



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

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

ANÁLISIS PALEOAMBIENTAL MEDIANTE FÓSILES DE
INVERTEBRADOS DEL JURÁSICO INFERIOR
(SINEMURIANO) EN LA LOCALIDAD “EL BOPO”, HIDALGO,

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

L I C E N C I A D O E N B I O L O G Í A

P R E S E N T A

MANUEL AARÓN GAYOSSO MORALES

ASESORES: Dr. Carlos Esquivel Macías
Dr. Kinardo Flores Castro

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres: Irma Morales Téllez y Leobardo Gamaliel Gayosso Arias. Por siempre darme lo invaluable amor y educación, debido a su esfuerzo, confianza y apoyo logre este objetivo. Gracias por darme la oportunidad de cumplir mi destino. A su vez, a mi hermana Montserrat por tu amistad, ejemplo y afecto.

“Gracias por todo, los amo.”

AGRADECIMIENTOS

El autor manifiesta su agradecimiento al: Dr. Carlos Esquivel Macías. Por su interés científico y ayuda en el desarrollo de esta investigación. Por haberme mostrado el mundo de la paleontología, pero principalmente por sus enseñanzas y consejos durante estos dos últimos años. Gracias por ser mi mentor.

Merecen mención especial mis sinodales, por sus contribuciones al mejoramiento de este manuscrito: Dra. Katya Adriana González Rodríguez, Dra. Griselda Pulido Flores, M en C. Jesús M. Castillo Cerón, Dr. Víctor Manuel Bravo Cuevas, Biol. Ricardo León Rico, Dr. Kinardo Flores Castro. Gracias por sus observaciones, comentarios y sugerencias.

A los profesores: M. en C. Mario Segura, Dra. Consuelo Cuevas, Dr. Juan Marquez, Dra. Leticia Romero, Dr. Aurelio Ramírez, Dr. Alberto Rojas, Dr. Víctor Bravo. Por sus excelentes clases, por compartir y contagiar su pasión por la biología.

A mis compañeros y amigos de la quinta generación de biología de la cuál me siento orgulloso de pertenecer: Iliana Acosta, Rafaela Escorcía, Claudia García, Melany Aguilar, Jessy Bravo, Arianna Gutiérrez, Karina González, Claudia Gómez, Sonia Bautista, Efraín Bautista, Eduardo Torres, Pablo Caballero, Ernesto Rodríguez, Sergio Hernández. Les agradezco su compañerismo, consejos y tanta diversión. Principalmente por estar siempre conmigo, por su entusiasmo y cariño sincero, por todo lo que me enseñaron. Gracias por compartir conmigo esta aventura.

A mis amigas que hicieron de mi estancia en la licenciatura, una gran experiencia: Dinorah, Cinthya, Erika, Elisa, Berenice, Carmen, Noemí, Sandra, Nayelli, Ana Laura, Verito, Silvia, Araceli, Osiris, Edith, Eunice, Alejandra, Paty, Ibeth, Ivonne, Gloria, Claudia (Supra). Gracias por su amistad, apoyo, y afecto. En especial por su sonrisa eterna y excelentes conversaciones, son la mejor de las compañías.

A mis amigos Biólogos: Efraín Bautista, Eduardo Torres, Pablo Caballero, Ernesto Chanes, Alejandro Ramírez y Jorge Alberto. Por su extraordinaria amistad y genialidad. Compartiendo conmigo sus experiencias. Gracias por sus consejos, confianza y enseñanzas, se que siempre seremos amigos.

A mis compañeros del Museo de Paleontología al: Dr. Jorge Alberto, Elvis, Luís, Arturo, Alejandro, Arianna, Maggie, Gloria, Lorena y a mi colega; Rosanna. Por ser unos verdaderos compañeros, por su amistad llena de sonrisas, carcajadas. Divertidas e interesantes conversaciones.

A mis mejores amigos que desde que los conozco; mejoran mi vida a cada día. Por estar conmigo siempre y hacerme tan feliz. Melissa, Alina, Fabiola, Elizabeth, Viridiana, Juan, Mario Alberto, Alberto Jorge, Alfonso, Francisco David, Uriel y especialmente a Vinicio. Por ser mi hermano y mejor amigo. Gracias a ustedes por mantenerme cuerdo y ayudarme a empezar de nuevo. Su amistad es mi mayor fortuna.

A mis titanes que son mis abuelos, Ofelia, Bertha y Manuel. Por que gracias a ustedes y a mis padres estoy aquí. Por participar en mi crianza, por su ejemplo; de esfuerzo y dedicación, gracias a ustedes soy una mejor persona.

Ofelia, gracias por compartir tus experiencias; por tus enseñanzas, consejos y cuidados. Gracias por tu alegría, y ejemplo de fortaleza y determinación.

Bertha y Manuel: Por todo su cariño y apoyo para mí, y mi familia. Gracias por su sinceridad y confianza.

A mis tías Verónica y Sonia: Por contar siempre con su apoyo y cuidados. Gracias por todo lo que han hecho por mí.

Y a mi tío Ignacio por estar conmigo; en aquel momento difícil, apoyándome en los favores que le he pedido.

A la Familia Gayosso-Mexia; Armando, Ana Maria, Ana Rosa, Ofelia y Sonia. Por ayudarme cuando lo he necesitado. Gracias niñas por su amistad y afecto. Por prestarme su computadora. En especial a mi tío Armando Gayosso. Por facilitarme su martillo geológico y literatura.

A la Familia Morales-Mendez: Israel, Maribel, Rosi y Fátima. Por facilitarme su computadora cuando más la necesite. Gracias tío Israel. Ya que gracias a ti; las correcciones de este manuscrito fueron más rápidas. Aprecio mucho tu gran gesto.

A la Familia Cortes-Morales: Conrado, Rosa Maria, Itzarai, Ivan e Irvin. Por su amabilidad y cariño. Por prestarme su computadora. Gracias Ivan por despejar mis dudas de computación.

A mis padrinos Vero y Poncho quienes son mis amigos por su escucha y comprensión, y cariño. Su interés y preocupación por mí. Especialmente por todo lo buenos que son conmigo. A mis sobrinos Tabata y Tadeo por llenar mi vida de alegría.

De manera muy especial quiero expresar mi; más sincero agradecimiento. Por su amistad, apoyo, consejos e invaluable ayuda a mi Hermana Montserrat.

Hera por tu compañía, en cada noche de estudio.

Me siento muy afortunado de tenerlos en mi vida. Se que no estoy solo; cuento con todos ustedes. Gracias a todos los aquí nombrados. Por favorecerme, a estar más instruido y ser menos engreído; a estar más contento y menos satisfecho de mi mismo.

“Los quiero mucho.”

ÍNDICE

Resumen.....	1
1. Introducción.....	2
2. Antecedentes y Justificación.....	4
3. Objetivo.....	7
4. Área de Estudio.....	8
4.1 Localización y vías de Acceso.....	8
4.2 Geología regional.....	11
5. Método.....	20
5.1 Trabajo de campo.....	20
5.2 Trabajo de laboratorio.....	20
6. Resultados.....	26
6.1 Paleontología Sistemática.	26
Amonoideos.....	26
Bivalvos.....	47
6.2 Morfología funcional.....	52
6.3 Análisis Paleoecológico.....	54
6.3.1 Abundancia relativa e índices de diversidad.....	54
6.4 Índices y espectros de hábitat.....	63
6.5 Análisis de tallas de bioclastos	66
6.6 Tallas de amonoideos como indicadores de fosilización “ <i>in situ/ ex situ</i> ”	71
6.7 Petrología sedimentaria.....	76
6.8 Geoquímica inorgánica.....	86
7. Discusión.....	89
8. Conclusiones.....	98
Glosario.....	102
Literatura citada.....	107
Anexos.....	117

Lista de Figuras

1. Mapa de localización del área de estudio.....	10
2. Mapa de yacimientos fosilíferos.....	11
3. Mapa geológico de la zona de estudio.....	13
4. Columna litoestratigráfica de las cuatro formaciones de Schmidt-Effing (1984).....	15
5. Sección estratigráfica de las nueve subunidades de Erben (1956).....	17
6. Principales estructuras de la morfología de amonoideos.....	20
7. Tipos de costillas de amonoideos.....	21
8. <i>Paltechioceras tardecrescens</i> . Ejemplar No. 21, estrato “D”.....	27
9. <i>Paltechioceras rothpletzi</i> . Ejemplar No. 28, del estrato “F”.....	28
10. <i>Paltechioceras cf. mexicanum</i> . Ejemplar No. 8, del estrato “G”.....	29
11. <i>Paltechioceras harbledownense</i> . Ejemplar No. 6 del estrato “C”.....	31
12. <i>Paltechioceras burckhardti</i> . Ejemplar No. 6 del estrato “D”.....	32
13. <i>Orthechioceras jamesdanae</i> . Ejemplar No. 42 del estrato “D”.....	34
14. <i>Orthechioceras pauper</i> . Ejemplar No. 20 del estrato “F”.....	35
15. <i>Orthechioceras cf. incaguasciense</i> . Ejemplar No. 1 del estrato “F”.....	37
16. <i>Leptechioceras alvarezzi</i> Ejemplar No. 44 del estrato localidad “F”.....	39
17. <i>Arnioceras cf. ceratitoides</i> . Ejemplar No.14 del estrato “D”.....	40
18. <i>Oxynoticeras aff. soemanni</i> . Ejemplar No.42 del estrato “D”.....	42
19. ? <i>Proclivioceras aff. proclive</i> Ejemplar No.2 del estrato “E”.....	43
20. <i>Microderoceras bispinatum altespinatum</i> Ejemplar No.54, del estrato “D”.....	45
21. Fotografía de <i>Phylloceras sp.</i> Ejemplar No.4 del estrato “E”.....	46
22. Fotografía de <i>Nuculana (Praesacella) ovum</i> . Ejemplar No. 3 del estrato “A”.....	48
23. Fotografía de <i>Gervillaria pallas</i> . Ejemplar No. 4 proveniente del estrato “C”.....	49
24. Fotografía de <i>Gervillella araucana</i> . Ejemplar No.5 proveniente del estrato “C”.....	50
25. Fotografía de <i>Weyla (Weyla) alata alata</i> . Ejemplar No.8 proveniente del estrato “A”.....	52
26. Morfología funcional de amonoideos.....	53
27. Espectro de abundancia relativa para el estrato “A”.....	56
28. Espectro de abundancia relativa para el estrato “B”.....	57

29. Espectro de abundancia relativa para el estrato “C”	58
30. Espectro de abundancia relativa para el estrato “D”	59
31. Espectro de abundancia relativa para el estrato “E”	60
32. Espectro de abundancia relativa para el estrato “F”	61
33. Espectro de abundancia relativa para el estrato “G”	62
34. Espectro de hábitat de los estratos “A, B, D, F, G”	63
35. Espectro de hábitat del estrato “C”	63
36. Espectro de hábitat del estrato “E”	64
37. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “A”	66
38. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “B”	66
39. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “C”	67
40. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “D”	68
41. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “E”	68
42. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “F”	69
43. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “G”	69
44. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “A”	71
45. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “B”	72
46. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “C”	72
47. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “D”	73
48. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “E”	73
49. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “F”	74
50. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “G”	75
51. Fotomicrografía de la sección delgada, a 100 X , del estrato “A”	76
52. Perfil estratigráfico de la secuencia “El Bopo”	77
53. Fotomicrografía de la sección delgada, a 100 X, del estrato “B”	78
54. Fotomicrografía de la sección delgada, a 100 X, del estrato “C” sección de arena fina.....	79
55. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato “C” sección de arena media.....	80
56. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato “C”, sección de arena gruesa.....	80

57. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato “D”.....	81
58. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato “E”.....	82
59. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, de la concreción.....	83
60. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato “F”.....	84
61. Fotomicrografía de la sección delgada, a 100 X, del estrato “G”.....	85
62. Gráfica de elementos mayoritarios de los estratos “B”, “C” y “F”.....	87
63. Gráfica de elementos traza de los estratos “B”, “C” y “F”.....	87
64. Modelo paleoambiental de la secuencia “El Bopo”.....	100
65. Fotografía del estrato “A”.....	130
66. Fotografía del estrato “B”.....	130
67. Fotografía del estrato “C”.....	131
68. Fotografía del estrato “D”.....	131
69. Fotografía del estrato “E”.....	132
70. Fotografía del estrato “F”.....	132
71. Fotografía del estrato “G”.....	133

Lista de Cuadros

1. Especies presentes para toda la secuencia, donde se observa el número de ejemplares de cada especie y el porcentaje que representan respecto al total	55
2. Cuadro comparativo entre los modelos de facies de Wilson modificados y las facies propuestas por Westermann para amonoideos.....	63
3. Índice de hábitat de los estratos “A, B, D, F, G”.....	64
4. Índice de hábitat del estrato “C”.....	64
5. Índice de hábitat del estrato “E”.....	65
6. Comparación del nivel de arrastre entre estratos en relación.....	70
7. Indica los elementos analizados y sus proporciones para “B”, “C” y “F”.....	85
8. Medidas tomadas al Ammonoideo <i>Paltechioceras harbledownense</i>	116
9. Medidas tomadas a los Ammonoideos, <i>Paltechioceras harbledownense</i> , <i>P. mexicanum</i> provenientes del estrato “B”.....	116
10. Medidas tomadas a los Ammonoideos, <i>Paltechioceras harbledownense</i> , <i>P. mexicanum</i> , los cuales son la única fauna fósil, provenientes del estrato “C”.....	117

11. Medidas tomadas a los Ammonoideos, <i>Orthechioceras incaguasiense</i> provenientes del estrato “D”.....	118
12. Medidas tomadas a <i>Paltechioceras mexicanum</i> , provenientes del estrato “D”.....	118
13. Medidas tomadas a <i>Orthechioceras jamesdanae</i> proveniente del estrato “D”.....	119
14. Medidas tomadas a <i>Paltechioceras tardecrescens</i> proveniente del estrato “D”.....	120
15. Medidas tomadas a <i>Orthechioceras pauper</i> y <i>Paltechioceras burckhardti</i> proveniente del estrato “D”.....	120
16. Medidas tomadas a <i>Paltechioceras rothpletzi</i> proveniente del estrato “E”.....	121
17. Medidas tomadas a <i>Paltechioceras tardecrescens</i> proveniente del estrato “E”.....	121
18. Medidas tomadas a <i>Paltechioceras mexicanum</i> s proveniente del estrato “E”.....	121
19. Medidas tomadas a <i>Orthechioceras jamesdanae</i> , <i>Orthechioceras incaguasciense</i> , <i>Orthechioceras pauper</i> , proveniente del estrato “E”.....	122
20. Medidas tomadas a <i>Proclivioceras</i> y <i>Phylloceras sp.</i> proveniente del estrato “E”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.....	122
21. Medidas tomadas a <i>Paltechioceras tardecrescens</i> proveniente del estrato “F”.....	123
22. Medidas tomadas a <i>Orthechioceras pauper</i> proveniente del estrato “F”.....	123
23. Medidas tomadas a <i>Paltechioceras mexicanum</i> proveniente del estrato “F”.....	124
24. Medidas tomadas a los especímenes <i>Paltechioceras rothpletzi</i> , <i>Orthechioceras jamesdanae</i> , <i>Orthechioceras incaguasciense</i> , <i>Leptechioceras alvarezi</i> , provenientes del estrato “F”.....	124
25. Medidas tomadas a <i>Paltechioceras mexicanum</i> proveniente del estrato “G”.....	125
26. Medidas tomadas a <i>Paltechioceras tardecrescens</i> proveniente del estrato “G”.....	125
27. Medidas tomadas a <i>Orthechioceras incaguasciense</i> , <i>Orthechioceras jamesdanae</i> proveniente del estrato “G”.....	126
28. Cuadro comparativo de láminas delgadas.....	127

Lista de Anexos

1. Datos merísticos de la fauna fósil para cada estrato.....	116
2. Petrología sedimentaria, cuadros comparativos.....	127
7. Fotografías de los estratos	131

RESUMEN

Se trabajó en siete afloramientos fosilíferos alrededor del poblado “El Bopo”, región de Tenango de Doria, en la Sierra Madre Oriental, Estado de Hidalgo, México. Estos sitios son portadores de fauna índice del Jurásico inferior (Sinemuriano) y se consideran a cada uno de estos como estratos que conforman a una secuencia, a la cual no es posible visualizar en conjunto, dada la topografía y la densa vegetación de la región; sin embargo, los estratos se consideran como variaciones laterales de la cuenca que originó a la Formación Huayacocotla. En esta última, se han realizado diversos estudios geológicos y paleontológicos y en el último año se han efectuado por Hernández-Velásquez y Granados-León, análisis paleoambientales simultáneos al presente estudio. Con respecto a los antecedentes conocidos en esta región, relacionados con geología regional, exploración del petróleo, tectónica y bioestratigrafía, se considera novedoso aplicar diversos conocimientos, como los de morfología funcional, aunado al análisis paleoecológico. El análisis de tallas con los diámetros máximos de bioclastos y con las conchas de amonoideos, indica el nivel de arrastre que sufrieron los sedimentos de cada estrato, respecto a otros de la secuencia, todos estos datos se contrastaron con la petrología sedimentaria y la interpretación de la geoquímica inorgánica, para integrar respuestas que den argumento a la interpretación del ambiente original. Se identificaron taxonómicamente diversas especies de amonoideos como: *Paltechioceras cf. tardecrescens*, *P. cf. mexicanum*, *P. rothpletzi*, *P. harbledowense*, *Orthechioceras jamesdanae*, *O. pauper*, *O. incaguasiense*, las cuales confirman la porción más alta de la zona de *Raricostatum* correspondiente al Sinemuriano Superior más tardío. Los fósiles de amonoideos son de ambientes neríticos y de talud continental, típicos del Sinemuriano Superior de esta región, obtenidos mediante hábitos de vida inferidos de la literatura para respaldar la interpretación del ambiente de depósito. Se encuentran bivalvos entre los que destacan *Weyla alata* y *Nuculana ovum*, *Gervillaria pallas* y *Gervillella araucana* que ayudan a precisar el ambiente de depósito. Estos bivalvos como algunos de los amonoideos indican relación biogeográfica con la costa este de Sudamérica y Norteamérica durante el Sinemuriano. La presente investigación integra información que permite interpretar el paleoambiente como plataforma nerítica con profundidad moderada, en condiciones disóxicas, con variantes: nerítica proximal, media y distal, así mismo, se reconocen indicios de una plataforma restringida.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo se llevan a cabo diversos proyectos sobre paleontología de las rocas sedimentarias mesozoicas, entre otras especialidades desarrolladas en el Museo de Paleontología de la misma. Particularmente prometedor es el trabajo sobre el Jurásico Inferior, debido a su alto contenido fosilífero.

Una de las principales líneas de investigación sobre estas rocas es la interpretación paleoambiental de la Formación Huayacocotla, que comienza hasta hace pocos años (Esquivel *et al.*, 2005) aprovechando la base de anteriores estudios paleontológicos, geológico-cartográficos y de exploración de hidrocarburos, para integrarlos en investigaciones paleoambientales que ayudarán a entender el origen de la Sierra Madre Oriental y sus rocas asociadas.

Los estudios paleoambientales pueden realizarse por medio de diferentes enfoques y líneas de investigación como son la petrología sedimentaria, análisis de tallas, morfología funcional, índices de hábitat, geoquímica inorgánica. Estas suelen aplicarse o elegirse en función, por supuesto, de la especialidad del investigador involucrado. Sin embargo, es cada vez más deseable incorporar diferentes líneas de evidencia y por lo tanto a diferentes especialistas para obtener mejores interpretaciones. En la actualidad ha cobrado mucha relevancia los datos provenientes de la geoquímica, pero con frecuencia en los estudios correspondientes no se combina la evidencia paleontológica, lo que sí se hace en el presente trabajo para generar una visualización más completa del paleoambiente.

La interpretación paleoambiental es, en buena medida un trabajo paleoecológico, sin embargo, el término podría crear ciertas confusiones, sobre todo si no está claro que la paleoecología no es la aplicación íntegra de los principios ecológicos, ya que existen fuertes sesgos muestrales en el registro fósil y es muy importante detectarlos, como son: la falta de registro de organismo con partes blandas o el desgaste diferencial de las conchas que por sus características no es posible que se conserven.

Para estudiar paleoecología se requieren sólidos conocimientos de la ecología actual, pero es necesario considerar que los paleoambientes representados en las rocas suelen mostrar los sesgos ya referidos, debido a mortalidad, transporte y conservación diferencial de los restos

orgánicos que se fosilizan por lo que debe cuidarse la representatividad de las asociaciones fósiles desde el punto de vista de la Tafonomía. Lo anterior equivale a decir que se debe analizar al registro fósil como una muestra de comunidades del pasado, para lo que existen diferentes herramientas, como el análisis de tallas, y otras, que permiten dar consideraciones sobre la integridad, transporte o representatividad de los fósiles respecto a poblaciones originales, por lo que en el presente trabajo solo se realiza un acercamiento.

Los componentes del paleoambiente que sí se pueden analizar en las rocas del presente estudio son: el análisis con la morfología funcional de los taxones reconocidos, parámetros físico-químicos aportados por la geoquímica inorgánica, tipo de sedimentos, patrones en las corrientes en la masa de agua entre otros parámetros por medio de la petrología sedimentaria.

Algunos de los sitios ya eran conocidos y muestreados desde 1976 por Schmidt-Effing (1980) y utilizados para proponer una modificación litoestratigráfica que convertía a la Formación Huayacocotla en Grupo; sin embargo, no prosperó por falta de formalidad nomenclatural, pero también por falta de información bioestratigráfica. Una de las razones para emprender la presente investigación es producir información que permita reconsiderar con argumentos paleoambientales la unidad de dicha secuencia.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Los estudios sobre el Anticlinorio de Huayacocotla y áreas adyacentes se pueden dividir en diversas etapas que denotan una historia de investigaciones de diferente índole. Las primeras observaciones de sedimentos marinos de la región, fueron efectuadas por Félix (1891), mientras que Böse (1894) reconoció facies pertenecientes al Liásico, llamándolas “Pizarra Potrero“, nombre que no se conservó por la previa existencia de una Formación en Sonora con el mismo nombre. Este hecho marcó el inicio de la primera etapa de investigación geológica de la zona durante el siglo XIX.

Posteriormente, como parte de estudios geológico-petroleros de Díaz-Lozano (1916) se describieron algunas plantas liásicas en la cercana zona de Huauchinango. Por otra parte, Burckhardt (1930) en la región de Huayacocotla, utilizó el término “sedimentos liásicos” basándose en la fauna de amonites.

En los años siguientes, como otra etapa de estudios en la región, la Formación Huayacocotla fue definida por Imlay *et al.* (1948), designando una localidad tipo que se encuentra al sur del poblado de Huayacocotla a lo largo del río Vinasco, que presentaba una secuencia de lutita con intercalaciones de arenisca, conglomerado y escasos lentes de caliza.

No fue hasta que Erben (1956) divide a la Formación Huayacocotla en nueve unidades basándose en la litología y fauna marina o continental que presentaban. Además describió 100 taxones para la región con 52 nuevos taxones de amonites. Esta investigación litoestratigráfica y paleontológica marca la tercera etapa de la historia de investigaciones en la región.

Carrillo-Bravo (1965) estudió la geología y cartografió una parte del anticlinorio, estableciendo la columna estratigráfica, así mismo describe la litología de las unidades involucradas.

La cuarta etapa consta de estudios realizados hace más de 30 años por Schmidt-Effing, su estudio que inicia en 1960, carecía de herramientas y condiciones apropiadas para realizarse; sin embargo, como parte de los resultados de su tesis de licenciatura dividió a la Formación Huayacocotla en la región de Tenango de Doria, Hidalgo, con base en su litología y asociaciones faunísticas en cuatro unidades litoestratigráficas, dando como resultado una litoestratigrafía del Sinemuriano Superior, cambiando el nombre de Formación al de Grupo Huayacocotla del Sinemuriano, Para dividir a este grupo en cinco formaciones (Las Juntas,

Temascalapa, Despí y Tenango y Capa con plantas), anteriormente consideradas como unidades litoestratigráficas; información posteriormente publicada en los trabajos Schimdt-Effing de (1980) Schlatter y Schmidt-Effing (1984). Este hecho es relevante para el presente estudio por que Schimdt-Effing (1980), utilizó la secuencia denominada El Bopo, la cual es objeto del presente estudio paleoambiental, que se realiza 30 años después, formando parte de la quinta etapa en la historia de estudios hechos para la región. Este estudio cuenta con más herramientas para su desarrollo como son: la Paleontología sistemática, petrología sedimentaria, análisis geoquímicos, con todos los antecedentes citados y mucho trabajo de campo.

En años posteriores en el área de estudio, se efectuaron otras investigaciones como la de Flores-Castro (1993) quien cartografió el valle de Tenango de Doria. Consecutivamente años más tarde Blau y colaboradores (2001) describieron dos nuevas especies y un género de amonites, que se utilizan para distinguir la distribución de fauna marina del proto Atlántico-Pacífico a través del territorio mexicano.

En la segunda Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados, varios autores presentaron trabajos de diferente índole sobre el Anticlinorio de Huayacocotla como: Ochoa-Camarillo (1997), Rosales-Lagarde *et al.* (1997), Ortega-Gutiérrez (1997), Centeno-García y Rosales-Lagarde (1997), ninguno de estos trabajos son sobre la región de Tenango de Doria ni de las rocas del liásico.

En cuanto a trabajos geológicos para la zona de estudio, sólo existen aquellos de carácter regional con fines petroleros y geológicos-mineros, hasta que en la comarca de Tenango de Doria / San Bartolo Tutotepec / Pahuatlán, Esquivel-Macías *et al.* (2005); integran por primera vez para la zona, información diversa a un estudio paleoambiental detallado.

Importancia de la presente investigación

Tomando en cuenta tal historia de investigaciones que antecede a la presente, resulta notable el largo periodo durante el que se han llevado a cabo investigaciones a cargo de diversos investigadores y con diferentes objetivos. No obstante que los diversos intereses sobre estas rocas del Jurásico, van desde el asombroso parecido litológico y faunístico con sus equivalentes cronológicos de Europa (que no se pudieron explicar cabalmente hasta la década de 1960 con la aceptación de la tectónica de placas), hasta su potencial petrolífero que fue

visualizado a principios del siglo XX y explorado, por lo menos hasta la misma década de 1960. Aún cuando la tectónica de placas permitió aclarar la unidad litológica y faunística con Europa, este mismo fenómeno abre las puertas a nuevas líneas de investigación como la presente y además, crea preguntas sobre el proceso de apertura del Golfo de México, ya que justamente inicia con la existencia de la paleocuenca Huayacocotla, posteriormente a la formación de esta cuenca se formó el Atlántico, así que resulta de mucho interés entender el origen de las rocas que nos ocupan pues hay aspectos tectónicos, estructurales, biogeográficos y paleoambientales implicados muy complejos, que no han sido resueltos a la luz del nuevo paradigma del movimiento cortical, que separó a los continentes europeo y americano.

Por otro lado, el origen del petróleo, que hoy se explota en rocas cretácicas del oriente de México, parece haberse originado en rocas como las que aquí se estudian, al grado que las muestras con fósiles conservan cantidades apreciables de estos hidrocarburos.

Otra de las razones para efectuar este trabajo, es la poca presencia de rocas del Jurásico Inferior, comparadas con otras edades presentes en México; además de que las formaciones liásicas de esta zona representan secuencias relacionadas con el origen del Golfo de México.

La importancia de realizar este trabajo radica también, en aportar nuevos datos en cuanto a taxones reconocidos ya que se encuentran descritos para el valle de Tenango y zonas aledañas, pero no para la secuencia de estudio. Lo cual ayuda a caracterizar mejor el ambiente con base en la morfología funcional de la fauna fósil presente.

Este trabajo contribuye en proponer asignaciones paleoambientales para la fauna de amonoideos descrita con anterioridad para la zona, comparándolas con los datos petrológicos de las rocas en las que se encuentran asociados dichos fósiles. Es necesario mencionar que esta investigación se efectúa porque están al alcance las herramientas necesarias, utilizadas en la actualidad por su capacidad de generar información precisa, no realizadas con anterioridad para estos sedimentos, como lo son la petrología sedimentaria y la geoquímica inorgánica, análisis de tallas, análisis de hábitat, con la aplicación de estas diferentes líneas de evidencia se puede llegar a una conclusión más cercana a la verdad, acerca del ambiente que prevaleció en dichas rocas. Y contribuir con información que ayude al mejor entendimiento de las causas y los procesos que originaron la Formación Huayacocotla.

3. OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis paleoambiental de la secuencia “El Bopo” en Tenango de Doria Hidalgo, mediante la aplicación de diferentes líneas de evidencia como son: la taxonomía, la morfología funcional, petrología sedimentaria y la geoquímica inorgánica, análisis de tallas, análisis de hábitat

OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar la fauna marina fósil de amonoideos y bivalvos colectada en los siete estratos de la secuencia “El Bopo”
- Caracterizar la estructura de las diferentes asociaciones fósiles de cada una de las partes de la secuencia, por medio de la abundancia relativa e índices de diversidad de Simpson.
- Realizar un análisis de estructura de tallas con base en datos merísticos de los amonoideos, para conocer el nivel de arrastre de cada estrato y posteriormente comparar estos datos con cada uno de los estratos de la secuencia.
- Aplicar el principio de uniformismo taxonómico (Según Dodd y Stanton, 1990) mediante datos de morfología funcional de los taxones presentes, este principio asume que los requerimientos ambientales fueron los mismos para los fósiles, como para los representantes vivos cercanamente emparentados. Y consiste en transferir esta información ambiental de organismos modernos a los fósiles.
- Realizar el análisis petrológico la interpretación ambiental de las diferentes litologías del afloramiento mediante secciones delgadas de roca.
- Integrar los datos geoquímicos producidos en otras investigaciones que proporcionen información acerca de las condiciones físico-químico del ambiente de sedimentación.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Localización y vías de acceso.

El acceso a la zona es desde la ciudad de Pachuca, por la carretera Federal 130 hacia Tulancingo de Bravo, hasta encontrar el entronque San Alejo-Huayacocotla, donde parte la carretera estatal 51 a Metepec, continúa por la carretera estatal No. 53 a Tenango de Doria (Ver Figura 1). Las localidades fosilíferas se ubican geográficamente de la siguiente manera en la Figura 2:

- A 20° 21' 43.3'' N y 98° 13' 15.9'' W 1290 msnm.
- B 20° 21' 52.4'' N y 98° 13' 15.9'' W 1315 msnm.
- C 20° 21' 48.2'' N y 98° 12' 54.7'' W 1340 msnm.
- D 20° 21' 45.6'' N y 98° 13' 02.1'' W 1360 msnm.
- E 20° 21' 25.9'' N y 98° 12' 53.1'' W 1390 msnm.
- F 20° 21' 27.6'' N y 98° 12' 52.5'' W 1480 msnm.
- G 20° 21' 37.4'' N y 98° 12' 52.5'' W 1540 msnm.

Los estratos sobre los cuales se realiza esta tesis se encuentran en las cercanías del poblado “El Bopo”, municipio de Tenango de Doria, consisten en una serie de afloramientos considerados en la presente investigación como estratos, los cuales se encuentran espaciados en lo horizontal a cientos de metros, estos dejan ver su pertenencia a un bloque tectónico de falla normal, que ha sufrido previamente intenso plegamiento y el efecto de posteriores fuerzas distensivas, que lo han moldeado como una pronunciada ladera, más o menos escalonada, que expone su contenido fósil y que esta sujeta a la erosión; sin embargo, la topografía y la vegetación son obstáculos considerables para visualizar completa la secuencia, por lo que se infiere un perfil aproximado con base en los estratos de espesor indefinido que afloran individualmente. El espesor de tales estratos se desconoce, ya que no es posible visualizar sus límites. Se tomó en cuenta la altitud de cada estrato para conocer su posición estratigráfica.

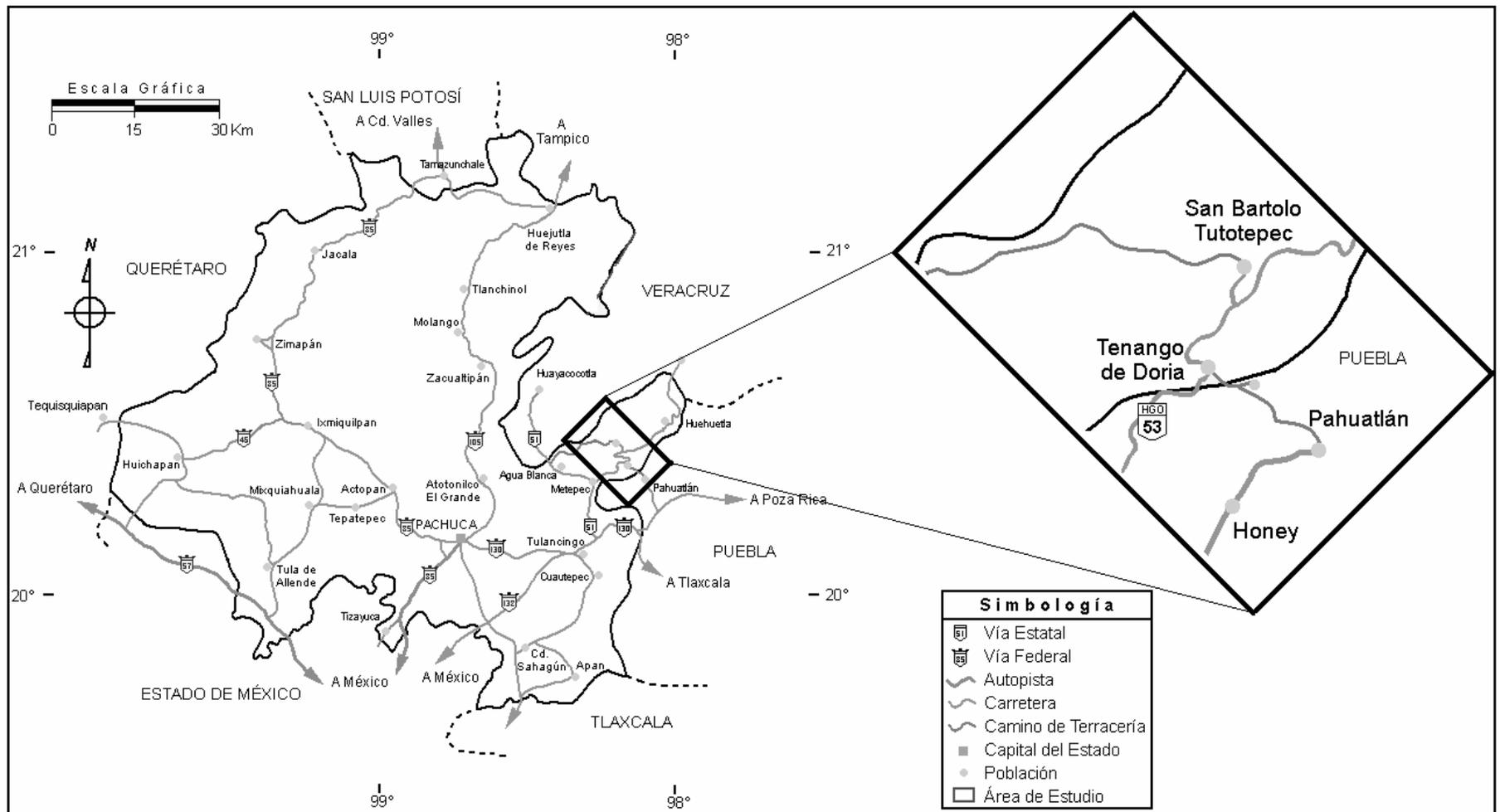


Figura 1. Mapa de Acceso a la localidad de estudio, a través del Estado de Hidalgo de la ciudad de Pachuca hacia el Municipio Tenango de Doria.

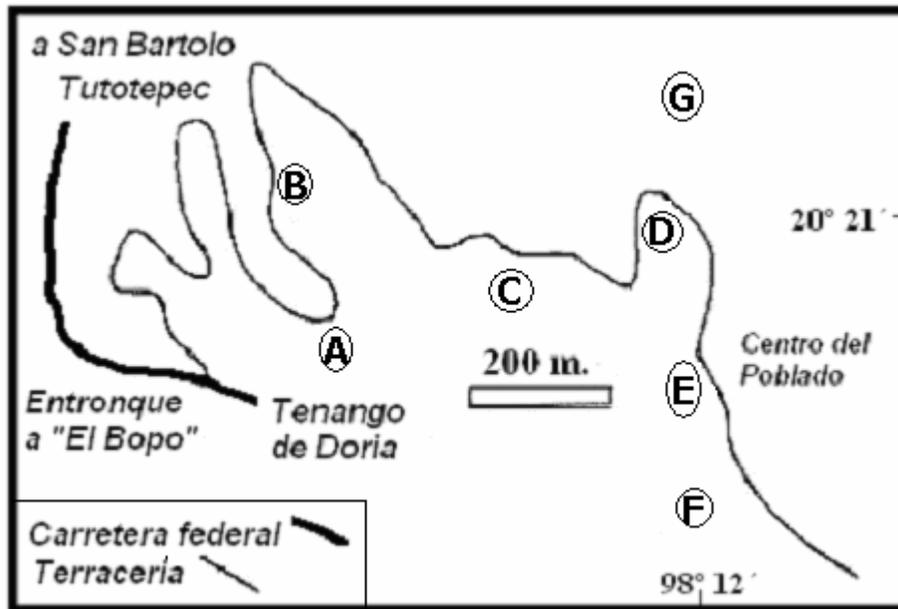


Figura 2. Ubicación y vías de acceso de los yacimientos fosilíferos cercanos al Poblado "El Bopo", las letras indican las localidades que se trabajaron y que se mencionan en el texto A, B, C, D, E, F, G.

4.2 Geología regional

El marco geológico generalizado tiene sustento en información previamente publicada por Burckhardt (1930) e INEGI (1984), además de Flores-Castro (1993), autor del cual se toma y se modifica el mapa geológico (Figura 3) donde se aprecia la representación del valle de Tenango de Doria, que posee un conjunto de unidades mesozoicas y cenozoicas que representan un posible intervalo del Triásico Superior al Cenozoico Inferior.

Eratema Mesozoico

El Eratema mesozoico incluye en orden geocronológico ascendente a la Formación Huizachal del Triásico Superior, la Formación Huayacocotla *sensu* Imlay, (1948) del Jurásico Inferior. La Formación Tepexíc del Jurásico Superior, la Formación El Doctor del Cretácico medio, y la Formación Tamaulipas Superior del Cretácico Superior.

Formación Huizachal. Imlay y colaboradores (1948) definieron originalmente a esta formación, situándola en la base del Jurásico Inferior, posteriormente Carrillo-Bravo, asevera que tal definición es errónea y en 1965 asignó el nombre de Formación Huizachal a una secuencia de lutita arenisca y conglomerado continental con flora perteneciente al Triásico

tardío, estudiada por Silva Pineda, (1963), que descansa sobre el Paleozoico en el Anticlinal Huizachal-Peregrina. (Flores-Castro, 1993).

