

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



CORRELACIÓN MICROFAUNÍSTICA MEDIANTE EL USO DE  
FORAMINÍFEROS Y PALEOBIOTA ASOCIADA ENTRE LAS FORMACIONES  
CUESTA DEL CURA Y AGUA NUEVA PERTENECIENTES AL CRETÁCICO  
SUPERIOR (CENOMANIANO-TURONIANO), EN ALGUNAS LOCALIDADES  
DEL NORESTE DE MÉXICO.

Por

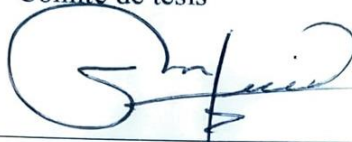
MIROSLAVA CORONADO DÍAZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS  
Con acentuación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo Sustentable

2022

CORRELACIÓN MICROFAUNÍSTICA MEDIANTE EL USO DE  
FORAMINÍFEROS Y PALEOBIOTA ASOCIADA ENTRE LAS FORMACIONES  
CUESTA DEL CURA Y AGUA NUEVA PERTENECIENTES AL CRETÁCICO  
SUPERIOR (CENOMANIANO-TURONIANO), EN ALGUNAS LOCALIDADES  
DEL NORESTE DE MÉXICO.

Comité de tesis



---

Dr. Luis Encarnación Silva Martínez  
Director de Tesis



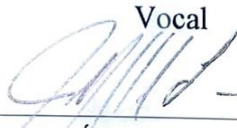
---

Dr. Antonio Leija Tristán  
Secretario



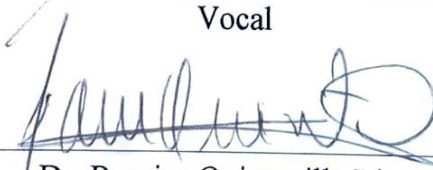
---

Dra. Susana Favela Lara  
Vocal



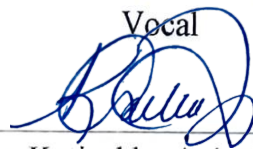
---

Dr. Jesús Ángel de León González  
Vocal



---

Dr. Ramiro Quintanilla Licea  
Vocal



---

Dra. Katiushka Arévalo Nieto  
Subdirectora de Posgrado



DIRECCIÓN DE POSGRADO

CORRELACIÓN MICROFAUNÍSTICA MEDIANTE EL USO DE  
FORAMINÍFEROS Y PALEOBIOTA ASOCIADA ENTRE LAS FORMACIONES  
CUESTA DEL CURA Y AGUA NUEVA PERTENECIENTES AL CRETÁCICO  
SUPERIOR (CENOMANIANO-TURONIANO), EN ALGUNAS LOCALIDADES  
DEL NORESTE DE MÉXICO.

Dirección de Tesis



---

Dr. Luis Encarnación Silva Martínez  
Director

DERECHOS RESERVADOS ©  
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta Tesis está protegido, el uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material contenido que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde se obtuvo mencionando al autor o autores.



Most men and women, by birth or nature, lack the means to advance in wealth or power, but all have the ability to advance in knowledge.

*-Pythagoras*

La mayoría de los hombres y mujeres, por nacimiento o naturaleza, carecen de los medios para avanzar en riqueza o poder, pero todos tienen la capacidad de avanzar en conocimiento.

*-Pitágoras*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Ciencias Biológicas por brindarme las herramientas necesarias para continuar formándome como profesionista.

También quiero agradecer a la Subdirección de Posgrado de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL por brindarme las becas que hicieron posible mi formación académica al no contar con un respaldo económico por parte del programa de becas de CONACYT.

Quiero agradecer de igual manera a mi comité de tesis: Dr. Luis Silva, Dra. Susana Favela, Dr. Antonio Leija, Dr. Jesús Ángel de León y Dr. Ramiro Quintanilla por brindarme el tiempo y las herramientas requeridas para la realización de esta investigación, asimismo por sus consejos, correcciones y facilitación de equipo.

Por último y no menos importante quiero agradecer al Laboratorio de Paleobiología y su equipo de trabajo por facilitarme las herramientas y equipo necesario durante todo el tiempo que se llevó a cabo la presente investigación.

## DEDICATORIA

*A mis padres Ernesto y Elida*

Muchas gracias por seguir apoyándome en mi carrera profesional, gracias por los sacrificios que hicieron para ayudarme con los gastos durante estos tres años. Este título no solo es mío sino también de ustedes.

*A mi hermano Tito*

No importa cuánto tiempo te lleve lograr lo que te propongas no renuncies a ello y espero algún día verte en lugar en donde estoy ahora.

*A mi familia*

Gracias por seguir animándome a seguir adelante en el camino de la ciencia.

*A mi paleofamilia*

Greta, Gaby, Luis, Lalo, Roger y el Profe Chon quienes siempre estaban ahí para apoyarme cuando lo necesité, sobre todo en las salidas de campo, gracias por su amistad sincera, por las risas a la hora de la comida, por las pláticas de sobremesa y los chismes. Todos ustedes tienen un lugar muy especial en mi vida y se han convertido en mi familia por elección.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1. Geológicos.....	2
2.2. Bioestratigráficos.....	3
2.3. Paleontológicos.....	4
2.4. Paleoecológicos.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	7
4. HIPÓTESIS.....	8
5. OBJETIVOS.....	9
5.1. Objetivo general.....	9
5.2. Objetivos específicos.....	9
6. LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO.....	10
7. MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
7.1. Material.....	11
7.2. Métodos.....	11
7.2.1. Gabinete I: Consulta de literatura.....	11
7.2.2. Campo.....	11
7.2.3. Laboratorio.....	12
7.2.4. Gabinete II: Interpretación de resultados.....	13
8. MARCO GEOLÓGICO.....	14
8.1. Geología estructural.....	14
8.2. Paleogeografía.....	14
8.3. Estratigrafía del área de estudio.....	19
8.4. Definición de las Formaciones de estudio.....	21
8.4.1. Cuesta del Cura.....	21
8.4.2. Agua Nueva.....	22
9. DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA.....	24
9.1. Facies sedimentarias.....	24

10. BIOLOGÍA DEL GRUPO.....	31
10.1. Foraminíferos.....	31
10.2. Radiolarios.....	34
10.3. Pelecípodos.....	35
10.4. Braquiópodos.....	36
10.5. Equinodermos.....	37
10.6. Algas calcáreas.....	38
10.7 Ostrácodos.....	39
10.8 Poríferos (Espículas de esponjas silíceas).....	40
11. RESULTADOS.....	42
11.1. Descripción y litología.....	42
11.2. Análisis microfacial e Interpretación paleoambiental.....	48
11.3. Bioestratigrafía.....	60
11.3.1. Inferencia de edad.....	72
11.3.2. Biozonación.....	73
11.3.3. Correlación bioestratigráfica.....	75
11.4. Definición de bioeventos.....	76
11.4.1. Índices ecológicos.....	77
11.4.1.1. Índice de Shannon-Wiener.....	77
11.4.1.2. Índice Dominancia de Simpson.....	78
11.4.1.3. Índice de Margalef.....	80
11.5. Paleontología sistemática.....	82
12. DISCUSIÓN.....	105
13. CONCLUSIÓN.....	109
14. PERSPECTIVAS.....	111
15. BIBLIOGRAFÍA.....	112
16. RESUMEN BIOGRÁFICO.....	120
ANEXO.....	122

