0	0	0	9.22
0	0	0	13.54
0	0	0	27.65
0	0	0	13.26
3	4.66	9.45	16.67
0	0	0	17.52
0	0	0	19.12
0	0	0	5.55
0	0	0	6.66
0	0	0	9.72
0	0	0	15.25
0	0	0	13.57
0	0	0	18.52
0	0	0	9.37
0	0	0	12.71
0	0	0	4.48
0	0	0	21.12
0	0	0	5.00
0	0	0	13.91
0	0	0	16.34
0	0	0	5.16



**CUADRO 16.-** Datos que corresponden a la familia *Echioceratidae*. Las medias corresponden a los datos de la tabla 14 y 15; en donde la media de la primera columna es de 0.17 mm, 0.17 mm es la media de la altura de la última vuelta. La media del diámetro máximo es igual a 0.17

DISTANCIA DEL OMBLIGO A LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	ALTURA DE LA ÚLTIMA VUELTA EN mm	NÚMERO DE VUELTAS EN mm	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm.
0	0	0	9.65
0	0	0	17.38
0	0	0	6.47
0	0	0	10.27
4	5.71	0	14.79
0	0	0	10.09
0	0	0	18.20
0	0	0	13.05
0	0	0	10.35
0	0	0	7.09
0	0	0	21.06
0	0	0	6.83
0	0	0	7.83
0	0	0	17.69
0	0	0	13.11
0	0	0	33.05
0	0	0	6.29
0	0	0	9.88
0	0	0	6.78
0	0	0	13.39
0	0	0	15.83

**Bivalvos:**  
Hay dos en el PB I, los miden de mm media de los máximos es

ejemplares a floramiento cuales 1,5 a 1.35 entonces la diámetros igual a 1.42.

324 ejemplares en el a floramiento PB II.

**CUADRO 17.-** Datos de la especie *Posiidontis cf. semiplicata*.

No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm	No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm	No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm	No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm
1.	5.4	31.	3.15	61.	14.17	91.	3.19
2.	2.58	32.	4.09	62.	4.13	92.	3.28
3.	3.24	33.	9.18	63.	4.63	93.	4.69
4.	6.19	34.	5.74	64.	10.52	94.	2.85
5.	9.26	35.	8.46	65.	5.95	95.	3.1
6.	6.3	36.	17.05	66.	3.64	96.	3.31
7.	10.3	37.	10.41	67.	3.64	97.	2.19
8.	14.82	38.	7.19	68.	2.17	98.	4.82
9.	2.8	39.	2.78	69.	8.46	99.	10.56
10.	3.6	40.	3.76	70.	5.95	100.	14.83
11.	2.91	41.	3.12	71.	10.25	101.	5.42
12.	6.87	42.	2.15	72.	4.22	102.	3.57
13.	3.83	43.	3.15	73.	3.93	103.	5.08
14.	4.25	44.	3.48	74.	2.71	104.	2.33
15.	7.26	45.	9.79	75.	3.44	105.	8.68
16.	11.61	46.	5.84	76.	3.2	106.	4.86
17.	7.44	47.	5.7	77.	5.51	107.	9.28
18.	3.94	48.	3.78	78.	6.91	108.	6.83
19.	5.59	49.	2.21	79.	2.4	109.	9.13
20.	3.83	50.	5.97	80.	4.63	110.	9.07
21.	3.62	51.	7.62	81.	5.08	111.	5.51
22.	5.54	52.	4.33	82.	2.36	112.	10.94
23.	6.29	53.	2.97	83.	1.75	113.	6.28
24.	2.49	54.	4.36	84.	2.26	114.	9.37
25.	2.61	55.	5.71	85.	1.88	115.	5.14
26.	2.03	56.	3.51	86.	2.59	116.	6.56
27.	1.8	57.	5.23	87.	1.71	117.	2.58
28.	1.91	58.	1.68	88.	3.16	118.	6.9
29.	5.01	59.	2.05	89.	6.38	119.	1.79
30.	7.6	60.	1.35	90.	3.01	120.	4.35