Los datos aportados por Carrillo-Bravo indican que dicha formación tiene un espesor que varía de 1, 000 a 1, 400 m, con una litología que consta, de la base a la cima, de un conglomerado de fragmentos de cuarzo provenientes de rocas paleozoicas, con intercalaciones de arenisca, arenisca de cuarzo de grano fino a medio en capas gruesas con estratificación cruzada, y arenisca de grano medio a grueso que alternan con horizontes conglomeráticos y capas delgadas de lutita y limolita de color verde a rojo.

En el área de estudio y en el valle de Tenango, el autor de este estudio no observa los sedimentos de la Formación Huizachal.

Formación Huayacocotla. Las rocas de la Formación Huayacocotla en el estado de Hidalgo corresponden con la sección tipo ubicada en el río Vinasco, cerca de la ciudad de Huayacocotla, Veracruz (Imlay, 1948), de donde toma el nombre el paquete clásico (Ochoa-Camarillo *et al.*, 1998).

Mencionada por Schmidt-Effing (1980) como grupo, con base en la localidad que ocupa a la presente investigación, distinguiendo cinco eventos sedimentológicos, consideradas en este estudio como unidades litoestratigráficas con diferentes asociaciones faunísticas, a los cuales nombra formaciones (Figura 4. Columna litoestratigráfica de Tenango de Doria, Hidalgo). Sin embargo, es definida originalmente por Imlay (1948), lo cual semeja a lo visto en el presente trabajo.

a) Unidad Las Juntas. Constituida por pizarra negra, estratos centimétricos de arenisca calcárea gris oscuro y 80 m de espesor, con abundantes amonites índice y bivalvos que indican la edad Sinemuriano Superior.

b) Unidad Temaxcalapa. Está representada por arenisca gris claro y limolita arcillosa con estratificación tipo turbidítica, centimétrica y rítmica sin fósiles, con un espesor aproximado de 250 m. Sinemuriano Superior.

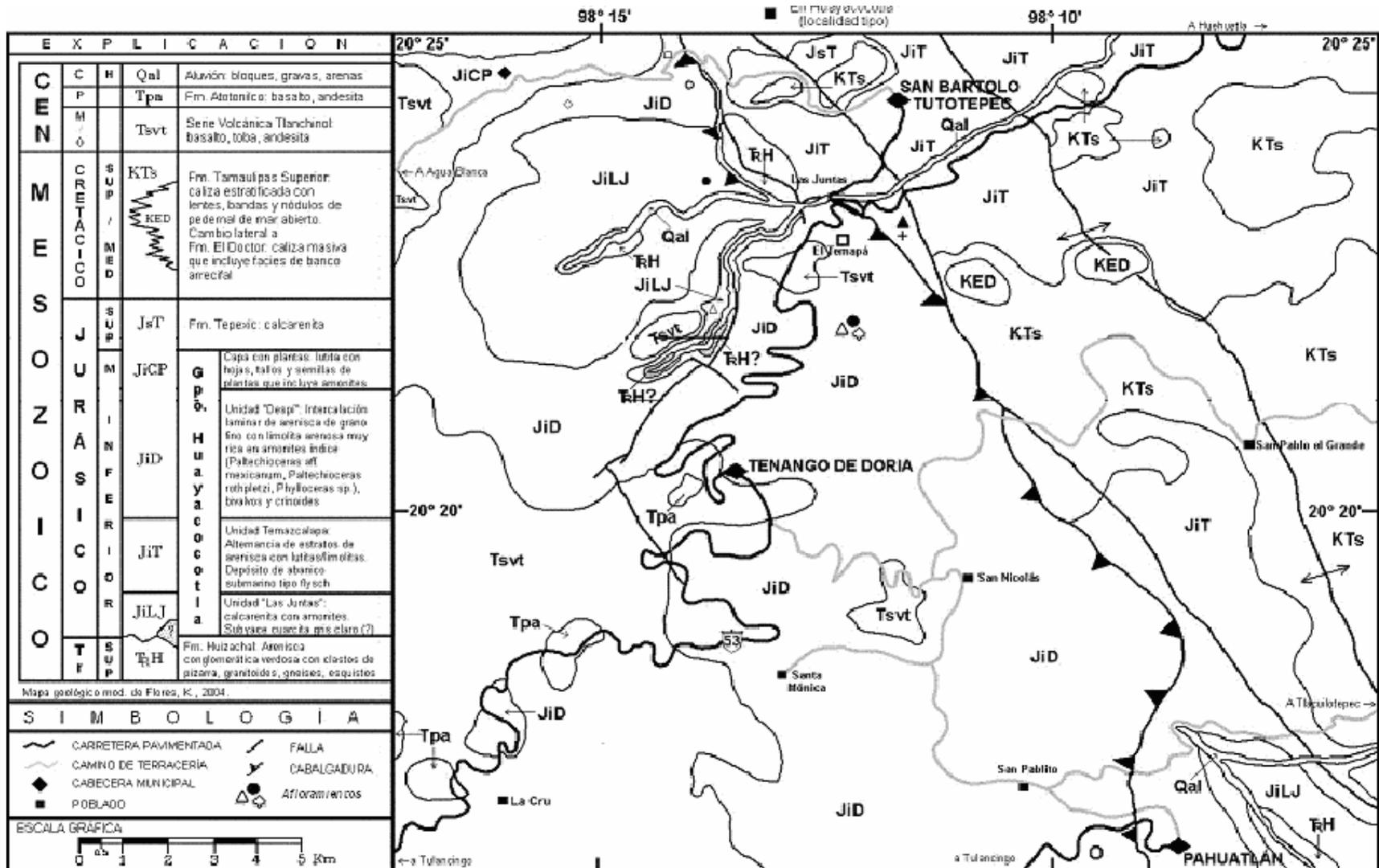
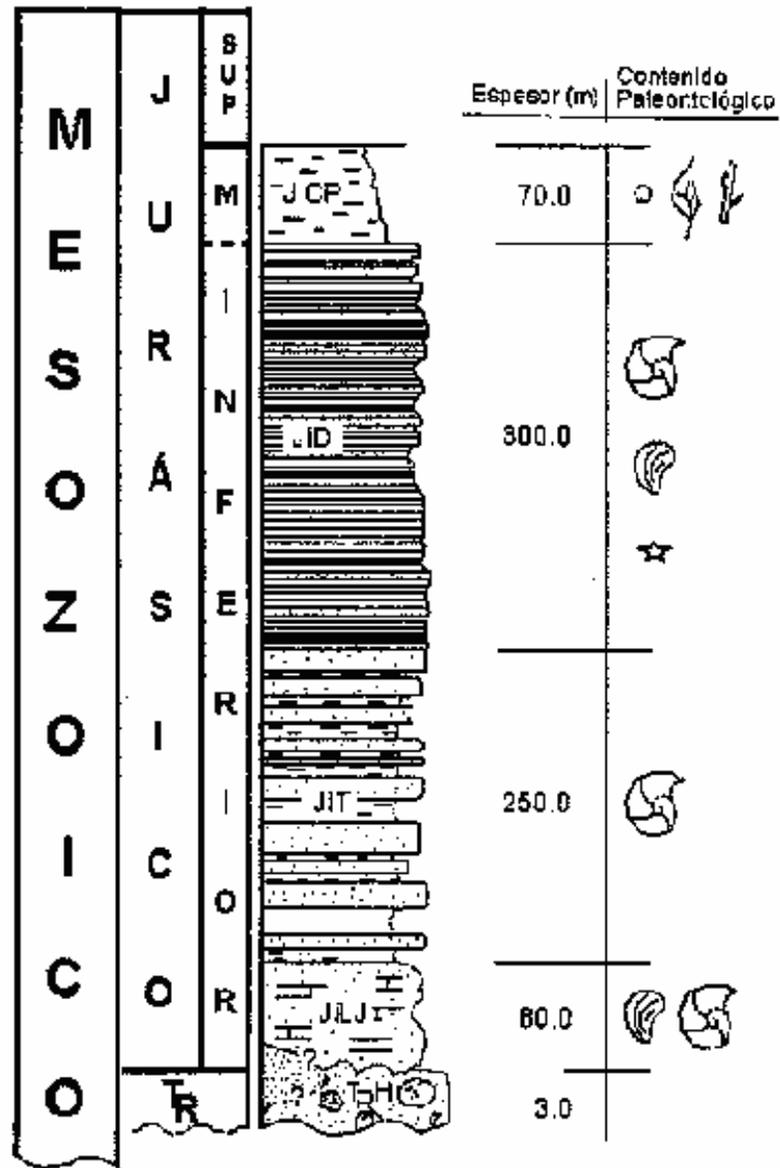


Figura 3. Mapa Geológico del área de estudio, tomado y modificado de Flores-Castro, (1993).

c) Unidades Despi / Tenango. Esta unidad está constituida de Lutita y limonita con intercalaciones de arenisca con amonoides pertenecientes al Sinemuriano Superior; espesor aproximado de 300 a 350 m. Se decide considerar a las formaciones Despi y Tenango como una sola debido al estudio realizado por Flores-Castro y colaboradores (2006) acerca de la geoquímica de estos sedimentos, que proporcionan datos relacionados con la petrogénesis y el paleoambiente de la Formación Huayacocotla, que decididamente indican que estas dos formaciones tiene pocas diferencias litológicas y son geoquímicamente similares.

Es en esta unidad que se encuentra la secuencia en la que se desarrolla la presente investigación.

d) Unidad capa con plantas: Dicha unidad consta de limolita y arenisca, carece de fósiles marinos con abundantes plantas terrestres, que según Schmidt-Effing (1980) podrían ser de edad Pliensbaquiana; el espesor aproximado es de 200 a 250 m.



SIMBOLOGÍA

	JICP (Jm?). Unidad "Capa con Plantas": Lutitas con restos de plantas
	JID. Unidad Despi: Lutitas, limonitas y areniscas
	JIT. Temazcalapa: Arenisca y lutita
	JIJ. Unidad Las Juntas: Arenisca calcárea
	T.H. Formación Huizachal: Conglomerado polimictico

Contenido Paleontológico

	Amonites
	Crinoides
	Bivalvos
	Restos de Plantas

Figura 4. Columna litoestratigráfica de Tenango de Doria, Hidalgo, Dibujada por Flores castro y colaboradores, (2006).

Erben, (1956) describe también a la Formación Huayacocotla la cual según su interpretación con criterio litológico y faunístico está integrada, de la base a la cima, por un conglomerado de fragmentos de arenisca, arenisca de grano grueso color café rojizo, arenisca calcárea gris oscuro y más de 1,000 m de lutita negra en estratos gruesos que alternan con arenisca negra de grano medio; en la base de esta arenisca destacan lentes de caliza arcillo-arenosa que contienen pelecípodos y amonites.

Dentro de la Fm. Huayacocotla existe la secuencia litológica siguiente, descrita inicialmente por Burckhardt (1930), completada posteriormente por Erben (1956): describen nueve unidades de la base estratigráfica hacia arriba: (Ver Figura 5).

- a) Unidad de *Coroniceras pseudolyra*: Lutitas negras a gris azuladas, con crucero, en láminas grandes y concreciones negras fosilíferas, algo piritizada. Espesor \pm 60-70 m.
- b) Unidad de *Arnioceras geometricoides*: Lutitas negras a gris, con nódulos. Los fósiles a veces están piritizados. Lutitas y limolitas. Excepcionalmente una limolita conglomerática, lentes pequeños en forma de bolsas calcáreas con coquinas de amonitas, e intercalación de caliza oscura con pelecípodos. Espesor \pm 30 m.
- c) Unidad de *Oxynoticeras*: Lutitas grises algo arenosas y arcillosas, no típicas, con nódulos arenosos. Espesor \pm 15-20 m.
- d) Unidad con conchas: Arenisca de grano fino a medio, algo poroso, de estratificación mediana. Fósiles en moldes exteriores. Areniscas de grano fino, grises, cuarcíticas. Limolitas. Pocas lutitas, oscuras y con crucero. En partes coquinas (pelecípodos). \pm 60- 80 m.
- e) Unidad de *Pleurechioceras subdeciduum*: Limolitas bandeadas, con crucero fuerte, lutitas con mica gris oscuras. Lentes coquinosos (amonitas), también contienen nódulos negros, duros. Espesor \pm 30-40 m.
- f) Unidad de *Pleurechioceras? jamesdanae*: Litología como en el inciso "e" pero sin nódulos y sin lentes. En las partes basales, un conglomerado consistente de guijarros poco rodados, de diferentes diámetros (0.5-3 cm.), derivados de lutitas, limolitas y areniscas finas. La matriz es lutita arenosa fina. Espesor \pm 20- 30 m.
- g) Unidad de *Echioceras burckhardti*: Lutitas gris oscuras, conteniendo nódulos fosilíferos. Espesor \pm 20-40 m.

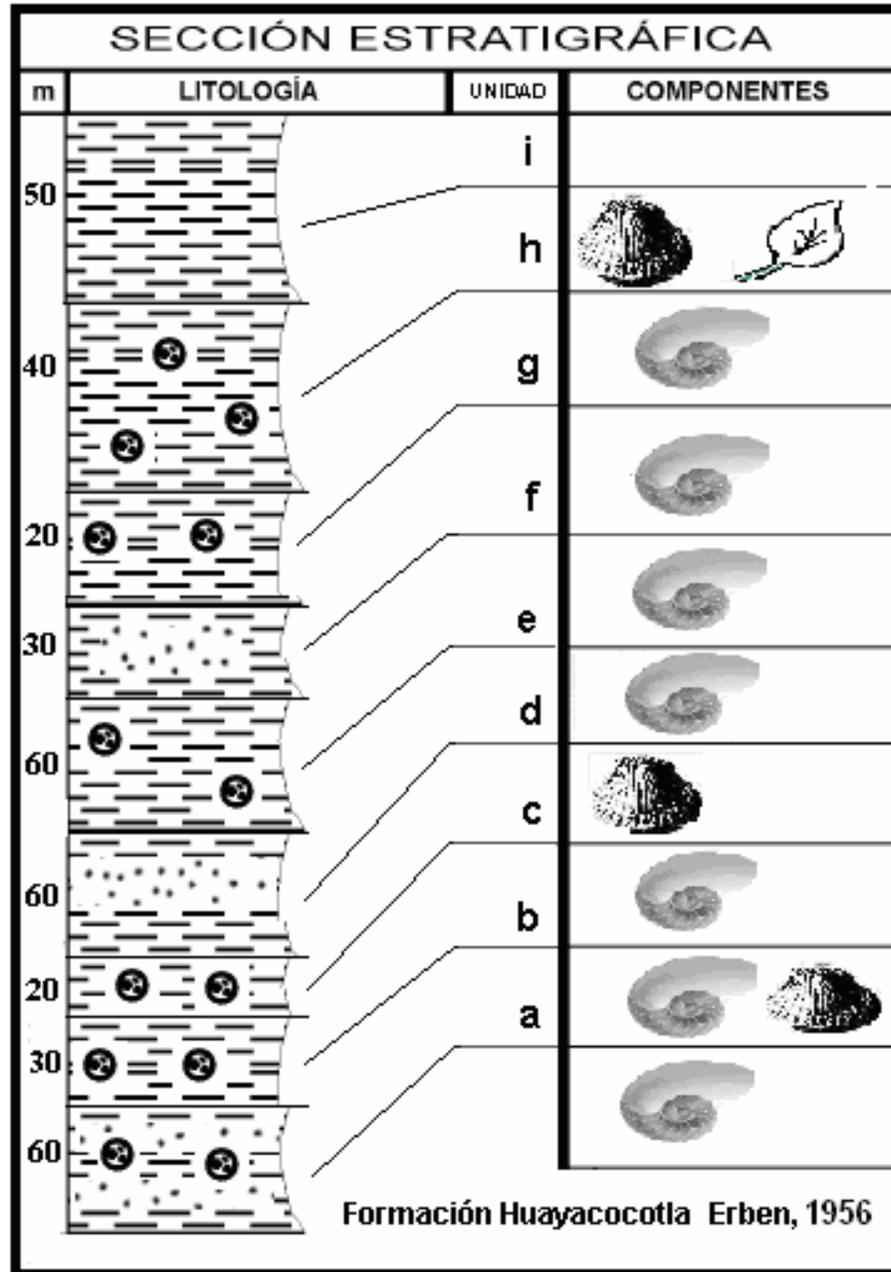


Figura 5. Sección estratigráfica de nueve subunidades, interpretación del autor a partir de la descripción de Erben (1956), en el que se muestra la litología, espesores aproximados de cada capa, además del tipo de fósiles que se encuentran asociados a las rocas.

- h) Unidad de *Microderoceras bispinatum altespinatum*: Lutitas negras, con concreciones fosilíferas, Los fósiles están piritizados, se conservan como huecos de moldes exteriores. Lutitas pero sin concreciones. Limolitas y lutitas bandeadas.
- i) Unidad de lutitas con plantas: Lutitas conteniendo plantas. Areniscas de grano fino cuarcíticas de estratificación muy delgada, alternando con lutitas grises y cafés, de estratificación mediana, y localmente un banco de caliza con pelecípodos. Espesor \pm 50-60 m.

Formación Tepexic. Erben, (1956) fue el primero en describir a la “Calcarenita Tepexic”; Bonet, (1956) le asigno el nombre de formación, su litología consta de intercalaciones de caliza con delgadas capas de lutita que contienen abundantes ostreídos, así como algunos conglomerados lenticulares de cuarzo y presenta un espesor de 20 m.

Esta formación sobreyace en discordancia sobre la Formación Huayacocotla y en otros sitios también sobre la Formación Cahuascal. Subyace concordantemente a la Formación Santiago (Cantú-Chapa, 1969). Se le asigna la edad a esta Formación de Calloviano medio con base al contenido de amonitas (Cantú-Chapa, 1971).

Formación El Doctor. Reconocida por Wilson y colaboradores, (1955) en la región oriental de Querétaro como un banco calizo de origen marino presenta una litología de caliza masiva que incluye facies de banco arrecifal.

Formación Tamaulipas Superior. Litológicamente consta de caliza estratificada con lentes, bandas y nódulos de pedernal, definida por Muir, (1936) quien estima un espesor variable de 200 a 300 m. La edad asignada a esta formación se basa en foraminíferos planctónicos abarca del Albiano al Cenomaniano (Soto, 1981).

ERATEMA CENOZOICO

El Eratema Cenozoico es el de menor representación en el área de estudio, este se encuentra integrado por la Serie Volcánica Tlanchinol del Terciario Superior y la Formación Atotonilco correspondiente al Plioceno Tardío-Pleistoceno, además de rocas pertenecientes al Cuaternario indiferenciado.

Serie Volcánica Tlanchinol. Robin y Bobier, (1975) la describen en el área de Tlanchinol y Huejutla de Reyes, Estado de Hidalgo se representa como una secuencia de

derrames basálticos casi horizontales que descansan sobre la sección mesozoica plegada y erosionada, consta de basalto toba y andesita de edad miocénica

Formación Atotonilco. Descrita por Geyne y colaboradores (1963), su litología es similar a la Formación Tarango consta de arena, arcilla escasa marga, tobas con ocasionales lentes de pedernal, que intercalan a derrames basálticos, la edad de esta formación es del Plioceno Tardío-Pleistoceno. Edad corroborada por Cantagrel y Robin (1979), por el método radiométrico K/ Ar con 2.5 m.a. estas rocas se identifican por constituir grandes planicies formadas por encima de las secuencias sedimentarias y volcánicas.

Cuaternario indiferenciado. Este tipo de sedimentos incluyen aluvión, bloques, gravas, arenas, pobremente consolidados, según los datos aportados por Flores-Castro, (1993) en el área de estudio se presentan Luvisoles y Acrisoles formados por la gran actividad orgánica y erosional, contienen fragmentos angulosos a subredondeados de roca madre.

5. MÉTODO

5.1 Trabajo de Campo

Los siete afloramientos (A, B, C, D, E, F, G) se localizaron durante caminatas por los alrededores del poblado El Bopo y se decidió su utilización por contener fósiles de amonoideos y bivalvos, los cuales se recolectaron manualmente. Se levantó el perfil de cada afloramiento con criterio uniforme (Tucker, 2003), el cual consiste en describir litología, espesor, color, textura y contenido fósil.

5.2 Trabajo de Laboratorio

Descripción Taxonómica

Se identificaron los amonoideos de cada sección, consultando a Erben (1956), Blau *et al.* (2001, 2003), Meister *et al.* (2002, 2005), y con base en el tipo de concha, espinas, tubérculos, quilla y costillas (Figura 6 y 7).

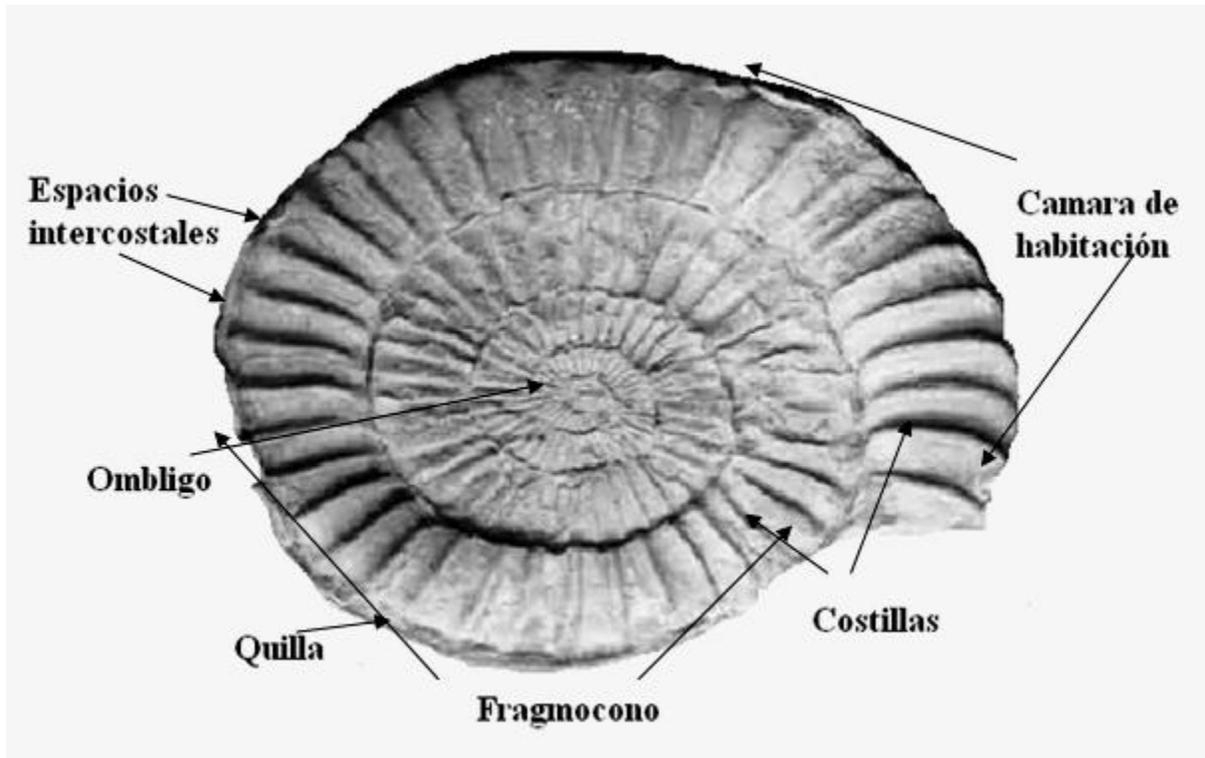


Figura 6. Esta Imagen indica los principales rasgos fosilizados de las amonitas que intervienen en su clasificación.



Figura 7. Tipos de costillas de amonoides, tomado y modificado de Almazán (2000).

Para determinar taxonómicamente los bivalvos se encontraron útiles los trabajos de Damborenea (1987, 1992), Damborenea *et al.* (1988, 1997) y Aberhan (1994a, 1998), con base en la forma de las valvas, la línea paleal, forma de las costillas, presencia de dientes en la charnela.

Morfología funcional

Existe una extensa literatura sobre la interpretación morfológica de la concha de los amonoides, la cual se fundamenta en el uniformismo taxonómico (Dodd y Stanton, 1990) que consta en asumir que los requerimientos ambientales fueron los mismos para los fósiles, que para los representantes vivos cercanamente emparentados, y consiste en transferir esta información ambiental de organismos modernos a los fósiles.

Que se manifiesta en extrapolar hacia el pasado cualidades de los organismos, basada en procesos ambientales similares. Además de la premisa propuesta por Westermann, (1996) que consta en que cada tipo de concha representa un hábito particular de vida. En la presente investigación los amonites encontrados demuestran consistencia entre los ambientes sedimentarios determinados por medios geológicos (petrología y geoquímica), y además muestran constancia en cuanto a su tipo morfológico respecto al ambiente que se sugiere en el

apartado de resultados y discusión. Por ello se estima prudente y útil basar en la morfología funcional una interpretación ambiental.

Datos merísticos

Junto a la determinación taxonómica, se obtuvieron datos de amonoideos (diámetro máximo de la concha, diámetro mínimo, radio mayor y altura de la última vuelta) con calibrador vernier digital de marca Mitutoyo modelo CD-6 CS, además se anotó su posición respecto al plano de estratificación, así como su nivel de fragmentación (Anexo 1).

Los ejemplares se encuentran depositados en la Colección de Invertebrados en el museo de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. En el gabinete No. 25, los números de ejemplares no son oficiales, sin embargo, los ejemplares poseen un número provisional, proveniente de los datos de campo del autor de este manuscrito.

Análisis Paleoecológico

Se obtiene la abundancia relativa, que consta en el conteo de ejemplares por especie, datos que posteriormente se grafican para evidenciar la composición faunística y la estructura de la asociación, y así inferir por medio de las especies más representativas el ambiente en el que habitaban. Esto se realizó con los datos en conjunto de toda la secuencia y para cada estrato. Además se integran índices de diversidad de Simpson (Moreno, 2001), el cual toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor importancia, sin evaluar la contribución del resto de las especie, este índice caracteriza numéricamente a la asociación fósil de cada estrato, para posteriormente comparar entre estos y conocer si son una o varias asociaciones pertenecientes al mismo ambiente.

Índice y Espectro de Hábitat

Consiste en caracterizar cada estrato por medio de los ambientes que representan los taxones (Andrews y Nesbit, 1978), consultando previamente el ambiente marino en el que habitaba cada tipo de concha (Westermann, 1996); p. ej. la familia Echioceratidae habitaba en aguas neríticas de plataforma distal, media, proximal y zona intermareal, pero con una marcada preferencia por la plataforma media y proximal. De acuerdo con su presencia en los ambientes

debe dividirse uno entre cuatro, es decir que en una tabla en que cada familia tiene un valor de las preferencias de hábitat (índices de hábitat), esta familia adquirirá un valor numérico de 0.25. Lo que será acumulativo (se suma) a los valores que cada taxón va adquiriendo conforme se presenta o no en el mismo hábitat. Para este ejercicio, se parte de siete tipos ambientales: Plataforma intermareal, Plataforma nerítica proximal, Plataforma media y Plataforma distal, así como Pendiente de talud proximal, Pendiente media y Pendiente distal.

Al completar la tabla, se suman todos los valores de cada familia por ambiente, lo que resulta ser el índice de hábitat para cada ambiente, posteriormente para este valor se calcula el valor proporcional (regla de 3) para obtener un porcentaje y graficar el espectro de hábitat.

En cada nivel de la secuencia habrá una tendencia dada la distinta fauna y en consecuencia diferentes hábitat.

Análisis de Tallas de bioclastos

Con los datos de los diámetros máximos de los bioclastos de cada nivel de la presente secuencia, se utilizó estadística descriptiva, obteniendo los intervalos de clase de los datos, con la regla de Sturges, que permite calcular el número de intervalos apropiados. Consiste en restar el diámetro máximo del mínimo de los datos, para obtener “R” (Rango).

Se obtiene también el logaritmo (Log 10) del número de datos en cuestión, para consecutivamente aplicar la fórmula, $K = 1 + 3.322 (\text{Logaritmo del número de datos})$. Esta operación proporciona el número de intervalos dentro de la serie. Para obtener la amplitud de estos intervalos se realiza el cociente de R entre K.

Con los resultados anteriores se obtuvo la frecuencia de datos y el porcentaje para cada intervalo. La información fue utilizada para gráficas en cada uno de los siete niveles de la secuencia. Para conocer que tan transportados se encontraban los bioclastos de cada uno de los estratos y posteriormente comparar entre estos.

Tallas de amonoides como indicadores de fosilización “in situ\“ex situ”.

Con los datos de los diámetros máximos de los bioclastos se efectuó un análisis que concierne a la tafonomía. Este análisis indica el nivel de arrastre que sufrieron los sedimentos de cada estrato respecto a otros de la secuencia. Esto se realizó para cada nivel de la secuencia.

Con los diámetros máximos de amonoideos se realizaron intervalos de clase para posteriormente efectuar gráficas que evidencian la tendencia de las tallas y el nivel de arrastre. Esto se realizó en cada estrato, para posteriormente comparar el nivel de arrastre de los bioclastos de un estrato respecto a los otros.

Litología

Se homologaron colores de las rocas, tanto frescos como intemperizados mediante la “Rock color chart” de la American Geological Society (1996), además, se identificó el tamaño de grano aproximado para cada muestra de roca en cada nivel de la secuencia, respecto a la escala de Wenworth.

Se identificaron las estructuras sedimentarias, cortando la muestra de manera transversal al plano del estrato con la maquina de corte Lapro Slab Saw y se lijaron las caras para eliminar las marcas de la sierra, ello permite observar la ondulación y laminación de los sedimentos, así como el grado de fracturamiento.

Finalmente se realizó la sección estratigráfica a partir del perfil de campo.

Petrología

Se realizaron diez láminas delgadas de 30 micras de espesor en las cuales se consumó un estudio de la composición, estructuras sedimentarias y fósiles precisando: textura, redondeo, esfericidad, sorteo, empacamiento, orientación del grano, cemento, reemplazamiento, compactación, porosidad, tipo de arenisca y el ambiente deposicional, con el empleo del microscopio petrográfico Olympus BX40 con oculares WH10X/22 y objetivos 4X, 10X, 40X, Y 100X y condensador acromático 0.9.

Tal información se obtuvo para cada estrato. Únicamente en el estrato C, dado la presencia de tres distintas litologías que se interpretan como lentes de areniscas calcáreas, se elaboraron tres láminas. Acerca de los nódulos de pedernal que utilizó Schmidt-Effing, (1980) para proponer un límite entre la supuesta Formación Tenango respecto de la Despí, se hizo también laminación delgada.

Geoquímica

Ángeles-Cruz (2006), en su tesis de licenciatura diseñada explícitamente para aportar datos de geoquímica inorgánica al proyecto del que forma parte la presente tesis, aporta los datos que serán empleados en la discusión, particularmente se escogieron los estratos B, C y F como representativos.

El método de preparación de estas muestras, que provienen de los mismos estratos fosilíferos consistió en secar las muestras en estufa termorregulada. Después se trituraron manualmente en morteros de ágata para evitar contaminación con metales procedentes de la molienda con equipos de acero. Después se homogeneizaron con tamiz (n. 200), se pesaron 10g de muestra y 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 análisis por técnicas de elementos mayoritarios y de elementos traza.

6. RESULTADOS

6.1 Paleontología Sistemática

Clase Cephalopoda CUVIER, 1791

Orden Ammonoidea ZITTEL, 1884

Familia Echioceratidae BUCKMAN, 1913

Género *Paltechioceras* BUCKMAN, 1923

Especie tipo. *Paltechioceras elicatum*, BUCKMAN (1923)

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

Sinonimia: *Ammonites tardecrescens* Hauer (1856), p. 20, lám. 3, figs. 10-12.

Arnioceras? tonatiuh Erben (1956), p. 279, pl. 31, fig. 7

Paltechioceras tardecrescens Hauer. Blau *et al.*, 2003, lám. 1, fig.18 (sp. juv. aff.); lám. III, figs. 20, 22, 24-27; lám. IV, figs. 1, 2, 4, 5.

Material: Ocho ejemplares del estrato “D”, 16 ejemplares en el estrato “G” y cinco en el “E”, y 14 ejemplares en estrato “F” (Anexo 1).

Diagnosis: Concha discoidal, delgada, de apertura baja. Ombligo ancho y poco profundo. Flancos con poca curvatura. La zona externa es curva con una sola quilla mediana pronunciada, acompañada de surcos poco profundos. Costillas simples, numerosas, rectas e inclinadas hacia delante, variando la inclinación durante el crecimiento, pronunciadas con relieve moderado; tan anchas que alcanzan los espacios intercostales y bases cóncavas; las terminaciones externas desaparecen algo arriba de la arista externa. El aumento en altura de la vuelta es moderadamente rápido y se recubren muy poco (Erben, 1956).

Descripción: Concha discoidal, ombligo ancho y poco profundo, una sola quilla mediana pronunciada, con surcos poco profundos. Numerosas costillas simples, rectas e inclinadas hacia delante, con inclinación durante el crecimiento, y bases cóncavas; la altura de la vuelta aumenta moderadamente rápido y las vueltas se recubren muy poco unas a otras.

Discusión: Se determina a *Paltechioceras tardecrescens* por el tipo, dirección y regularidad de las costillas, además de amplitud de vuelta, el aumento moderadamente rápido de la altura de la vuelta y el grado de recubrimiento de las vueltas.

Algunos ejemplares pequeños o rotos pueden confundirse, pues sólo muestran la escultura de las primeras vueltas. En la mayoría de los casos, las costillas son rectas, delgadas y muy juntas. Blau *et al.* (2003) la describe y añade a la descripción de Erben (1956) que esta especie muestra disparidad en la densidad de las costillas en etapas intermedias y adultas.

Edad: Se atribuye esta especie a la parte más alta del Sinemuriano Superior (Blau y Meister, 2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Serpenticono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico filtrador, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).

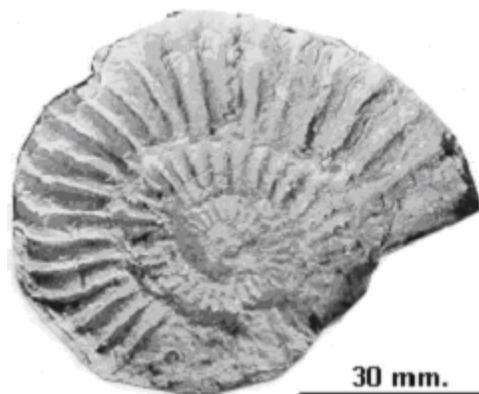


Figura 8. *Paltechioceras tardecreescens*. Ejemplar No. 21 proveniente del estrato “D”.

***Paltechioceras rothpletzi* (BÖSE, 1894)**

Sinonimias: *Arietites rothpletzi* Böse 1894, Erben 1956, pl. 56, figs 5, 6.

Vermiceras aff. rothpletzi (Böse, 1894), Erben 1956, p. 210, pl. 36, figs 8, 9.

Blau, *et al.* (2003). Pl. IV, Figs. 3, 6-8, 10 y 11; Pl. V, figs 2, 3, 6 (cf.), 7

Material: Dos ejemplares para el estrato “F” y cinco ejemplares para el estrato “G”.

Diagnosis: Concha planiespiral, evoluta (amplia zona umbilical), subcuadrada con vértices redondeados, y flancos de poca curvatura; la altura de la vuelta es tan alta como ancha y aumenta moderadamente rápido. Las costillas son finas, densas, prosirradiadas y proyectadas. (Erben, 1956).

Descripción: Amonite con concha evoluta y planiespiral, las costillas son finas, densas, prosirradiadas y proyectadas hacia delante, la altura de la vuelta es tan alta como ancha y las vueltas aumentan moderadamente rápido.

Discusión: Se aprecian bien las costillas proyectadas hacia delante así como la regularidad, densidad y fineza. Comparado con otros *Paltechioceras* este es más involuto debido al rápido incremento en la altura de la vuelta. Sin embargo, sólo en algunos se pudieron observar las quillas o el par de surcos que dejan en el molde, y sí se observo un aumento rápido de la altura

de la vuelta. Los ejemplares asignados a esta especie muestran la sección de vuelta consistente con la descrita por Erben (1956).

Edad: Se atribuye este espécimen a la Zona *Raricostatum*, Sinemuriano superior (Blau y Meister. 2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Serpenticono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico filtrador, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).

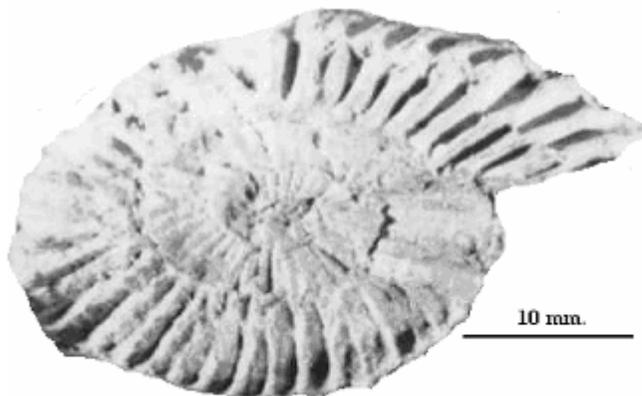


Figura 9. *Paltechioceras rothpletzi*. Ejemplar No. 28 proveniente del estrato "F".

***Paltechioceras cf. mexicanum* (ERBEN, 1956)**

Sinonimia: *Arnioceras ceratitoides* (Quenstedt) *mexicanum* Erben, 1956, p.254, lám. 29, fig 3.

Paltechioceras aff. mexicanum Erben. Blau *et al.* 2003, lám. 4, fig 9.

Material: Estrato "B" con un ejemplar, estrato "D" siete ejemplares, estrato "C" con dos ejemplares, estrato "G" cinco ejemplares, estrato "F" diez ejemplares, estrato "E" dos ejemplares (Anexo 1).

Diagnosis: La concha es discoidal delgada con apertura moderadamente baja. El ombligo es poco profundo y muy amplio, el aumento en la altura de la vuelta es algo menos rápido. Las partes exteriores de los flancos pasan redondeadas hacia la zona externa. Sólo la zona externa de la vuelta respectiva anterior queda recubierta. Costillas simples que principian poco prosirradiadas en la zona umbilical y luego son rectas en posición radial sobre los flancos, donde en cuyo extremo exterior se falcan hacia delante, luego se fusionan con la delimitación exterior de los surcos de quilla, los ganchos exteriores de las costillas existen solamente hasta un diámetro de concha de 50-60 mm (Erben,1956).

Descripción: Concha discoidal, ombligo poco profundo y muy amplio, moderado aumento en la altura de la vuelta. Las vueltas se recubren muy poco. Costillas simples prosirradiadas en la zona umbilical y luego son rectas sobre los flancos, falcándose hacia delante en el extremo exterior.