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias de criterios en las clasificaciones de Folk (1962) y Dunham (1962).	25
Tabla 2. Diferencias en los modelos Wilson (1975) y Flügel (2010).	27
Tabla 3. Niveles de oxígeno disuelto en el agua (Tomada de Allison <i>et al.</i> , 1990)	29
Tabla 4. Cantidad de fauna bentónica basada en el nivel de oxigenación del agua (Tomada de Allison <i>et al.</i> , 1990).	30
Tabla 5. Resultados generales de los criterios fisicoquímicos de las rocas la Formación Cuesta del Cura.	43
Tabla 6. Resultados generales de los criterios fisicoquímicos de las rocas la Formación Agua Nueva.	45
Tabla 7. SMF y FZ para ambas localidades.	49
Tabla 8. Microfacies de las laminillas de la Formación Cuesta del Cura.	50
Tabla 8. Continuación.	51
Tabla 8. Continuación (2).	52
Tabla 9. Microfacies de las laminillas de la Formación Agua Nueva.	52
Tabla 9. Continuación.	53
Tabla 9. Continuación (2).	54
Tabla 10. Contenido micropaleontológico de la Formación Cuesta del Cura.	55
Tabla 10. Continuación.	56
Tabla 11. Contenido micropaleontológico de la Formación Agua Nueva.	57
Tabla 10. Continuación.	58
Tabla 10. Continuación (2).	59
Tabla 10. Continuación (3).	60
Tabla 11. Correlación de ambas localidades en el municipio de Iturbide, Nuevo León.	76
Tabla 12. Taxonomía de especies de foraminíferos encontrados en las Formaciones Cuesta del Cura y Agua Nueva.	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio (Tomado y modificado de Google Earth).....	10
Figura 2. Patrones sedimentarios en el noreste del territorio mexicano. (Tomado de Padilla y Sánchez, 1986).....	15
Figura 3. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Berriasiano-Valanginiano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).....	16
Figura 4. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Hauteriviano-Aptiano temprano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).....	17
Figura 5. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Aptiano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).....	17
Figura 6. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Albiano temprano-Cenomaniano tardío. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).....	18
Figura 7. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Turoniano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).....	19
Figura 8. Columna geológica presente en la zona de estudio (Tomado de Loaeza-García, 2008).....	21
Figura 9. Microestructura de una roca carbonatada vista a través de lámina delgada.....	24
Figura 10. Clasificación de Folk para rocas carbonatadas (Tomada de Folk, 1962).....	25
Figura 11. Clasificación de Dunham para rocas carbonatadas (Modificado de Flügel, 2010).....	26
Figura 12. Apariencia de los aloquímicos biológicos en lámina delgada (Tomado de Santana-Salas, 2012).....	26
Figura 13. Zonas de Facies y Microfacies estandarizadas (Tomado de Jenchen, 2006)...	27
Figura 14. Ambientes marinos de depósito (Tomado de Santana-Salas, 2012).....	28
Figura 15. Tolerancia de grupo de organismos actuales a distintos grados de salinidad. (Tomado de Santana-Salas, 2012).....	29

Figura 16. Esquema general de un foraminífero vivo (Tomado de Spencerwizard, 2006).....	31
Figura 17. Vistas de foraminíferos en diversos cortes de lámina delgada (Tomado de Santana-Salas, 2012).....	32
Figura 18. Principales morfologías de pared calcárea de las conchas de los foraminíferos (Tomado de Morales-Juárez, 2019).....	33
Figura 19. Ciclo alternante de reproducción en los foraminíferos (Tomado de Calonge <i>et al.</i> , 2001).....	33
Figura 20. Estructura general de un radiolario (Tomado de Ruppert, 1996).....	34
Figura 21. Ciclo reproductivo de los radiolarios (Tomado de Brusca, 2003).....	35
Figura 22. Reemplazamiento de una concha de aragonito por calcita (Modificado de Tucker y Wright, 1990).....	36
Figura 23. Fragmento de pelecípodo en donde se observa: A) Un reemplazamiento por calcita formando cristales prismáticos; B) La estructura interna constituida por tres capas; C) Fractura ocasionada por la compactación (Modificado de Santana-Salas, 2012).....	36
Figura 24. Fragmento de la concha de un braquiópodo en donde se pueden distinguir sus perforaciones (Modificado de Santana-Salas, 2012).....	37
Figura 25. Morfologías de restos de equinodermos en lámina delgada (Modificado de Flügel, 2004).....	38
Figura 26. Fragmentos de equinodermos en donde se observa: A) Placa de equinodermo en una matriz biomicrítica; B) Fragmento de espina con el centro sólido; C) Espina en matriz micrítica (Modificado de Santana-Salas, 2012).....	38
Figura 27. Cortes en algas dasicladáceas en lámina delgada (Modificado de Flügel, 2004).....	39
Figura 28. Algas filamentosas en matriz biomicrítica (Modificado de Santana-Salas, 2012).....	39
Figura 29. Ostrácodo que muestra ambas valvas y relleno calcítico (Modificado de Santana-Salas, 2012).....	40
Figura 30. Matriz biomicrítica donde se aprecian espículas señaladas con triángulos amarillos. (Tomado de Santana-Salas, 2012).....	40
Figura 31. Variedad de microescleras (Tomado de Morales-Juárez, 2019).....	41
Figura 32. Litología observada y coloración en fresco de la Formación Cuesta del Cura.	42
Figura 33. Calizas tipo chevrón.....	42
Figura 34. Litología observada y coloración en fresco de la Formación Agua Nueva.....	44



Figura 35. Capas negras características de la Formación Agua Nueva.....	44
Figura 36. Columna del perfil estratigráfico de la Formación Cuesta del Cura, a escala 1:200.....	46
Figura 37. Columna del perfil estratigráfico de la Formación Agua Nueva, a escala 1:200.....	47
Figura 38. Texturas microfaciales en las laminillas de ambas Formaciones.....	49
Figura 39. Ubicación de ambas localidades en el perfil batimétrico de acuerdo a las SMF y FZ.....	50
Figura 40. Aspecto de varios grupos de microfósiles presentes en lámina delgada (Tomado de Santa-Salas, 2012).....	65
Figura 41. Foraminíferos planctónicos reemplazados parcialmente por óxidos de hierro.....	66
Figura 42. Fragmentos de pelecípodos encontrados en las muestras de la Formación Agua Nueva (señalados con una flecha).....	67
Figura 43. Calcisferúlidos encontrados: A) <i>Calcisphaera</i> sp; B) <i>Stomiosphaera</i> sp; C) <i>Pithonella ovalis</i> .....	68
Figura 44. Espículas o escleritas de poríferos y radiolarios: A y B) Espículas de esponja; C y D) radiolarios.....	68
Figura 45. Representantes de otros grupos de microfósiles: A) braquiópodo; B y E) placas de equinodermo; C) ostrácodo; D) micro-molusco; F) filamentos algales.....	69
Figura 46. Aloquímicos inorgánicos: A) pellets; B y C) granos de óxido de hierro; D) cristales de esparita.....	70
Figura 47. A) <i>Marginotruncana schneegansi</i> ; B) <i>M. Renzi</i> ; C) <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> ; D) <i>Clavhedbergella simplex</i> .....	71
Figura 48. A) <i>Rotalipora cushmani</i> ; B) <i>Thalmaninella brotzeni</i> ; C) <i>R. montsalvensis</i> ; D) <i>Anaticinella multiloculata</i> .....	71
Figura 49. A) <i>Planoheterohelix postmoremani</i> ; B) <i>P. globulosa</i> ; C) <i>Globigerinelloides bentonensis</i> ; D) <i>Thalmaninella appenninica</i> .....	72
Figura 50. Rango estratigráfico y biozonación propuesta para el Cenomaniano-Turoniano en Iturbide, Nuevo León.....	72
Figura 51. Zonificación propuesta para el Cenomaniano-Turoniano en Iturbide, Nuevo León.....	73