**CUADRO 18.-** Datos de la especie *Posiidontis cf. semiplicata*.

No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm	No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm	No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm
121.	3.32	153.	4.87	185.	1.95
122.	6.45	154.	2.73	186.	2.74
123.	6.29	155.	9.1	187.	4.56
124.	3.8	156.	6.76	188.	5.87
125.	3.37	157.	7.63	189.	7.85
126.	2.9	158.	6.9	190.	3.83
127.	4.91	159.	3.56	191.	9.28
128.	4.34	160.	3.27	192.	6.54
129.	4.22	161.	2.91	193.	4.55
130.	6.61	162.	3.49	194.	2.51
131.	6.62	163.	2.49	195.	3.35
132.	4.61	164.	2.36	196.	5.8
133.	4.38	165.	6.65	197.	2.92
134.	4.18	166.	2.32	198.	2.85
135.	3.57	167.	1.97	199.	2.79
136.	6.2	168.	5.68	200.	2.06
137.	10.53	169.	4.18	201.	5.24
138.	4.71	170.	4.95	202.	3.82
139.	4.06	171.	5.9	203.	4.77
140.	3.41	172.	3.63	204.	3.32
141.	5.23	173.	5.01	205.	4.21
142.	3.32	174.	7.99	206.	7.94
143.	3.19	175.	5.99	207.	3
144.	7.26	176.	5.69	208.	3.69
145.	3.99	177.	3.38	209.	1.87
146.	5.8	178.	4.04	210.	3.3
147.	2.95	179.	6.72	211.	5.55
148.	3.04	180.	4.78	212.	4.94
149.	3.78	181.	3.75	213.	5.38
150.	3.56	182.	6.14	214.	5.82
151.	4.05	183.	3.91	215.	2.21
152.	6.13	184.	2.88	216.	4.76

CUADRO 19.- Datos de la especie *Posiidontis cf. semiplicata*

No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm	No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm
217.	3.33	255.	6.81
218.	3.24	256.	3.82
219.	4.93	257.	5.43
220.	3.43	258.	3.92
221.	4.12	259.	3.64
222.	3.38	260.	2.09
223.	2.96	261.	5.14
224.	3.62	262.	3.94
225.	5.49	263.	4.42
226.	5.31	264.	3.17
227.	3.93	265.	5.19
228.	5.88	266.	4.28
229.	2.9	267.	3.17
230.	9.05	268.	6.89
231.	6.47	269.	8.76
232.	6.24	270.	4.15
233.	3.02	271.	3.29
234.	3.99	272.	3.83
235.	2.22	273.	13.15
236.	3.33	274.	10.12
237.	3.82	275.	4.07
238.	3.17	276.	3.36
239.	3.42	277.	2.88
240.	6.57	278.	3.54
241.	3.86	279.	3.69
242.	1.94	280.	5.34

**CUADRO 20.-** Datos de la especie *Posiidontis cf. semiplicata*. La media del diámetro máximo para los ejemplares de las tablas 16, 17, 18, 19, 20 es igual a 5.49 mm.

No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm	No. DE EJEMPLAR	DIÁMETRO MÁXIMO EN mm
243.	10.55	297.	6.65
244.	11.54	298.	6.61
245.	9.04	299.	5.15
246.	5.7	300.	4.84
247.	7.77	301.	10.18
248.	5.46	302.	4.02
249.	2.91	303.	3.29
250.	4.19	304.	6.9
251.	5.47	305.	5.45
252.	8.79	306.	4.86
253.	3.19	307.	9.02
254.	9.94	308.	5.2
281.	6.24	309.	10.62
282.	2.75	310.	5.84
283.	2.69	311.	5.23
284.	2.53	312.	13.13
285.	2.14	313.	3.88
286.	2.78	314.	3.81
287.	4.16	315.	4.7
288.	2.57	316.	4.41
289.	15.92	317.	6.44
290.	9.62	318.	4.15
291.	5.88	319.	3.04
292.	8.68	320.	5.36
293.	6.14	321.	6.64
294.	5.47	322.	3.53
295.	7.5	323.	6.27
296.	3.45	324.	6.39