Discusión: Se descarta la determinación de *Arnioceras*, de la misma manera que lo hace Blau *et al.* (2003), porque la morfología como la sección de vuelta comprimida, la vuelta bastante alta y que es tricarinado, es más consistente con el género *Palthechioceras*.

La altura de la última vuelta, forma del ombligo y el liso de las costillas en el borde ventro lateral se ajustan al holotipo de *P. mexicanum* (Erben, 1956).

Las diagnós de Erben (1956) y Blau (2003), se parecen bastante, excepto que el primer autor hace énfasis en las costillas y en cómo cambian en los estadios de crecimiento, lo que facilita la asignación a la especie. Blau *et al.* (2003) agrega a la diagnós que las costillas se van espaciando en las vueltas externas, ligeramente prosirradiadas, lo que se acentúa con la edad, y es un rasgo característico de la especie.

Edad: Sinemuriano Superior, Zona *Raricostatum*, Blau y Meister (2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Serpenticono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico filtrador, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).

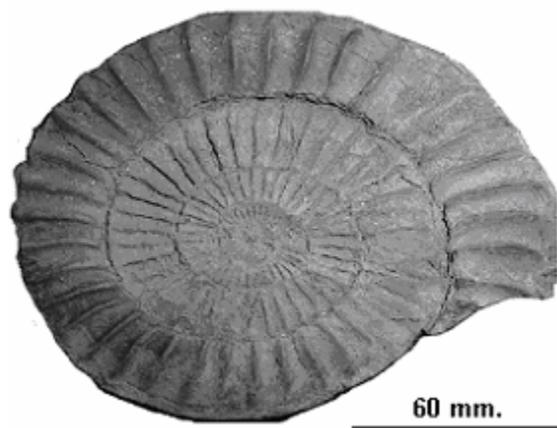


Figura 10. *Palthechioceras cf. mexicanum*. Ejemplar No. 8 proveniente del estrato “G”.

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

Sinonimias: *Arnioceras? monges-lopezi*. Erben, 1956. Pag. 274. Pl. 31. Figs. 5,6.

Paltechioceras harbledownense. Blau, *et al.* 2003. Pl. V. Figs. 1, 4, 5.

Material: Un ejemplar en el estrato “A”, nueve ejemplares en el estrato “B”, en el estrato “C” con ocho ejemplares (Anexo 1).

Diagnosis: Costillas con densidad estable por toda la concha, comienzan en la escultura umbilical, inician e inmediatamente se vuelven fuertes y poco afiladas. La primera parte de las costillas es inclinada o curvada hacia atrás, y el margen umbilical llega a ser un poco cóncavo y prosirradiado. En la vuelta externa las costillas se inclinan hacia delante cerca de la parte ventro lateral hasta llegar a ser lisas. La vuelta más externa es subelíptica y el enrollamiento es un tanto apretado. La parte ventral muestra un surco poco profundo y una quilla aguda (Blau *et al.* 2003).

Descripción: Costillas fuertes, densas, poco afiladas y estables por toda la concha, son cóncavas y prosirradiadas. La vuelta externa es subelíptica, con enrollamiento apretado. Posee una quilla aguda con un surco poco profundo,

Discusión: Principalmente en las características diagnósticas, como las costillas, grado de recubrimiento de la concha y la forma de ésta, concuerda bastante con la amplia descripción realizada por Blau *et al.* (2003), el único caracter que no coincide en su totalidad es el ombligo amplio y poco profundo, ya que en los ejemplares colectados no se aprecia que éste sea amplio. La quilla alta y redondeada, el aumento en la altura de la vuelta moderadamente lento y un par de surcos poco profundos mencionados por Erben (1956) se ajustan completamente a los ejemplares de este estudio.

Edad: Sinemuriano superior, zona de *Raricostatum* Blau y Meister (2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Serpenticono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico filtrador, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).

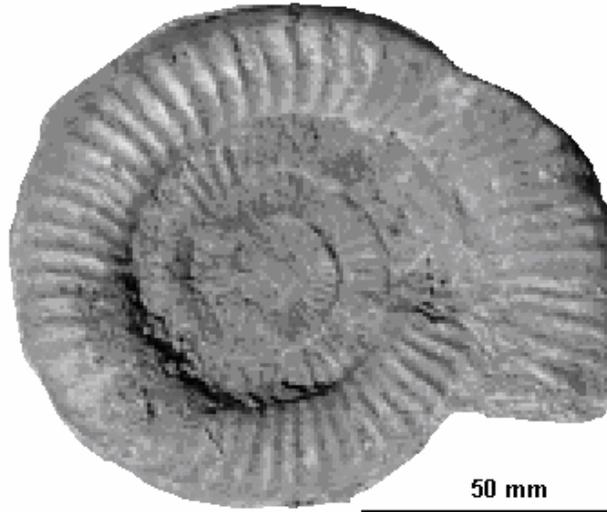


Figura 11. *Palthechioceras harbledowense*. Ejemplar No. 6 proveniente del estrato “C”.

***Palthechioceras burckhardti* (ERBEN, 1956)**

Sinonimias: *Echioceras (Echioceras) burckhardti* Erben, 1956, p. 295, lám. 39, fig. 2.

Palthechioceras burckhardti (Erben, 1956). Meister *et al.* (2005), lám. 3, fig 2-4, 6, 11, 12.

Material: Proviene del estrato “D” con 3 moldes internos (Anexo1).

Diagnosis: Concha evoluta, con la sección ovalada de vuelta algo más alta que ancha, la cual es discoidal, moderadamente delgada, de apertura baja con un ombligo bastante amplio y poco profundo, presenta una quilla mediana afilada. El aumento de la altura de la vuelta, es moderadamente rápido, las vueltas se recubren muy poco, cubriendo cada vuelta, sólo la zona externa de la vuelta correspondiente anterior. La escultura consiste en costillas simples, algo cóncavas hacia delante tienen crestas poco afiladas y bases anchas cuyas terminaciones en las últimas vueltas están levemente estiradas hacia delante. En las vueltas iniciales las costillas son muy numerosas y finas y muestran un arreglo muy junto. El ancho de los espacios intercostales aumenta con el crecimiento, las costillas y estas muestran igual ancho. En estados de crecimiento intermedio, la escultura pasa al estado “rari-costato” en el cual, el arreglo de las costillas es bastante suelto y los espacios intercostales muestran más que el doble del ancho de las costillas. Las bases de los espacios intercostales están curvas y cóncavas.

Descripción: Concha evoluta, discoidal, ombligo amplio y poco profundo, presenta una quilla mediana afilada. El aumento de la altura de la vuelta es moderadamente rápido, las vueltas se recubren muy poco, las costillas son simples, numerosas, finas y cóncavas, bases anchas y

muestran un arreglo muy junto, al inicio. En estados de crecimiento intermedio los espacios intercostales muestran más que el doble del ancho de las costillas.

Discusión: La asignación de otros *Palthechioceras* de talla pequeña a la especie *P. burckhardti* (Erben, 1956) se hace de la misma manera que Meister *et al.* (2005). Debido al gran parecido que hay entre 10 especies del género *Echioceras* designados por Erben (1956), y que presentan sólo pequeñas variaciones entre ellas, pero coinciden en tener la misma ontogenia con finas y densas costillas en estadios tempranos del desarrollo y en estadios intermedios, abruptamente llegan a ser más amplios los espacios intercostales y las costillas tienden a doblarse levemente hacia delante en la última mitad de la vuelta.

Esta especie de *Palthechioceras* está relacionada con la unidad *Echioceras burckhardti sensu* Erben, (1956).

Edad. Sinemuriano superior, Zona *Raricostatum*, Blau y Meister (2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Serpenticono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico filtrador, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).

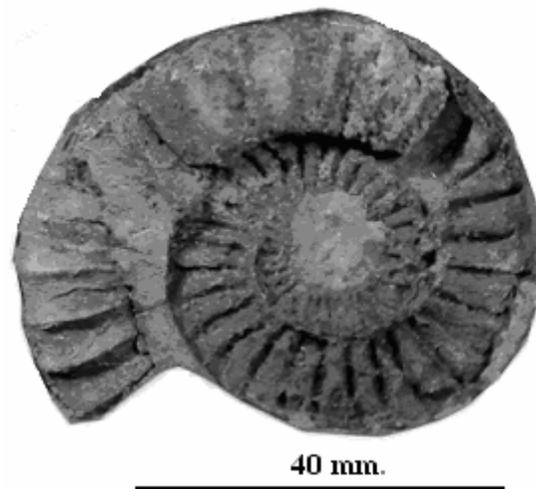


Figura 12. *Palthechioceras burckhardti*. Ejemplar No. 6 proveniente del estrato "D".

Género *Orthechioceras* TRUEMAN Y WILLIAMS, 1925 *sensu lato*
Especie tipo. *Orthechioceras recticostatum* TRUEMAN Y WILLIAMS, 1925
***Orthechioceras jamesdanae* (Barcena) *sensu* ERBEN, 1956**

Sinonimias: Barcena, 1877 *Ammonites Jamesdanae*, p. 284, fig 27-30.

Erben, 1956 *Pleurechioceras? jamesdanae* (Barcena). p. 33, pl. 38, figs 1-5.

Blau *et al.* 2003. Pl. I, Figs 10, 12-17, 19-22; Pl. II, figs 1-8, 10, 13-15.

Material: 16 ejemplares en el estrato “D”, cuatro en el estrato “G”, y cuatro en el estrato “E”, y en el estrato “F” con dos ejemplares. (Anexo 1).

Diagnosis: Concha comprimida, planiespiral y evoluta (amplia zona umbilical). La altura de vuelta es amplia de rápido aumento. En los estados de vejez la altura de vuelta aumenta algo más rápidamente, en los estados juveniles e intermedios, las costillas son densas, anchas, cóncavas y prosirradiadas (fuertemente inclinadas hacia delante), un poco convexas en la parte media las cuales decrecen abruptamente en la parte ventrolateral, llegan a la parte ventrolateral y disminuyen abruptamente, no alcanzando la quilla bisulcada, se encuentran bastante juntas, pero en los estadios posteriores los espacios intercostales se hacen más anchos de manera que el número de costillas se hace menor (Erben, 1956).

Descripción: Concha planiespiral y evoluta. La altura de vuelta es de rápido aumento, en los estados juveniles e intermedios, las costillas son densas, anchas, cóncavas y prosirradiadas estas decrecen abruptamente en la parte ventrolateral, la quilla es bisulcada.

Discusión: Blau *et al.* (2003) incluyen como característico a la diagnosis de la especie, las costillas falcadas, espaciadas y prosirradiadas exclusivas de la especie además de la quilla prominente muy característica. Existe cierta confusión entre esta especie y los estadios tempranos de crecimiento de *Paltechioceras mexicanum*, ya que en las vueltas internas de esta especie se observan las costillas un poco falcadas y prosirradiadas, y el mayor número de ejemplares encontrados están fragmentados, pero la característica que ayuda a designarlos como *O. jamesdanae* es que disminuye la escultura en el borde ventrolateral y a algunos ejemplares se les observa una prominente quilla.

Edad: Parte más alta del Sinemuriano superior en la zona de *Raricostatum*, Blau y Meister (2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Serpenticono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico filtrador, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).

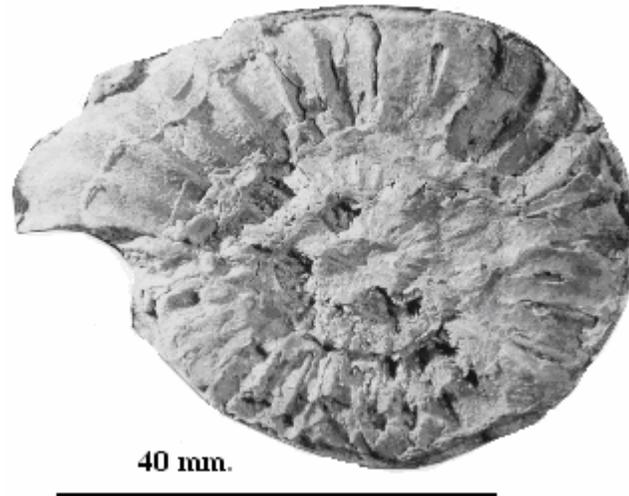


Figura 13. *Orthechioceras jamesdanae*. Ejemplar No. 42 proveniente del estrato “D”.

***Orthechioceras pauper* ERBEN, 1956**

Sinonimias: *Vermiceras bavaricum* (Böse) *pauper*, Erben, 1956, Pag. 205. pl 36, fig. 1, 2, 4 (holotipo) non 3.

Orthechioceras pauper. (Erben, 1956). Blau *et al.*, 2003 Pl. II, figs.9, 11, 12. Pl. III fig. 1, 3, 6, 9.

Material: Estrato “D” siete ejemplares, Estrato “E” un ejemplar, “F” diez ejemplares.

Diagnosis: Concha muy evoluta, la vuelta interna porta muy densas, finas, rectas y agudas costillas, que son radiales a un poco inclinadas hacia atrás y llegando a ser más espaciadas y un poco inclinadas hacia delante en la vuelta exterior. La densidad de las costillas es constante por toda la concha. En la parte ventrolateral se inclinan progresivamente hacia delante y finalizan en el surco. La sección de vuelta es subelíptica con flancos aplastados. El área externa en estadios juveniles (Diámetro = 15 mm) es lisa sin una quilla. Por lo menos con un diámetro de 35 mm, el área externa es tricarínada. Para los especímenes más largos se calcula un diámetro de 95 mm (Blau *et al.* 2003).

Descripción: Concha evoluta, subelíptica, la vuelta interna con costillas densas, finas, rectas y agudas, que son radiales a un poco inclinadas hacia atrás y llegando a ser más espaciadas y un poco inclinadas hacia delante en la vuelta exterior. La densidad de las costillas es constante por toda la concha.

Discusión: La asignación de la especie resulta ser problemática ya que morfológicamente es muy parecida con *Orthechioceras incaguasiense*. En los primeros estadios son muy similares y como la mayoría de los ejemplares están muy incompletos, es difícil distinguir todas sus características; sin embargo, en los ejemplares más conservados se han podido distinguir estas dos especies. Existió también confusión con respecto *Palthechioceras burckhardti sensu* Meister *et al.* (2005), por lo parecido de la forma de sus costillas y la poca densidad de éstas en las conchas de estas dos especies; sin embargo, otras estructuras diagnósticas como el tipo de enrollamiento y forma de la concha, entre otras, diferencian a estas dos especies.

Edad: Sinemuriano Superior en la zona de *Raricostatum*, Blau y Meister (2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Serpenticono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico filtrador, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).



Figura 14. *Orthechioceras pauper*. Ejemplar No. 20 proveniente del estrato “F”.

***Orthechioceras cf. incaguasiense* HILLEBRANDT, 2002**

Sinonimia: *Coroniceras (Metophioceras) aff. schloenbachi* (Reynes).- Erben 1956, 233. pl 32, fig. 10.

Orthechioceras incaguasiense. Hillebrandt. Blau *et al.*, 2003 Lám. 3, fig. 4, (cf.) figs. 5, 7, 8, 10-18, 23.

Material: Estrato “D” con once ejemplares, Estrato “G” tres ejemplares, Estrato “F” dos ejemplares y Estrato “E” un ejemplar (Anexo 1).

Diagnosis: Concha evoluta, en las vueltas interiores con un diámetro mayor a 35 mm, la sección de vuelta es cuadrada y porta densas y finas costillas. Las costillas son radiales a un

poco proyectadas hacia delante, rectas y comienzan en las vueltas internas. Cuando el desarrollo es mayor, las costillas tienen la misma altura sobre los flancos, se hacen tenues las costillas en el área ventral y se proyectan hacia atrás antes de los surcos de quilla.

La sección de vuelta es más subcuadrada en el estadio que tiene un diámetro mayor entre 25 y 35 mm, el área ventral es casi plana a un poco redondeado, con una débil quilla, el surco no está presente en este estadio. Después, el surco se desarrolla y el *venter* llega a ser tricarinado (Blau *et al.* 2003).

Descripción: Concha evoluta, tricarinada, la sección de vuelta es cuadrada, las costillas son radiales densas y finas a un poco proyectadas hacia delante, rectas, se proyectan hacia atrás antes de los surcos de quilla.

Discusión: A los ejemplares colectados asignados a esta especie no se les observó línea de sutura, como a los ejemplares de Blau *et al.* (2003), que llegaron a corresponder bien estas líneas a las figuradas por Hillebrandt (2002, fig. 18).

Para el autor de este estudio resulta práctica la diagnosis de esta especie haciendo factible su reconocimiento, lo que resulta en cierto modo inconsistente son algunos de los ejemplares figurados por Blau *et al.* (2003), que tienen un tipo de enrollamiento diferente no siendo estrictamente planiespiral como el material que se designó como esta especie para la presente investigación, sino que los ejemplares tienen un tipo de enrollamiento más suelto llegando a ser un poco escalonado, cierta parte de las vueltas no quedan cubiertas por la vuelta que le precede.

Edad: Parte más alta del Sinemuriano superior en la zona de *Raricostatum*, Blau y Meister (2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Serpenticono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico filtrador, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).



Figura 15. *Orthechioceras* cf. *incaguasciense*. Ejemplar No. 1 proveniente del estrato "F".

Genero *Leptechioceras* BUCKMAN 1923
***Leptechioceras alvarezii* ERBEN, 1956**

Sinonimia: *Leptechioceras alvarezii* n. sp. Erben, 1956. Pag.327 Lám. 40 Fig. 1, 1a, 2.

Material: Un espécimen en el estrato "F".

Diagnosis: Concha discoidal delgada, que se caracteriza por la combinación de los rasgos siguientes, arreglo de costillas bastante junto a edad temprana y en la vejez se hacen más débiles y distantes, pero no desaparecen completamente, el aumento de la altura de la vuelta es relativamente rápido. La sección de vuelta exterior forma un óvalo, los flancos están muy curvos, posee una quilla mediana gruesa, pero no afilada, que tiene una cresta redondeada. La quilla se destaca bien pero en su base está poco separada de la zona externa. Las vueltas se recubren poco, de manera que cada vuelta cubre solamente aquella parte de la vuelta anterior que contiene la quilla mediana y las dos bandas de quilla.

La altura de la vuelta durante el crecimiento aumenta de una manera relativamente rápida. La escultura consiste de costillas relativamente estrechas de relieve suave y de poca altura, las crestas están bien redondeadas y las bases de las costillas son bastante anchas. Estas costillas en las vueltas interiores y medias se destacan bien, pero en la vuelta exterior se hacen más débiles y pierden algo de relieve aunque no desaparecen completamente. Las costillas están ligeramente inclinadas hacia delante. En el extremo externo de los flancos las costillas se

doblan hacia delante formando una curva suave cóncava. El arreglo de las costillas en todos los estados del crecimiento es bastante junto aunque en la vuelta externa los espacios intercostales se hacen algo más anchos.

Descripción: Concha discoidal, costillas bastante juntas, ligeramente prosirradiadas, a edad temprana y en la vejez se hacen más débiles y distantes, el aumento de la altura de la vuelta es relativamente rápido. Posee una quilla mediana gruesa, pero no afilada, que tiene una cresta redondeada. La quilla se destaca bien, pero en su base está poco separada de la zona externa. Las vueltas se recubren poco.

Discusión: Este espécimen se ajusta a las características morfológicas descritas para este género por Buckman (1923), además de concordar con las características descritas por Erben (1956); sin embargo, existe un gran parecido de este espécimen con la especie *Leptechioceras* gr. *meigeini* que puede ser esta misma o una especie relacionada, ya que puede haber cierta posibilidad de variación dentro del género. Se decidió nombrar a este espécimen como *Leptechioceras alvarezzi* porque ya había sido nombrado así para México y por que se carece de una diagnosis de *Leptechioeras* gr. *meigeini* que posiblemente sea una sinonimia y se trate de la misma especie.

Edad: Erben (1956) encontró esta especie para la Región de Huauchinango, Puebla, Localidad H 15, correspondiente a la Formación Totolapa, además en la región de Huayacocotla Veracruz, en la Formación Huayacocotla en la localidad P7, en la unidad con *Microderoceras bispinatum altespinatum* en lo que el mencionado autor considera la parte más alta del Sinemuriano superior.

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Serpenticono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico filtrador, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).

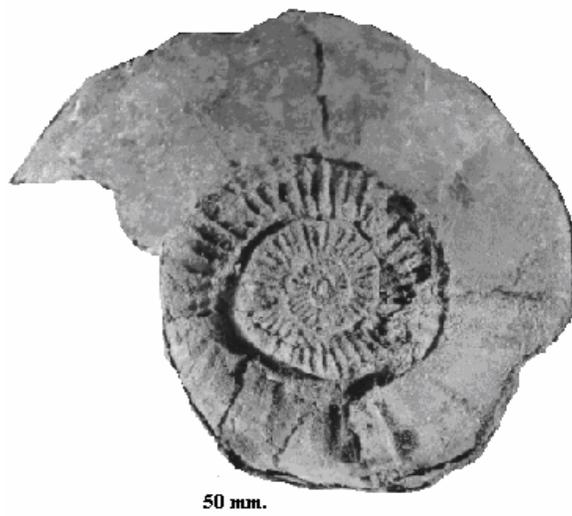


Figura 16. *Leptechioceras alvarezzi* Ejemplar No. 44 proveniente del estrato localidad “F”.

Familia Arietitidae HYATT, 1875

Subfamilia Arietitinae HYATT, 1875

Genero *Arnioceras* HYATT, 1867

***Arnioceras* cf. *ceratitoides* (QUENSTENDT) *sensu* HILLEBRANDT, 1981**

Sinonimias: *Coroniceras* (*Coroniceras*) *pseudolyra*, Erben 1956, pág. 217, pl. 33, fig. 1.

Arnioceras cf. *ceratitoides* (Quenstendt) *sensu* Hillebrandt, 1981. Meister *et al.* 2002 PL. 1, fig. 4.

Material: Un ejemplar en el estrato “D” (Anexo 1).

Diagnosis: Concha discoidal y con apertura baja, con un ombligo ancho. La sección de vuelta representa en la juventud, un óvalo con su eje mayor en posición horizontal, en este estadio la sección de vuelta es aproximadamente tan ancha como alta. Presenta una quilla mediana con surcos muy débiles. El recubrimiento de las vueltas es poco, se recubren solamente la zona exterior de cada vuelta anterior hasta aproximadamente los nódulos de las costillas. La escultura está formada de costillas fuertes, estrechas, simples, rectas y en posición radial, que empiezan en forma débil y aumentan lentamente en relieve en las últimas vueltas. Las costillas más allá del nódulo pierden altura de una manera abrupta y terminan a lado de los surcos de quilla. Los fondos de los espacios intercostales son cóncavos y bien redondeados. (Erben, 1956).

Descripción: Concha discoidal y con apertura baja, con un ombligo ancho, con una quilla con surcos muy débiles. El recubrimiento de las vueltas es poco, costillas fuertes, estrechas,

simples, y en posición radial, que empiezan débiles y aumentan lentamente en relieve en las últimas vueltas. Los fondos de los espacios intercostales son cóncavos y bien redondeados.

Discusión: Debido al temprano estadio del desarrollo en el que se encuentra este ejemplar, es posible ver que las primera vueltas son lisas y sin costillas, además de no presentar los nódulos indicados por Erben (1956); sin embargo, la descripción del autor de esta especie se ajusta a las características del ejemplar estudiado, como la forma de la concha, la escultura, y grado de recubrimiento de la concha, además de que sus ilustraciones muestran gran semejanza. Meister *et al.* (2002) en la diagnosis de esta especie, también agregan que las costillas son más prominentes en la parte media de los flancos, rasgo que se observa en el ejemplar del presente estudio.

Edad: Espécimen asociado a especies del Hettangiano superior al Sinemuriano inferior Blau y Meister (2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Platycono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico demersal, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).

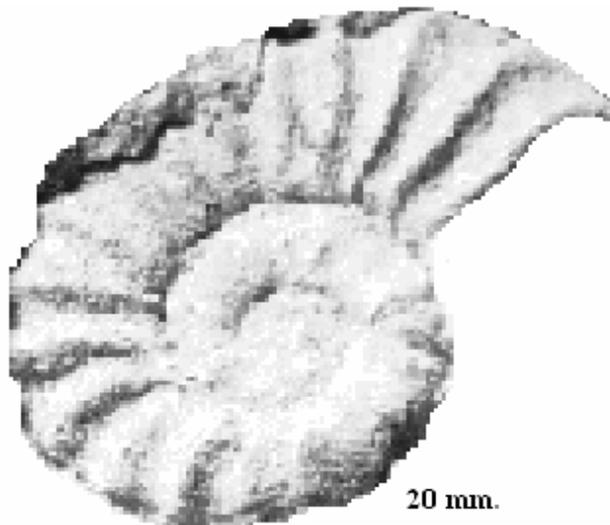


Figura 17. *Arnioceras cf. ceratitoides*. Ejemplar No.14 proveniente del estrato “D”.

Familia Oxynoticeratidae HYATT, 1875
Género Oxynoticeras HYATT, 1875
Especie tipo. Amonites Oxynotus QUENSTENDT, 1845
***Oxynoticeras aff. soemanni* DUMORTIER, 1867**

Sinonimias: *Oxynoticeras aff. soemanni* Dumortier. Domergues, Meister y Böhm, 1995. Pl. 7 figs. 3-4.

Oxynoticeras aff. soemanni Dumortier. Meister *et al*, 2002. Pl. I figura 22.

Material: Un espécimen en el estrato “D”.

Diagnosis: Amonite muy evolutivo y liso *Oxynoticeras*. El ombligo es 12% de diámetro, posee una línea de sutura bastante simple.

Descripción: Concha evolutiva, de tipo Oxycono, sin escultura con líneas de sutura simples y con un ombligo que representa el 10% del diámetro de la concha.

Discusión: El único ejemplar coincide con el ombligo del 12% del diámetro designado y a los especímenes figurados por Blau *et al.* (2003) para esta especie proveniente de la cuenca de Huayacocotla, este porcentaje del diámetro es ligeramente más alto que para los especímenes figurados por Dumortier (1867, pl. 40 figs. 2-4).

Meister *et al.* (2005) dividen a la localidad Bopo 3 en dos partes, en la parte baja de ésta encuentran a esta especie *Oxynoticeras aff. soemanni*, asociada con *O. jamesdanae*, lo cual es coincidente con los resultados de este estudio, en lo referente a las dos especies citadas con anterioridad, ya que su trabajo se desarrolló en la misma localidad también denominada en el presente estudio como estrato “D”.

Edad: De acuerdo con Domergues, Meister y Böhm (1995) ésta especie es asociada con *Parasteroceras*, el cual tiene un rango de la parte más alta de la Zona de *Oxynotum* a la zona de *Raricostatum*, del Sinemuriano superior.

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Oxycono, lo cual indica un tipo de vida Nectónico, atribuible a una Plataforma nerítica con profundidad de hasta unos 480 m. (Westermann, 1996).



Figura 18. *Oxynoticeras aff. soemanni*. Ejemplar No.42 proveniente del estrato “D”.

Genero *Proclivioceras* FUCINI, 1920
?*Proclivioceras aff. proclive* ROSEMBERG, 1909

Sinonimias: *Phylloceras proclive* Hass, 1913, pág. 12.

Proclivioceras aff. proclive Rosemberg, 1909. Erben, 1956.

Material: Un ejemplar en el estrato “E” (Anexo 1).

Diagnosis: Amonite involuto con apertura de vuelta extremadamente alta con un ombligo considerablemente angosto. La escultura consiste en costillas en forma de pliegues finos, estrechos y casi no resaltantes que están separados por medio de depresiones casi del mismo ancho y poco profundos. En la zona externa del flanco los elementos de la escultura están dirigidos un poco oblicuamente hacia atrás (Erben, 1956).

Descripción: Concha involuta con apertura de vuelta alta, ombligo angosto, costillas en forma de pliegues finos, estrechos y casi no resaltantes que están separados por medio de depresiones casi del mismo ancho y poco profundos.

Discusión: La descripción de las costillas coincide bastante a la realizada por Erben, (1956) sólo que al estar este ejemplar incompleto, no se pueden observar todas las características mencionadas por el citado autor. El caracter que coincide es que en la zona externa del flanco, los elementos de la escultura están dirigidos un poco oblicuamente hacia atrás. Erben (1956) consideró al ejemplar como del género *Proclivioceras* (Fucini), por la forma general de la

concha y la escultura, para este ejemplar sólo se observa parte de la escultura. Por eso es que se ha decidido dejar la interrogante a este nivel.

El ejemplar de este estudio y el figurado por Erben (1956) se distinguen del *proclive* de Rosenberg (1909) por las costillas más finas y menos fuertes, que además están más juntas entre sí.

Edad: Erben (1956) encontró esta especie para la Formación Huayacocotla en la unidad con *Microderoceras bispinatum altespinatum*, en lo que se considera la parte más alta del Sinemuriano superior.

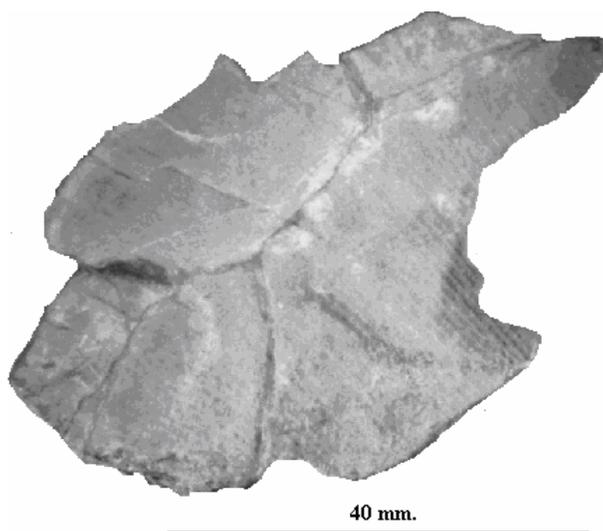


Figura 19. ?*Proclivioceras* aff. *proclive* Ejemplar No.2 proveniente del estrato “E”.

Subfamilia Hemimicroceratinae SPATH 1929

***Microderoceras* HYATT 1871**

***Microderoceras bispinatum altespinatum* n. subsp. GEYER, 1886**

Sinonimia: *Microderoceras bispinatum altespinatum* n. subsp. GEYER, 1886. Erben, 1956. Pág.357 Lám. 41 Fig. 8.

Material: Un espécimen en el estrato “D”.

Diagnosis: Concha semi-evoluta presenta una hilera interior de espinas en la mitad de los flancos. En la juventud la concha es discoidal gruesa con apertura baja y el ombligo es ancho mediano, que se amplía considerablemente en los estadios más avanzados del crecimiento, así que se puede considerar después como amplio. Las vueltas se recubren bastante al principio, por lo cual se forma una zona cóncava de vuelta ancha y profunda. Sin embargo, en el

trascuro del crecimiento se reduce el grado de recubrimiento notablemente, de tal manera que la forma presenta un modo de enrollamiento relativamente suelto. La escultura consiste en costillas rectas en posición radial, que llevan en su extensión longitudinal cada dos espinas iguales. Hasta la tercera vuelta, en la cual aún faltan espinas, tiene poco relieve. En la siguiente vuelta se hacen más fuertes y densas, presentándose entonces las espinas. Después de tres y media vueltas aproximadamente, las costillas ya son bastante fuertes y densas. (Erben, 1956).

Descripción: Concha semi-evoluta discoidal, con una hilera interior de espinas en la mitad de los flancos. Las vueltas se recubren bastante al principio, por lo cual se forma una zona cóncava de vuelta ancha y profunda posteriormente se reduce el grado de recubrimiento notablemente, de tal manera que la forma presenta un modo de enrollamiento suelto. Las costillas son rectas y portan espinas.

Discusión: Se encontró un solo ejemplar juvenil con un diámetro máximo de 5.63 mm y dos vueltas de la concha, que se asignó a esta especie por la forma de la concha discoidal y subcuadrada, enrollamiento muy suelto, al principio las vueltas se recubren bastante, aumento de la altura rápido y escultura característica de un estadio juvenil que consiste en la hilera interior con espinas, además de ser idéntico al espécimen de Erben, (1956) (Lám. 41, fig. 9), con diámetro de 12.43 mm de un estado juvenil más avanzado que el de este estudio; a este último, no se le observa el número de vueltas pues el enrollamiento de la concha es bastante suelto y forma en el ombligo una concavidad cubierta de sedimento que imposibilita saber cuantas vueltas le anteceden a la última.

Edad: Parte más alta del Sinemuriano Superior (Erben, 1956).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Platycono, lo cual indica un tipo de vida Planctónico demersal, atribuible a una Plataforma nerítica (Westermann, 1996).



Figura 20. *Microderoceras bispinatum altespinatum* Ejemplar No.54 proveniente del estrato “D”.

Suborden Phylloceratina ARKELL, 1930
Superfamilia Phyllocertoidea ZITTEL, 1884
Familia Phylloceratoidae ZITTEL, 1884
Subfamilia Phylloceratinae ZITTEL, 1884
Género *Phylloceras* SUESS, 1866
***Phylloceras* sp. SUESS, 1866**

Material: Un ejemplar en el estrato “E”.

Diagnosis: Concha involuta de apertura alta con costillas muy finas, a veces sobre una ondulación de mayor longitud, prosirradiadas sin constricciones, ombligo marcado donde se aprecian las primeras vueltas. La sección de la vuelta es estrecha y afilada, aguda sección de vuelta. Impresiones finas de costillas en la última vuelta (Meister *et al.* 2002).

Descripción: Concha involuta costillas finas, prosirradiadas, ombligo donde se observan las primeras vueltas, suturas en las últimas vueltas. La sección de la vuelta es afilada.

Discusión: Es dudosa la asignación debido a que el espécimen no muestra las características del género *Angulaticeras* como la escultura típica, pero sí muestra líneas de sutura semejantes a las de *Phylloceras*, tipo filoides, donde no es común tal tipo de escultura que desarrolla este ejemplar; sin embargo, para *Angulaticeras* sí se encuentran líneas de sutura ocasionalmente. Para el área de estudio no existen registros de ejemplares con suturas. La especie figurada por Erben (1956) y Meister *et al.* (2002) como *Sulciferites* y *Angulaticeras* respectivamente, presentan gran semejanza a diferencia del diámetro que asciende a 20 mm y 27 mm, mientras

que el ejemplar del presente trabajo tiene 40.22 mm. esto significa que es un estado más avanzado de desarrollo, lo que podría explicar que muestre líneas de sutura en la parte final de la última vuelta.

En general la descripción de la escultura del ejemplar de Erben (1956) *Sulciferites floresi* es bastante semejante al presente, sin coincidir en la bifurcación ni trifurcación de las costillas. Este hecho permite dudar de *Angulaticeras floresi*, siendo tal vez una especie indeterminada de *Phylloceras*, dadas las características compartidas.

Los ejemplares de Meister *et al.* (2002, 2005) citados como *Angulaticeras floresi* utilizan a *Sulciferites floresi* como sinonimia, estos autores describen escuetamente su ejemplar, lo cual dificulta identificar otros, siendo necesarios más ejemplares para su mejor determinación. Se presentan moldes internos, pero las complejas características diagnósticas de las suturas se aprecian sólo en una pequeña parte por lo maltratado del material.

Edad: Espécimen asociado con especies del Sinemuriano Superior (Blau y Meister, 2000).

Asignación ambiental: Organismo con concha de tipo Oxycono, lo cual indica un tipo de vida Nectónico, atribuible a una Plataforma nerítica con profundidad de hasta unos 480 m. (Westermann, 1996).

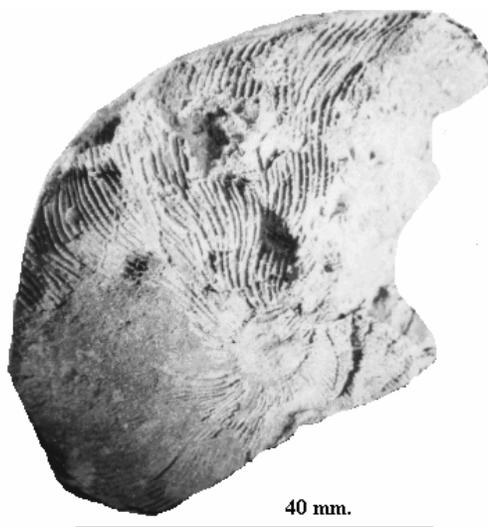


Figura 21. *Phylloceras sp.* Ejemplar No.4 proveniente del estrato "E".

Clase Bivalvia LINNÉ 1758
Subclase Paleotaxodonta KOROBKOV 1854
Orden Nuculoida DALL 1889
Familia Nuculanidae ADAMS & ADAMS 1858
Género *Nucula* LINK 1807
Subgénero *Praesacella* COX 1940
***Nuculana (Praesacella) ovum* (J. DE C. SOWERBY 1825)**

Sinonimia: *Nuculana cf. ovum* (J. de C. Sowerby). Damborenea, 1992, pl, 115, Fig. 15.

Material: Cinco moldes internos provenientes del estrato "A".

Diagnosis: La identificación completa de esta especie se debe a la observación de caracteres internos, en particular de una línea paleal entera en combinación con la morfología general externa y la presencia de los relativamente pocos dientes de la charnela, permiten la asignación al Subgénero *Praesacella*.

Praesacella es caracterizada por una apariencia cercana con los bivalvos del género *Sacella* del Triásico y recientes, pero pueden ser distinguidos de estos por una línea paleal entera tan larga como los dientes de la charnela que son pocos para este espécimen.

Descripción: Concha lisa sin escultura, a excepción de la línea paleal que la cubre longitudinalmente, y siete dientes de la charnela de cada lado del umbo y músculo abductor.

Discusión: Decididamente se nombra a estos ejemplares como *Nuculana (Praesacella) ovum* porque son moldes internos a los cuales se les observa la línea paleal, además de los dientes de la charnela, las cuales son características morfológicas diagnósticas del grupo. Esto aunado a la morfología externa muy similar a los ilustrados por Damborenea (1987), Aberhan (1994a, 1998), para Chile y Canadá. La presencia de este espécimen en México da indicios de su presencia por todo el continente Americano.

Edad: Se describe para el Sinemuriano a Toarciano medio tardío. (Aberhan, 1998)

Asignación Paleoambiental: Especie infaunal, móvil, de ambiente marino somero, alimentación por deposición de sedimentos en la columna de agua. (Aberhan, 1994).