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Géneros destacados en la Formación Cuesta del Cura.....	61
Gráfica 2. Muestras en donde se presenta la mayor cantidad de ejemplares en la Formación Cuesta del Cura.....	62
Gráfica 3. Géneros destacados en la Formación Agua Nueva.....	62
Gráfica 4. Muestras en donde se presenta la mayor cantidad de ejemplares en la Formación Agua Nueva.....	63
Gráfica 5. Distribución de las especies en cada una de las muestras de la Formación Cuesta del Cura.....	63
Gráfica 5. Continuación.....	64
Gráfica 6. Distribución de las especies en cada una de las muestras de la Formación Agua Nueva.....	64
Gráfica 6. Continuación.....	65
Gráfica 7. Índice de Shannon-Wiener en la Formación Cuesta del Cura.....	68
Gráfica 8. Índice de Shannon-Wiener en la Formación Agua Nueva.....	78
Gráfica 9. Índice de Dominancia de Simpson para la Formación Cuesta del Cura.....	79
Gráfica 10. Índice de Dominancia de Simpson para la Formación Agua Nueva.....	80
Gráfica 11. Índice de Diversidad de Margalef para la Formación Cuesta del Cura.....	81
Gráfica 12. Índice de Diversidad de Margalef para la Formación Agua Nueva.....	81

## **ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

ICM- Iturbide Cuesta Miros

IANM- Iturbide Agua Nueva Miros

CSINL- Cretácico Superior Iturbide Nuevo León

OAE2- Evento Anóxico Oceánico 2

## RESUMEN

Se seleccionaron dos localidades pertenecientes al Cretácico Superior ubicadas en Iturbide, Nuevo León, éstas son exposiciones de las Formaciones Cuesta del Cura y Agua Nueva. Se muestrearon tomando datos diagnósticos *in situ* para elaborar una columna estratigráfica para cada localidad, así también se hizo colecta de muestra de roca en cada una de ellas, la cual fue procesada posteriormente en el laboratorio. Se llevó a cabo un proceso de lámina delgada para todas las muestras de roca para poder realizar un análisis de microfacies y determinar el ambiente de depósito. Asimismo se analizó el contenido microfósil y haciendo uso de foraminíferos se propuso una biozonación basada en foraminíferos para dicha sección. Por último se compararon los resultados de ambas localidades y se definió un posible evento en la Formación Agua Nueva.

Palabras clave: *Formación Cuesta del Cura, Formación Agua Nueva, Cretácico Superior, microfacies, biozonas.*

## ABSTRACT

Two localities belonging to the Upper Cretaceous located in Iturbide, Nuevo Leon were selected, these are exposures of the Cuesta del Cura and Agua Nueva Formations. They were sampled taking *in situ* diagnostic data to elaborate a stratigraphic column for each locality, also rock samples were collected in each one of them, which were later processed in the laboratory. A thin film process was carried out for all rock samples in order to perform a microfacies analysis and determine the depositional environment. The microfossil content was also analyzed and using foraminifera, a foraminiferal-based biozonation was proposed for this section. Finally, the results of both localities were compared and a possible event in the Agua Nueva Formation was defined.

Key words: *Cuesta del Cura Formation, Agua Nueva Formation, Upper Cretaceous, microfacies, biozones.*

# 1. INTRODUCCIÓN

El noreste de México durante el Cretácico Superior se encontraba sumergido en aguas profundas y poco a poco se fue cubriendo por carbonatos y restos de pedernal, dando origen a la Formación Cuesta del Cuera, millones de años después se depositó una mayor cantidad de lutitas que de carbonatos, desarrollándose así la Formación Agua Nueva.

En este trabajo se seleccionaron dos secciones en el municipio de Iturbide, Nuevo León en donde afloran secciones de las Formaciones Cuesta del Cura (identificada como ICM) y Agua Nueva (IANM). Ambas unidades litológicas pertenecen a edades del Cenomaniano-Turoniano (entre 100.5-93.9Ma). Utilizando especies consideradas como fósil índice de foraminíferos se pudo hacer una mejor datación de la edad de los sedimentos.

Conocer los elementos texturales y composicionales de las rocas nos permite conjeturar el ambiente en el que se sedimentó la roca en dichos afloramientos, por ello se recurrió a la técnica de lámina delgada para identificar y analizar la textura, matriz y los aloquímicos físico-biológicos de cada localidad, posteriormente sumando los resultados a los parámetros establecidos por diversos autores se determinó el ambiente de depósito.

Una vez vaciados los resultados del contenido micropaleontológico de cada una de la muestras y basándonos en la propuesta de zonificación de Longoria y Gamper (1977) se llevó a cabo una propuesta de zonificación para el área muestreada en este trabajo.

Por último, se integraron los resultados de ambas localidades y se procedió a realizar una correlación microfaunística (en paleontología significa comparar dos o más Formaciones e interpretar las condiciones que imperaban en dicha zona al momento de la deposición y posterior litificación de los estratos).

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Geológicos

Durante el Cretácico Superior, una serie de arrecifes de coral comenzaron a desarrollarse en las costas de la Isla de Coahuila en un área que ahora incluye el área poniente de Ciudad Acuña y Nuevo Laredo, mientras que el resto del territorio nacional estaba cubierto de carbonatos de aguas someras provenientes del Golfo de Sabinas y por carbonatos que incluían restos de pedernal, que con el tiempo formaron la Formación Cuesta del Cura. Después de aproximadamente siete millones de años, el área se cubrió con aguas marinas, lo que resultó en el desarrollo de cadenas de lutitas carbonatadas con el tiempo, originando así la Formación de Agua Nueva (Padilla y Sánchez, 1986).

Para el territorio noreste de México, el periodo comprendido del Cenomaniano al Turoniano comienza con los depósitos de la Formación Cuesta del Cura, descrita primeramente en 1936 por Imlay para la Sierra de Parras, Coahuila. Continuando con la secuencia en el tiempo geológico le sobreyacen dos Formaciones, las cuales se interdigitan en algunas localidades. La primera de ellas corresponde a la Formación Indidura la cual aflora en Delicias, Coahuila (Kelly, 1936) y posteriormente redefinida por Imlay (1936) para la Sierra de Parras como una unidad litológica compuesta de cinco miembros que son transicionales entre sí y que atañen a capas de lutitas o alternancias de lutitas-areniscas y calizas lutíticas, de coloraciones rosáceas a púrpuras en intemperizado (PEMEX, 1988; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004). La segunda sería la Formación Agua Nueva, la cual en un inicio se propuso como parte de otra unidad litológica, sin embargo Stephenson (1922, *en* Muir, 1936) la reconoció de manera independiente gracias a sus características litológicas y fosilíferas, destacando entre ellos a la especie *Inoceramus labiatus*.

Anteriormente se había realizado trabajos en estas unidades litológicas como parte de estudios regionales sin darle el crédito de ser el objeto de estudio, por eso trabajo más recientes se han dedicado a resaltar los rasgos más particulares de dichas Formaciones, entre ellos destacan descripciones paleontológicas, análisis microfaciales, análisis bioestratigráficos y tafonómicos. Específicamente para la zona norte del estado de Nuevo León, Blanco, *et al.* (2001, 2002, 2014); Blanco y Calvin (2003) mencionan la presencia

de un miembro grueso finamente comprimido en láminas margosas con intercalaciones gruesas de lutitas para la Formación Agua Nueva.

## 2.2. Bioestratigráficos

Una correlación entre unidades geológicas permite ampliar nuestra visión de la historia geológica de una o más regiones. López Ramos (1980) correlacionó a la primera unidad con la Caliza Sierra Madre y las Formaciones Tamaulipas Superior y El Abra. Mientras que Barboza-Gudiño *et al.* (2004) reportan que el techo de la Formación Tamaulipas Superior es su equivalente e interdigita con la Plataforma Valles-San Luis Potosí. Mientras que en EEUU, su equivalente serían las Formaciones Georgetown, Del Rio, Edwards y Buda (Arvizu-Gutiérrez, 2006).