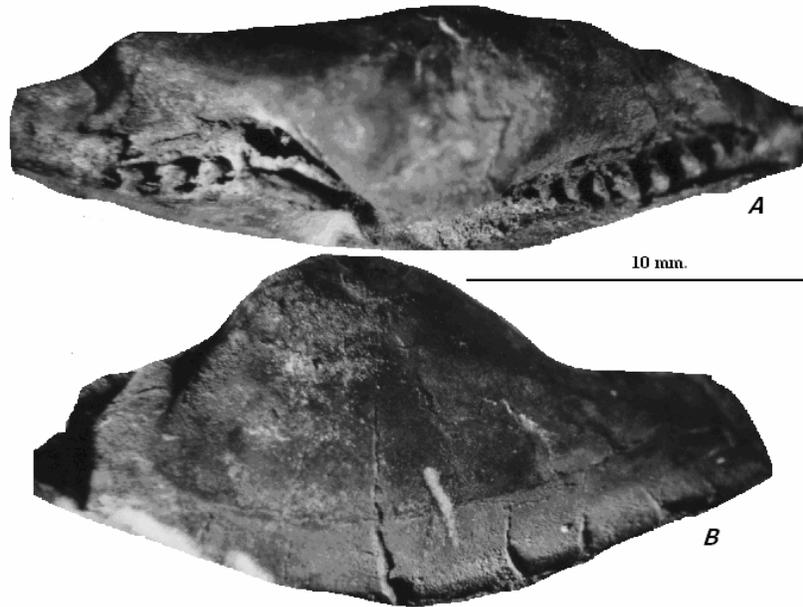


Figura 22. *Nuculana (Praesacella) ovum*. Ejemplar No. 3 proveniente del estrato "A". A) Vista anterior donde se observan los dientes de la charnela. B) Vista dorsal donde se observa la línea paleal.

Subclase Pteriomorpha BEURLIN, 1944

Orden Pterioida NEWEL, 1965

Familia Bakevellidae KING 1850

Genero *Gervillaria* COX 1952

Especie tipo: *Modiola ? alaeformis* J. DE C. SOWERBY 1819

***Gervillaria pallas* (A. LEANZA) 1942**

Sinonimia: *Gervillaria pallas* (Leanza, 1942). Muster, 1995. PL.10, Figs. 3, 4, 5.

Material: 2 moldes internos y uno externo provenientes del estrato "B" y 3 moldes internos del estrato "C".

Diagnosis: Tamaño medio a largo (40 a 43 mm.), altamente inequivalvo, oblicuo bialado, presenta un hueco bisal estrecho, valva izquierda exageradamente fuerte con el umbo levantado algo prominente, por encima del margen de la charnela. Valva derecha débilmente convexa de plana a cóncava. La charnela tiene algunas crenulaciones transversales, algunas oblicuas en organismos adultos.

La concha es muy larga, la cual está torcida, éste puede ser separado de otros *Gervillaria* por la presencia de una sola carina la cual sólo se desarrolla en la valva izquierda.

Es trapezoidal en visión general y la concha es fuertemente inequivalva y retorcida. La especie carece de una aurícula interior y es la única *Gervillaria*, la cual exhibe un par de carinas en la valva izquierda. Por estas características *G. pallas* puede ser separada de otros bivalvulidos.

Descripción: Concha larga, torcida e inequivalva, oblicua bivalada, valva izquierda exageradamente fuerte. Valva derecha débilmente convexa de plana a cóncava. La concha es muy larga, la cual está torcida, presenta una sola carina la valva izquierda.

Discusión: La forma de diferenciar a las especies del género *Gervillaria* se basa en la visión general, el grado de torsión de la concha, y la presencia o ausencia de una carina prominente, características que si poseen los ejemplares estudiados, a su vez considerados como diagnósticos del grupo. Los ejemplares de este estrato son moldes internos y valvas izquierdas, carecen de una aurícula interior, presentan dos carinas prominentes y el grado de torsión es muy similar a los ilustrados por Aberhan (1994, 1998). Sin embargo, el tamaño del ala interior y la forma del área ligamental no son posibles visualizarlos por lo maltratado del material. Esta especie es representada en el Jurásico temprano del Norte de Chile y Canadá, la representación de esta especie en México confirma su presencia por todo el continente.

Edad: Sinemuriano Superior, es restringida para el Sinemuriano tardío al Pleinsbachiano tardío.

Asignación Paleoambiental: Bivalvo semi-infaunal, que se alimenta de materia en suspensión (Aberhan, 1994).

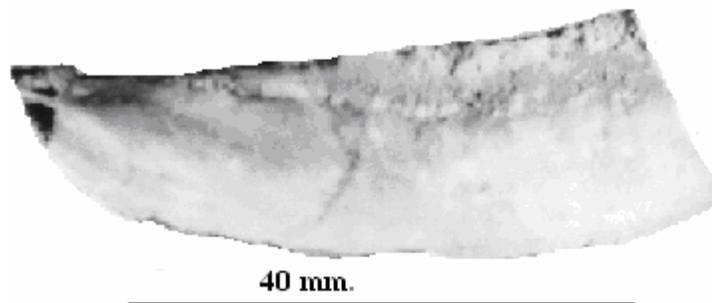


Figura 23. *Gervillaria pallas*. Ejemplar No. 4 proveniente del estrato "C".

Género *Gervillella* MYRAKEEN 1971
Especie tipo: *Perna aviculoides* J. DE. C. SOWERBY, 1814
***Gervillella araucana* DAMBORENEA, 1987**

Sinonimia: *Gervillella araucana* Dambornea. Aberhan, 1998, PL. 2, Figs. 14, 15.

Material: 3 moldes internos, dos de ellos incompletos y 2 moldes internos en el estrato "C".

Diagnosís: Concha muy elongada la cual es torcida, esta puede ser separada de otras *Gervillella* por la presencia de una carina simple, la cual sólo se desarrolla en la valva izquierda.

Descripción: Concha torcida con una sola carina en la balva izquierda.

Discusión: Las carinas oblicuas de la valva izquierda son consistentes con los ilustrados por Aberhan, (1994, 1998) tales características se consideran diagnosticas del grupo. Este último autor asocia a la especie al Jurásico inferior de Sudamérica y Norteamérica, este reporte completa su distribución por todo el continente.

Edad: Sinemuriano Superior es restringida para el Sinemuriano tardío.

Asignación paleoambiental: Elemento faunal epibisado, semi-infaunal, probable suspensivoro de fondos firmes en zona submareal nerítico proximal. (Aberhan, 1994)

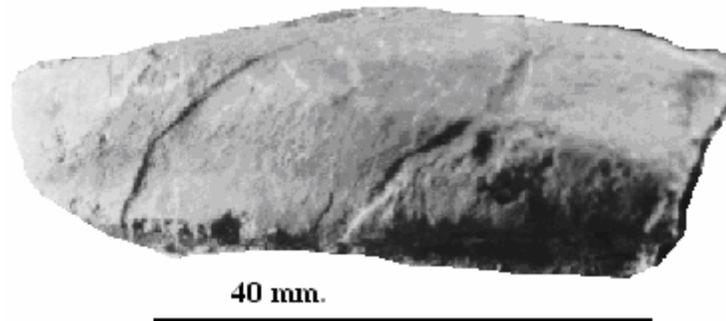


Figura 24. *Gervillella araucana*. Ejemplar No.5 proveniente del estrato "C".

Familia Neitheidae SOBETZKY 1960

Genero Weyla BOHM, 1922

Especie tipo: Pecten alatus VON BUCH, 1838

***Weyla (Weyla) alata alata* VON BUCH, 1838**

Sinonimia: *Weyla (Weyla) alata alata* Von Buch, 1838, Aberham, 1998, Figs. 3F, J.

Material: Un molde externo de la valva izquierda en el estrato "A".

Diagnosis: Concha pectiniforme, valva derecha muy convexa, valva izquierda plana, cóncava o convexa (pero siempre en menor grado que la derecha). Ornamentación externa formada por costillas radiales fuertes, que pueden ser simples o subdivididas. Aurículas subiguales con o sin escotadura bisal, sin ctelonio, charnela con lámelas cardinales estriadas verticalmente.

Descripción: Se encuentra sólo un ejemplar de este pectinado, el molde interno de la valva izquierda. Las costillas son siempre triangulares en sección transversal algunas son más prominentes que otras, las crestas de las costillas están acompañadas por un par de costillas menores en los flancos. Los espacios entre las costillas son cóncavos y siempre tan amplios como las costillas. En este ejemplar no se aprecian las aurículas ni la charnela.

Discusión: Las características de esta valva como costillas radiales fuertes y forma plana un poco cóncava, de plana a débilmente convexa en estadios tempranos del crecimiento, como es el caso de este ejemplar, nos permite asignarlo a esta especie.

Se han reconocido dos subespecies de *Weyla alata*: *Weyla alata alata* y *Weyla alata angustecostata* por Damborenea (1987). Siguiendo las características presentadas por la autora en el perfil de la valva izquierda en la imagen ilustrada del cuadro morfológico comparativo de especies argentinas del género *Weyla* (Damborenea *et al.* 1988, fig. 1.) se asigna al ejemplar a *Weyla (Weyla) alata alata*.

El género *Weyla* había sido mencionado para el Jurásico temprano en las Formaciones Antimonio y Santa Rosa, en Sonora, México, donde había sido nombrada *Weyla mexicana* (Jarowski, 1929), actualmente es mencionada como sinónimo posterior de *Weyla alata* (Von Buch, 1838).

Edad: Sinemuriano Superior, la especie es restringida para el Sinemuriano a Pliensbachiano tardío.

Asignación paleoambiental: Bivalvo libre nadador epifaunal, suspensívoro. (Aberhan, 1994).

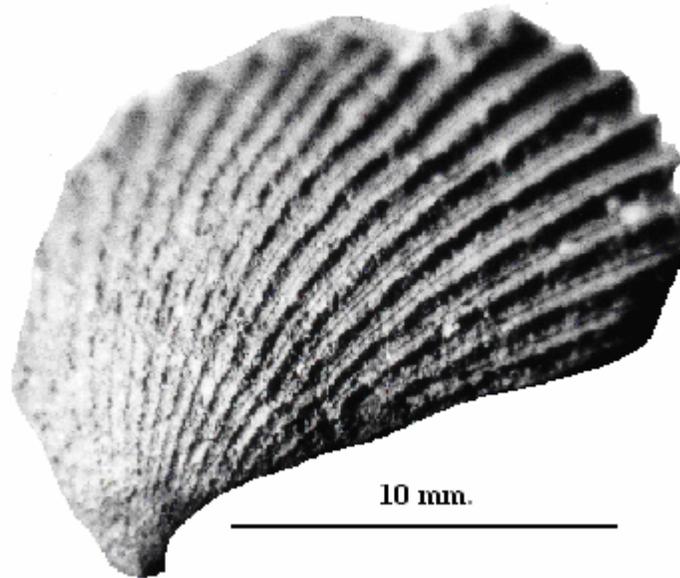


Figura 25. *Weyla (Weyla) alata alata*. Ejemplar No.8 proveniente del estrato "A".

6.2 Morfología funcional de la concha de Amonoideos

Con base en la morfología de la concha de los amonoideos mesozoicos colectados e identificados, se puede inferir el tipo de ambiente en el que estos animales extintos habitaban (Westermann, 1996). De los 174 amonoideos presentes de esta secuencia, 163 son de la familia Echioceratidae y todos presentan el tipo de concha serpenticono, algunos con ligera tendencia hacia el tipo de concha platicono y planorbicono, que corresponde a formas de vida de tipo planctónico filtrador con una ligera tendencia hacia el modo de vida demersal (Figura 26).

Nueve de los 174 amonoideos presentes en la secuencia presentan un tipo de concha oxycono que representa un tipo de vida nectónico, cuatro de estos especímenes pertenecen a la familia Oxinoticeratidae y cuatro a la familia Phylloceratidae (Figura 26).

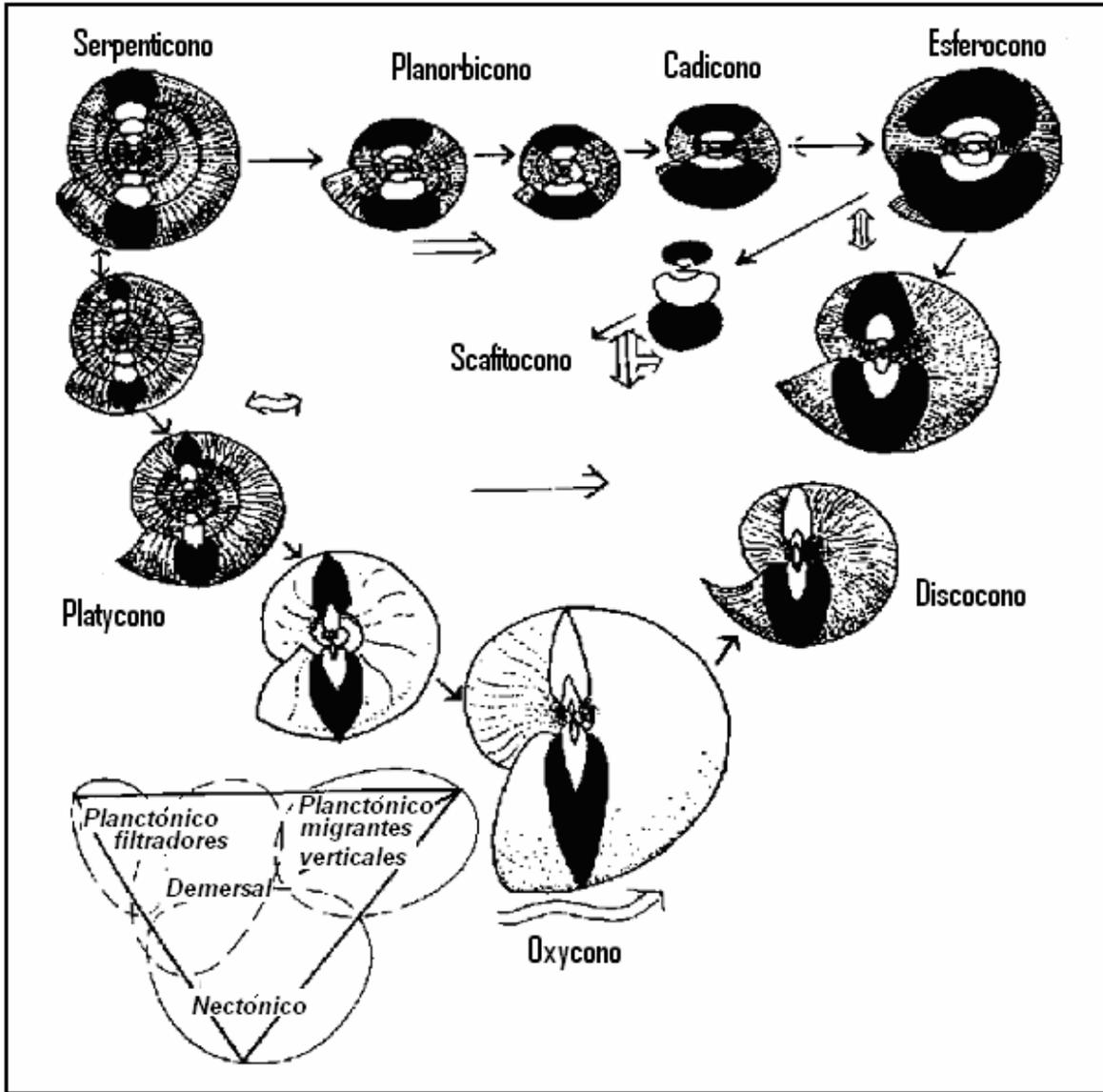


Figura 26. Morfología funcional de Amonoideos, formas de vida y preferencias de hábitat que representan cada una. Tomado y modificado de Westermann (1996).

6.3 Análisis Paleoecológico

6.3.1 Abundancia relativa

Se realizó un conteo de los ejemplares de amonoides en conjunto de cada nivel, para visualizar la abundancia relativa de la secuencia, inicialmente como un todo, así como también, para cada uno de los siete niveles que conforma la secuencia; además de caracterizar las asociaciones fósiles de cada nivel. Por eso es que se incluye el índice de diversidad de Simpson, para distinguir numéricamente cada asociación fósil.

La especie de amonoides más abundante para toda la secuencia es *Paltechioceras tardecrescens* con 46 ejemplares, lo cual es el 26.435 % del total. La segunda especie más abundante es *Paltechioceras mexicanum* con 27 ejemplares, esta cuenta con el 15.51% del total. La tercera especie más abundante es *Orthechioceras jamesdanae* con 25 ejemplares y con 14.365 % del total. La cuarta especie más abundante es *Orthechioceras incaguasciense* con 17 ejemplares y con un porcentaje de 9.77 respecto al total (Ver cuadro1).

Existen 15 ejemplares de la especie *Orthechioceras pauper* y tiene el 8.62% respecto al total. La especie *Paltechioceras harbledownense* posee 13 ejemplares y es el 7.47% del total. De la especie *Paltechioceras rothpletzi* existen siete ejemplares y son el 4.02% de total. La especie con cuatro ejemplares es *Orthechioceras obliquecostatum* la cual tiene el 2.29% respecto al total. La especie *Phylloceras sp* con tres ejemplares representa el 1.72% respecto al total de la fauna fósil descrita para la secuencia “El Bopo”.

Las especies con dos ejemplares para todo el afloramiento son: *Oxynoticeras aff. soemanni*, *Paltechioceras burckhardti*, *Gleviceras sp* y otras seis especies que no fueron identificadas pero que son diferentes morfológicamente. (X¹, X², X³, X⁴, X⁵, X⁶.) Las cuales tienen el 1.15% del total de la fauna presente para la secuencia (Ver cuadro1)..

Las especies *Microderoceras bispinatum altespinatum*, *Arnioceras cf. ceratitoides*, *Partschiceras sp.*, ? *Proclivoceras sp.*, y *Plesechioceras alvarezi* cuentan con solo un representante cada una y dentro del estrato tienen el porcentaje de 0.57% del total.

Cuadro 1. Especies presentes para toda la secuencia, donde se observa el número de ejemplares de cada especie y el porcentaje que representan respecto al total.

Especie	Numero de ejemplares	Porcentaje
<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	46	26.43%
<i>Paltechioceras mexicanum</i>	27	15.51%
<i>Orthechioceras jamesdanae</i>	25	14.36%
<i>Orthechioceras incaguasciense</i>	17	9.77%
<i>Orthechioceras pauper</i>	15	8.62%
<i>Paltechioceras harbledownense</i>	13	7.47%
<i>Paltechioceras rothpletzi</i>	7	4.02%
<i>Orthechioceras obliquecostatum</i>	4	2.29%
<i>Phylloceras sp.</i>	3	1.72%
<i>Paltechioceras burckhardti</i>	2	1.15%
<i>Gleviceras sp.</i>	2	1.15%
<i>Oxynoticeras soemanni</i>	2	1.15%
<i>Partschiceras sp.</i>	1	0.57%
<i>Proclivioceras sp.</i>	1	0.57%
<i>Plesechioceras alvarezi</i>	1	0.57%
<i>Arnioceras cf. ceratitoides</i>	1	0.57%
<i>Microderoceras bispinatum altespinatum</i>	1	0.57%
X^1	1	0.57%
X^2	1	0.57%
X^3	1	0.57%
X^4	1	0.57%
X^5	1	0.57%
X^6	1	0.57%
	174	100%

Para el estrato “A” se tiene una asociación fósil la cual consta de las especies *Paltechioceras harbledownense* con un porcentaje de 33.33%, *Orthechioceras obliquecostatum*, con un porcentaje de 33.33%, y otro espécimen no identificado que representa el 33.33% de la asociación fósil (Figura 27). Al ser las tres especies presentes en el estrato de la familia Ehioceratidae, según Westermann, (1996) con tipo de concha Serpenticono indican un tipo de vida Planctónico filtrador y se infiere que el ambiente en que habitaban estos organismos era el de una plataforma nerítica no muy profunda. La asociación fósil de esta localidad tiene un índice de diversidad Simpson de 0.56666.

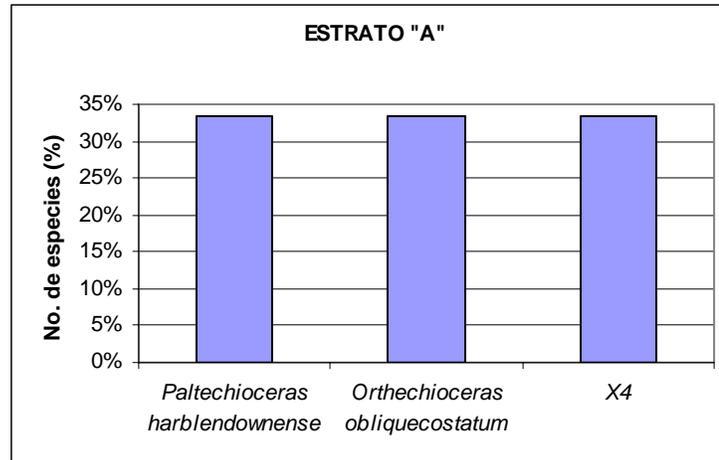


Figura 27. Espectro de abundancia relativa para el estrato "A". En el que se muestra la composición taxonómica de tres amonoides a nivel de especie. El eje vertical muestra el porcentaje del número de especies. El eje horizontal muestra las especies presentes para el estrato Marcado como X4, es un espécimen no identificado por su mala preservación, pero que es evidentemente diferente.

Para el estrato "B" se tiene una asociación fósil que consta de las especies, *Paltechioceras harbledownense*, representando un 50% de la población, *Paltechioceras mexicanum* el 25% y *Orthechioceras obliquecostatum* el 25% del total de la asociación fósil (Figura. 28). Al ser la especie *Paltechioceras harbledownense* la más abundante, con tipo de concha Serpenticono que alude un tipo de vida Planctónico filtrador, perteneciente a la familia Ehioceratidae, según Westermann, (1996) se infiere que el ambiente en que habitaban estos organismos era el de una plataforma nerítica no muy profunda.

La asociación fósil de esta localidad tiene un índice de diversidad Simpson de 0.6666666.

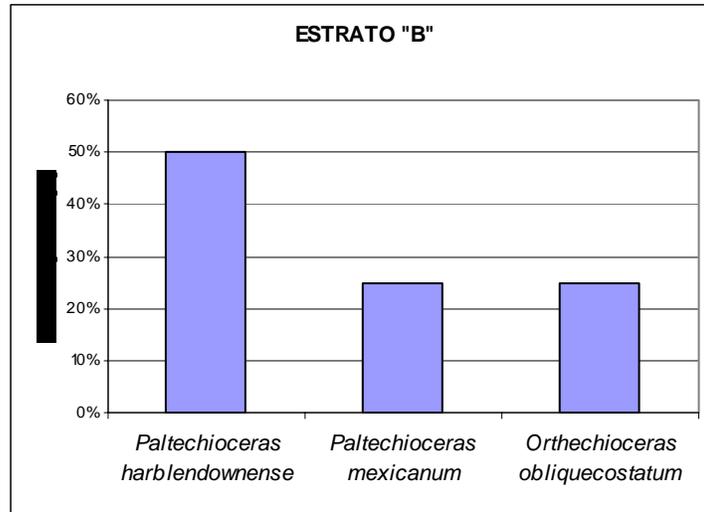


Figura 28. Espectro de abundancia relativa para el estrato "B". En el que se muestra la composición taxonómica de cuatro amonoides a nivel de especie. El eje vertical muestra el porcentaje del número de especies. El eje horizontal muestra las especies presentes para el afloramiento.

Para el estrato "C" se tiene una asociación fósil, la cual consta de las especies, *Paltechioceras harbledownense* que representa el 58.82% de la asociación fósil, *Paltechioceras mexicanum* el 11.76%, *Orthechioceras obliquecostatum* el 11.76%, *Paltechioceras tardecrescens* el 5.88% al igual que las dos especies restantes, las cuales son *Phylloceras sp.* y *Partschiceras sp.* (Figura. 29). La especie *Paltechioceras harbledownense*, es la más abundante, con tipo de concha Serpenticono que según Westermann, (1996) alude un tipo de vida Planctónico filtrador, perteneciente a la familia Ehioceratidae, por lo que se infiere que el ambiente en que habitaban estos organismos era el de una plataforma nerítica no muy profunda. La asociación fósil de esta localidad tiene un índice de diversidad de Simpson de 0.6544118.

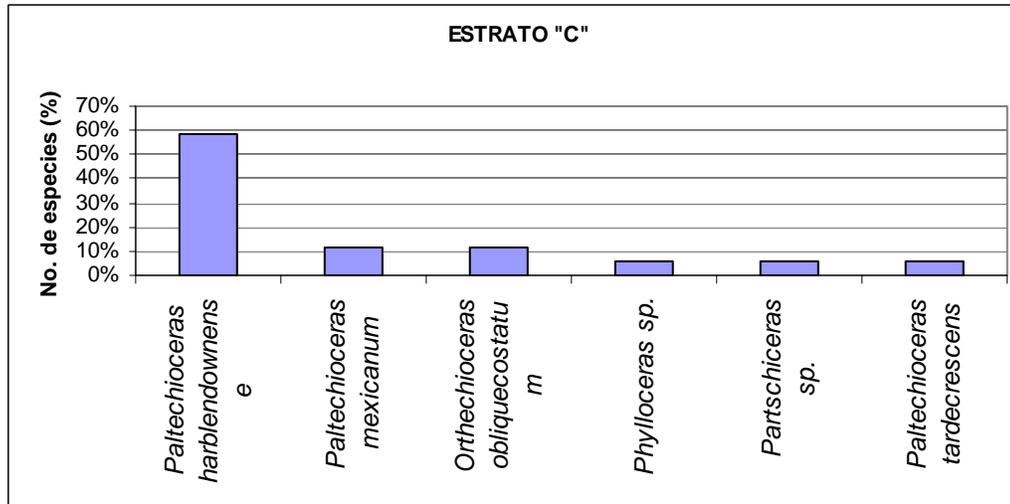


Figura 29. Espectro de abundancia relativa para el estrato "C". En el que se muestra la composición taxonómica de 17 amonoideos a nivel de especie. El eje vertical muestra el porcentaje del número de especies. El eje horizontal muestra las especies presentes para el afloramiento.

Para el estrato "D" se tiene a la asociación fósil más diversa, con un mayor número de especies presentes, esta consta de las especies, *Orthechioceras jamesdanae* que representa 29%, y *Orthechioceras incaguasciense* el 19%, *Paltechioceras tardecrescens* 13.55%, *Paltechioceras mexicanum* 12%, *Paltechioceras burckhardti* y *Orthechioceras pauper* con el 7%, *Oxynoticeras* aff. *soemanni* 3.88%, y *Microderoceras bispinatum altespinatum*, *Arnioceras* cf. *ceratitoides*, *Gleviceras* sp., y tres especímenes no identificados cada uno tiene 1.69 de porcentaje que representa en la asociación fósil del estrato (Figura. 30). La especie, *Orthechioceras jamesdanae* es la más abundante, con tipo de concha Serpenticono que según Westermann, (1996) manifiesta un tipo de vida Planctónico filtrador, perteneciente a la familia Ehioceratidae, por lo que se infiere que el ambiente en que habitaban estos organismos era el de una plataforma nerítica no muy profunda.

En este afloramiento se encontraron otros tres ejemplares que no fue posible identificar debido a la pobre preservación; sin embargo, se toman en cuenta para el conteo y para realizar los análisis de diversidad ya que estos son claramente distintos. La asociación fósil de este estrato tiene un índice de diversidad de Simpson de 0.8521332.

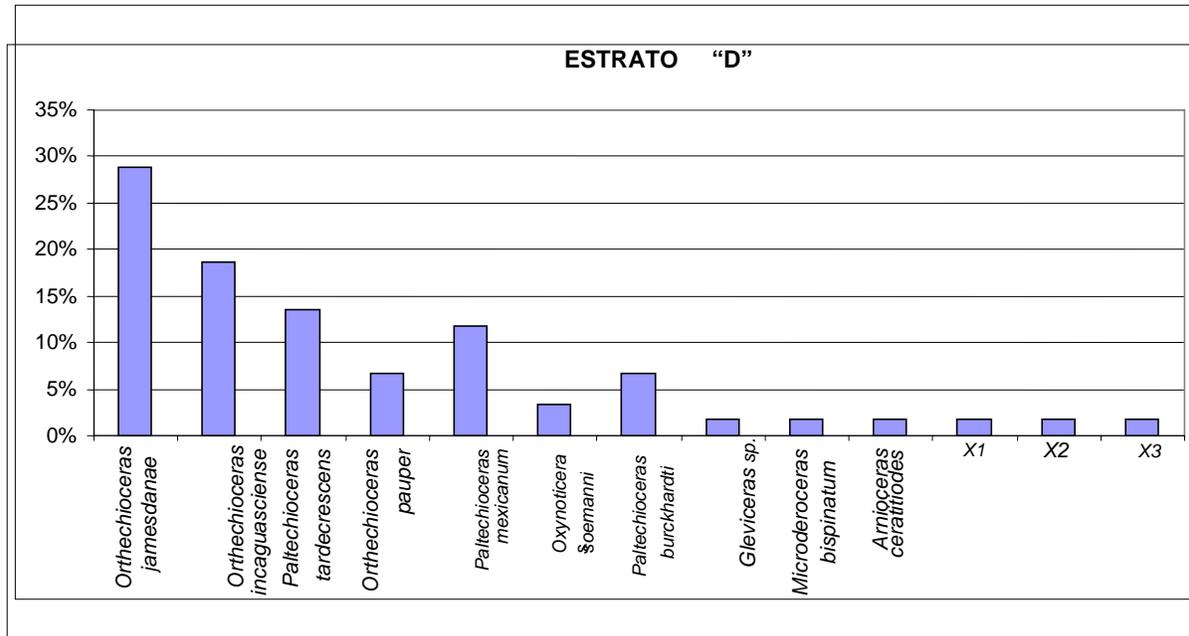


Figura 30. Espectro de abundancia relativa para el estrato “D”. En el que se muestra la composición taxonómica de 59 amonoideos a nivel de especie. El eje vertical muestra el porcentaje del número de especies. El eje horizontal muestra las especies presentes para el para el estrato. Los marcados como X1, X2, X3, son especímenes no identificados por su mala preservación, pero que son evidentemente diferentes.

Para el estrato “E” se tiene a la asociación fósil que consta de las especies *Paltechioceras tardecrescens*, la cual tiene 35.08% del total de la asociación fósil, mientras que *Paltechioceras rothpletzi* tiene 21.73%, *Orthechioceras jamesdanae* el 17.39%, *Paltechioceras mexicanum* y *Phylloceras sp.*, el 8.70%, y el resto de las especies cada una representa el 4.34% de la asociación fósil, las cuales son; *Orthechioceras incaguasciense*, *Orthechioceras pauper*, *Gleviceras sp.*, *Proclivoceras sp.* (Figura. 31).

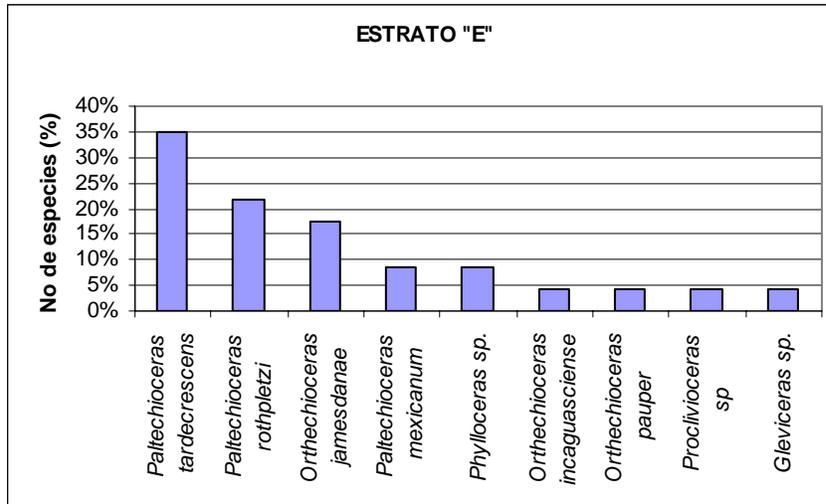


Figura 31. Espectro de abundancia relativa para el estrato “E”. En el que se muestra la composición taxonómica de 23 amonoideos a nivel de especie. El eje vertical muestra el porcentaje del número de especies. El eje horizontal muestra las especies presentes para el estrato.

La especie *Paltechioceras tardecrescens* es la más abundante en este estrato, y posee un tipo de concha Serpenticono que según Westermann, (1996) demuestra un tipo de vida Planctónico filtrador, perteneciente a la familia Ehioceratidae, por lo que se infiere que el ambiente en que habitaban estos organismos era el de una plataforma nerítica no muy profunda. La asociación fósil de esta localidad tiene un índice de diversidad de Simpson de 0.8695652.

Para el estrato “F” se tiene una asociación fósil que consta de las especies *Paltechioceras tardecrescens* con el 34.88% de la asociación fósil, *Paltechioceras mexicanum* y *Orthechioceras pauper* con el 23.25%, *Orthechioceras jamesdanae* con el 6.97%, *Orthechioceras incaguasciense*, *Paltechioceras rothpletzi* con el 4.66% y *Plesechioceras alvarezzi* con el 2.32%. Se muestra la gráfica que corresponde a esta información (Figura. 32). En este estrato la especie *Paltechioceras tardecrescens* es la más abundante, posee un tipo de concha Serpenticono que según Westermann, (1996) demuestra un tipo de vida Planctónico filtrador, perteneciente a la familia Ehioceratidae, por lo que se infiere que el ambiente en que habitaban estos organismos era el de una plataforma nerítica no muy profunda. La asociación fósil de esta localidad tiene un índice de diversidad de Simpson de 0.7785161.

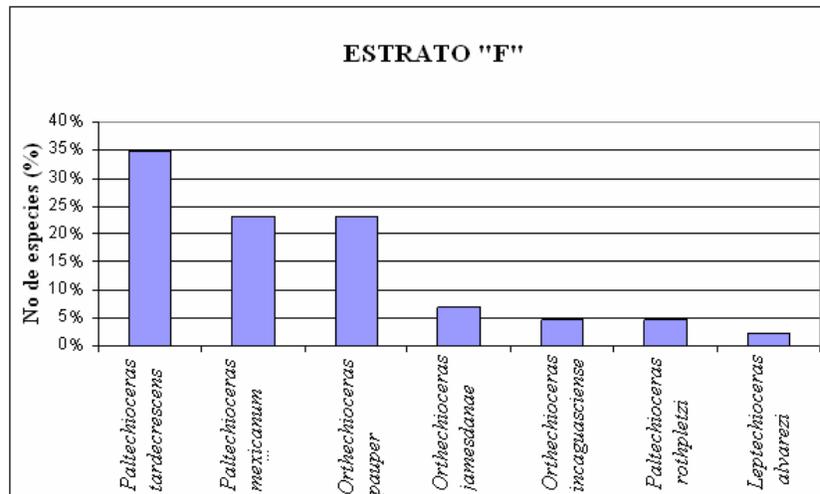


Figura 32. Espectro de abundancia relativa para el estrato "F". En el que se muestra la composición taxonómica de 42 amonoides a nivel de especie. El eje vertical muestra el porcentaje del número de especies. El eje horizontal muestra las especies presentes para el afloramiento. El eje horizontal muestra las especies presentes para el estrato.

Para el estrato "G" se tiene una asociación fósil que consta de las especies *Paltechioceras tardecrescens* con el 57.17% del total de la asociación fósil, mientras que *Orthechioceras jamesdanae* el 14.28%, *Paltechioceras mexicanum* el 17.85% y *Orthechioceras incaguasciense* el 10.71%. Se muestra la gráfica que corresponde a esta información (Figura. 33). En este estrato la especie *Paltechioceras tardecrescens* es también la más abundante, es una situación muy similar a la del estrato "F". La asociación fósil de esta localidad tiene un índice de diversidad de Simpson de 0.6322751.

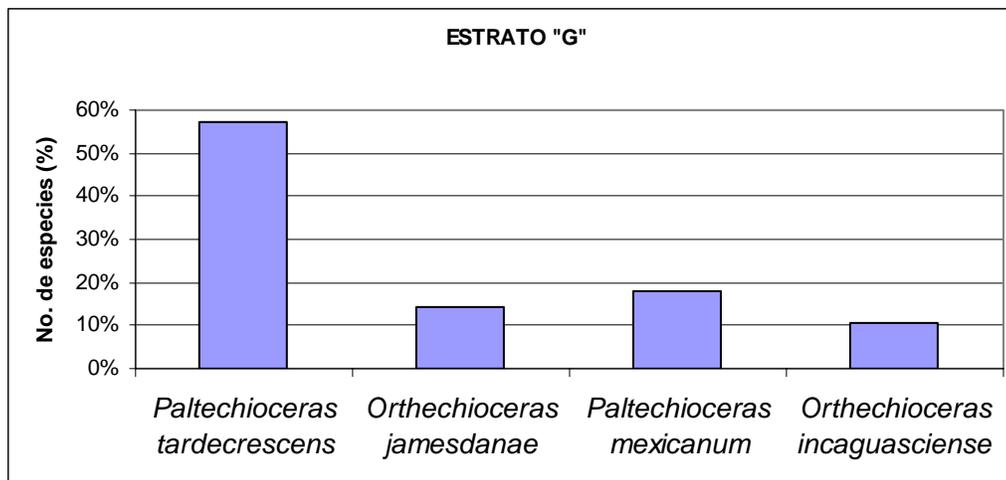


Figura 33. Espectro de abundancia relativa para el estrato “G”. En el que se muestra la composición taxonómica de 28 amonoides a nivel de especie. El eje vertical muestra el porcentaje del número de especies. El eje horizontal muestra las especies presentes para el afloramiento. El eje horizontal muestra las especies presentes para el estrato.

Nota: Las especies *Orthechioceras obliquecostatum*, *Partschiceras sp.* y *Gleviceras sp.* no se identificaron durante el presente estudio, sino de un estudio bioestratigráfico hecho previamente por Meister *et al.*, (2005), se decidió integrar estos datos debido a que enriquecen esta investigación y fueron colectados de los respectivos estratos.

6.4 Índice y espectro de hábitat

El índice de hábitat general para toda la secuencia “El Bopo”, de cada uno de los índices de hábitat de los siete estratos dentro de la secuencia, según este análisis se pueden encontrar en siete ámbitos los cuales son; plataforma intermareal, plataforma nerítica proximal, plataforma media y plataforma distal, además de pendiente de talud proximal, media y distal, indicados en las gráficas con las letras A, B, C, D, E, F, G (Cuadro 2. y Figuras 34 a 36). Sin embargo, se muestra una mayor tendencia en los índices de hábitat de cinco Estratos (A, B, D, F, G) para los ámbitos de plataforma intermareal, plataforma nerítica proximal, plataforma media y plataforma distal, indicadas en el cuadro 2 y en la gráfica (Figura 34) con las letras “A”, “B”, “C” Y “D”.

Cuadro 2. Donde se muestran las facies del modelo estándar de Wilson (1975) para plataformas carbonatadas, son modificadas para una plataforma Nerítica siliciclástica marina, y su equivalencia con los ambientes propuestos por Westermann (1996). Donde supuestamente habitaban las familias de Ammonoideos Mesozoicos.

Facies de Wilson modificadas		Westermann, 1996
A	Plataforma intermareal	Plataforma (Pl)
B	Plataforma nerítica proximal	Pizarra óxica (Ox)
C	Plataforma nerítica media	Costa, pizarra negra (On)
D	Plataforma nerítica distal	A cierta distancia de la costa mar adentro (Off)
E	Pendiente de talud proximal	Plataforma distal pendiente superior (DS)
F	Pendiente de talud media	Amniótico Rosso (AR)
G	Pendiente de talud distal	Oceánico (Oc)

Para el estrato “C” (Figura 35) el índice de hábitat muestra una mayor tendencia hacia el ambiente Plataforma nerítica media y distal (C y D, ver Cuadro 2). Mientras que para el estrato “E” (Figura 36) el ambiente que predomina se trata también de los ambientes Plataforma nerítica media y distal (C y D, ver Cuadro 2)

Los ámbitos que muestran mayor valor del índice de hábitat para toda la secuencia y por lo tanto, mayor incidencia de los amonoideos son: plataforma media y distal, indicada en el cuadro 2 y en las Figuras 34 a 36 con las letras “C” y “D”. Este índice de hábitat muestra dónde habitaban las familias de amonoideos Mesozoicos conforme a su morfología.

Cuadro 3. Índice de hábitat de los estratos "A, B, D, F, G"

	Oc/G	AR/F	DS/E	Off/D	On/C	Ox/B	PI/A
	Pendiente de talud			Plataforma nerítica			Plataforma intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
Índice de Hábitat				0.25	0.25	0.25	0.25

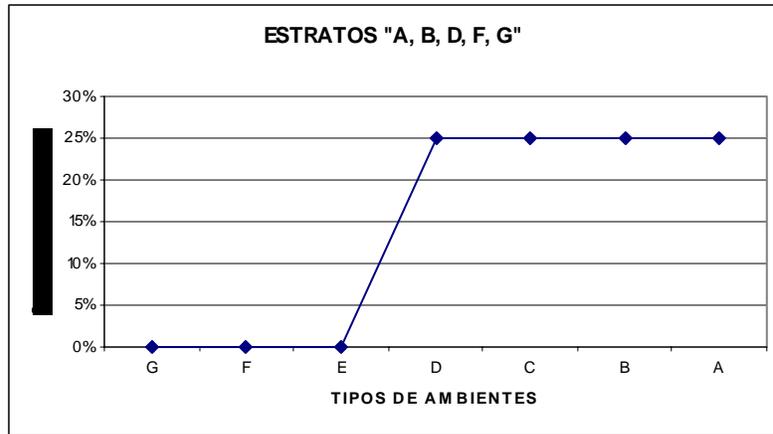


Figura 34. Espectro de hábitat (Evans, 1981) de los estratos "A, B, D, F, G". El eje vertical muestra el índice de hábitat como porcentaje. El eje horizontal muestra los diferentes tipos de ambientes marinos, que para esta localidad se encuentran en la Plataforma intermareal, Plataforma Nerítica proximal, media y distal, con el mismo porcentaje en cada una de ellas.

Cuadro 4. Índice de hábitat del estrato "C"

ESTRATO "C"	Oc/G	AR/F	DS/E	Off/D	On/C	Ox/B	PI/A
	Pendiente de talud			Plataforma Nerítica			Plataforma intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
Phylloceratidae	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		
Índice de Hábitat	0.20	0.20	0.20	0.45	0.45	0.25	0.25
Índice de Hábitat en %	10	10	10	22.5	22.5	12.5	12.5

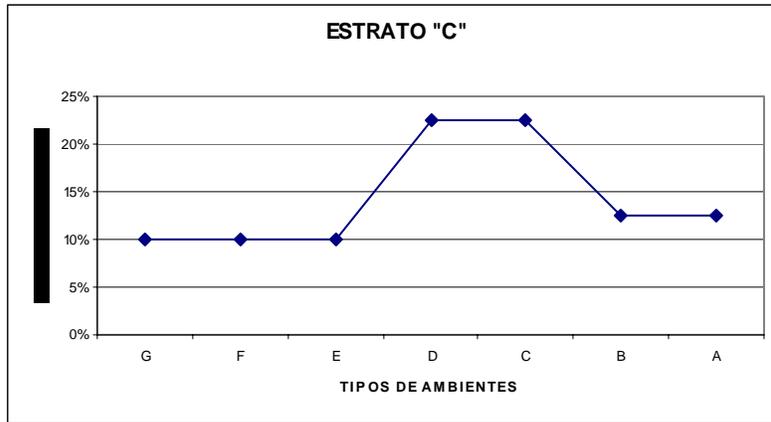


Figura 35. Espectro de hábitat (Evans, 1981) del estrato “C”. El eje vertical muestra el índice de hábitat como porcentaje. El eje horizontal muestra los diferentes tipos de ambientes marinos, que para esta localidad se encuentran desde la Plataforma intermareal a la Pendiente de talud distal, pero con mayor porcentaje en los ambientes de Plataforma media y distal.

Cuadro 5. Índice de hábitat del estrato “E”

ESTRATO “E”	Oc/G	AR/F	DS/E	Off/D	On/C	Ox/B	PI/A
	Pendiente de talud			Plataforma nerítica			Plataforma intermareal
	Distal	Media	Proximal	Distal	Media	Proximal	
Echioceratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
Phylloceratidae	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20		
Oxynoticeratidae				0.25	0.25	0.25	0.25
Índice de Hábitat	0.20	0.20	0.20	0.7	0.7	0.5	0.5
Índice de Hábitat en %	6.6	6.6	6.6	23.33	23.33	16.60	16.60

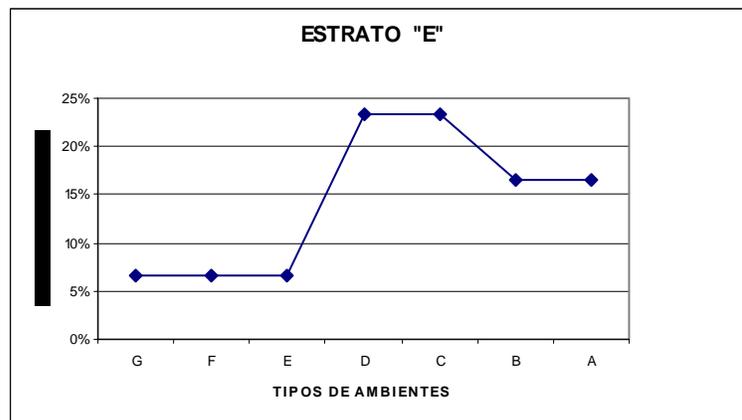


Figura 36. Espectro de hábitat (Evans, 1981) del estrato “E”. El eje vertical muestra el índice de hábitat como porcentaje. El eje horizontal muestra los diferentes tipos de ambientes marinos, que para esta localidad se encuentran desde la Plataforma intermareal a la Pendiente de talud distal, pero con mayor porcentaje en los ambientes de Plataforma media y distal.

6.5 Análisis de tallas de bioclastos

En el estrato “A”, los diámetros tienden hacia las tallas pequeñas, entre 3 y 22 milímetros, representando más del 95% de los datos, lo que significa transporte, donde las tallas mayores se perdieron y se seleccionaron las menores (Figura 37). Este estrato, en comparación con los otros seis del presente estudio, se considera que sus bioclastos son los que sufrieron mayor arrastre de todos.

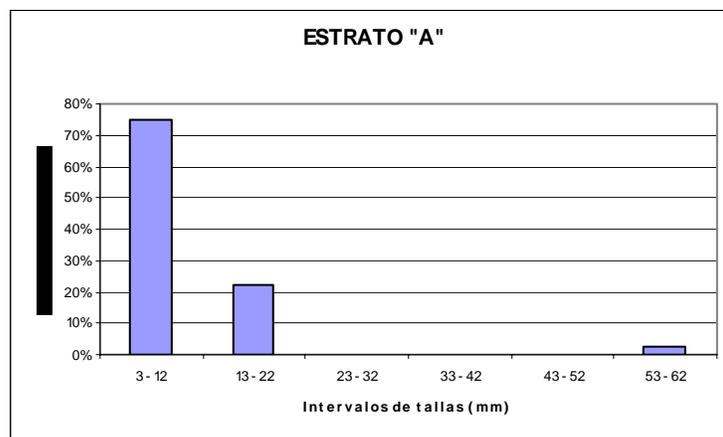


Figura 37. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “A”. El eje vertical muestra el porcentaje del número de bioclastos presentes para cada categoría. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de bioclastos en milímetros

En el estrato “B”, el 60 % de los datos se encuentran entre 2 y 10 milímetros y otro 18 % de 11 a 19 mm, El resto del porcentaje se encuentra en tres intervalos con menos del 10 % cada uno (Figura 38).

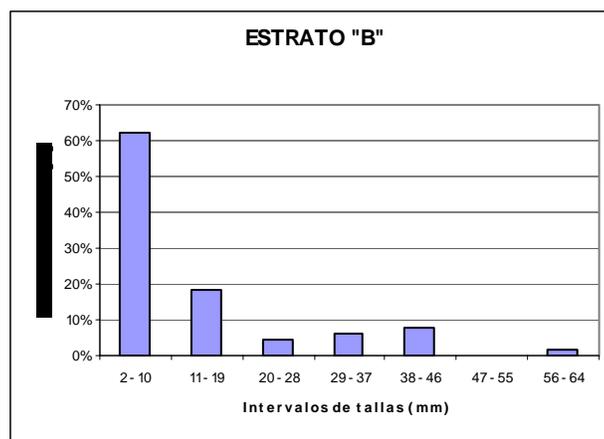


Figura 38. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “B”. El eje vertical muestra el porcentaje del número de bioclastos presentes para cada categoría. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de bioclastos.

Lo que significa transporte diferencial de los bioclastos, donde las tallas mayores se perdieran y se seleccionaran las menores. Los sedimentos de este estrato son menos transportados respecto al estrato "A".

En el estrato "C", el 70% de los datos se encuentra entre 6 y 74 milímetros, (Figura 39). Esto significa transporte, el cual es menor en comparación con los otros seis estratos de la secuencia.

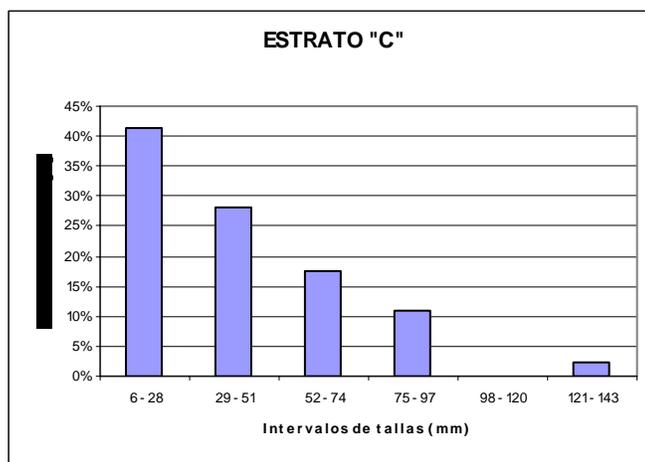


Figura 39. Distribución de tallas de bioclastos del estrato "C". El eje vertical muestra el porcentaje del número de bioclastos presentes para cada categoría. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de bioclastos.

En el estrato "D", el 90% de los datos se encuentra entre 3 y 38 milímetros, esto indica transporte diferencial de los bioclastos, donde las tallas mayores se perdieron y se seleccionaron las menores (Figura 40).

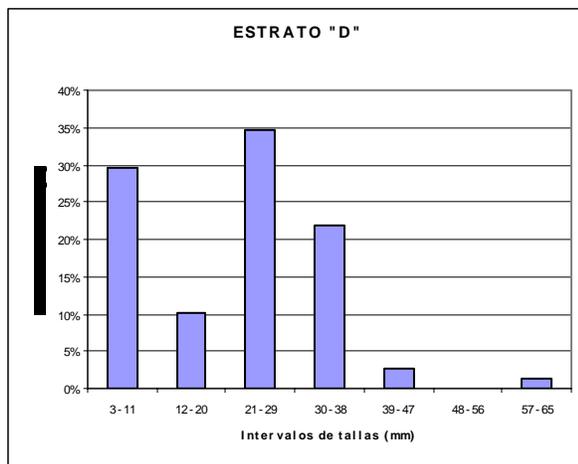


Figura 40. Distribución de tallas de bioclásticos del estrato “D”. El eje vertical muestra el porcentaje del número de bioclásticos presentes para cada categoría. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de bioclásticos.

En el estrato “E”, los diámetros están entre 5 y 25 milímetros, situación similar al estrato “D”, esto significa transporte, mayor en comparación con los estratos “C” y “D”, menor que en los estratos “A” y “B” (Figura 41).

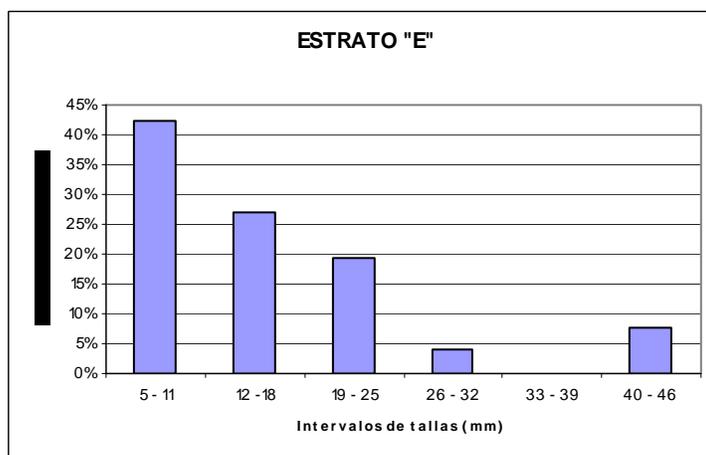


Figura 41. Distribución de tallas de bioclásticos del estrato “E”. El eje vertical muestra el porcentaje del número de bioclásticos presentes para cada categoría. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de bioclásticos.

El estrato “F” contiene el 90% entre 5 y 48 milímetros, esto significa transporte, menor que en los estratos “A”, “B”, “D” y “E”, y mayor que en el estrato “C” (Figura 42).

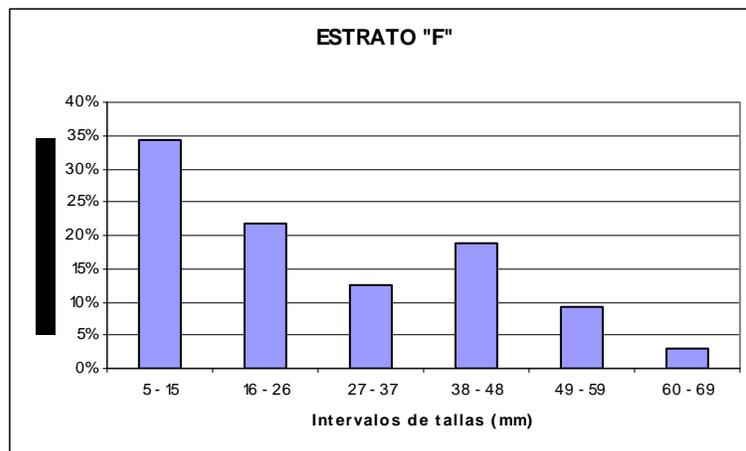


Figura 42. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “F”. El eje vertical muestra el porcentaje del número de bioclastos presentes para cada categoría. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de bioclastos.

En el estrato “G”, el 90% de los datos se presentan entre 3 y 42 milímetros, esto significa transporte, menor en comparación a los estratos “A” y “B”, y mayor que en los estratos “C”, “D”, “E” y “F” (Figura 43). Esta gráfica es cercana a una distribución normal con una ligera tendencia hacia la izquierda.

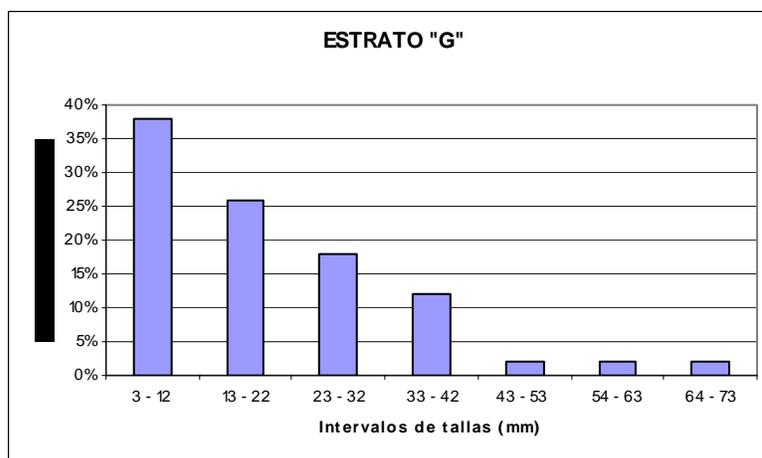


Figura 43. Distribución de tallas de bioclastos del estrato “G”. El eje vertical muestra el porcentaje del número de bioclastos presentes para cada categoría. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de bioclastos.

Cuadro 6. Se indica cómo se encuentran los estratos en relación con el arrastre, desde los más transportados en la cima del cuadro, y en la base de éste, los estratos que presentan menos arrastre, se presenta el intervalo de los diámetros máximos de bioclastos en el orden de milímetros, y el porcentaje de datos que se encuentra dentro de tal intervalo, para cada estrato.

NIVEL DE ARRASTRE	PORCENTAJE	INTERVALO	ESTRATO
1	75%	3-12	A
2	80	2-19	B
3	90	3-42	G
4	85	5-25	E
5	90	3-38	D
6	90	5-48	F
7	95	6-97	C

6.6 Tallas de amonoideos como indicadores de fosilización “*in situ*, *ex situ*”

La situación que se presenta para los siete niveles de la secuencia “El Bopo” es muy similar. En cada nivel existió transporte de los sedimentos, asumiendo que los amonites no se pueden fosilizar “*in situ*”, porque son organismos nectónicos o planctónicos, lo cual implica que al morir no sufren deposición directa, debido a que sus conchas alojan gases en sus cámaras internas, produciendo que las conchas floten, por ello pasa cierto tiempo para que se depositen, eso les permite viajar horizontalmente con corrientes marinas antes de irse al fondo.

La implicación es que aún fosilizándose en el sitio de primera caída al sustrato, no pertenecen a ese hábitat particular; sin embargo, la ausencia de opérculos (ápico y ánaptico), decididamente indica que no han caído en primera instancia donde murieron. Lo que es pertinente a este estudio, es conocer si una vez depositadas las conchas en el sustrato, sin importar su historia previa, han sufrido arrastre sobre el fondo, lo cual se refleja en la integridad de las conchas y/o en la selección de diámetros, lo que se observa de acuerdo a las tallas, ilustradas en las Figuras 44 a 50.

Los datos del estrato “A” muestran que el 60% de los datos se encuentran entre 46 y 59 milímetros, y el porcentaje restante está, entre 74 y 87 mm, existiendo un hueco entre 60 y 73 mm (Figura 44). Esto indica una selección diferencial de las tallas en las que los datos entre 60 y 73 mm se segregaron.

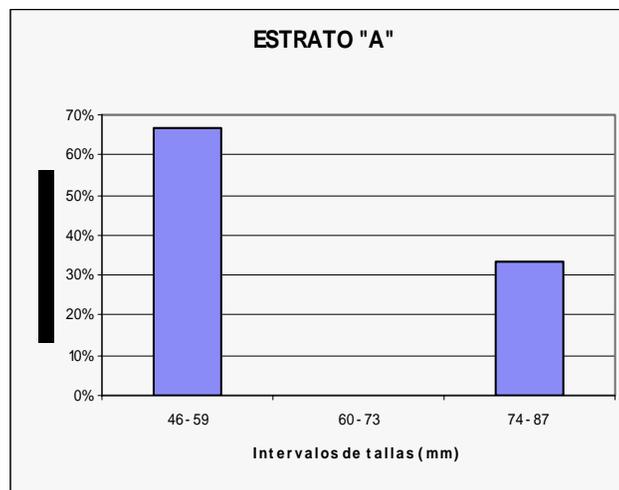


Figura 44. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “A”. El eje vertical muestra el porcentaje de datos. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de amonoideos.

En el estrato “B” la situación es muy similar a la del estrato “A” los datos se encuentran en los mismos intervalos con un hueco en el centro, la diferencia radica en que en este estrato el 65% de los datos se encuentra entre los 74 y 87 mm. (Figura 45). Los datos indican un mayor transporte de las tallas de los amonoideos de este estrato, en comparación con el estrato “A”.

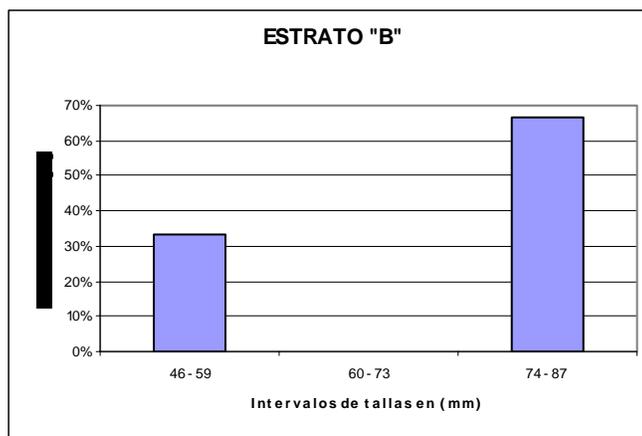


Figura 45. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “B”. El eje vertical muestra el porcentaje de datos. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de amonoideos.

En el estrato “C” se observa una distribución normal en la gráfica. Los datos se encuentran distribuidos entre 22 y 41 mm. (Figura 46), con una ligera tendencia hacia las tallas pequeñas. Estos datos indican transporte, pero menor en comparación con otros estratos de la secuencia, como el “A” y “B”.

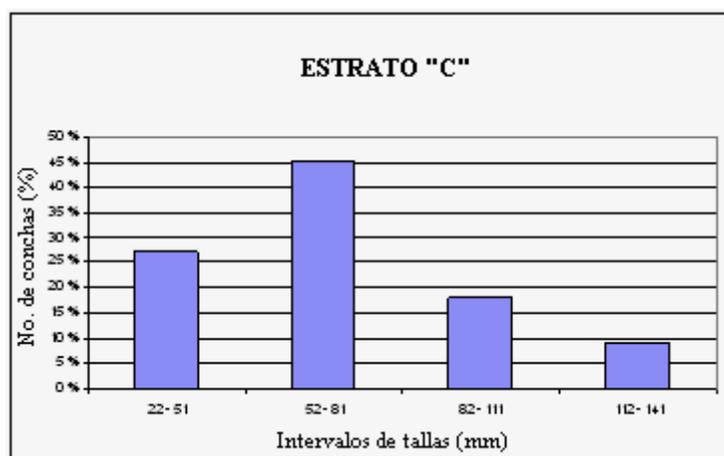


Figura 46. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “C”. El eje vertical muestra el porcentaje de datos. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de amonoideos.

Los datos del estrato “D” son muy similares a los del estrato “C”, muestra también una distribución normal de los datos (Figura 47), sólo que en este estrato el rango de datos es más corto, entre 5 y 45 mm., lo que alude a transporte, pero no muy severo, menor que en los estratos A y B, pero mayor que al estrato “C”.

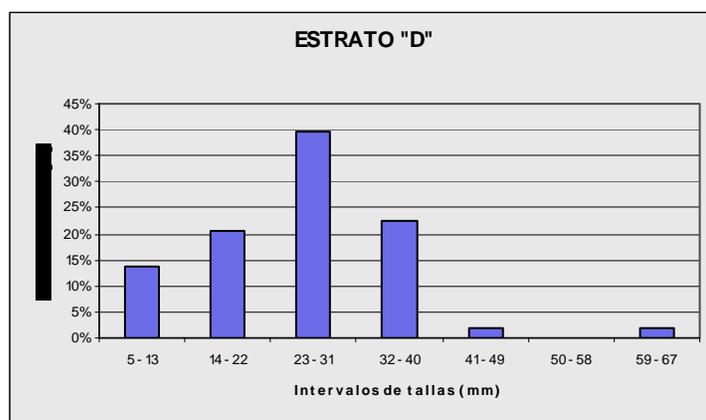


Figura 47. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “D”. El eje vertical muestra el porcentaje de datos. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de amonoideos.

El estrato “E” contiene a la mayoría de su datos (75%) entre 8 y 22 mm y el resto de los datos se encuentra distribuido en los demás intervalos con 5 y 10% (Figura 48).

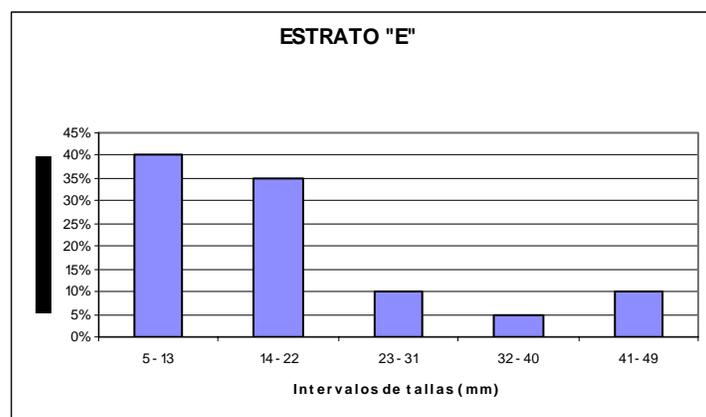


Figura 48. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “E”. El eje vertical muestra el porcentaje de datos. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de amonoideos.

Es evidente el transporte diferencial, las tallas de amonoideos de este estrato se encuentran más transportadas que los de los estratos “C” y “D”, pero el transporte es menor en relación a los estrato “A” y “B”.

En el estrato “F” los datos se encuentran distribuidos asimétricamente (Figura 49), por lo que se infiere que las conchas de este estrato sufrieron arrastre, mayor que en las conchas del estrato “C”, el transporte es menor en relación a los estrato “A”, “B”, “D”, “E”. En la gráfica de la Figura 49 se observa una tendencia hacia las tallas pequeñas, esto ocurre según la estrategia de vida que presentan los invertebrados, que consiste en tener mayor número de descendencia con menor capacidad de sobrevivencia, en el que en sus estadios de vida iniciales se encuentran muchos especímenes, los cuales al cumplir cierta edad disminuye abruptamente el número.

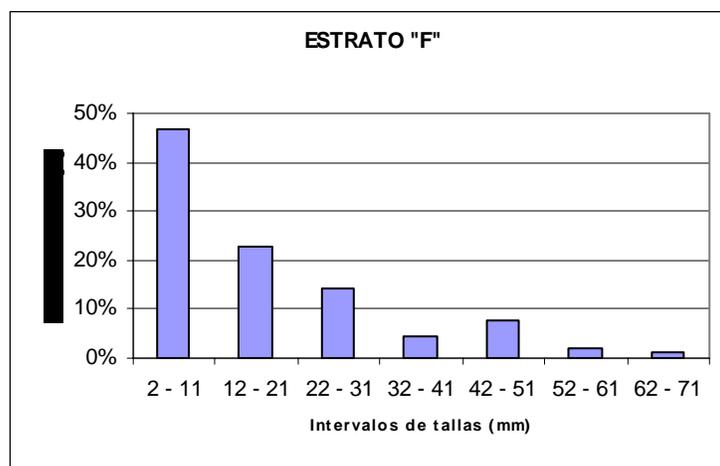


Figura 49. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “F”. El eje vertical muestra el porcentaje de datos. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de amonoideos.

En el estrato “G”, el 90% de los datos se presentan entre 2 y 71 milímetros, esto significa transporte, menor en comparación a los estratos “A” y “B”, y mayor que en los estratos “C”, “D”, “E” y “F” (Figura 50). En los datos de este estrato, al igual que los del estrato “F” (Figura 49), se observa una tendencia hacia las tallas pequeñas.

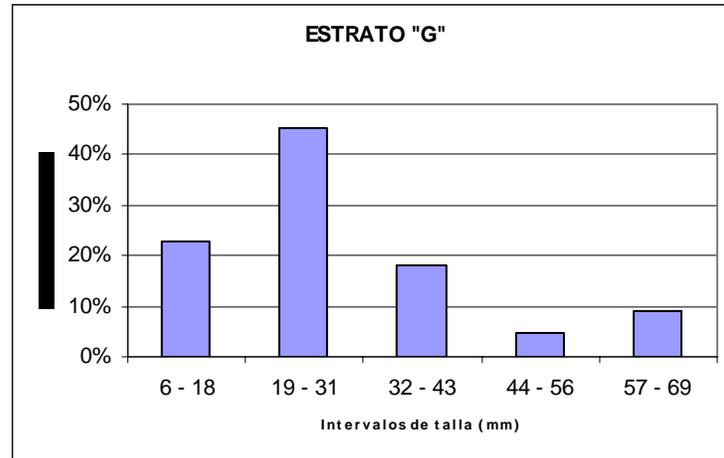


Figura 50. Distribución de tallas de los diámetros máximos de amonoideos del estrato “E”. El eje vertical muestra el porcentaje de datos. El eje horizontal muestra los intervalos de tallas de amonoideos.

6.7 Petrología sedimentaria

El trabajo de campo y laboratorio de la presente investigación permite caracterizar con mayor fineza la litología, usando la petrología, de tal forma que se muestra para cada afloramiento.

Estrato "A"

Es limolita arenosa, color fresco gris medio N5, color intemperizado naranja grisáceo es 10 YR 7/ 4 (Según la tabla de colores de la Geological Society of America, 1996), con amonoides y bivalvos asociados concordantes con estructura interna (Figuras 51 y 52). La fracción arenosa es cuarcítica, con 20% cuarzo, 20% feldspatos, 2% de moscovita en 50% de matriz limo-arcillosa. Contiene peloides.

Los granos van de redondeados a subredondeados/esféricos a subesféricos, bien seleccionados cuya trama es mezcla homogénea entre matriz y granos. El empacamiento de los granos muestra bajo contacto cóncavo convexo, orientación preferente al plano horizontal.

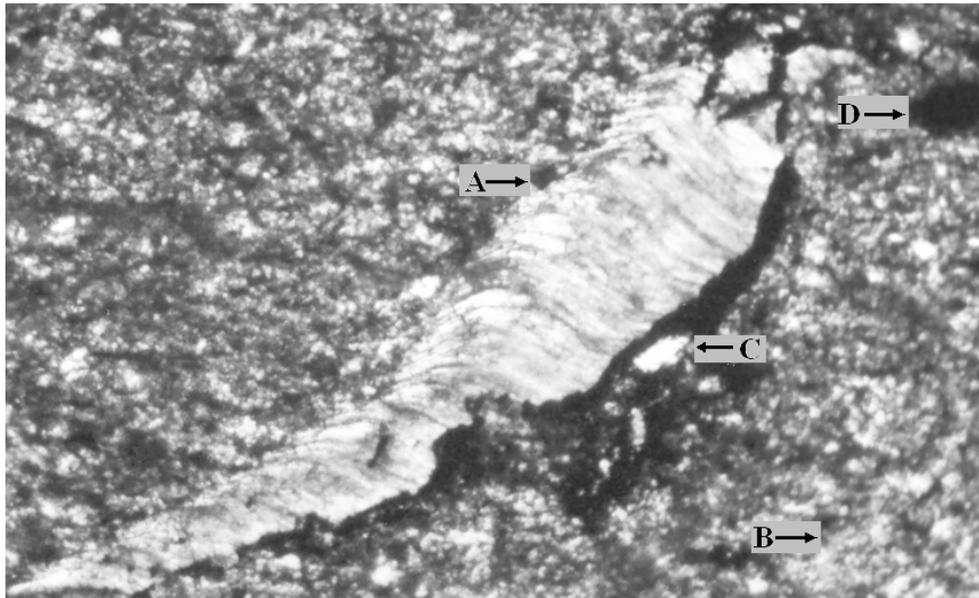


Figura 51. Fotomicrografía de la sección delgada, a 100 X, del estrato "A", donde se observa: A) Fragmento concha de un bivalvo, se observa la laminación, B) Matriz limosa, C) Cuarzo, D) Hematita.

La descripción de las láminas se hace en orden conforme a como se encuentran los estratos en el perfil estratigráfico (Figura 52).

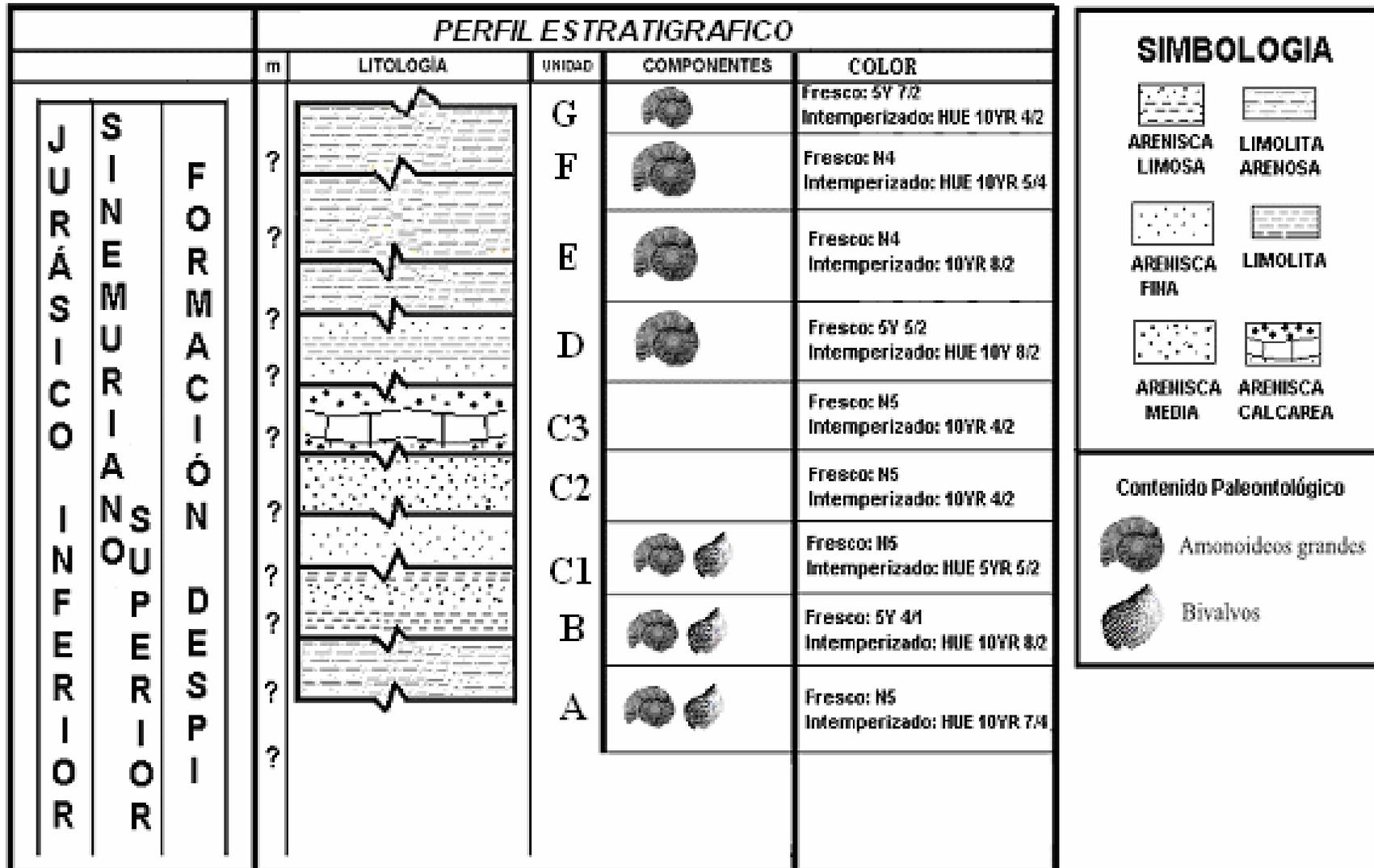


Figura 52. Perfil estratigráfico de la secuencia “El Bopo”, se presentan los siete afloramientos de la secuencia, en el del estrato “C”, existen tres tipos de litologías los cuales están indicados como C1, C2, C3. Se muestran también los colores de las rocas fresco e intemperizado.

Estrato "B"

Es arenisca limosa. Color fresco gris verde olivo 5Y 4/1, color intemperizado naranja muy pálido YR 8/2. Con amonoideos y bivalvos, muchos rotos en el orden de milímetros (Figuras 52 y 53).

Contiene 40 a 50% de cuarzo, 10 a 15% feldespato, 5 % granos líticos, 1% mica, 10 % hematita y 25 a 30% de matriz limo arcillosa. Por lo que se denomina cuarzoarenisca arkosalítica.

La textura va de subangulosa a redondeada / subesférica a subplanar, medianamente seleccionada. La trama es al azar. El empacamiento es de granos unidos por matriz que se tocan muy poco sin orientación preferente. El cemento es arcilla hematizada sin reemplazos y poca compactación, con grietas rellenas de hematita.

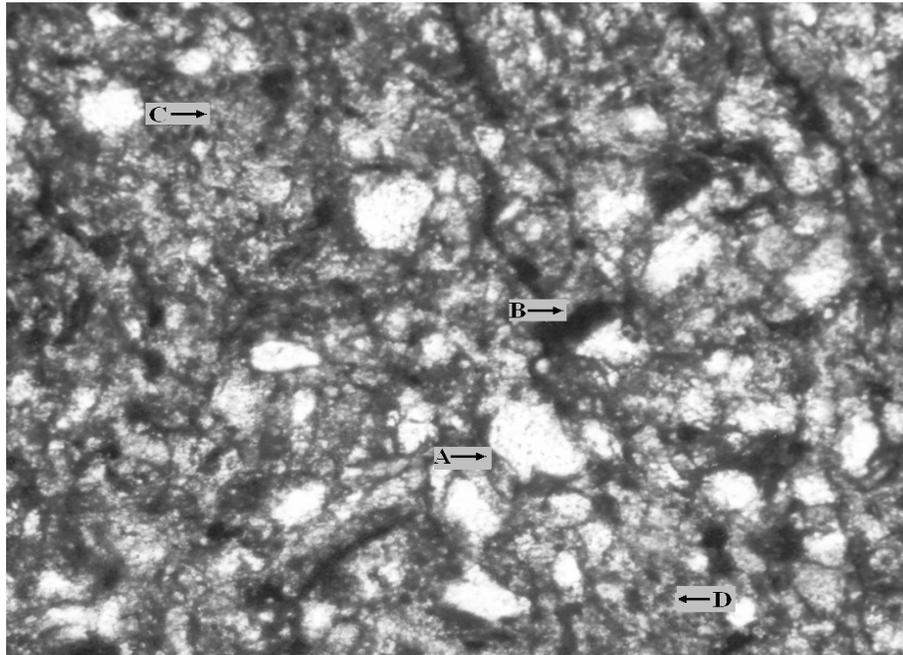


Figura 53. Fotomicrografía de la sección delgada, a 100 X, del estrato "B", donde se observa: A) Cuarzo, B) Hematita, C) Matriz arcillo limosa, D) Feldespato.