En lo que concierne a la Formación Agua Nueva es posible correlacionarla cronoestratigráficamente con la Formación Indidura, pues ambas afloran en la región sur del estado de Nuevo León, guardando la misma posición estratigráfica con respecto a la Formación Cuesta del Cura. Asimismo estas dos unidades litológicas se correlacionan en tiempo con la Formación Eagle Ford, pues su macrofauna fósil es similar (Padilla y Sánchez, 1978a; Santamaría *et al.*, 1991).

El principal objetivo de la Bioestratigrafía es datar de manera relativa los estratos de una sección litológica mediante la documentación paleontológica y en las últimas décadas ha recibido la atención que le merece, pues es ella la que nos lleva a conocer las condiciones de vida de los organismos en el tiempo en que vivieron, así como las situaciones y procesos que los llevaron a fosilizarse y quedar como registro en las rocas (De Renzi *et al.*, 1975).

En la década de los años 70 se realizaron una serie de estudios bioestratigráficos en diversas localidades del noreste de México, en dichos estudios se propuso una biozonación basada en foraminíferos para las Formaciones Cuesta del Cura (en la Sierra Comancheana) y Agua Nueva (en la Sierra de Picachos), las biozonas propuestas fueron la Zona *Ticinella breggiensis* (Cuesta del Cura) y las zonas *Thalmaninella brotzeni*, *Th. Greenhornensis* y *Rotalipora cushmani* para la Formación Agua Nueva (Longoria, 1975).



Posteriormente se propone establecer el límite Cretácico Inferior/Cretácico Superior mediante una zona de intervalo *Thalmaninella ticinensis/Thalmaninella evoluta*, la cual queda marcada con la primera aparición evolutiva de los hedbergellidos quillados (Longoria, 1977a). Por el contrario Gamper (1977) menciona que la Formación Cuesta del Cura es remarcable por la presencia de *Planomalina buxtorfi*, la cual está asociada a *Th. evoluta* en su sección basal, en cuanto a la sección media, se encuentra la presencia de *Rotalipora montsalvensis* y *R. turonica* y en su parte superior la primera aparición de los hedbergellidos quillados; mientras que la Formación Agua Nueva su base se representa por *Dicarinella* sp., *Th. brotzeni*, *Th. appeninica*, *R. cushmani* y *Helvetoglobotruncana helvetica*, ubicando a la sección del Anticlinorio Huizachal-Peregrina en el Turoniano.

El Cretácico Superior fue dividido en 14 biozonas de foraminíferos por Longoria (1977b), marcando el límite Albiano/Cenomaniano con la zona *Thalmaninella evoluta* y el límite Cenomaniano/Turoniano por la primera aparición estratigráfica de los hedbergelloideos biquillados. Por su parte Ifrim y Stinnesbeck (2007, 2008) han enfocado sus investigaciones en secuencias del Cenomaniano-Turoniano al noreste del territorio mexicano, reconociendo algunos inoceramidos y ammonoideos, creando una correlación entre Estados Unidos y Europa.

### **2.3. Paleontológicos**

Los foraminíferos son organismos unicelulares e integran un grupo bastante abundante en el registro microfósilífero, de ahí su notable papel dentro de la Paleobiología, pues características como su evolución, su grado de complejidad, su variabilidad en tamaño y su tipo de ecología los convierte en extraordinarios taxa para estudiar el pasado. Anatómicamente cuentan con una concha o testa calcárea, que los hace excelentes bioindicadores pues se encuentran desde el precámbrico con representantes actuales (Arenillas, 1995; Calonge *et al.*, 2001).

El fósil índice es un fósil que coincide con características específicas como poseer una vasta abundancia, ser fácilmente identificable, estar ampliamente distribuido en un corto período de tiempo y cuya evolución y/o extinción se encuentre totalmente controlada, y

por último estar presente en diversos estratos. Se consideran una herramienta para el establecimiento de biozonas bioestratigráficas a lo largo de la columna geológica (Tarbuck *et al.*, 2005).

Los fósiles que se presentan a lo largo del periodo de tiempo del Cenomaniano-Turoniano son diversos y van aumentando su frecuencia a lo largo de la columna estratigráfica conforme fueron depositándose las Formaciones. Comenzando con la escasa microbiota y macrobiota de la Formación Cuesta del Cura, en donde solo se destaca la presencia de algunos ammonites, impresiones y restos de equinodermos, restos de algas y algunas especies de foraminíferos planctónicos y bentónicos (Padilla y Sánchez, 1982; Stinnesbeck, 1991; Pérez-Cruz, 1993; Ángeles-Villeda *et al.*, 2005; Hernández-Canelo, 2013) le sigue el abundante contenido paleontológico que se encuentra en las Formaciones sobreyacientes, el cual se compone de restos de peces, así como ammonoideos, pelecípodos (en especial del género *Inoceramus* sp.), abundantes foraminíferos planctónicos (mayormente de los géneros *Rotalipora* sp., *Hedbergella* sp., *Globotruncana* sp., *Marginotruncana* sp., *Dicarinella* sp.), calciesferulas y radiolarios (Kelly, 1936; Carrillo-Bravo, 1971; PEMEX, 1988; Santamaría *et al.*, 1991).

Específicamente para la Formación Agua Nueva en la región norte del estado de Nuevo León, Blanco-Piñón *et al.*, (2001, 2002); Blanco-Piñón y Calvin (2003) reportan la presencia de diversos grupos de peces fósiles, reportando nuevas especies, además de nuevos centros de distribución para ciertos taxa ictiológicos.

#### **2.4. Paleoecológicos**

Para la Formación Cuesta del Cura se le ha propuesto un ambiente de depósito de aguas profundas, buen nivel de oxígeno y un aporte continuo de sedimentos (Imlay, 1936; PEMEX, 1988; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004; Ángeles Villeda *et al.*, 2005; Arvizu-Gutiérrez, 2006; Villareal-Fuentes, 2007). Es limitada la cantidad de investigaciones referentes al análisis de ambientes deposicionales para el rango de edad Albiano-Cenomaniano (López-Zúñiga, 2013; Zapata-Martínez, 2015). Por su parte la Formación Agua Nueva es reportada con ambiente de cuenca debido a su contenido microfósilífero,

con una deposición de sedimentos bajo condiciones inestables (Carrillo-Bravo, 1971; PEMEX, 1988; Santamaría *et al.*, 1991).

En su trabajo, Aguilera-Franco (2004) identifica una serie de eventos que indican una sucesión de Cenomaniano-Turoniano en varias comunidades fósiles de la cuenca Guerrero-Morelos en el sur del país, las cuales se pueden correlacionar a anomalías ambientales donde destaca la desaparición de una gran cantidad de organismos bentónicos y algas calcáreas y la primera aparición de *Helvetoglobotruncana helvetica*. También se ha sugerido que el aumento en los isótopos de C13 y los valores de carbono orgánico total (TOC) en las profundidades indica una relación entre el hundimiento de la plataforma y Evento Oceánico Anóxico 2 (OAE2).

Blanco-Piñón *et al.* (2014); Castañeda-Posadas (2014) reportan estructuras biomórficas en pirita sedimentaria, la cual es asociada a eventos de anoxia oceánica. Por su parte Silva-Martínez (2014) menciona que la presencia de la especie *H. helvetica* permite ubicar a la Formación dentro de la biozona de la mencionada especie y que las muestras de roca no mostraban evidencia alguna de la presencia del Evento Anóxico reportado mundialmente. De acuerdo con Núñez-Garibay (2015) en los depósitos de Agua Nueva en el cerro de las Mitras la variabilidad biológica se encuentra ligada a variaciones ambientales en la columna de agua al momento de la deposición de los sedimentos, sin embargo no menciona la presencia o ausencia del OAE.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los estudios relacionados con la reconstrucción de los ambientes del pasado y de sus procesos de sucesión en comunidades faunísticas, ayudan a comprender eventos de diversidad que llevaron a los depósitos de roca el poseer una gran cantidad de materia orgánica en su interior, además de que ayudan a entender todo el proceso de fosilización de un organismo para poder ser aplicados a los estudios de paleoecología. Por otro lado, el uso de pruebas geoquímicas ayuda a disminuir el margen de error de las secuencias geológicas, pues son quienes brindan información más detallada sobre la composición física y química de las rocas.