Estrato "C"

Se distinguen tres areniscas: 1) gruesa, 2) media y 3) fina siendo esta última la única fosilífera.

1) Grano grueso (1/16 a 1/8 de mm) color fresco gris medio N5 e intemperizado marrón pálido 10YR 4/2, se encuentra en forma de lentes calcáreos dentro de arenisca de

grano fino (Figura 54). Es Cuarzo-arenisca feldespática con tendencia a litarenita. Contiene 20% de cuarzo, 20% feldespato en rejilla, 5% granos líticos, y 1% moscovita. La textura va de angulosa a subangulosa / siempre subesférica. La selección es buena con acomodo caótico sin planos de estratificación. El empacamiento es matriz limosa con poco contacto entre los granos con tendencia a alinearse al plano de estratificación. El cemento limo ligeramente hematizado. Sin reemplazos ni porosidad.

2) Grano medio, (mayor a 1/16), de un color fresco gris medio N5 e intemperizado marrón grisáceo 5YR 3/2, se presenta lenticularmente dentro de la arenisca de grano fino (Figura 55). Cuarcita lítica, con 90% cuarzo, 1% de opacos, 9% matriz de hematita.

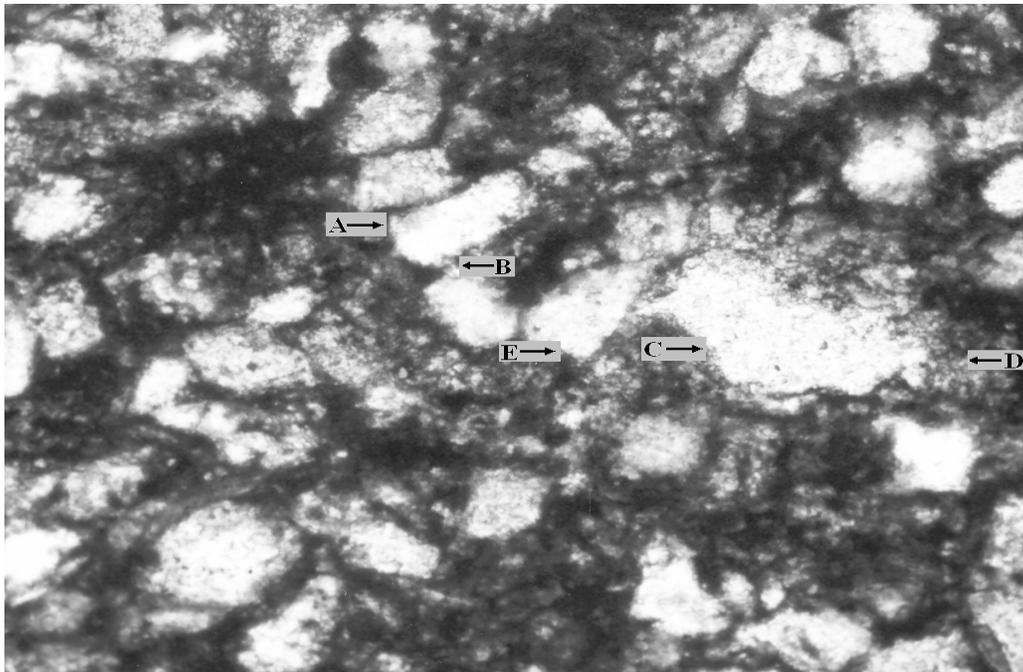


Figura 54. Fotomicrografía de la sección delgada, a 100 X, del estrato "C", sección de arena fina, donde se observa: A) Cuarzo, B) contactos cóncavos-convexos de los granos, C) Ferromagnesianos, D) Matriz limo arcillosa, E) Feldespato.

Textura redondeada/esférica, mal seleccionada sin trama. El empacamiento es caótico sin orientación preferencial. El cemento es de hematita sin reemplazos ni porosidad.

3) Arenisca fina, (1/16 a 1/8). El color fresco es gris medio N5 e intemperizado marrón pálido 5YR 5/2, con amonoides y bivalvos (Figuras 52, 56). Es cuarzo arenisca feldespática casi litarenita. Contiene 90% de cuarzo, 1% de opacos, 9% de matriz de hematita. La textura

muy angulosa y poco esférica, mal seleccionada, sin trama, la matriz es calcáreo arenosa con mucha clorita, hematita y CO^3 como cemento.

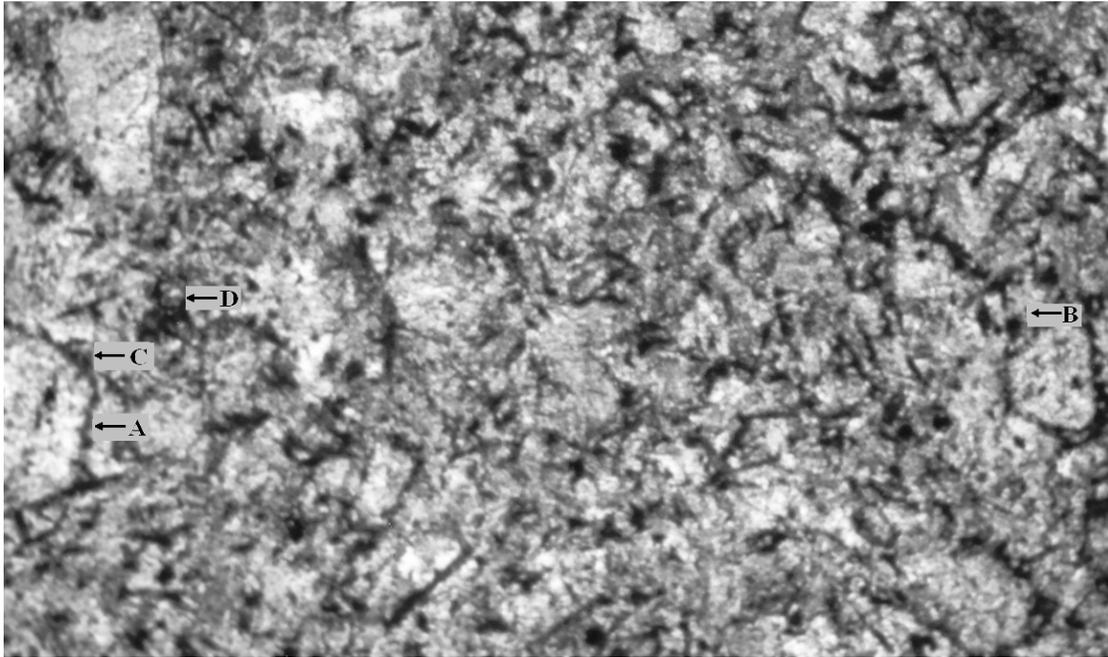


Figura 55. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato “C”, sección de arena media, donde se observa: A) Cuarzo, B) Opacos, C) Matriz de hematita, D) Ferromagnesianos.

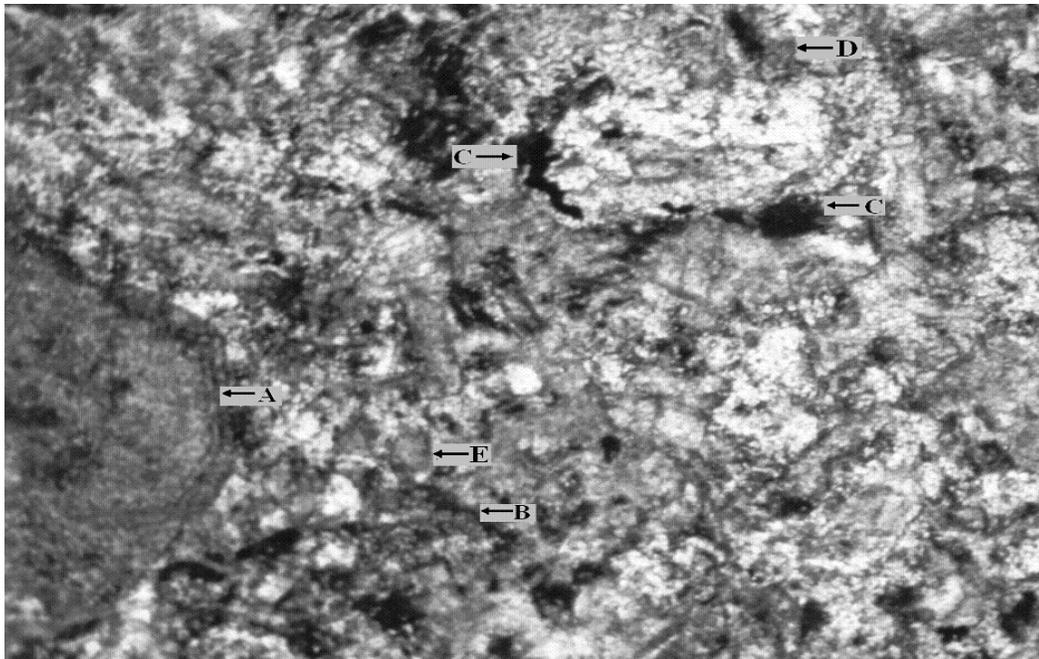


Figura 56. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato “C”, sección de arena gruesa, donde se observa: A) Cuarzo, B) Opacos, C) Matriz de hematita, D) Piroxeno.

Estrato "D"

Arenisca fina con intercalaciones de limolita. Color fresco gris medio oscuro N4 de la limolita y arenisca verde olivo grisáceo 5Y 5/2 e intemperizado anaranjado muy pálido 10Y 8/2 Contiene amonoides y ciertos microfósiles vestigiales, entre ellos dacicládidos.

Contiene 20 a 30% cuarzo, Feldespato 20% y 2% de moscovita, por lo que se denomina limolita arenosa. La fracción arenosa fina se encuentra en forma lenticular intercalada en los limos y se denomina Subarkosa/subfeldsarenita.

La textura va de angulosa a redondeada / esférica a planar, con buena selección. La trama consta de franjas arcillosas con arena limosa más fina, que suelen pasar a lentes tipo ondulatorio (Flasser). La orientación es preferente conforme al plano de estratificación, con empacamiento laxo. El cemento es limo y hematita, con reemplazos de feldespato por arcilla, sin compactación (Figura 57).

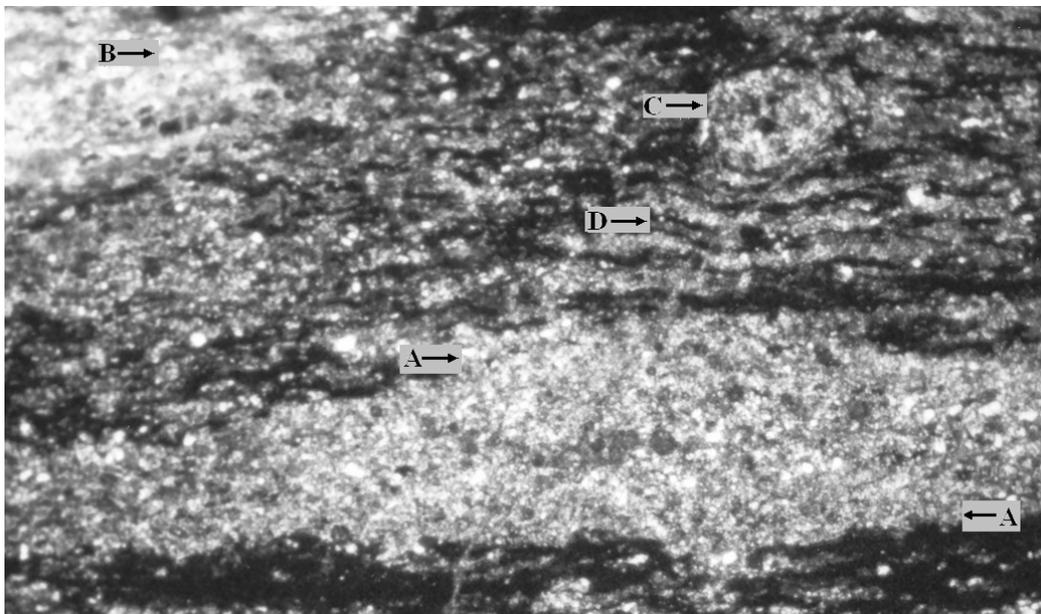


Figura 57. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato "D", donde se observa: A) Lente areno arcilloso, B) Matriz areno arcillosa, C) Bioclasto, D) Bandas de arcilla y limo.

Estrato "E"

Limolita arenosa, color fresco gris medio oscuro N4 e intemperizado naranja muy pálido 10 YR 8/2 (Figuras 52), con amonoides

Contiene de 40 a 50% de cuarzo, 10% de feldespato, menos del 2% de mica, 10% de bioclastos, menos del 3% de ferromagnesianos, 20 a 30% de matriz limosa, 1% de opacos, por lo que se denomina Arenisca muy fina/ Limolita arenosa (Figura 58).

La textura va de subangulosa a redondeada y de subesféricas a laminar, bien seleccionadas. La trama consta de capas milimétricas alternadas en ciclos claros arenosos. El empacamiento es de capas con zonas claras a veces muy finas y a veces son lentes tipo “wavy”. La orientación de los clastos es clara y junto con las micas se inclinan alternadamente.

Como cemento arcilla y/o hematita. No hay evidencia de reemplazos ni porosidad. Existe compactación de algunos granos con contactos planares. La fracción fina es limolita arenosa, también hay lentes y bandas de cuarcita, en ambas fracciones hay mica y ferromagnesianos.

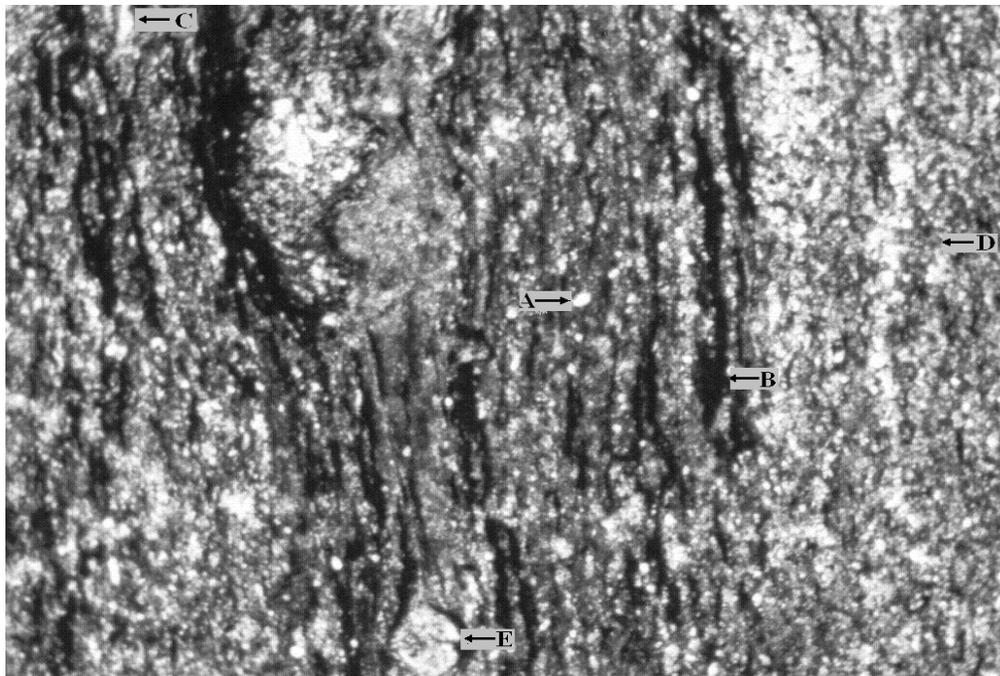


Figura 58. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato “E”, donde se observa: A) Cuarzo, B) Cuerpos opacos C) Feldespato, D) Matriz limosa. E) Bioclasto.

Nódulos

Esta lámina se obtuvo de lo que inicialmente se estimaba como nódulo de pedernal y no fue colectado propiamente de un afloramiento como las otras láminas descritas en el texto, se cree que es un ejemplo de los utilizados por Schmidt-Effing (1980) para proponer la

existencia de la formación Tenango respecto de la Despi. Es una roca que, por erosión diferencial de limolitas sobre una capa de arenisca, semeja un nódulo.

Consta de cuarzo arenisca arcósica bien seleccionada. Contiene 15% de cuarzo, 25- 30 % de feldespato. En la escala de Dunham es un Grainstone con intraclastos de Wackstone a Grainstone. Se encuentra bien seleccionada, La textura va de subredondeada a casi planar, se aprecia mucho retrabajado dada la angulosidad variable. El cemento es arcilla hematizada. Contiene bivalvos muy fragmentados con calcita original que no ha sido sustituida (Figura 64).

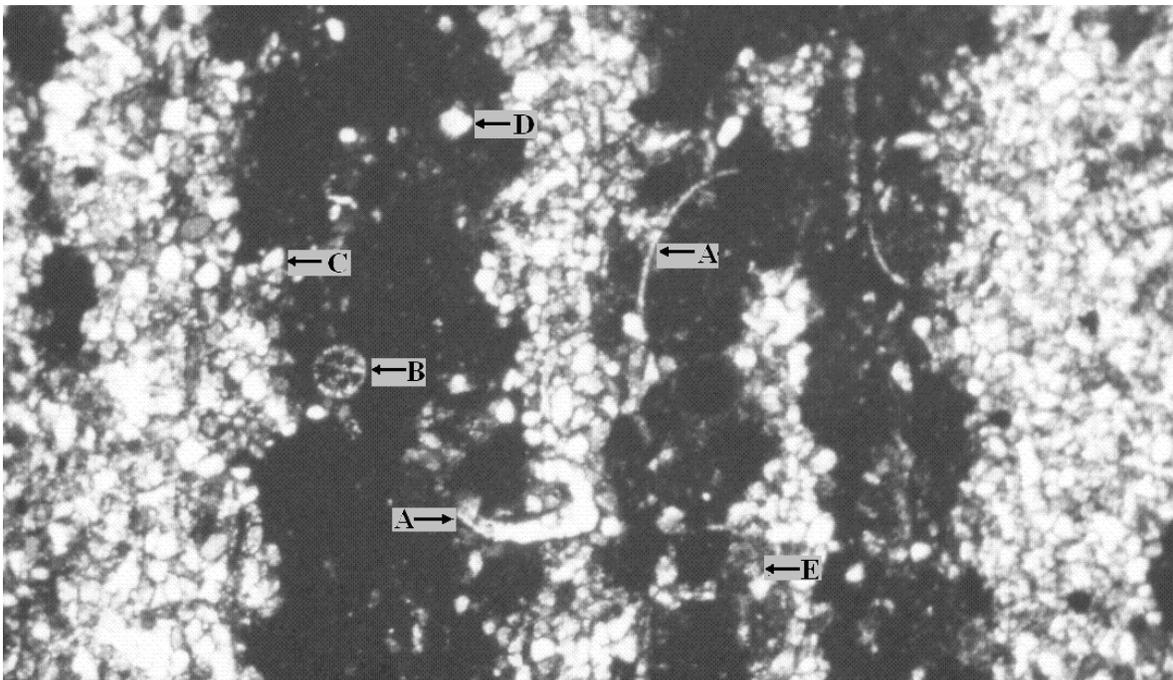


Figura 59. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, de la concreción, donde se observa: A) Posibles fósiles de un ostracodo, B) dactiládido C) Feldespato, D) Cuarzo. E) Ferromagnesianos.

Estrato "F"

Limolita arenosa. Color fresco gris oscuro N3 e intemperizado marrón amarillento oscuro 10 YR 4/2, con amonoides. (Figura 60).

Es una arenisca cuarzo-feldespática ligeramente grauváquica. Contiene 30 a 40% de cuarzo, 20 a 25% de feldespato, 5 a 10% de granos líticos y 1% de moscovita a 2 % de clorita, 15 % de opacos y hematita, 5 a 10 % de matriz arcillosa. Se observan peloides, bioclastos de amonoides, dactiladidos y ostrácodos de concha delgada. La textura va de subangulosa a

redondeada, con considerable desgaste. La esfericidad va de muy angulosa a esférica, medianamente seleccionados. La trama son franjas oscuras de medio centímetro, alternadas con bandas irregulares de medio centímetro. El empacamiento no tiene contacto ni orientación preferencial. El cemento es limo arcilloso, reemplazos ni compactación.

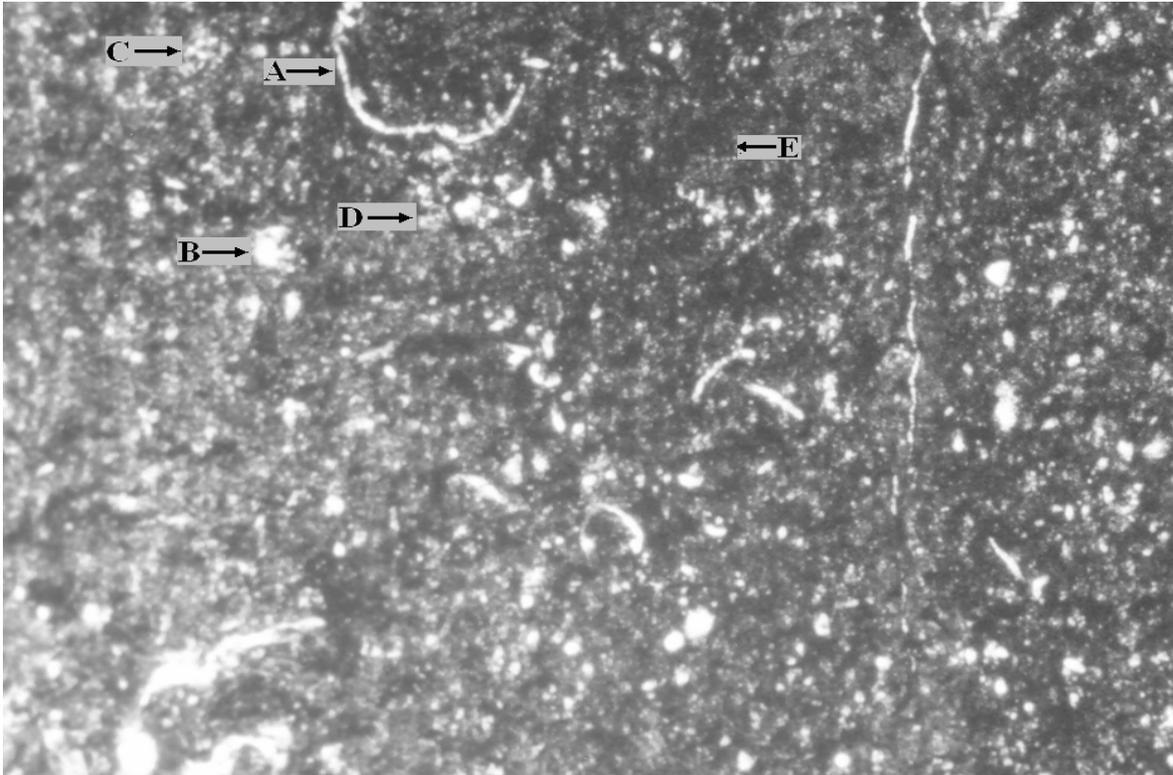


Figura 60. Fotomicrografía de la sección delgada, a 40 X, del estrato “F”, donde se observa: A) Posible fragmento de un ostracodo, B) Cuarzo C) Granos líticos, D) Clorita. E) Opacos.

Estrato “G”

Es limolita arenosa. Color fresco gris oscuro N3 e intemperizado marrón amarillento oscuro 10YR 5/4 (Figura 61).

Contiene 30% de cuarzo, feldespato de 10 a 20%, menos de 0.5% de moscovita, 5% de moluscos y ostrácodos, clorita, 1% ferromagnesianos, 30% de opacos, por lo que se denomina arenisca muy fina / limolita arenosa.

La textura va de angulosa a redondeada / subesférica a sublaminar, medio a bien seleccionados, el acomodo de los granos es en láminas irregulares de espesor milimétrico y de medio centímetro, se intercalan bandas oscuras y claras, ligeramente onduladas tipo “wavy”.

Se orientan conforme al plano de estratificación en hileras no imbricadas de clastos. Bioclastos bien alineados.

El cemento es limo arcilloso hematizado, con reemplazos de clorita por arcillas y evidencia de compactación, hay compresión de las capas alrededor de los fósiles, creando un relieve.

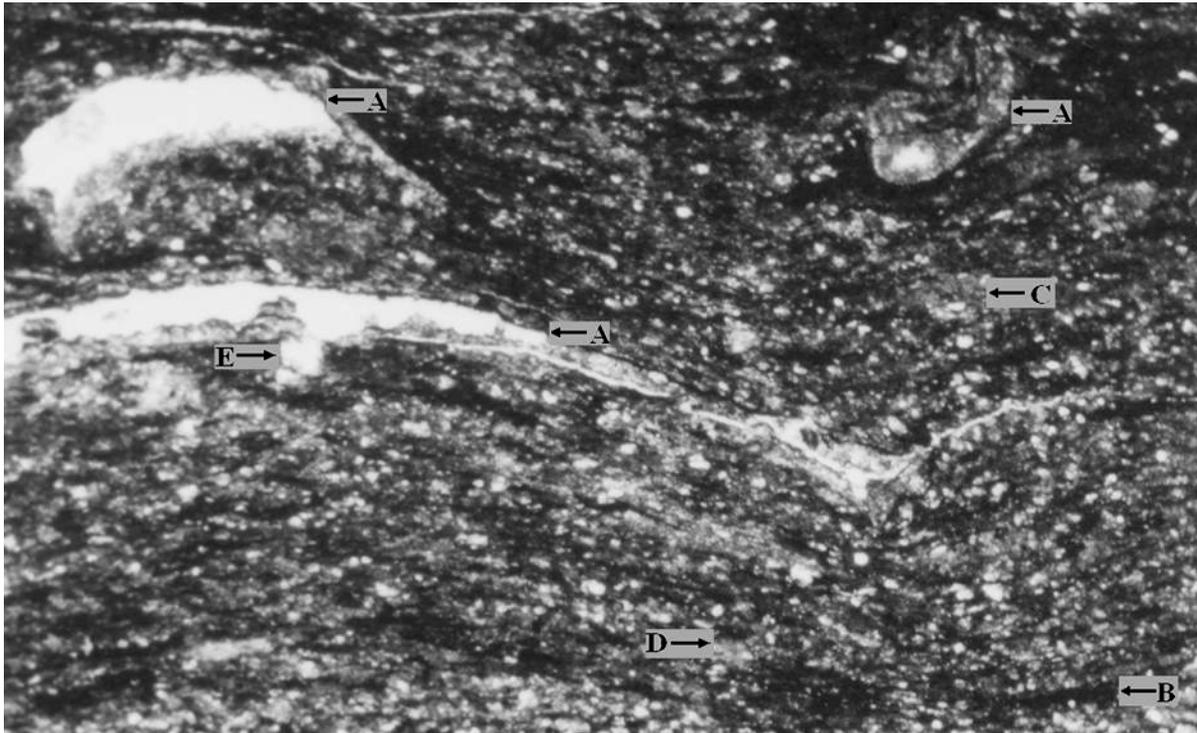


Figura 61. Fotomicrografía de la sección delgada, a 100 X, del estrato “G”, donde se observa: A) bioclastos huecos dejados por conchas de bivalvos diluidos, B) Opacos C) Matriz arcillo limosa, D) Clorita. E) Cuarzo.

6.8 Geoquímica Inorgánica

Con base en características y al contenido fósil asociado, el análisis se dividió en varias secciones, de las cuales se escogieron los estratos “B”, “C” y “F” para ser analizadas por Ángeles-Cruz (2006) y Flores-Castro *et al.*, (2006) para complementar resultados de este estudio. El Método de análisis de los elementos mayoritarios y los elementos traza fue por medio de Fluorescencia de Rayos X (XRF), Activación Neutrónica (INAA)

La composición química en estas secciones es muy similar, esto puede deberse en gran medida a la naturaleza de las rocas precursoras de estos sedimentos. Estas son rocas ígneas intermedias, con ligera tendencia hacia las máficas, por lo que hay enriquecimiento de Fe_2O_3 en las muestras.

Debido al nivel de intemperismo en las muestras, presentan elevadas concentraciones de TiO_2 , K_2O y Al_2O_3 , solo en el estrato “F” el Al_2O_3 está enriquecido con respecto a las otras muestras (Condie, 1993)

Existe una pequeña diferencia en relación $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Anderson y Wonder, 1994) del estrato “F” respecto a los estratos “B” y “C”, estos elementos se utilizan para saber si los sedimentos son contemporáneos. Esta diferencia entre las muestras significa que los estratos “B” y “C” son contemporáneos y el estrato “F” se depositó posteriormente.

El enriquecimiento de Ga, As y Pb, así como el predominio de V y Zn sobre Cr, Ni y Cu, indican condiciones reductoras de oxígeno y sulfurosas en el ambiente de depósito (Arthur *et al.*, 1990; Rantish *et al.*, 2003).

Al graficar en escala logarítmica el contenido de elementos mayoritarios y elementos traza, los patrones obtenidos de los estratos “B”, “C” y “F” son muy similares (Figuras 62 y 63)

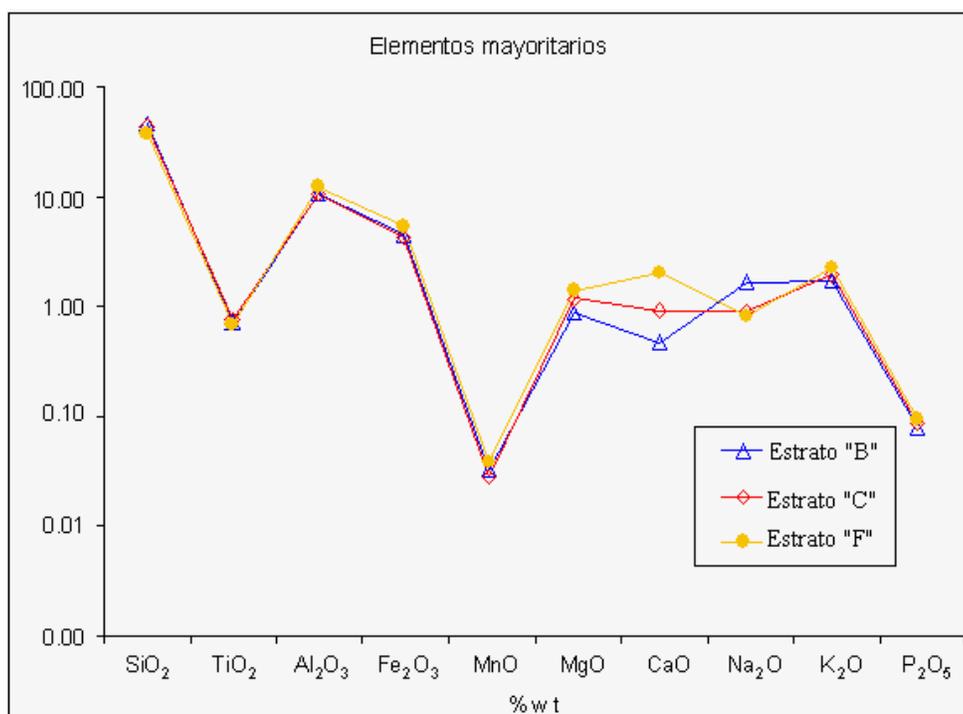


Figura 62. Gráfica de elementos mayoritarios de los estratos "B", "C" y "F".

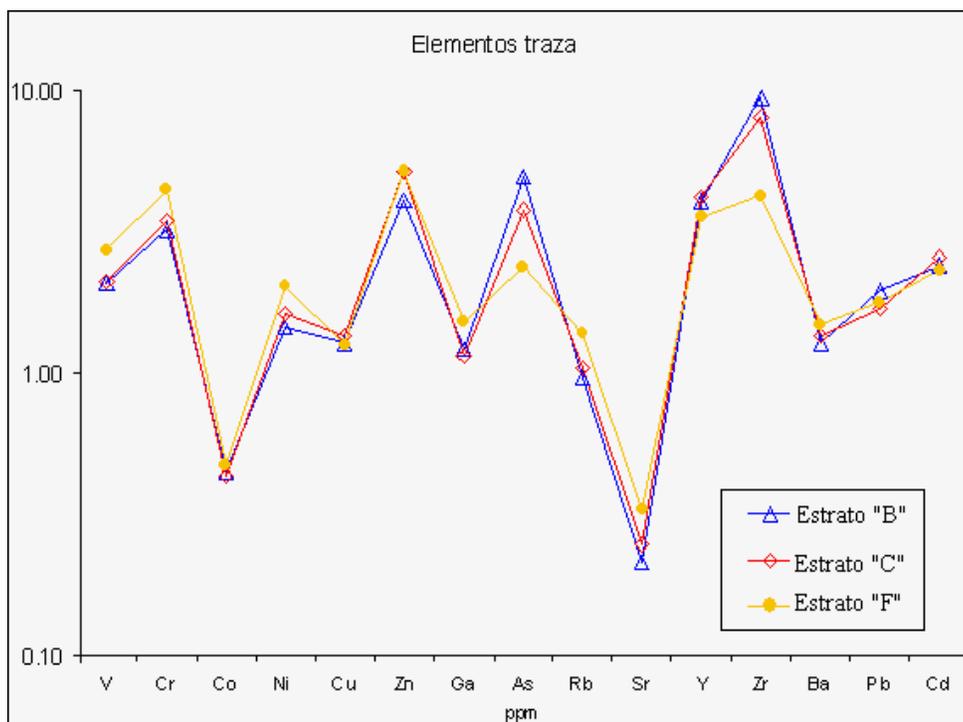


Figura 63. Gráfica de elementos traza de los estratos "B", "C" y "F".

Las diferencias significativas en los diagramas serán discutidas a continuación:

El contenido de elementos mayoritarios se debe en gran medida a que las rocas precursoras de estos sedimentos son todas de origen ígneo (intermedias) (Roser y Korsch, 1988.)

- El enriquecimiento de V, Cr, Ni, Cu, Zn, y Pb, así como el bajo contenido de Mn en todas las muestras, se atribuye a las condiciones reductoras en el agua del fondo, directamente en contacto con los sedimentos (Rantish *et al*, 2003)
- Existen argumentos para suponer que el estrato “B” es de profundidad más somera que los estratos “C” y el estrato “F” es más profundo que los anteriores:

Cuadro 7. Indica los elementos analizados y sus proporciones para cada uno de los tres estratos analizados.

Muestra	SiO₂ (%wt)	Al₂O₃	Zr (ppm)	Mg/Ca (%wt)
Estrato “B”	66.22	14.59	333.60	1.91
Estrato “C”	63.87	14.74	287.30	1.29
Estrato “F”	54.69	16.90	153.60	0.69

1. A medida que aumenta el contenido de SiO₂, aumenta la fracción arenosa en el sedimento, lo que indica mayor proximidad a la costa.
2. El contenido de Al₂O₃ es mayor en sedimentos arcillosos, el aumento de su concentración indica ambientes más profundos.
3. La influencia de aportes terrígenos se refleja en la concentración de Zr. Conforme aumenta el contenido de Zr, disminuye la distancia desde el sitio de depósito hacia la costa.
4. A medida que la proporción de Mg/Ca es menor, significa que es más soluble y representa un parámetro de mayor profundidad (Algeo *et al*. 2004).

7. DISCUSIÓN

La postura de que la secuencia El Bopo no representa un solo ambiente (en el sentido de contemporaneidad) para todo el espesor, sólo se sostiene por falta de información, pues el análisis más detallado que se ha efectuado demuestra que los afloramientos representan variantes laterales menores de la paleocuenca sinemuriana.

A continuación se hace una caracterización paleoambiental de cada estrato de la secuencia “Bopo”, con base en fauna, morfología funcional de los mismos, estructura de las asociaciones, litología, petrología, y algunos datos geoquímicos (esto último, solo en aquellos niveles donde se pudo obtener B, C y F) para evidenciar el ambiente principal de la secuencia y sus variantes menores. Asimismo, se hace una comparación final de cada nivel, para discutir las apreciaciones del ambiente representado por las unidades litológicas y/o estratigráficas de autores como Erben (1956) quien también investigó la formación, aunque en localidades diferentes. Este trabajo puede ser una base para emprender una investigación similar en la sección tipo de la formación de Imlay *et al.* (1948), así como en las subunidades reconocidas por Erben (1956) a nivel megascópico.

Discusión por nivel estratigráfico de la secuencia “El Bopo”

Estrato “A”: Tiene cualidades petrológicas como la dominancia de siliciclastos, cuya textura bien seleccionada, angulosidad y redondeo avanzados, indican una plataforma nerítica de proximidad media o distal respecto a la costa (Figura 51). Existió gran actividad orgánica en el fondo dada la presencia de peloides; se considera que el agua debió ser turbia debido a la selección del grano (Tabla 8), a la presencia de limos y a la evidencia de corrientes, proporcionada por la existencia de estructuras laminares irregulares (Figura 51). Además, se encontraron bivalvos no reportados previamente para la zona, como *Weyla alata* que para Aberhan (1994) representa ambientes bien oxigenados. Además, hay *Nuculana ovum* que según Aberhan (1994), prefería sustrato de grano fino, rico en materia orgánica. Esta capa no coincide con ninguna de las subunidades descritas por Erben (1956) en cuanto a la composición litológica y faunística.

Se encontraron tres taxones de amonoideos (Figura 27), de los cuales solo se identifica a *Paltechioceras harbledowense*, el cual tiene concha platicono (Westermann, 1996) asociada con el hábito nerítico-planctónico (Figura 26) y coincide con los datos petrográficos. El resto de los amonoides presentes, está altamente fragmentado y muestra tallas bien seleccionadas del orden de milímetros (Figura 37), que al graficarse (Figura 40) muestra que se perdieron las tallas mayores y se seleccionaron las menores, lo que significa transporte considerable. En este estrato, en comparación con los otros seis del presente estudio, se considera que sus bioclastos son los que sufrieron mayor arrastre de todos. Del acomodo caótico de los mismos fragmentos (Anexo 1) se infiere que se depositaron por resuspensión. El índice y espectro de hábitat (Figura 34) se centran entre la plataforma intermareal y la nerítica distal, lo cual también coincide con la petrología.

Estrato “B”: La petrología cuya textura medianamente seleccionada, redondeo y esfericidad menos avanzados respecto a estrato “A”, permite inferir una plataforma nerítica proximal sin corrientes. Sugiere que los sedimentos llegaron en su mayoría por suspensión (Figura 53). Los bivalvos como *Gervillella araucana* y *Gervillaria pallas* de hábitos semi-infaunales, se consideran depositados “*in situ*” (Aberhan, 1994) y son consistentes con buena oxigenación (Figuras 23 y 24).

Este estrato coincide litológica y faunísticamente a la Formación Divisadero (Erben, 1956) con la diferencia de que dicho autor no menciona restos de amonites, lo que podría indicar que son facies semejantes pero no idénticas.

Se encontraron tres especies de amonoideos (Figura 28) con conchas de tipo platicono y serpenticono (Figura 26), asociados con el hábito nerítico-planctónico Westermann (1996), lo cual coincide con la textura en el ambiente nerítico proximal. El resto de los amonoides se encuentra altamente fragmentado y muestra tallas bien seleccionadas del orden de milímetros, en dos intervalos al igual que en el estrato “A” (Figura 38). Lo que significa transporte diferencial de los bioclastos, donde las tallas mayores se perdieron y se seleccionaron las menores. Los sedimentos de este estrato son menos transportados respecto al estrato “A”, además de que los bioclastos se encuentran acomodados caóticamente, revelando un mayor transporte de las tallas de los amonoideos de este estrato, en comparación con el estrato “A” (Figura 45).

El índice de hábitat de este estrato (Figura 34) indica también un intervalo de plataforma nerítica intermareal a distal. (Westermann, 1996)

Estrato “C”: En este estrato la sección de arenisca fina que es fosilífera, la petrología cuya textura de mediana a bien seleccionada (Figura 54), el redondeo y esfericidad que denota el cuarzo, feldespato y los ferromagnesianos, señala un ambiente de plataforma nerítica siliciclástica, somera y horizontal, proximal a la costa, por debajo del nivel de oleaje bien oxigenado. Posiblemente sea una caleta o un accidente topográfico.

Este estrato coincide con la subunidad denominada por Erben (1956) “*Capa con conchas*”, por la presencia de coquinas de bivalvos con preservación autigénica e idéntica litología; además, la especie más abundante es *Paltechioceras harbledownense*, considerado el amonoideo de mayor tamaño en la zona, el cual no fue descrito por el último autor para esta capa, aunque indica el Sinemuriano Superior (Palfy *et al.*, 1994).

Se encontraron 17 ejemplares (Figura 29) pertenecientes a seis especies de amonoideos, *Paltechioceras harbledownense* con conchas de tipo platicono y *P. mexicanum* con tipo serpenticono, asociados con el hábito nerítico-planctónico (Figura 26) y *Phylloceras* sp., de tipo oxycono asociados con el hábito nectónico (Westermann, 1996) lo cual coincide con la textura de una plataforma proximal a la costa.

El análisis de tallas con diámetros máximos de ammonoideos (Figura 46) muestra selección centrada en el orden de milímetros, lo cual denota que se fosilizó una asociación fósil con una distribución de tallas normal, en la que se preservó una amplia variedad de medidas, con ligera tendencia hacia las dimensiones menores. En este estrato quedaron incluidos representantes juveniles y adultos en mayor proporción, es decir, una amplia gama de tallas, similar a lo que pasa con las poblaciones actuales. Estos datos indican transporte, pero menor en comparación con otros estratos de la secuencia como el “A” y “B”.

El análisis de tallas con los datos de bioclastos (Figura 39) muestra una distribución que significa transporte diferencial de los bioclastos, donde las tallas mayores se perdieran y se seleccionaran las menores. Los sedimentos de este estrato son menos transportados respecto al estrato “A” y “B”.

El índice y espectro de hábitat (Figura 35) indica que el sitio de depositación fue entre la plataforma intermareal y la pendiente de talud distal, con mayor incidencia de amonoideos en la plataforma media y distal (C y D, ver Tabla 2). Los datos petrológicos (Plataforma proximal) también permiten inferir la misma conclusión.

El ambiente inferido con petrografía para la arenisca media, es una playa submareal, debido al porcentaje de granos que se encuentran mal seleccionados (Figura 55). El ambiente inferido para la arena gruesa es muy cercano a una playa que podría haber incluido cantos rodados o un arrecife rocoso con alto contenido de carbonatos (Figura 56).

Estrato “D”: Tiene textura bien seleccionada, con alto grado de redondeo y esfericidad, el ambiente inferido es de plataforma nerítica con profundidad moderada, distante de la costa, pudo tener influencia estacional regular, pues se observan capas del orden de centímetros con estructuras “Flaser” de corriente débil (Figura 57).

Este estrato coincide con la fauna de las subunidades: de “*Echioceras burckhardt*”; “*Plesechioceras jamesdanae*” y “*Microderoceras bispinatum altespinatum*” (Erben, 1956). Sin embargo, existen diferencias litológicas con las tres subunidades, a excepción de “*Plesechioceras jamesdanae*” que es similar, pero asociada con lutitas gris oscuro. Otra diferencia es que la especie más abundante de este afloramiento es *Orthechioceras jamesdanae*.

En este estrato se encontraron 59 ejemplares, identificándose diez especies de amonoideos (Figura 30), con conchas de tipo platicono y serpenticono (Figura 26) asociados con el hábito nerítico-planctónico (Westermann 1996), que coincide con los datos petrográficos. Tres taxones más permanecen indeterminados.

El análisis de tallas empleando el diámetro máximo de amonoideos (Figura 47) denota que al igual que en el estrato “C” se fosilizó una distribución normal de los datos, sólo que en este estrato el rango de datos es más corto, entre 5 y 45 mm., lo que alude a transporte, pero no muy severo, menor que en los estratos A y B, pero mayor que al estrato “C”. En cambio, considerando las conchas como bioclastos (Figura 40) el 90% de los datos se encuentra entre 3 y 38 milímetros, esto indica transporte diferencial de los

bioclastos, donde las tallas mayores se perdieron y se seleccionaron las menores. Los sedimentos presentan menor arrastre que los estratos “A” y “B” y mayor que en el “C”.

Los bioclastos se acomodaron conforme al plano de estratificación lo que implica deposición influenciada por corrientes.

El índice y espectro de hábitat (Figura 34) indican hacia la plataforma intermareal y distal, lo cual coincide con la textura de una plataforma nerítica distal.

Estrato “E”: Los datos petrológicos como el porcentaje de granos y la textura avalan buena selección (Figura 58), consistente con una plataforma clástica abierta en zona nerítica media a proximal. La alternancia de condiciones tranquilas, representada por contenido limo-arenoso se documenta con la presencia caótica de clastos de libre precipitación, alternados con clastos acomodados por arrastre desde la zona submareal, que se observan formando finas láminas o lentes microscópicos.

Esta capa no coincide con ninguna de las subunidades de Erben (1956) en cuanto a litología y fauna fósil, ya que se encontraron 23 ejemplares (Figura 31), de los que resultaron nueve especies de amonoides como *Paltechioceras tardecrescens* de tipo platicono y *P. mexicanum* con tipo serpenticono, asociados con el hábito nerítico-planctónico (Figura 26) y *Phylloceras* sp., de tipo oxycono, asociados con el hábito nectónico (Westermann, 1996) lo cual coincide con la textura de una plataforma media a proximal a la costa.

Los amonoides presentes están fragmentados y seleccionados en tallas del orden de milímetros, contiene a la mayoría de su datos (75%) entre 8 y 22 mm y el resto de los datos se encuentra distribuido en los demás intervalos con 5 y 10% (Figura 48). Es evidente el transporte diferencial, las tallas de amonoides de este estrato se encuentran más transportadas que los de los estratos “C” y “D”, pero el transporte es menor en relación a los estratos “A” y “B”. En los datos de estos, junto a los del análisis de tallas de bioclastos (Figura 41) los diámetros están entre 5 y 25 milímetros, situación similar al estrato “D”, esto significa transporte, mayor en comparación con los estratos “C” y “D”, menor que en los estratos “A” y “B”. Estos bioclastos se encuentran acomodados conforme al plano de estratificación apoyando deposición influenciada por corrientes.

El índice de hábitat (Figura 36) indica que se encuentra entre la plataforma intermareal y la pendiente de talud distal, centrada en amonoideos de plataforma media a distal (Ver Tabla 2, ambientes C y D). Los datos petrológicos, de plataforma proximal, se encuentran dentro del amplio rango de ambientes expuestos.

Capa con Nódulos: Estos nódulos se encuentran estratigráficamente por encima del estrato “E” por debajo del estrato “F” como se aprecia en el perfil estratigráfico de la secuencia (Figura 74).

La textura medianamente seleccionada, el redondeo y esfericidad, indican que esta capa indica una facie de plataforma restringida. Se cree que existió una barrera, un río cerca, como evidencia de una posible regresión. Hay corrientes involucradas porque la alternancia de capas claras y oscuras (Figura 59) depende del acarreo en suspensión de aguas turbias, posiblemente de origen continental. Las láminas más gruesas (milímetros) son eventos cíclicos más severos como tormentas. Las láminas de sedimento fino constan de limolita, que por influencia de corrientes forman series alineadas uniformemente. La fase arenosa es consistente con arena de una playa cercana. El ambiente de depósito que se infiere en conjunto puede ser una laguna costera, donde la marea arrastra y genera laminación regular.

Esta descripción no coincide con ninguna de las subunidades de Erben (1956) en cuanto a litología. La información de este nódulo hace dudar la existencia de la Formación Tenango, tal como la propuso Schlatter y Schmidt-Effing (1984) quien utilizó estos supuestos nódulos de pedernal para separar la Formación Despí respecto de la Tenango. El hecho de que estos nódulos no sean de pedernal y evidencien una facies marina costera, sugiere la inexistencia de la Fm. Tenango, ya que ambas tienen la misma litología y representan el mismo ambiente de depósito, con la presencia de la misma fauna. Por lo anterior se propone a las dos formaciones como variantes menores dentro de la misma facies o bien como miembros de una misma formación.

Estrato “F”: La petrología por medio de la textura medianamente seleccionada, porcentaje, redondeo y esfericidad de los granos (Figura 60), permite inferir que el ambiente de este estrato es una plataforma nerítica media inclinada o distal. Esta capa no coincide con ninguna subunidad de Erben (1956) en cuanto a litología y fauna fósil.

En este estrato el número de taxones y especies reconocidas es menor que los estratos “C” y “E”. Se encontraron 42 ejemplares, resultando en la identificación de siete especies de amonoides (Figura 32), con conchas de tipo platicono y serpenticono (Figura 26), asociados con el hábito nerítico-planctónico (Westermann, 1996), lo cual coincide con los datos petrográficos.

El análisis de tallas de esta capa con los diámetros máximos de amonoides, los cuales se encontraban altamente fragmentados, muestran tallas bien seleccionadas del orden de milímetros, los datos se encuentran distribuidos asimétricamente (Figura 49), por lo que se infiere que las conchas de este estrato sufrieron arrastre, mayor que en las conchas del estrato “C”, el transporte es menor en relación a los estratos “A”, “B”, “D”, “E”. En la gráfica de la Figura 49 se observa una tendencia hacia las tallas pequeñas, esto ocurre según la estrategia de vida que presentan los invertebrados, que consiste en tener mayor número de descendencia con menor capacidad de sobrevivencia, en el que en sus estadios de vida iniciales se encuentran muchos especímenes, los cuales al cumplir cierta edad disminuyen abruptamente en número.

Con los diámetros máximos de bioclastos (Figura 42), contiene el 90% entre 5 y 48 milímetros, esto significa transporte, menor que en los estratos “A”, “B”, “D” y “E”, y mayor que en el estrato “C”. Además, los bioclastos se encuentran acomodados conforme al plano de estratificación, lo que implica deposición influenciada por corrientes.

El índice y espectro de hábitat (Figura 34) indican que se encuentra entre la plataforma intermareal y la distal, lo cual coincide con la petrología.

Estrato “G”: En este estrato, el ambiente inferido por la petrología con datos como la textura, los granos bien seleccionados y el porcentaje de granos, indica una plataforma abierta en nivel submareal con corrientes suaves, es decir, nerítica media a proximal (Figura 61). Posee influencia cíclica de ríos o tal vez mareas y corrientes que

alteran el sedimento costero y hay fósiles de ostrácodos, lo que quiere decir que la fauna planctónica entró junto con agua oceánica al sitio de depósito.

Esta capa tampoco coincide con ninguna subunidad de Erben (1956) en cuanto a litología y fauna fósil; sin embargo, la especie más representada es *Paltechioceras tardecrescens*, que conforme a lo propuesto por Blau *et al.* (2001) representa al horizonte *P. tardecrescens*, que se encuentra en la parte más alta del Sinemuriano Superior, así como este estrato se considera el más alto de este miembro.

Se encontraron 28 ejemplares (Figura 33), resultando en la identificación de cinco especies de amonoides, con conchas de tipo platónico y serpentónico (Figura 26), asociados con el hábito nerítico-planctónico (Westermann, 1996), lo cual coincide con los datos petrográficos.

En el análisis de tallas de esta capa con los diámetros máximos de amonoides (Figura 50), el 90% de los datos se presentan entre 2 y 71 milímetros, esto significa transporte, menor en comparación a los estratos “A” y “B”, y mayor que en los estratos “C”, “D”, “E” y “F”.

En el análisis de bioclastos, el 90% de los datos se presentan entre 3 y 42 milímetros, esto significa transporte, menor en comparación a los estratos “A” y “B”, y mayor que en los estratos “C”, “D”, “E” y “F” (Figura 43). Los datos se encuentran cercanos a una distribución normal con una ligera tendencia hacia la izquierda de la gráfica. Los bioclastos se acomodan conforme al plano de estratificación (Anexo 1).

El índice y espectro de hábitat (Figura 34) indican también que se encuentra entre la plataforma intermareal y la distal, lo cual coincide con la petrología.

Los amonoides son considerados parte de la deriva planctónica, esto junto con la ausencia de opérculos (áptico y anáptico) indican que ninguno de los amonoides encontrados en estos estratos está “*in situ*”; sin embargo, según Mendahl (2000) sí se encontraban estos amonoides viviendo en un ambiente cercano adyacente.

Los índices de diversidad de Simpson resultaron distintos para cada estrato, caracterizando numéricamente cada asociación fósil lo cual alude que no hay ninguna asociación fósil idéntica entre estratos, y que los especímenes integran varias asociaciones y estas pertenecen al mismo ambiente.

Geoquímica inorgánica

La interpretación de los datos obtenidos por Ángeles- Cruz (2006) indican que por el contenido de SiO_2 , el índice de madurez textural/mineralógica (Björlike, 1974), el contenido de Zr y la concentración relativa de elementos traza (Wedenpohl, 1960) el sitio de depósito del estrato “B” es el más próximo a la línea de la costa, le sigue el estrato “C” y el más alejado es el estrato “F”.

Los datos petrográficos coinciden con el sitio de depósito del estrato “F” que muestra que está más alejado de la costa que las otras dos secciones. Sin embargo, existe duda respecto a la ubicación de los estratos “B” y “C” debido a que en la lámina correspondiente al estrato “C” se observa una mezcla de partículas de diferentes tamaños.

La pequeña diferencia en relación $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Anderson y Wonder, 2004) del estrato “F” respecto a “B” y “C”, lo que sugiere que “F” se depositó un poco antes. Entre los estratos “B” y “C” no existe una diferencia considerable en la relación $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, por lo que estas secciones pueden considerarse contemporáneas. Los diferentes tamaños de partículas encontrados en “C” podrían deberse a que esta sección, al igual que en “B”, se depositaron durante un periodo transgresivo.

8. CONCLUSIÓN

Un ambiente marino de la paleocuenca, representado en las rocas jurásicas sinemurianas de la secuencia “El Bopo”, se pudo evidenciar mediante la aplicación de diferentes líneas de argumentación; como la fauna y su morfología funcional; esta última, como indicador de ambiente a través del índice y espectro de hábitat; por la estructura de las asociaciones desde un punto de vista cuantitativo; con la litología, como indicador directo de las condiciones sedimentarias; así como con la petrología, para evidenciar las cualidades texturales de los sedimentos a nivel microscópico y con algunos datos de geoquímica inorgánica que permitieron precisar condiciones ambientales de la sedimentación (estratos “B”, “C” Y “F”). En conjunto, se obtiene un panorama bien respaldado de una plataforma nerítica (Ver Figura 64), en la que cada estrato representa ciertas variaciones ambientales laterales con distinta proximidad a la costa; estas últimas consideradas como un buen ejemplo de la ley de Walter acerca de la superposición secuencial de las variantes laterales (Cole *et al.*, 2003)

Si se considera el perfil topográfico tradicional observable en todos los océanos actuales y por principio de uniformismo sustantivo y metodológico (Dodd y Stanton, 1990) el estrato “A” indica un ambiente de plataforma nerítica de proximidad media o distal respecto a la costa (Ver Figura 64). En tanto que la capa que se depositó ulteriormente, la “B” corresponde a una plataforma nerítica proximal, lo cual sugiere una regresión del mar que modificó la línea de costa. Consecutivamente, se depositó el estrato “C”, el cual representa a un ambiente de plataforma nerítica, somera y de baja inclinación muy próxima a la costa (Ver Figura 64); mientras que los lentes de arena dentro de esta capa, indican sedimentos submareales de playa para la arena media y para la arena gruesa, se visualiza un ambiente muy cercano a una playa que podría haber incluido cantos rodados o un arrecife con alto contenido de carbonatos. Por lo anterior, es posible que en el ambiente de este estrato, sólo se presentaran variantes menores. Los datos aportados por la geoquímica son congruentes ya que coinciden con la petrología y argumenta que el periodo de depositación entre estas capas es corto.

Posteriormente, la capa “D” indica una plataforma nerítica con profundidad moderada, distante de la costa, por lo que evidencia una trasgresión respecto a los

anteriores ambientes (B y C, ver Figura 64). Mientras que para la capa “E”, el ambiente que prevaleció fue una plataforma abierta en zona nerítica media a proximal, lo cual alude una segunda regresión para la secuencia (Ver Figura 64). Este último ambiente es muy similar para el estrato “F” que le precede, el cual indica plataforma nerítica media tal vez inclinada ó distal, evidenciando sólo variables ambientales menores, aunado a los datos de geoquímica inorgánica, resultando que se depositó mucho tiempo después que los estratos A y B, por lo que coincide con su posición estratigráfica, además de indicar que la profundidad de esta capa es amplia, lo cual coincide con la interpretación ambiental de este estudio. El último ambiente de la secuencia, del estrato “G”, consiste en una plataforma nerítica media a proximal, lo cual indica una tercera regresión (Ver Figura 64).

Los fósiles de amonoides y bivalvos vivieron en las condiciones evidenciadas por la diversidad de especies con hábitos planctónicos, como los amonites de las familias Echioceratidae y algunos de hábito nectónico y demersal (Phylloceratidae), que vivían en la columna de agua desde los 180 y 480 metros de profundidad respectivamente, según estiman diferentes autores. Con ello, dichos taxones también son indicadores de un ambiente de plataforma nerítica de profundidad somera con facies distales y proximales a la línea de costa; además de indicar plenamente la posición la edad de las rocas asociadas, resultando ser la parte más alta del Sinemuriano Superior.

Los bivalvos descritos para este estudio como *Gervillaria pallas* y *Gervillella araucana*, vivieron adheridos al fondo, alimentándose de partículas en suspensión, de la misma forma que en la actualidad. Este tipo de asociación fósil de bivalvos, es similar a la que se observa en ambiente marino de plataforma abierta actual.

Se aporta información paleoambiental por primera vez para la Formación Huayacocotla, respecto a los trabajos paleontológicos y geológicos previos en el área. Además de los trabajos paleoambientales simultáneos al presente realizados por Granados-León y Hernández-Velásquez en la Formación Huayacocotla. Esta aportación se da particularmente respecto de las rocas del Sinemuriano Superior, identificadas por Schmidt-Effing (1980) y Schlatter *et al.* (1984), denominadas por él como Formación Tenango y/o Despí. Los resultados de la presente investigación se compararon con el criterio de Schmidt-Effing (1980) y se encontró que no existe tal división, ni con criterio

litológico ni faunístico. Esta diferencia de criterio merece considerable atención, por lo que se emplearán los argumentos del paleoambiente definido aquí, para argumentar que se trata de una sola unidad “Despí-Tenango”, tal vez a nivel de miembros formacionales, sin pretender abundar en aspectos litoestratigráficos que escapan a los objetivos de la presente tesis. La importancia de definir tal unidad, es describir las características de una unidad ambiental como la paleocuenca Huayacocotla y sus variaciones.

Se recomienda continuar con los análisis de geoquímica orgánica e inorgánica para toda la secuencia y lograr todavía un panorama más completo de las condiciones ambientales de la cuenca, además de un estudio paleoambiental para la sección tipo de la Formación Huayacocotla de Imlay (1948), además de respetar la nomenclatura original del Grupo Huayacocotla de acuerdo a la regla de prioridad del Código de Nomenclatura Estratigráfica.

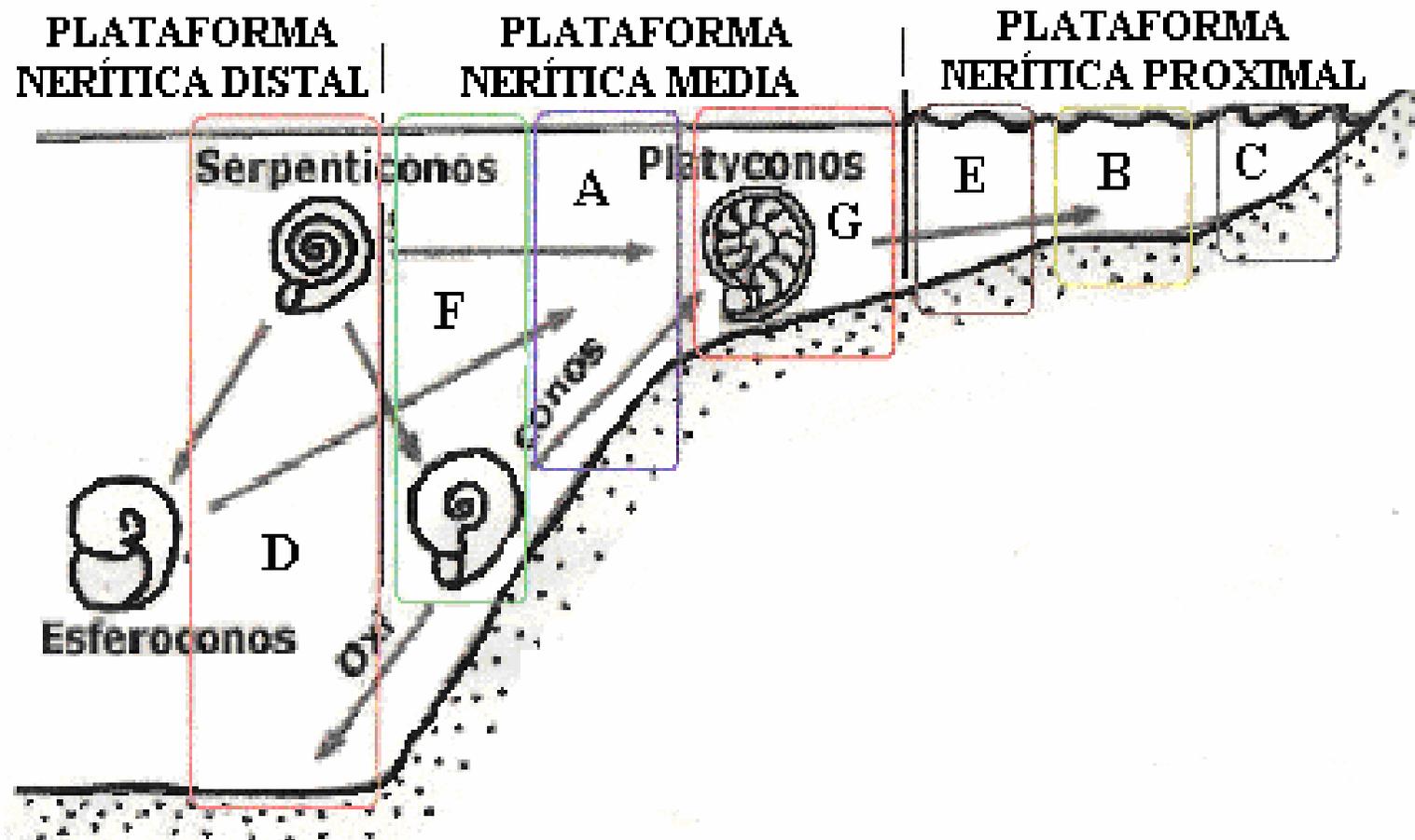


Figura 64. Modelo paleoambiental concluyente de la secuencia “El Bopo” donde están representados en recuadros, los siete estratos de la secuencia (A, B, C, D, E, F, G).

GLOSARIO

Almazan-Vazquez, (2000), Dood, J. R., Stanton, R. J., (1990), Tucker, M. E., 2003

Afloramiento: Parte de un terreno visible en la superficie de la tierra.

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.

Anticlinorio: Pliegue anticlinal, de orden kilométrico, afectado por pliegues paralelos con menor radio de curvatura.

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 más finas, el tamaño es menor a 1/256 mm.

Arcosa: Arenisca con menos del 75% de cuarzo, feldespatos más abundantes que los fragmentos de rocas y escasa matriz detrítica.

Arenisca: Arena consolidada o cementada.

Autigénico: Mineral formado en el propio medio y lugar en que se encuentra.

Bentos (Benthos): Formas de vida que habitan en el fondo del mar.

Bioclasto: Término aplicado a las rocas detríticas formadas por acumulación de restos de organismos.

Calcarenita: Roca sedimentaria formada por granos calizos de tamaño de arena.

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.

Cámara: Espacio comprendido entre dos septos contiguos y que forman parte de las estructuras internas de los amonites.

Cavidad paleal: Espacio hueco típico en muchos grupos de moluscos, se encuentra localizado entre el manto y el abdomen siendo normalmente donde se encuentran las branquias.

Charnela: Borde interno de la valva de un bivalvo, a menudo unida por un ligamento a la valva opuesta, y generalmente portadora de dientes que articulan con los de esta.

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

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

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

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

Costillas cóncavas: Son aquellas que describen una línea curva en sentido contrario a la dirección de la apertura del amonite.

Costillas convexas: 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 prosirradiadas: Tienen una flexión en sentido a favor del crecimiento o de la apertura de la concha del amonite.

Costillas rursirradiadas: Son aquellas que presentan una flexión en dirección opuesta a la dirección de la apertura del amonite.

Ctenolium: Grupo de pequeños dientes localizados a lo largo del margen ventral de la incisura bisal en la familia Pectinidae.

Diente: Protuberancias existente en la charnela de los bivalvos que encaja en una especie de hueco de la valva contraria haciendo un efecto de bisagra.

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

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.

Estratificación: Disposición de las rocas sedimentarias en sucesivos estratos.

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

Feldespatos: Silicatos de aluminio con distintas proporciones de potasio, sodio y calcio.

Fémicos o ferromagnesianos: Silicatos ricos en hierro y magnesio como la biotita, anfíboles y piroxenos.

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.

Forma de la vuelta: También denominada sección transversal de la vuelta y que en términos generales puede ser:

Forma de la vuelta comprimida: Se caracteriza porque la altura de la sección de la vuelta de la concha de los amonites es claramente mayor que su anchura.

Forma de la vuelta deprimida: Caracterizada porque la altura es de mayor dimensión que su anchura.

Formación: Unidad litoestratigráfica fundamental. Cuerpo de rocas identificado por sus características litológicas y su posición estratigráfica. 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 alóctono: Organismo que es fosilizado lejos de su hábitat.

Fósil autóctono: Organismo que es fosilizado dentro de su hábitat.

Fósil: Resto de un organismo que quedo atrapado en el sedimento del lecho marino y, que por procesos de sustitución de minerales por miles de años, se transformo en piedra con la forma de los organismos que les precedió.

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.

Grupo: Unidad litoestratigráfica de rango mayor que comprende dos, o más, formaciones adyacentes, y que puede seguirse en el subsuelo.

Hábitat: Lugar y condiciones medioambientales en las que suele vivir un organismo concreto.

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, próxima al venter, en donde la concha del organismo cambia ligeramente de inclinación.

Inequivalva: Bivalvo que presenta diferencias entre sus valvas es decir valvas asimétricas.

Lamelas: Escama o placa fina en la superficie de una concha.

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

Línea paleal: Línea curva de cicatriz en un bivalvo, producida por la sujeción del manto del animal a la concha.

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.

Lutita: Roca sedimentaria detrítica cuyos componentes tienen un diámetro inferior a ~ 62 μm . Ciertos autores reservan este término a las rocas no consolidadas, llamando pelitas a las correspondientes rocas consolidadas.

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.

Nerítico/a: 1. Relacionado con las aguas someras próximas a la costa, situadas sobre la plataforma continental. 2. Zona-. Aquella parte del fondo marino que se extiende desde el límite inferior de la línea de mareas hasta una profundidad de 200 m

Ombigo: 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.

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: 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.

Umbo: Zona situada a continuación del ápice en los bivalvos, de forma convexa en la mayoría de las especies.

Unidad estratigráfica: Volumen determinado de rocas de la corteza terrestre, que se puede medir.

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

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

Zona 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.

LITERATURA CITADA

- Aberhan, M., 1994a, Early Jurassic bivalvia of Northern Chile, Part I, Subclasses Paleotaxodonta, Pteriomorpha and Isofilibranchia. *Beringeria: Wurzburger Geowissenschaftliche Mitteilungen*, 13, 108 p.
- Aberhan, M., 1994b, Benthic macroinvertebrate associations on a carbonate clastic ramp in segments of the Early Jurassic back-arc basin of the northern Chile: *Revista Geologica de Chile*, 20 (2), 105-136.
- Aberhan, M., Muster, H., 1997, Paleobiology of Early Jurassic Bivalves from Western Canada: *Paleontology*, 40 (3), 799-815.
- Aberhan, M., 1998, Paleogeographic patterns of pectinoid bivalves and the Early Jurassic tectonic evolution of western Canadian terrains; *Palaios*, 13, 129-148.
- Adams, H., Adams, A., 1858, *The genera of recent Mollusca*: London: V. 2, 661 p.
- Algeo, T. J., Maynard, J. Barry. 2004. Trace-element behavior and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas Type cyclothem: *Chemical Geology*, 206 (2-3), 289-318.
- Almazan-Vazquez, E., 2000, *Amonitas de Sonora*: Universidad Autónoma de Sonora, 9-52.
- Anderson, P., Worden, R., 2004. Mudstones of the Tanqua Basin, South Africa: an analysis of the lateral and stratigraphic variations within mudstones, and a comparison of mudstones within and between turbidite fans: *Sedimentology*, 51, 479-502.
- Andrews, P., Nesbit-Evans, E., 1981, The Environment of *Ramapithecus* in Africa: *Paleobiology*, 5, (1), 22-30.
- Ángeles-Cruz, A. C., 2006, *Geoquímica de rocas sedimentarias Jurásicas en las localidades fosilíferas de la Sierra Madre Oriental (Tenango de Doria-San Bartolo Tutotepec, Hidalgo): Implicaciones paleoambientales*: México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tesis profesional de licenciado en Química. 155 p.
- Arkell, W. J. 1930, A monograph of British Corallian Lamelibranchia. Part 2: *Palaeontographical Society Monographs*, 84, (383), 133-180.
- Arthur, M., Jenkins, H., Sclinger, S. 1990, Stratigraphy, Geochemistry, and paleoceanography of organic carbon-rich Cretaceous sequences: *Cretaceous Resources, Events and Rhythms*, 75-119.

- Barcena, M., 1877, Materiales de la formación de una obra de la Paleontología mexicana: Mus. Nac. México, 1, 85-286 p.
- Beurlen, Karl. 1944, Beiträge zur Stammesgeschichte der Muscheln: Bayer, Akad, Wiss, Sitzungsber, 6, 133-145 p.
- Bjørlykke, K., 1974, Geochemical and mineralogical influence of Ordovician Island Arcs on epicontinental clastic sedimentation: A study of Lower Paleozoic sedimentation in the Oslo Region, Norway. *Sedimentology*, 21, 251-272 p.
- Blau, J. y Meister, C., 2000, Upper Sinemurian Ammonite Successions Based 41 Faunal Horizons: An attempt at Worldwide Correlation, *GeoResearch Forum*, 6, 3-12.
- Blau, J., Meister, C., Schmidt – Effing, R., Schlatter, R., 2001, Ammonites from the Lower Jurassic (upper sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, Mexico), Part I Erbenites n. gen., a new Asterooceratidae: *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 3, 175-183.
- Blau, J., Meister, C., Schlatter, R. y Schmidt – Effing, R. 2003, Ammonites From the Lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México). Part III: Echioceratidae: *Revue Paléobiologie.*, 22(1): 421-437 p.
- Bonet, F., 1956, Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del Este de México, en: XX Congreso geológico Internacional, 102 p.
- Böhm, J., 1922, Zur systematischen Stellung der Gattung Neithea Drouet: *Jahrbuch der preussischen Geologischen Landesanstalt*, 40, (2), 129-147.
- Böse, E., 1894, Ueber liasische und mittelliasische Fleckenmergel in den bayerischen Alpen: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 46, 703-768.
- Buch, L. V. 1838 *Über den zoologischen character der secundären formationen in Süd Amerika.* *Monatsberichte der Deutschen Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften*, Berlin, 1838, 54-67.
- Buckman, S. S., 1923, Yorkshire Type Ammonites: London, William Wesley & Son., 1, 3, 68-130.
- Burckhardt, C., 1930, Etudes synthétiques sur le Mésozoïque mexicain: *Schweiz. Palaont. Abh.*, 49-50, 1-1280.

- Cantagrel, J. M., Robin, C., 1979, K-Ar dating on eastern Mexican Volcanic rocks-relation between the andesitic and the alkaline provinces: *Jour. Volcanol. Geothermal Reserch*, 5, 99-144.
- Cantú-Chapa, A., 1969, Estratigrafía del Jurásico medio-superior del subsuelo de Pozarica, Veracruz: *Revista Instituto Mexicano del Petróleo*, 1(1), 3-9.
- Cantú-Chapa, A., 1971, La serie Huasteca (Jurásico medio-superior) del Centro-este de México: *Revista Instituto Mexicano del Petróleo*, 3(2), 17-40.
- Carrillo-Bravo, J., 1965, Estudio Geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla: *Boletín de la asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 17, (5-6), 73-96 p.
- Centeno-García, E., y Rosales-Lagarde, L. 1997, Itinerario de la excursión al anticlinorio de Huayacocotla en la región de Molango, Estado de Hidalgo, México-tercer día. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra., y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados, 2, Pachuca, Hidalgo, México, Guía de las excursiones Geológicas, 41-43. p.
- Claisse, F. 1989, Automated sample preparation for analysis of geological materials. In Ahmedali, S. T. (ed) *X ray Fluorescence analysis in the geological sciences: Advances in methodology*. Geol. Assn. Canada: Short course. 7, 39-54.
- Condie, K., C., 1993, Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface from surface samples and shales: *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Cole, A. L., 2003, *EN: Cole, A. L., Boence, D. W. J., Flint, S., Howel, J. A., Wilson, R. C., The Sedimentary Record of the sea level change, the open University Cambridge*, 18-33 p.
- Cox, L. R., 1940, The Jurassic Lamelibranch fauna of Kuch (Cutch): *Mem. Geol. Surv. India. Paleont.*, 3(3), 157 p.
- Cox, L. R., 1952, The Jurassic lamelibranch fauna of cutch. No. 3. Families Pectinidae, Aussydae, Plicatulidae, Limidae, Ostreidae and Trigoniidae. *Memories of the Geological survey of India, Paleontologia Indica*, 3 (4); 1-128.
- Cox, L. R., 1954, Taxonomic notes on Isognomonidae and Bakevellidae. *Proceedings of the Malacological Society of London*, 31. 46-49.

- Cryckmay, C. H., 1929-1930, The stratigraphy of Parson Bay, British Columbia, Univ. Calif. Publ. Geol. Sci., 18, 51-70.
- Cuvier, G., 1791, Tableau elementaire del historie naturelle des animaux: Paris, 710.
- Dall, W. H., 1889, On the hinge of pelecypodods and its development, with an attempt toward a better subdivision of the group: Am. jour. sci., 38 (2), 445-462.
- Damborenea, S. E. 1987. Early Jurassic Bivalvia Argentina. Part. 2. Superfamilias Pteriacea, Buchiacea and part of pectinacea: Palentographica (A) 199: Figs., 14 pls; Stuttgart. 31, 113-216.
- Damborenea, S. E., 1992, South American Jurassic Bivalves in Westermann, G. E. G. (ed). The Jurassic of the circum pacific, Atlas: Cambridge, Cambridge University Press, 115-119.
- Damborenea, S. E., Manceñido, M. O., 1988: Weyla semblanza de un bivalvo Jurásico Andino, V Congreso Geológico Chileno, 2, 13-25.
- Damborenea, S. E., González-León, C., 1997, Late Triassic an Early Jurassic Bivalves from Sonora, México: Revista Mexicana de ciencias Geológicas, 14 (2), 178-201.
- Diaz-Lozano, E., 1916, Descripción de unas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz. Algunas plantas de la flora liásica de Huachinango, Puebla: Instituto Geológico de México, Boletín, 34, 1-18.
- Dommergues, J. L., Meister, C., Böhm, F., 1995, New data on Austroalpine Liassic Ammonites from the Adnet Quarries and adjacent areas: Jb. Geol. B.-A., 138, 161-205.
- Dood, J. R., Stanton, R. J., 1990, Paleoecología: Conceptos y aplicaciones: New York, John Wiley and Sons, 502 p.
- Dumortier, E. 1867, Études paléotologiques sur les dépôts jurassiques du Bassin du Rhone: Paris, Lias- inferior Moyen, 349 p.
- Erben, H. K., 1956. El Jurásico Inferior de México y sus Amonitas, en XX Congreso Geológico Internacional: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 393 p.
- Esquivel-Macías, C., León-Olvera, R. G., Flores-Castro, K., 2003, Caracterización de una nueva localidad fosilífera del Jurásico Inferior con crinoides y amonites en el centro-oriente de México (Temapa, Hidalgo). Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 22, (1), 97-114.