Debido a que la economía de nuestro país se basa en el comercio de dichos hidrocarburos, es de vital importancia que se les informe sobre las localidades en donde pueden o no extraer dichos recursos, logrando así el menor impacto negativo hacia el ambiente.

## **4. HIPÓTESIS**

Las especies de microbiota y paleobiota asociada en las diferentes localidades pertenecen a un ambiente de cuenca y aguas profundas propias del Cenomaniano-Turoniano.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Establecer una correlación bioestratigráfica de los sedimentos pertenecientes a las Formaciones Cuesta del Cura y Agua Nueva, (Cenomaniano-Turoniano) en el noreste de México.

### **5.2. Objetivos específicos**

1. Establecer la litología de los depósitos del Cenomaniano-Turoniano en el noreste de México.
2. Determinar las microfacies y paleoambiente de los depósitos del Cenomaniano-Turoniano en el noreste de México.
3. Determinar la edad de la columna estratigráfica de los depósitos del Cenomaniano-Turoniano.
4. Determinar las biozonas de los depósitos del Cenomaniano-Turoniano en base a foraminíferos planctónicos y bentónicos y fauna acompañante.
5. Correlacionar estratigráficamente las biozonas de foraminíferos de los depósitos del Cenomaniano-Turoniano.
6. Definir los bioeventos de los depósitos del Cenomaniano-Turoniano a lo largo de la columna estratigráfica.

## 6. LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

Las localidades a estudiar corresponden a dos afloramientos dentro de la Sierra Madre Oriental, ambas pertenecientes al municipio de Iturbide, Nuevo León.

La primera localidad corresponde a la Formación Cuesta del Cura y posee las coordenadas  $24^{\circ}43'53.88''\text{N}$ ,  $99^{\circ}51'48.79''\text{O}$  y la segunda con las coordenadas  $24^{\circ}44'07.06''\text{N}$ ,  $99^{\circ}52'25.32''\text{O}$  correspondiendo a la Formación Agua Nueva. (Fig.1)



Figura 1. Mapa del área de estudio (Tomado y modificado de Google Earth)

El acceso a la zona de estudio es mediante la Carretera Federal N° 85 Monterrey-Linares, luego se gira a la derecha en el entronque con la Carretera Federal N° 58 Linares-Matehuala y el primer punto se ubica a la altura del km 38 y el segundo punto se ubica a la altura del km 40, aproximadamente a cuatro kilómetros de la cabecera municipal.

## **7. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **7.1. Material**

Se constituye de fragmentos de roca (conocidos como muestras de mano), las cuales corresponden a dos localidades ubicadas en el municipio de Iturbide, Nuevo León. La primera localidad corresponde a una sección de la Formación Cuesta del Cura y la segunda localidad corresponde a muestras de la Formación Agua Nueva. Tanto las muestras de mano restantes como las laminillas obtenidas fueron depositadas dentro de la colección científica del Laboratorio de Paleobiología de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

### **7.2. Métodos**

El presente trabajo de investigación se realizó en varias etapas, las cuales se describen a continuación:

#### **7.2.1. Gabinete I: Consulta de literatura**

Primeramente se realizó una búsqueda de literatura de estudios y publicaciones previas de ambas unidades litológicas, para de esta manera definir la logística del presente estudio. En esta etapa también se incluye la preparación, presupuesto y plan de trabajo para las salidas de campo requeridas para la obtención de muestras.

#### **7.2.2. Campo**

En cada una de las salidas de campo que fueron requeridas para la obtención de las muestras de roca se llevó a cabo un levantamiento estratigráfico en primera instancia para ambas secciones, utilizando el protocolo descrito por Compton (1983) mediante el uso de cinta métrica y brújula Brunton. Para la primera localidad se establecieron estaciones para obtener una poligonal abierta, se registró la cantidad de muestras obtenidas de cada estación, también se registró la visual, el rumbo y el echado de cada capa, así como su espesor y su descripción diagnóstica (coloración, el tipo de litología aparente, la presencia de bioturbaciones, así como la presencia o ausencia de pedernal y/o estructuras especiales como vetillas de calcita u óxidos). Para la segunda localidad se establecieron cinco estaciones que contenían paquetes de capas de rocas, dichos paquetes poseían



características similares en cuanto al grosor de las capas así como de su litología, al igual que con la primera localidad se registraron todos los datos en la libreta de campo.

Para la colecta de las muestras para ambas localidades se utilizó un cincel y martillo geológico marca Estwing y se tomó una muestra de mano (400 g), posteriormente se colocaron dentro de bolsas plásticas previamente etiquetadas con la clave que se le asignó a cada localidad. Aunado a esto se realizó un registro fotográfico de ambas localidades.

### **7.2.3. Laboratorio**

El material colectado fue revisado en el laboratorio y se agregaron a los datos obtenidos en campo los siguientes criterios diagnósticos: el tamaño, la forma y tipo textura de los granos, así como el tiempo y la reacción al HCl al 30%, la coloración de la roca en fresco y el olor despedido al contacto con el HCl.

Una vez terminado con las pruebas en el laboratorio se procedió a etiquetar y esmerilar los portaobjetos para la elaboración de las laminillas, para ello se utilizó una cortadora Contempo Lapidary con una sierra diamantada para cortar almohadillas de roca de aproximadamente 0.5 cm de grosor, dicho fragmento fue desbastado y pulido utilizando lijas para agua de distintos grosores de grano (N°80, N°220 y N°1500), una vez lista la almohadilla, ésta se adhirió con pegamento epoxico al portaobjetos y se dejó secar por 24 horas, pasado este tiempo se volvió a desbastar y pulir la roca utilizando la técnica anterior de las lijas hasta obtener una muestra delgada en la lámina que permitiera el paso de la luz del microscopio.

Con las laminillas listas y debidamente etiquetadas se prosiguió a observarlas y tomar registro fotográfico de cada una de ellas, para ello se utilizó un microscopio binocular, marca Leica modelo CME 1349521X, en una libreta se llevó el registro de las características de las microfacies observadas en toda la muestra utilizando los criterios de Folk (1962), Dunham (1962), Wilson (1975) y Flügel (2010), así como de los aloquímicos biológicos y minerales que se encontraban en ella. Posteriormente se elaboró una tabla con la clave de la laminilla y los géneros encontrados en ella. Para su identificación se utilizaron los criterios descritos por Loeblich y Tappan (1988) y la base de datos de Mikrotax (2020).

#### **7.2.4. Gabinete II: Interpretación de resultados**

Para realizar el análisis microfacial y determinar el ambiente de depósito de ambas localidades, se efectuó un análisis basado en los criterios texturales propuestos por los autores anteriormente mencionados, así mismo la interpretación del paleoambiente siguió las pautas establecidas para las facies estándar propuestos por los autores ya mencionados.

Una vez que se tenía el registro de los encontrados en cada de las laminillas se prosiguió a corroborar su edad en la base de datos de Mikrotax para determinar la edad de cada una de las localidades, se realizó con ello una base de datos con las especies observadas en cada una de las muestras.

Para la biozonación se revisaron los trabajos realizados por Longoria y Gamper (1977) sobre la propuesta de zonificación del Cretácico Superior basada en foraminíferos, una vez analizados las especies halladas en este trabajo se procedió a establecer una nueva propuesta de zonificación para el municipio de Iturbide, Nuevo León.

Una vez recabados todos los datos de ambas Formaciones se procedió a correlacionar ambas unidades en una tabla, describiendo las diferencias y similitudes para cada una de las localidades.

Para la definición de posibles bioeventos, como lo marca la literatura con el Evento Bonarelli (OAE) por la presencia de las típicas capas negras, se procedió a realizar un análisis de índices de diversidad en ambas localidades. Los datos recabados en la base de datos fueron vaciados al programa PAST versión 3.20 y se le aplicaron los índices de diversidad alfa: Índice de diversidad de Shannon-Wiener, dominancia de Simpson y diversidad de Margalef.

## 8. MARCO GEOLÓGICO

El accidentado relieve que caracteriza a la Sierra Madre Oriental se debe a la deformación de rocas de la era Mesozoica y a su complejo basal, los cuales fueron elevados, comprimidos y transportados hacia el noreste del territorio nacional durante la Orogenia Laramide. Su composición va desde capas de rocas con origen calcáreo, primordialmente calizas y areniscas, del periodo Cretácico (Eguiluz de Antuñano *et al.*, 2000; Salinas-Rodríguez, 2012). Hacia el sur del estado de Nuevo León, la era Mesozoica dejó una gran cantidad de afloramientos que abarcan desde el periodo Triásico, en específico del Jurásico Superior hasta el Cretáceo Superior, en donde se observan rocas de tipo caliza, algunas margas en tonos claros y de areniscas en tonalidades rojizas (Mülleried, 1944, 1946). Un sin número de localidades ubicadas dentro de la Sierra Madre Oriental poseen estructuras de tipo anticlinal, sinclinal y de alto basamento, las cuales pueden observarse a lo largo de esta cadena montañosa; estas estructuras están integradas por rocas carbonatadas y terrígenas las cuales evolucionaron junto a los basamentos del paleozoico y precámbrico (Carrillo-Bravo, 1961).

### 8.1. Geología estructural

El área que comprende el municipio de Iturbide, Nuevo León se deriva de los depósitos mesozoicos de la Sierra Madre oriental, conocidos como Cadena Alta (Tardy *et al.*, 1975), que también incluye estructuras estrechas y en pendiente. Además del frente oriental de la Sierra, conocido como Cabalgadura Mayor, representado por un plano tectónico que tiende a la horizontalidad y sirve de contacto para el Cretácico (Padilla y Sánchez, 1978b).

### 8.2. Paleogeografía

El noreste de nuestro país posee una variada distribución de patrones estructurales en su geomorfología, dichos patrones se relacionan con el accidentado relieve presente en los inicios de la última parte del Jurásico.

La fragmentación y separación de las placas tectónicas continentales permitió el desarrollo de pilares y fosas que establecieron la división de continentes y mar, generándose así los patrones sedimentarios del noreste del territorio mexicano (Fig.2). Las rocas que competen a los primeros basamentos del mesozoico yacen de manera discordante sobre los antiguos sedimentos de origen marino, meta-sedimentos y los complejos ígneos sin datación cronológica (Padilla y Sánchez, 1982, 1986).



Figura 2. Patrones sedimentarios en el noreste del territorio mexicano. (Tomado de Padilla y Sánchez, 1986).

Al comienzo del periodo Cretácico se originó una monótona secuenciación de carbonatos que progresó mientras que a la par el hundimiento seguía su curso y el continuo transgreso del mar invadía el continente (Fig. 3). La entonces península El Burro-Peyotes y las islas Coahuila y La Mula se encontraban limitados por sedimentos terrígenos, por su parte en el Golfo de Sabinas se depositaban constantemente lutitas y carbonatos (Formación Menchaca) y lutitas calcáreas (Formación Barril Viejo). De manera simultánea hacia el sur y el este se depositaba la actual Formación Taraises (secuencias de carbonatos con intercalaciones de lutitas) y hacia el sureste, la Formación Tamaulipas Inferior (secuencia de rocas carbonatadas y nódulos de pedernal), abarcando con ello el Berriasiano-Valanginiano (Humphrey, 1956; Padilla y Sánchez, 1986).

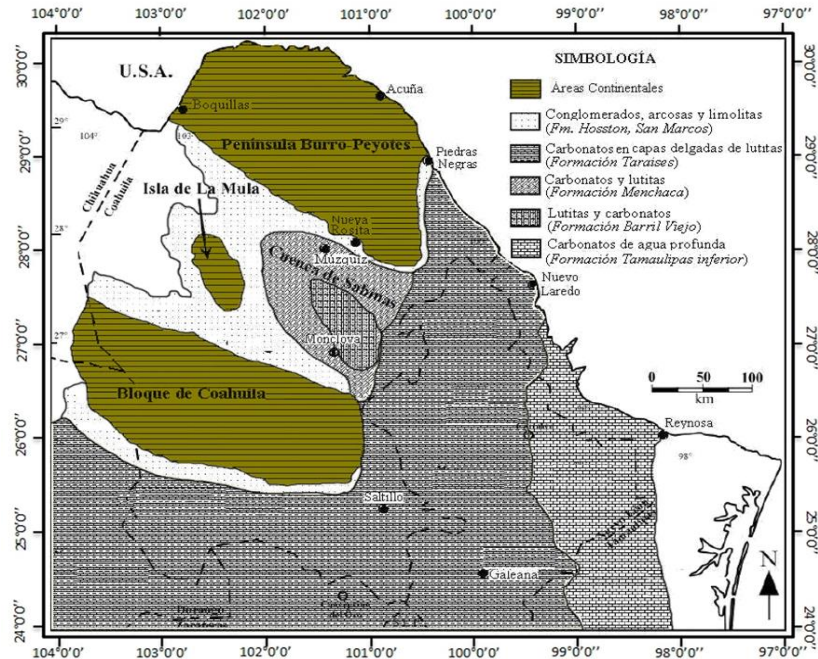


Figura 3. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Berriasiano-Valanginiano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).

A lo largo del Hauteriviano-Aptiano temprano, la península El Burro-Peyotes y la isla Coahuila estaban parcialmente emergidas y eran bordeados por terrígenos, por su parte la isla La Mula yacía cubierta de lutitas y carbonatos (Fig. 4); dentro del Golfo de Sabinas y al sureste de la isla Coahuila se depositaron grandes cantidades de rocas de tipo caliza, lutita y evaporitas dando pie a una barrera arrecifal (Formación Cupido) que se extendía en lo que actualmente son los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Padilla y Sánchez, 1986).

Las islas Lampazos, Sabinas y Picachos, quienes juntas formaban el Archipiélago Tamaulipas influenciaron sobre los patrones sedimentarios del Aptiano Temprano, pues tuvieron grandes acumulaciones de carbonato. En aguas profundas se originó la Formación Tamaulipas Inferior (secuencias de carbonatos) y muy posiblemente los anticlinales y diapiros del Golfo de Sabinas fomentaron una barrera arrecifal durante el Cretácico temprano (Humphrey, 1956), sin embargo Stabler y Marquez (1977) sugirieron que la litología del techo del Jurásico y base del Cretácico es consecuencia de los levantamientos locales donde pudieron desarrollarse los arrecifes. Durante el Aptiano tardío (Fig. 5) la zona se hallaba cubierta en su totalidad por aguas más profundas

depositándose un horizonte delgado de rocas calizas, lutitas así como de material de origen volcánico (Padilla y Sánchez, 1986).