- Evans, E. M. N., Van Couvering, J. A. H., Andrews, P., 1981, Paleocology of Miocene sites in western Kenya: *F, Human evolution.*, 10, 99-116.
- Felix, J. 1891, Versteinerungen aus der mexicanischen Jura- und Kreideformation: *Paleontogr.*, 37, 140-199.
- Flores-Castro, K., 1993, Bosquejo estratigráfico de la porción Oriental del Estado de Hidalgo, México: Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Tesis de Licenciatura, 63 p. (Inédita)
- Flores-Castro, K., Ángeles-Cruz, C., A., Amstrong-Altrim, J., S., Esquivel-Macías, C., Ortiz-Hernández, I., E., 2006, Geochemistry of clastic sedimentary rocks from the early Jurassic Huayacocotla Group, central Mexico: Implications for Petrogenesis and Paleoenvironment: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, (En revisión).
- Ferrusquía-Villafranca. I. 1998, *EN: Ramamoorthy, T., Bye, R., lot, A. y Fa, J.* (compiladores). *Geología de México: una sinopsis*, Oxford University Press Inc., Universidad Nacional Autónoma de México, México, 3 – 40 p.
- Fuccini, A., 1920, Fossili domeriani dei dintorni di Taormina: *Palaeont. Italica*, 26, 75-116.
- González-Rodríguez, K. A., Bravo-Cuevas, V. M., 2005, Potencial fosilífero de la Cantera Muhi (Formacion El Doctor Albiano-Cenomaniano) de la Región de Zimapán, Estado de Hidalgo. *Paleos Antiguo*, 1, 27-42.
- Geyer, G., 1886, Uber die liasichen Chephalopoden des Hierlatz bei Hallstatt: *Abh. K. K. Geol.*, 12, (4), 213-287 p.
- Geyne, A. R., 1963, Fries, C., Segerstrom, K., Black, F. R., Wilon, F. I., geologia y yacimientos minerales del Distrito de Pachuca-Real del Monte, Estado de Hidalgo, México: Consejo de Recursos Naturales no Renovables, 5, 220 p.
- Gray, J. E., 1847, A list of genera the recent Mollusca, their synonyms and types: *Proceedings of the Zoological Society of London*, 15, 129-219 p.
- Hass, F. 1913. Neve Najaden gattungen: *Deutsh. Malakozool. Gessell, Narchr.*, 45, 33-38.
- Hauer, F. V., 1854, Ubre einige unsymmetrische Ammoniten aus den Hierlatz-Schichten: *Sitzber. k. k., Akad. Wiss., math.-natw. Cl., Abt.*, 1, 13 (2), 401-410 p.
- Hauer, F., 1856, Ueber die Cephalopodem aus dem Lias der nordoestlichen Alpen: *Denskschrikten. Akad. Wiss. Wien Math.-Natw*, 2, 1-86.

- Hillebrandt, A. V., 2002, Ammoniten aus dem obedern Sinemurian von Sudamerika: *Revue Paléobiologie*, 21 (1), 35-174.
- Hyatt, A., 1867, The fossil Cephalopods of the Museum of comparative Zoology: *Harvard Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, I (5), 71-102.
- Hyatt, A., 1875, Remarks of two new genera of Ammonites: *Agassiceras* and *Oxinoticeras*: *Boston Soc. Nat. Hist. Proc.*, 17, 225-235.
- Hyatt, A., 1879, Genesis of the Arietitidae: *Smiths. Contrib. Knowl.*, 26, 673 p.
- INEGI, 1984, Carta topográfica Pahuatlán F14D73, escala 1:50,000: Instituto Nacional de Estadística, geografía e informática.
- Imlay, R. W., Cepeda, E., Álvarez, M., Diaz-Gonzalez, T., 1948, Stratigrafic relation of certain Jurassic Formations in eastern México: *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 32, (9), 1750-1761.
- Jarowski, E., 1929, Eine Lias Fauna aus Nordwest Mexiko; *So. Paleont Suisse, Mem*, 48,(4), 12 p.
- Korovkov, I. A., 1854, Description des animaux fossils qui se trowent dans le terrain carbonifere de Belgique: *Musée Royal Histoire Nat. Belgique*, 2, 283 p.
- Linné, Carl. 1758, *Sytema Naturae per tria vegan naturae: Edit decimal, Laurentii Salvii* (Stockholm), 1, 824 p.
- Larson, N., Jorgensen, S., Farrar, R., Larson, P., 1997, *Ammonites and other Cephalopods of the Pierre Seaway, primera edición.*, Geoscience Press, Inc. United States of America, 148 p.
- Leake B. E., Hendry, G. l., Kemp, A., Planta, A. G., Harvey, P.K., Wilson, J. R. Coats, J. S., Aucott, J. W., Lunel, T. and Howarth, R. J., 1969, The chemical analysis of rock powders by automated X-ray fluorescence: *Chemical Geology*, 5, 7-86.
- Leanza, A. F. 1942, Los pelecípodos del liásico de piedra pintada en el Neuquén. *Rev. Mus. La plata Paleontol.* 2: 143-206.
- Link, H. F. 1807 (1806 –1808). *Beschreibung der Naturalien sammlung der Universität zu Rostock: Rostock*, 1-38.
- McRoberts, C. A., 1997, Late Triassic (Norian-Raethian) bivalves from the Antimonio Formation; northwestern Sonora, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 14, 53-63 p.

- Myrakeen, A., La rocque A., Mc Alester. B.F., Perkins, B.F., Puri , H. S., Smith , L. A., Tsoot –Ryen, T., Stenzel, H. B., Turner, R. D., Weir J., 1971, Treatise on Invertebrate Paleontology. Part N, Mollusca 6: The University of Kansas and Geological Society of America, 308 p.
- Muir, J. M., 1936, Geology of the Tampico region: Tulsa, Am. Assoc. Petroleum Geologist, 280 p.
- Muster, H., 1995, Taxonomie and Paläobiogeographie der Bakevellidae (Bivalvia): Beringeria, Wurzburg: Buenos Aires., figs. 17 pls, 14, 1-161.
- Marshall, C., Fairbridge, R., 1999, Encyclopedia of Geochemistry. Kluwer Academic Publishers. 712 p.
- Meister, C., Blau, J., Schlatter, R., Schmidt–Effing, R., 2002, Ammonites from the Lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, Mexico), part. II: Phylloceratoidea, Litoceratoidea, Schlothermiidae, Arietitinae: Revue Paléobiol., 21(1): 391-409.
- Meister, C., Blau, J., Dommergues, J. L., Schlatter, R., Schmidt-effing, R. Burk, K., 2005: Ammonites from the Lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, Mexico). Part IV: Biostratigraphy, Palaeobiogeography and taxonomic addendum: Revue de Paléobiologie, Genève, 24 (1): 365-384.
- Meldahl, K. H., 2000, Paleobiology, En, Derek, E.G., Peter, R., Crowther (eds.), Paleobiology II: Blackwell Publishing, 262-264.
- Moreno, C. E., 2001, Métodos para medir la biodiversidad: M&T- Manueles y Tesis SEA, 1, 84 p.
- Newel, N. D., 1965 Classification of the bivalvia: American Museum Novitates, 220, 1-25.
- Norrish, K., Hutton, J. T., 1969. An accurate X-ray spectrographic method for analysis of a wide range of ecological samples. Geochimica et Cosmochimica Acta. 33. 431-453.
- Ochoa-Camarillo, H. R., 1996, Geología del Anticlinorio de Huayacocotla en la Región de Molango, Estado de Hidalgo, México: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis de maestría, 91 p.
- Ochoa-Camarillo, H. R., 1997, Geología del anticlinorio de Huayacocotla en la región de Molango, Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones de Ciencias de la Tierra, y Universidad Nacional Autónoma de

- México, Instituto de Geología, Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados, 2, Pachuca, Hidalgo, México, Guía de las excursiones geológicas, 1-17.
- Ochoa-Camarillo, H. R., Buitron, B. E., Silva-Pineda, A., 1998, Contribución al conocimiento de la Bioestratigrafía, Paleoecología y Tectónica del Jurásico (Anticlinorio de Huayacocotla) en la región de Molango, Hidalgo, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15(1), 57-63.
- Ortega-Gutiérrez, F., 1997, Itinerary of the fieldtrip to Huayacocotla anticlinorium in the Molango region, State of Hidalgo, Mexico-second day. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones de Ciencias de la Tierra, y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados, 2, Pachuca, Hidalgo, México, Guía de las excursiones geológicas, 37-39 p.
- Palfy, J., Smith, P. L., Tipper, H. W., 1994, Sinemurian Lower Jurassic ammonoid biostratigraphy of the Queen Charlotte Islands: Western Canada, *Geobios Memoir special*, 17, 358-393 p.
- Quenstedt, F. A., 1845, Die ammoniten des Schwäbischen Jura, Band 1, Der Schewarse Jura (Lius): Stuttgart, Schweizerbart, 440 p.
- Rafinesque, C. S., 1815, *Analise de la Naturae*: Palermo, 225 p.
- Rantish, G., Melcher, F., Meisel, T. Rainer, T., 2003, Rare earth, major and trace elements in Jurassic manganese shales of the Northern Calcareous Alps: Hydrothermal versus Hydrogenous origin of stratiform manganese deposits: *Mineralogy and Petrology*, 77, 109-127.
- Reynes, P., 1867-1879, *Monographie des ammonites*: Bailiers and fils, Paris, 78.
- Robin, C., Bobier, C., 1975, Las facies del vulcanismo de la región de Tlanchinol (Hidalgo, México); según datos paleomagneticos y geoquímicas: Universidad Autónoma de México, Instituto de Geología, 95, 49-85.
- Rosales-Lagarde, L., Centeno-García, E., Ochoa-Camarillo, H., Y Sour-Tovar, F., 1997, Permian volcanism in eastern Mexico-preliminary report. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Investigaciones de Ciencias de la Tierra., y

- Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados, 2, Pachuca, Hidalgo, México, Guía de las excursiones geológicas, 27-32 p.
- Rosemberg, P., 1909, Die liassische Cephalopoden fauna der kratzalpe im Hagengebirge: Beirt. Palaenont. Oesterr, Ungarns, 22, 193-345.
- Roser, B.P., Korsch, R., J., 1986, Determinations of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio: *Journal of Geology*, 94, 635-650.
- Roser, B.P., Korsch, R., J., 1988, Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminat function analysis of major-element data: *Chemical Geology*, 678, 119-139.
- Silva-Pineda, A., 1963, Plantas del Triásico superior del Estado de Hidalgo: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín Paleontología Mexicana, 18, 12 p.
- Schlatter, R., Schmidt-Effing, R. 1984. Bioestratigrafía y Fauna de Amonites del Jurásico Inferior (Sinemuriano) del área de Tenango de Doria (estado de Hidalgo, México), III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Oaxtepec, México, 154 -155 p.
- 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: Baton Rouge, USA, Louisiana State University, 79–86.
- Sowerby, J. 1819, The Mineral Conchology of Great Britain; Preface to the general indexes and systematic index the six volumes: London (Meredith), ii-vii, pl. 1-102, 9-236.
- Sowerby, J. 1825, Mineral Conchology of Great Britain; Preface to the general indexes and systematic index the six volumes: London (Meredith), 4, 105-151.
- Sobetzky, V. A., 1960, Contribution to the systematics of the upper Cretaceous pectinids from the middle part of the Deniester Basin; *Paleontologicheskí Zhurnal*, 2, 63-71.
- Spath, L. F., 1923, The ammonites of the “Shales-with-beef”, Pte. 2., *Paleontology: Geol. Soc. London, Quart. Journ.*, 79, 66-68.
- Spath, L. F., 1929, Revision of the Jurassic cephalopod faunas of Kachh: *Palaeontogr. Indica*, pt. 1, 9 (2), 1-945.

- Suess, E. 1866, *Ueber Ammoniten*. (I) Sitzber. k. k. Akad. Wiss., math.-natw. Cl., Abt. 1, 52, 71-89.
- Tucker, M. E., 2003, *Sedimentary Petrology: Estados Unidos de Norteamérica*, Blackwell publishing Company, 262 p.
- Taylor, S. R., McLennan, S.M. 1995, The geochemical evolution of the continental crust: *Reviews in Geophysics*, 33, 241-265.
- Trueman, A. E., Williams, D. M., 1925, *Studies in the ammonites of the family Echiocetartidae*: Transactions of the royal Society of Edimburgh, 53, 699-739.
- The Geological Society of America(1996), *The Rock – Color Chart Committee*, Octava impresión, The Geological Society of America, Colorado U.S.A.
- Tucker, M. E., 2001, *Sedimentary Petrology*, Tercera edición, Blackwell Publishing, 262-264 p.
- Wedepohl, K. H. 1960, *Spurenanalytische Untersuchungen an Tiefseetonen aus dem Atlantik. Ein Beitrag zur Deutung der geochemischen Sonderstellung von pelagischen Tonen*: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 18, 200-231.
- Westermann G. E. G., 1996, *Ammonoid Life and Habitat*. En: Landman, N.H.K. Tanabe y R.A. Davies (Eds). 1996, *Ammonoid Paleobiology*. Plenum Press, New York and London, 607-707.
- Wilson, B. W., 1955, Hernández, J. P., Meave, J. P., *Un banco calizo del Cretácico en la parte Oriental del Estado de Queretaro, México*: *Boletín de la sociedad Geológica de México*, 18 (1), 1-10.
- Wilson, J.L., 1975, *Carbonate Facies in Geologic History*: Berlin Springer, 471 p.
- Zittel, K. A. von, 1884, *Cephalopoda*, in Zittel, K. A. von, (ed.), *Handbuch der Paläontologie*: Munich and Leipzig, R. Oldenbourg, 1, Abteilung 2, Lieferung 3, 1-893.

ANEXOS

ANEXO 1.

DATOS MERÍSTICOS DEL ESTRATO “A”

Cuadro 8. Es acerca de las diferentes medidas tomadas al Amonoideo *Paltechioceras harbledownense*, Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Paltechioceras harbledownense</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
12				18.25	
15	16.14	4.78	10.10	4.87	4

Todos las conchas son ejemplares incompletos. Todos los ejemplares son moldes externos que se encuentran rotos, el material es escaso y sólo se preservó la última vuelta de la especie *Paltechioceras harbledownense*. Estos espécimenes se encuentran acomodados en forma caótica junto a algunos bivalvos, estos no se encuentran acomodados conforme al plano de estratificación.

DATOS MERÍSTICOS DEL ESTRATO “B”

Cuadro 9. Medidas tomadas a los Amonoideos, provenientes del estrato “B”, *Paltechioceras harblndownense*, *P. mexicanum*. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros

<i>Paltechioceras harblndownense</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
10				21.26	
8				20.14	
<i>Paltechioceras mexicanum</i>					
20	46.64	34.22	23.47	12.87	3

Todos los ejemplares se encuentran incompletos. Todos los ejemplares son moldes externos que se encuentran rotos, el material es escaso y sólo se preservaron las últimas vueltas de la especie *Paltechioceras harbledownense*. Sólo está presente para el estrato un ejemplar completo de la especie *Paltechioceras mexicanum*.

Los Ammonoideos se encuentran acomodados en forma caótica, y no están acomodados conforme al plano de estratificación.

DATOS MERÍSTICOS DEL ESTRATO “C”

Cuadro 10. Son las medidas tomadas a los Ammonoideos, *Paltechioceras harbledownense*, *P. mexicanum*, los cuales son la única fauna fósil, provenientes del estrato “C”.

<i>Paltechioceras harbledownense</i> <i>e</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
10	81.06	66.40	47.04	17.97	4
5	53.72	48.76	29.94	12.24	4
6	82.02	63.46	41.01	18.15	5
22	140.92	116.83	66.99	26.90	7
15	79.22	62.17	37.90	19.56	4
14	79.92	62.99	45.82	17.10	4
24	32.86	23.69	16.43	6.71	3
37	32.03	26.58	17.20	7.50	4
<i>Paltechioceras mexicanum</i>					
12	85.60	71.92	44.80	17.33	4
2	70.15	55.39	40.30	13.85	6

Todos las conchas son ejemplares completos. Todos los ejemplares son moldes externos, y se encuentran bien preservados y completos. Los Ammonoideos se encuentran acomodados en forma caótica, y no están acomodados conforme al plano de estratificación.

Sólo el ejemplar 14 se encuentra relleno en la cámara de habitación. Y el fragmocono se encuentra colapsado. Algunas conchas fósiles están rotas, debido al fracturamiento ortogonal y perpendicular por plegamiento.

DATOS MERÍSTICOS DEL ESTRATO “D”

Cuadro 11. Son las medidas tomadas a los Ammonoideos, *Orthechioceras incaguasiense* provenientes del estrato “D”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Orthechioceras incaguasiense</i>	Diámetro máximo	Radio mayor	Altura de la última vuelta	Numero de vueltas
65	35.89	16.69	7.93	3
77	33.32	15.76	6.68	3
79	27.23	16.15	7.09	3
80	23.76	12.75	7.98	2
81	22.58	14.08	7.04	2
82	19.05	11.94	6.92	-
83	28.84	14.25	6.09	3
67	20.32	10.16	5.42	3
85	36.96	16.28	5.93	-
73	-	-	7.49	-
34	23.86	11.93	6.01	2

Todos los ejemplares son moldes internos, ya que están cubiertos de sedimento o no los presentan, se encuentran bastante maltratados, todos son fragmentos, se encuentran incompletos, en la mayoría no se observa el ombligo ni la primera vuelta, el color que presentan denota intemperismo alto. Dentro de una misma roca se encuentran Ammonoideos en diferentes ángulos y posiciones conforme al plano de estratificación.

Cuadro 12. Son las medidas tomadas a *Paltechioceras mexicanum*, provenientes del estrato “D”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Paltechioceras mexicanum</i>	Diámetro máximo	Radio mayor	Altura de la última vuelta	Numero de vueltas
24	22.21	11.98	5.37	3
52	27.3		6.77	
53	45.12	22.54	10.72	3
68	40.95	24.01	11.58	3
75			9.35	
78	33.57	16.56	8.02	3
83	31.3	15.65	6.72	

Todos los ejemplares son moldes externos, la escultura de las costillas se encuentra bastante conservada, estos ejemplares se encuentran en diferentes ángulos al plano de estratificación. Algunos ejemplares como el 28, 68 y 77 están completos, pero los demás

son fragmentos sólo se puede apreciar la última vuelta. En esta última vuelta se alcanzó a rellenar antes de quedar fosilizados, probablemente se haya llegado a saturar todo el organismo, la cámara de habitación y el fragmocono, pero esto no es posible saberlo ya que la roca en la cual se encuentran asociadas estas conchas fósiles están rotas, debido al fracturamiento ortogonal y perpendicular por el plegamiento.

Cuadro 13. Son las medidas tomadas a *Orthechioceras jamesdanae* proveniente del estrato “D”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Orthechioceras jamesdanae</i>	Diámetro máximo	Radio mayor	Altura de la última vuelta	Numero de vueltas
11	30.78	18.36	10.41	3
5	27.67	16.63	9.23	3
32	17.04	9.27	5.20	3
34	24.97		6.94	3
21	27.96	13.98	6.26	
28	22.36	12.91	5.8	3
18	20.85	12.43	6.63	3
62	27.53		8.35	3
40	22.06	12.91	6.86	2
37	9.90	6.20	3.13	2
16			9.45	
15	19.16	9.58	5.54	3
38	10.46	6.25	3.65	2
22	20	11.04	5.08	3
41	33.50	17.7	11.01	3
42	33.00	18.2	11.74	3

Los restos fósiles de esta especie son los más abundantes del afloramiento. Existen varios fragmentos de Amonoideos no identificables rotos o cubiertos de sedimento. La mayoría de los ejemplares se encuentran completos, sólo cinco de estos se encuentran incompletos.

Cuadro 14. Son las medidas tomadas a *Paltechioceras tardecrescens* proveniente del estrato "D".

<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	Diámetro máximo	Radio mayor	Altura de la última vuelta	Numero de vueltas
26	27.28	16.16	8.70	3
27	22.71	13.16	6.16	3
54	33.24	19.98	6.53	3
19	28.01	15.96	8.16	3
29	24.24	13.54	6.45	3
55	23.51	10.53	5.37	3
56	24.34	10.83	6.94	3
60	29.24	15.98	7.75	3
21	30	19.53	9.83	3

Todos los ejemplares son moldes internos de concha, estos ejemplares se encuentra sobre un plano inclinado pero en diferentes ángulos al plano de estratificación. Hay fragmentos de amonites en las mismas rocas en la que se encuentran los ejemplares de entre 4 y 6 mm. Mas de la mitad de los ejemplares de esta especie están completos tres de estos ejemplares se comenzaban a rellenar de sedimento en la cámara de habitación antes de quedar fosilizados, algunas conchas fósiles están rotas, debido al fracturamiento ortogonal y perpendicular por el plegamiento.

Cuadro 15. Son las medidas tomadas a *Orthechioceras pauper* y *Paltechioceras burckhardti* proveniente del estrato "D". Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Orthechioceras pauper</i>	Diámetro máximo	Radio mayor	Altura de la última vuelta	Numero de vueltas
17	31.89	17.10	9.87	3
10	33.97	20.49	9.74	3
13			9.93	
36	32.49	17.73	9.78	3
<i>Paltechioceras burckhardti</i>				
61	31.56	15.75	7.46	3
35	37	21.57	9.27	3
66	27.31	16.21	8.60	3

Todos los ejemplares son moldes internos, se encuentran bastante maltratados pero completos, en la mayoría no se observa el ombligo ni la primera vuelta, solo se aprecia una capa cerosa en el centro. Dentro de una misma roca se encuentran Ammonoideos en diferentes ángulos y posiciones conforme al plano de estratificación.

Solo un ejemplar se encuentra relleno en la cámara de habitación. Algunas conchas fósiles están rotas, debido al fracturamiento ortogonal y perpendicular por plegamiento. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros. Algunos especímenes solo presentan la última vuelta de la concha, a la cual se le tomo medida y se incluye este dato en las tablas.

DATOS MERÍSTICOS DEL ESTRATO “E”

Cuadro 16. Son las medidas tomadas a *Paltechioceras rothpletzi* proveniente del estrato “E”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Paltechioceras rothpletzi</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
11	16.34	12.23	9.32	4.23	2
9	19.68	9.55	11.78	7.14	3
5	23.59	17.68	12.12	5.27	3
12	27.39	21.18	13.9	10.4	3
9				6.83	

Cuadro 17. Son las medidas tomadas a *Paltechioceras tardecrescens* proveniente del estrato “E”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
1	60.40	5.80	4.10	2.38	2
2	60.42	5.67	3.91	2.35	2
3	6.04	5.10	3.80	2.41	2
7	15.58	10.24	8.74	4.50	2
13	11.55	10.15	6.74	3.41	2

Cuadro 18. Son las medidas tomadas a *Paltechioceras mexicanums* proveniente del estrato “E”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Paltechioceras mexicanum</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
6	30.37	24.57	14.47	6.34	4
14	43.02	31.12	25.28	11.16	3

Cuadro 19. Son las medidas tomadas a *Orthechioceras jamesdanae*, *Orthechioceras incaguasciense*, *Orthechioceras pauper*, proveniente del estrato "E". Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Orthechioceras jamesdanae</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
8	14.12	8.87	8.16	4.34	1
10	20.34	16.11	10.17	5	3
9				4.29	
14	20.02	17.10	10.33	4.64	3
<i>Orthechioceras incaguasciense</i>					
5	56.67	31.27	24.47	8.34	4
<i>Orthechioceras pauper</i>					
11	21.16	16.23	11.53	5.8	3

Cuadro 20. Son las medidas tomadas a *Proclivioceras* y *Phylloceras sp.* provenientes del estrato "E". Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Proclivioceras</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
2				31.23	
<i>Phylloceras sp.</i>					
4	40.22	29.02	25.83	25.83	1

Algunos especímenes sólo presentan la última vuelta de la concha, a la cual se le tomó medida y se incluye este dato en las tablas. Todos los ejemplares son moldes internos, se encuentran bastante maltratados, pero completos, en la mayoría no se observa el ombligo ni la primera vuelta. Los Ammonoideos se encuentran conforme al plano de estratificación.

En algunos ejemplares al ser sólo la mitad de la concha lo que se preservó, se infirió el diámetro máximo con ayuda de la geometría, para obtener mayor número de datos para el análisis de tallas.

DATOS MERÍSTICOS DEL ESTRATO “F”

Cuadro 21. Son las medidas tomadas a *Paltechioceras tardecrescens* proveniente del estrato “F”.

<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
2	9.82	7.94	5.23	3.30	2
3	21.89	18.49	12.81	5.30	3
5	28.73	21.25	12.35	9.43	3
6	5.14	4.37	3.15	1.87	2
7	22.42	14.80	9.84	5.20	3
10	26.67	19.86	17.12	9	1
25	29.83	23.28	17.46	7.58	3
22	44.02	35	23.21	9.56	4
27	13.13	10.13	7.46	4.57	2
30	7.05	5.58	4.46	2.73	1
31	12.86	9.22	7.87	4.04	2
26	8.38	6.09	4.25	2.27	1
34	15.71	11.47	9.08	4.32	2
33	22.42	16.83	11.39	5.88	2

Cuadro 22. Son las medidas tomadas a *Orthechioeras pauper* proveniente del estrato “F”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Orthechiceras pauper</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
19	49.42	39.51	25.81	11.07	4
20	65.30	51.28	36.80	14.73	5
21	29.27	25.47	15.90	6.87	3
22	58.34	50.30	31.69	13.87	4
23	46.70	39.17	23.31	9.17	3
24	48.82	36.78	24.39	10.11	3
36	44.68	37.34	22.34	9.42	3
37	56.20	48.22	28.10	11.06	4
38	48.40	39.47	24.21	10.58	4
43				9.38	

Cuadro 23. Son las medidas tomadas a *Paltechioceras mexicanum* proveniente del estrato "F". Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Paltechioceras mexicanum</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
8	41.40	32.24	23.12	9.94	3
28	31.38	27.24	17.19	7.51	3
29	8.73	5.90	4.49	2.74	1
30	16.08	13.57	9.55	3	2
4	14.39	11.56	7.69	4.13	2
13	9	7.20	5.82	2.66	2
39				7.71	
40				7.60	
41				7.61	
42				10.71	

La mayoría de los ejemplares son moldes internos, se encuentran bastante maltratados, pero completos, se encuentran sobre un plano inclinado, pero en diferentes ángulos al plano de estratificación

Cuadro 24. Son las medidas tomadas a los especímenes *Paltechioceras rothpletzi*, *Orthechiceras jamesdanae*, *Orthechiceras incaguasciense*, *Leptechioceras alvarezzi*, provenientes del estrato "F". Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Orthechiceras jamesdanae</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
35				7.94	
32				13.51	
<i>Orthechiceras incaguasciense</i>					
1	56.32	37.66	31.14	10.69	4
2	48.25	31	14.17	7.33	3
<i>Paltechioceras rothpletzi</i>					
8	24.58	18.93	14.06	5.6	3
4	28.34	22.92	12.8	9.3	3
<i>Leptechioceras alvarezzi</i>					
44				8.6	

DATOS MERÍSTICOS DEL ESTRATO “G”

Cuadro 25. Son las medidas tomadas a *Paltechioceras mexicanum* proveniente del estrato “G”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Paltechioceras mexicanum</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
9	38.33	36.16	21.8	10.83	4
18	28.92	26.84	14.46	8.02	3
19	20.30	12.22	10.92	6.04	3
8	44.22	33.60	16.80	9.84	3
27				13.64	

Cuadro 26. Son las medidas tomadas a *Paltechioceras tardecrescens* proveniente del estrato “G”.

<i>Paltechioceras tardecrescens</i>	Diámetro mayor	Diámetro menor	Radio mayor	Altura de última vuelta	No. de vueltas
5	25.75	19.89	15.06	6.57	3
6	15.32	12.09	10.45	5.29	3
3	21.31	16.57	11.15	5.05	3
14	31.23	24.70	17	7.8	3
24	34.01	27.38	17.32	8.44	3
23	31.78	25.32	26	11.15	3
22	22.35	19.68	11.44	6.49	3
21	19.84	15.36	10.18	5.94	2
17	12.28	9.81	7.35	3.43	3
32	33.36	25.68	16.68	7.94	3
25	35.53	28.45	21.56	8.90	3
28	23.50	18.16	14.68	7.17	3
29	12.95	10.76	7.02	3.73	2
30	34.36	26.38	16.04	8.79	3
31	21.40	16.94	12.21	8.93	3
33	47.20	37.69	25.67	12.91	3

Cuadro 27. Son las medidas tomadas a *Orthechioceras incaguasciense*, *Orthechioceras jamesdanae* proveniente del estrato “G”. Las medidas se encuentran expresadas en milímetros.

<i>Orthechioceras incaguasciense</i>					
34	64.88	46.62	23.31	10.79	5
10	59.88	33.75	30.92	10.33	4
35	59	42.3	24.8	9.89	3
<i>Orthechioceras jamesdanae</i>					
15				3.98	
36				2.82	
37				6.57	
38				7.86	

La mayoría de los ejemplares son moldes internos, se encuentran bastante maltratados pero completos, se encuentra sobre un plano inclinado, pero en diferentes ángulos al plano de estratificación. Un gran número de estas conchas se encuentran completas, que al separar la roca se obtiene moldes externos e internos. Los amonoideos se encuentran conforme al plano de estratificación. Las rocas en las cuales se encuentran asociadas estas conchas fósiles están rotas debido al fracturamiento ortogonal y perpendicular causado por el plegamiento. En algunos ejemplares al ser solo la mitad de la concha lo que se preservó se infirió el diámetro máximo con ayuda de la geometría, para obtener mayor número de datos para el análisis de tallas.

	Número de Lámina	1	2	4 Arena fina	4 Arena media	4 Arena Gruesa	3	8 Town	Nodulo de pedernal	6	5
% Granos	Cuarzo	20%	40 a 50%	20%	90%	90%	20 a 30 %	40 a 50%	25 A 30 %	30 a 40%	30%
	Feldespatos	20%	10 a 15#	20%	Ausente	Ausente	20%	10%	20%	20 a 25%	10-20%
	Granos líticos.	Ausente	- 15 %	5%	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	5 a 10%	Ausentes
	Micas	2 a 5 % .Mks Fh Blcs	-1%	-1%	Ausente	Ausente	1 a 2 %	2%	Ausente	-1%	0.5%
	Bioclastos	Bvlbs Pllts.	Mcrofsil.	Mcrfsls.	Ausente	Ausente	Mcrfsls.	10% de Micrfsls y Macrfsls	Micrfsls y Plts	Mlks	5%
	Otros	Mz Lmsa	10% de Crps opcs de Hem. Mz Lim/Arcllso	Frrmgs Mcv.	9% de Mz Hem 1% de Opcs.	Pigclsa Orblda Ortrpxn	30% de MzLmsa 1% de Opcs. 3% de Frrmgs	Menos de 5% de Frrmgs	2% de Clrt 15% de Opcs 105 de Mz Arcllsa	Opcs. 30% Frrmgs 1% Mz Arclls Lmsa	
Textura	Redondeo	Reds a Subreds.	Sbangs a Reds.	Felds/ SubAngs Frrmgs/ Angs Cz/ Angs a SubAngs	Cz Reds	Cz Reds a algunos Angs	Angs a Reds.	Sbangs a Reds.	Sbangs a Reds	Sbangs a Reds	Angs a Reds
	Esfericidad	Esf a Subesf	Sbesf. a Sbplnr	Cz/ Plnrs a SubEsf Felds/Plnrs a SubEsf Frrmgs/Esf	Cz Esf	Cz poco Esf	Esf a Plnrs	Lamr. a Sbesf.	Sbesf. a Sbplnr	Angs a Esf	SubLamr. a Sbesf.
	Sorteo	Bselec.	½ selecc	Bselec. a Mbselecc	Mlsellec.	Mlsellec	Bselec.	Bselec.	½ selecc	½ selecc	Bselec.
	Empaciamiento	Gstp	Uxmz	Mz Lima	MzCaotk.	Mz Clcara Con Clrt	Lx. Alt/lins	Alt de Cps Clars y Obscrs	Alt de Cps Clars y Obscrs	Grns no se tocan unidos por Mz	Alt de Cps Clars y Obscrs
	Orientación del grano	Opcpe Noimrcds	Ausente	Ligera Opcpe.	Ausente	Ausente	Opcpe	Clsts y Mks Altnvmte	Opcpe	Ausente	Opcpe

Cuadro 28. Descripción de láminas delgadas de la secuencia " El Bopo " donde se observan los parámetros propuestos por Tucker (2001), para secciones delgadas de roca.

	Número de Lámina	1	2	4 Arena fina	4 Arena media	4 Arena Gruesa	3	8 Centro	Nódulo de pedernal	6	5
Textura	Cemento	Arcllso.	Arc Hem.	Lim Hem.	Hem	Hem y CO ₃	Lim / Hem.	Arclla y/o Hem	Arc Hem.	Arclla y Lim	Lim Arcllso Hemtsdo
	Remplazamiento	Limconvt/ Arc	Ausente.	Ausente.	Ausente	Ausente	Felds. por Arcs.	Ausente	Felds. por Arcs.	Ausente	Clrt por Arc
	Compactación	Cntcts cnvs_cvxs	Lgra	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Algunos Cntcts Plnrs	Plnr y Cntcts cnvs_cvxs	Ausente	Cmprcin de Cpas alrededor de los Fsls
	Porosidad	Frac. Ort. Rellna Hem	Grts/ Rellna Hem.	Ausente	Ausente	Ausente	Frac. Ort. Rellna Hem.	Ausente	Ausente	Frac. Ort. Rellna de Cz y Hem	Grietas Rellna de Cz
	Tipo de arenisca	Arnk/fn/qztk.	Qrzo/Arnsk/Arksltk	Qrzoarnta Fldsptk.	Crzta ltk	Arn Grsa Clcara	Lim / Aren.	Alt de Cuarzt y Limt	Czarnta Arksk	Arnk Qrzo Fldsptk	Lim / Aren
Ambiente deposicional	Pltfm Nertk Med a Distl	Pltfm Nertk Proxmi	Pltfm Nertk S, Proxmi	P SubM	Pltfm Nertk S cercano a P de Cnts Rdos	Pltfm Nertk S, Dist	Pltfm Nertk Prox a Med	Pltfm Rstgd	Pltfm Nertk Med inclinada o Dist	Pltfm Nertk Prox a Med SubM	

Simbología: **Alt** : Alternancia; **Alt/Lins**: Alternancia de líneas de estratificación de dos tipos de sedimento; **Altrndmt**: Alternadamente; **Angs**; Angulosos, **Arc**: Arcilla; **Arcllso**: Arcilloso; **Arksk**: Arkosica; **Arnk/fn/Qztk**: Arenisca fina quarcítica; **Bles**: Blancos; **Bselecc**: Bien seleccionados; **Bvlbs**: Bivalvos; **Clrea**: calcárea; **Clrt**: Clorita; **Clars**: Claras, **Cmpren**: Compresión; **Cnctscncvs/convxs**: Contactos cóncavos convexos; **CnctPlnrs**: Contactos planares; **CntsRrdos**: Cantos rodados; **Cps**: Capas; **CrpsOpes**: Cuerpos Opacos; **Crztalk**: Cuarzita lítica; , **Cz**; Cuarzos **Dst**: Distal; **Esf**: Esféricos; **FracOrt**: Fractura Ortogonal; **Frmgn**: Ferromagnesianos; **Fsls**: Fósiles; **Grns**: Granos; **Grts**: Grietas; **Gstp**: Granos se tocan poco; **Hem**: Hematizada; **Hmtzd**: Hematizado; **Lim**: Limo; **Ligra**: Ligera, **Lmsa**: Limosa; **Ltk**: Lítica; **Lx**: Laxo; **Lamr**; Laminar, **MacrFosls**: Microfósiles; **Mbselecc**: Muy bien seleccionados; **Mcro**: Microfósiles; **Med**: Media; **Mlselecc**: Mal seleccionados; **Mlsks**; Moluscos; **MzaCaotk**: Masa caótica; **Mcv**; Moscovita, **Mks**; Micas **Mz**; Matriz, **Nimbricds**: No imbricados; **Obscrs**: **Obscuros**, **Opce**: Orientación de los granos conforme al plano de estratificación; **Orbld**: Orleña; **Orprehrztl**: Orientación de los granos preferente con el plano horizontal; **OrtPrxn**: Ortopiroxeno; , **Ortog**; Ortogonales, **P**: Playa, **Pgclsa**: Plagioclasa; **Pllts**: Pellets; **Plnr**: Planar; **Pltfm Nertk**: Plataforma nefrítica; **Prox**: Proximal, **Qrzo arnt Fldspk**: Cuarzo arenita feldespática; **Qrzo/Arnk/Arksltk**: Cuarzo arenita feldespática; **Reds**; Redondeados, **RellenHem**: Relleno de Hematita; **Rstd**: Restringida; **S**: Somera; **SSbEsf**; Sub esféricos; **Sblam**: Sublaminar; **SbPlnrs**: Subplanares; **Sbreds**: Subredondeados; **SbM**: Submareal, **Sbangs**: Subangulosos, **Uxmz**: Granos Unidos por matriz; $\frac{1}{2}$ **sellec**: Medianamente seleccionados.



Figura 65. Fotografía del estrato "A", donde se observa que es un amplio bloque masivo en el que no se observan sus límites, de todo ese espesor se colectaron indistintamente los fósiles.

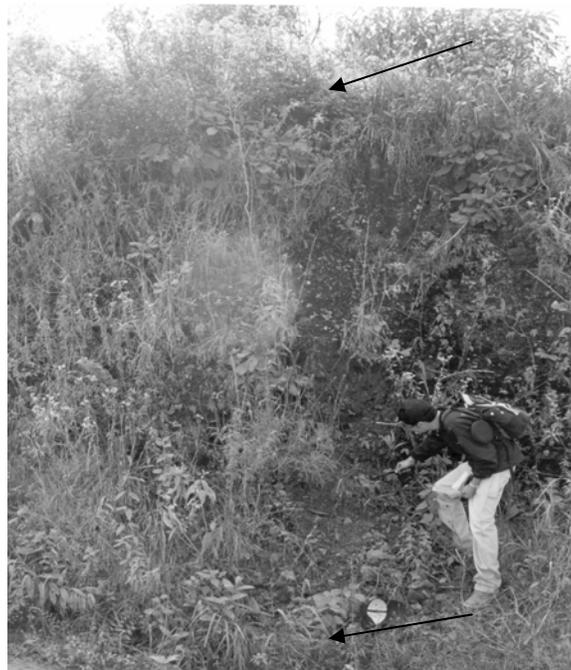


Figura 66. Fotografía del estrato "B", es un bloque en el que no se observan sus límites y solo afloran 2.5 m de rocas con contenido fósil.



Figura 67. Fotografía del estrato “C”, es el estrato de mayor espesor, en este se colecto indistintamente tanto de la base como de la cima rocas con contenido fósil.



Figura 68. Fotografía del estrato “D”. en este estrato solo se colecto la parte del bloque que se observa que no tiene vegetación encima un espesor aproximado de tres metros.



Figura 69. Fotografía del estrato “E”, este posee un amplio espesor, la erosión y la falta de vegetación dejaban al descubierto varios metros de rocas con contenido fósil.



Figura 70. Fotografía del estrato “F”, este afloraba aproximadamente 1.5 m sobre un camino de herradura la mayoría del material colectado se encontraba enterrado y medianamente conservado.



71. Fotografía del estrato “G”, este estrato afloraba aproximadamente un metro sobre un camino de herradura la mayoría del material colectado se encontraba suelto y muy poco conservado.