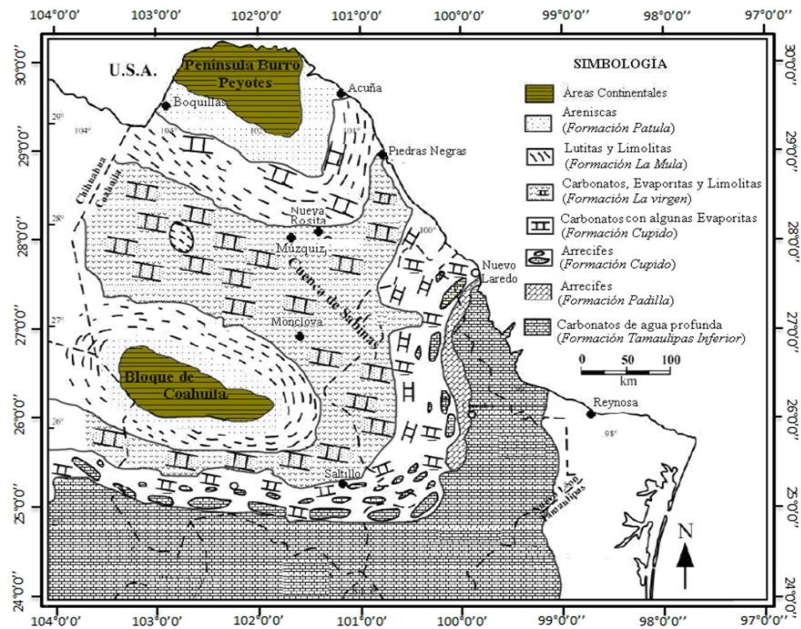


Figura 4. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Hauteriviano-Aptiano temprano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).

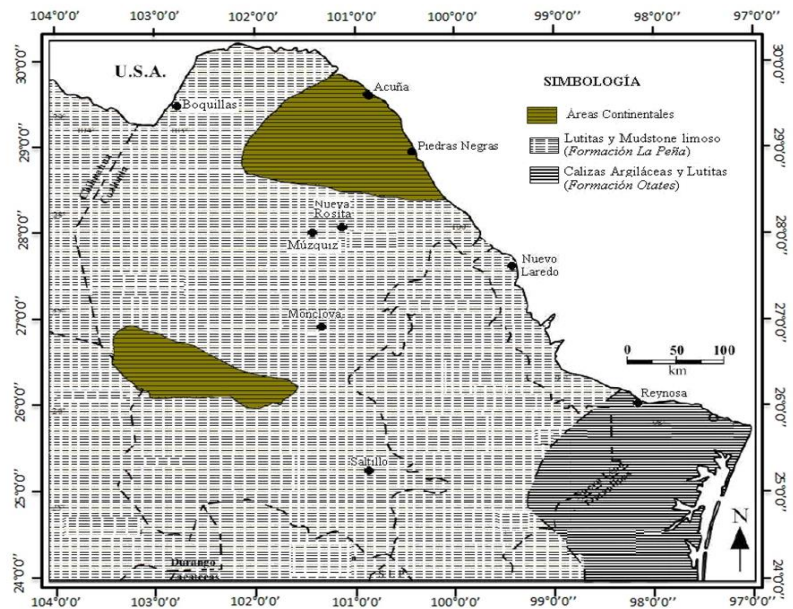


Figura 5. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Aptiano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).



En el Albiano temprano-Cenomaniano tardío (Fig. 6) las cadenas de arrecife se restringieron a las orillas de la ya sumergida isla Coahuila y al oeste de las actuales Ciudad Acuña y Nuevo Laredo. En lo que respecta al resto del noreste del territorio mexicano, éste se cubrió de carbonatos provenientes de aguas someras (Golfo de Sabinas) y por carbonatos (procedentes de aguas más profundas) con nódulos y capas de pedernal dando origen a las Formaciones Tamaulipas Superior y Formación Cuesta del Cura (Padilla y Sánchez, 1986).

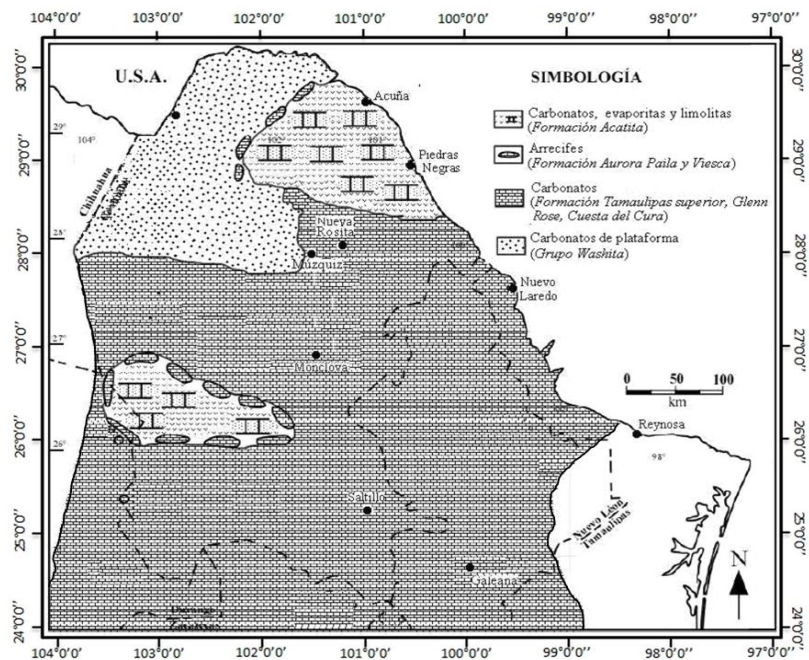


Figura 6. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Albiano temprano-Cenomaniano tardío. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).

En el Turoniano (Fig.7) la zona se encontraba cubierta en su totalidad por aguas de origen marino, sin embargo comenzó a decrecer la secuencia de carbonatos y una secuencia mayormente de lutitas tomó su lugar cubriendo casi en totalidad el estado de Coahuila; dicha secuencia de rocas posee su equivalente en el estado de Texas, EEUU con la Formación Eagle Ford (López-Ramos, 1980)

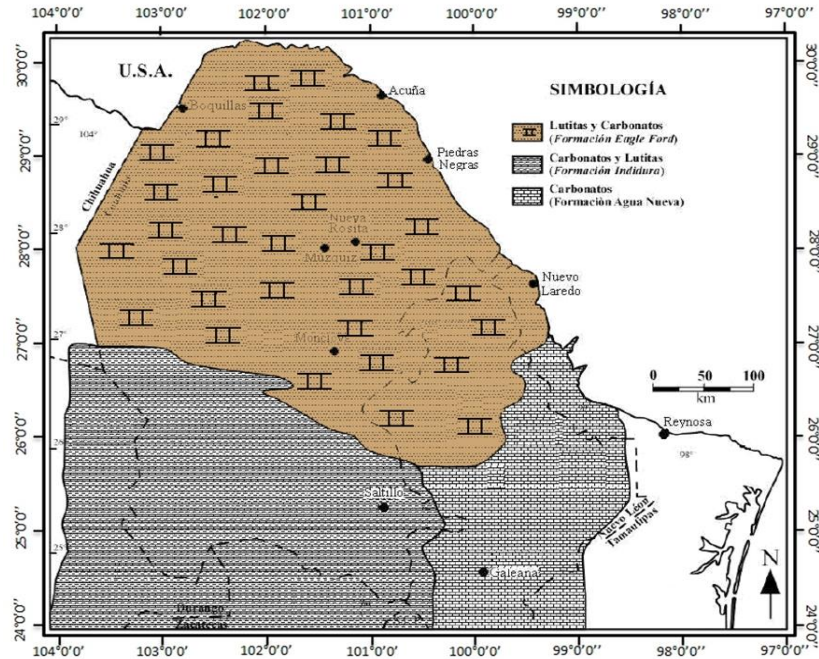


Figura 7. Mapa del noreste del territorio mexicano durante el Turoniano. (Modificado de Padilla y Sánchez, 1986).

### 8.3. Estratigrafía del área de estudio

La sección ubicada en la Sierra Madre Oriental en la que se encuentran las dos localidades de estudio data del mesozoico y está representada por 13 unidades que comprenden desde el periodo Triásico hasta el Cretácico Superior (Padilla y Sánchez, 1978a).

Subyaciendo a la Formación Cuesta del Cura se encuentra la Formación Tamaulipas Superior denominada como caliza Tamaulipas en sus inicios y posteriormente dividida en tres unidades, la primera para el periodo Albiano-Cenomaniano, la segunda para el Neocomiano inferior-Aptiano y la tercera en un horizonte que separa las anteriores unidades (Stephenson, 1922; Servicio Geológico Mexicano, 2013). Por su parte Carrillo-Bravo (1961) la divide en dos miembros, mientras que Longoria (1975) propone sea considerada como una sola unidad.

La Formación Tamaulipas Superior se compone de calizas compactadas con granos finos, de marcada estratificación, en tonalidades grisáceas con numerosos lentes y nódulos de pedernal; con un alto contenido de microfósiles y restos de organismos pertenecientes a



las clases gasteropoda, equinodermata y pelecipoda (Ángeles-Villeda *et al.*, 2005; Carrillo-Bravo, 1961; Servicio Geológico Mexicano, 2013).

A la Formación Cuesta del Cura le sobreyace en algunas zonas la Formación Indidura formando un contacto normal/transicional en la Sierra Madre Oriental y en la cuenca de la Mesa Central y un contacto concordante al sur de la Plataforma Coahuila (Servicio Geológico Mexicano, 2013). Esta unidad litológica es descrita por primera vez en la Sierra de Parras por Imlay (1936), como un compendio de cinco miembros transicionales entre sí, con una litología que consta de lutitas y caliza lutítica en grosores de estrato delgado a medio, en coloraciones que van del púrpura al grisáceo; posee un contenido amplio de fósiles invertebrados (Kelly, 1936; Padilla y Sánchez, 1982). En algunas otras zonas sobreyace la Formación Agua Nueva a la Formación Cuesta del Cura.

Suprayaciendo a la Formación Agua Nueva se encuentra la Formación San Felipe, caracterizada por una alternancia de rocas tipo caliza, lutitas grisáceas, calizas arcillosas, margas en tonos grisáceos y verdosos, así como de lutitas bentoníticas y escasos nódulos de pedernal, piritita y materiales tobáceos (López-Ramos, 1980; Padilla y Sánchez, 1978<sup>a</sup>; PEMEX, 1988; Santiago-Carrasco *et al.*, 2000; Sánchez-Rojas y Rosales Franco, 2004; Mendoza-Torres y García-González, 2010); Su registro paleontológico consta de foraminíferos, radiolarios y restos de invertebrados como equinodermos y gasterópodos, así como de icnofósiles (Ángeles-Villeda *et al.*, 2005; Martínez-Paco, 2012).

## SIMBOLOGÍA CUATERNARIO

Qhoal	ALUVIÓN
-------	---------

## TERCIARIO NEÓGENO

TplQpt Cgp-ar	CONGLOMERADO POLIMÍCTICO - ARENA
------------------	----------------------------------

## CRETÁCICO SUPERIOR

Kem Lu-Mg	LUTITA - MARGA
--------------	----------------

Kcoss Lu-Cz	LUTITA - CALIZA
----------------	-----------------

Kcet Cz-Lu	CALIZA - LUTITA
---------------	-----------------

## INFERIOR

Kace Cz-Lu	CALIZA - LUTITA
---------------	-----------------

## COLUMNA GEOLÓGICA

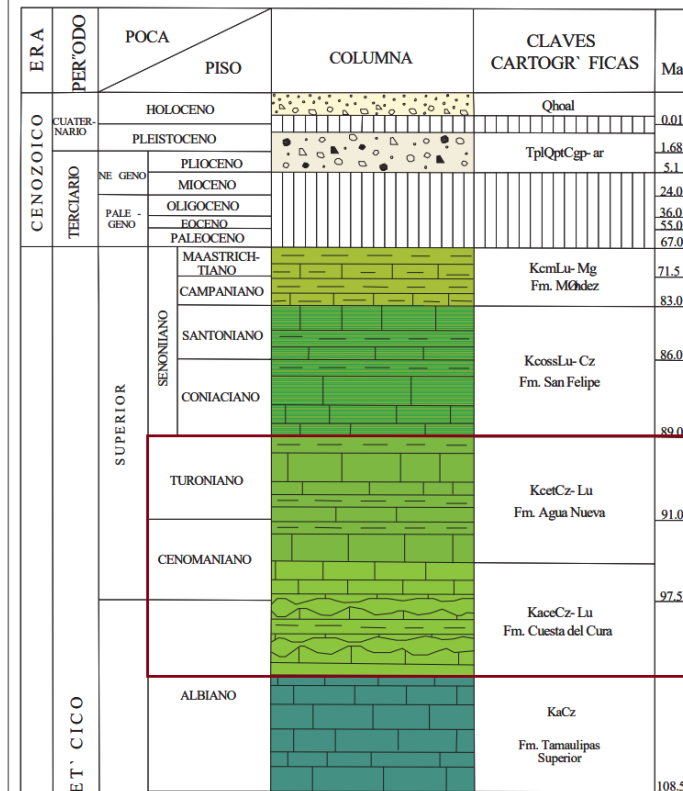


Figura 8. Columna geológica presente en la zona de estudio (Tomado de Loaeza-García, 2008).

### 8.4. Definición de las Formaciones de estudio

#### 8.4.1. Cuesta del Cura

Esta unidad litológica fue nombrada por Imlay (1936) quien la describió como una sucesión de calizas con intercalaciones de arcillas y bandas de pedernal en la Sierra de Parras, Coahuila (Padilla y Sánchez, 1982). Su espesor en la localidad tipo es de 64 metros, años más tarde Ángeles-Villeda *et al.*, (2005) reportan poco más de 30 metros y Barboza-Gudiño *et al.*, (2004) reportan un espesor de 150 metros.

En el reporte original se menciona que está constituida de capas delgadas de caliza ondulosa denominadas chevrones en coloraciones grisáceas a negruzcas, con lutita grisácea y numerosos lentes de pedernal (Echanove-Echanove, 1986; Stinnesbeck, 1991; Barboza-Gudiño *et al.*, 2004). Se ha registrado un contenido paleontológico de

ammonoideos, microfósiles y restos de equinodermos y algas (Padilla y Sánchez, 1978a; Padilla y Sánchez, 1982; Stinnesbeck, 1991, Barboza-Gudiño *et al.*, 2004; Ángeles Villeda *et al.*, 2005).

La litología de esta unidad litológica deriva de un ambiente de aguas profundas, de acuerdo a lo registrado en su informe original (Imlay, 1936); en cambio trabajos posteriores sugieren que sus depósitos provienen fuera de la costa y bajo condiciones de anoxia dentro de la columna de agua (Padilla y Sánchez, 1982; Stinnesbeck, 1991); difiriendo con Barboza-Gudiño *et al.* (2004) quienes lo interpretan como procedente de un ambiente nerítico profundo, buen nivel de oxígeno y un continuo aporte de sedimentos; posteriormente Ángeles Villeda *et al.*, (2005) y Arvizu-Gutiérrez (2006) consideran que pertenece a una facie profunda.

De acuerdo con lo postulado por Arvizu-Gutiérrez (2006) el techo de la Formación Tamaulipas Superior es su equivalente en México, mientras que en el estado de Texas, EEUU su semejante serían las Formaciones Georgetown, Del Río, Edwards y Buda. Por su parte, Villareal-Fuentes (2007) la correlaciona con la caliza Sierra Madre y el Istmo de Tehuantepec, así como con las Formaciones Tamaulipas Superior y Caliza El Abra.

Hasta el momento esta unidad no cuenta con importancia económica, minera o petroquímica.

#### **8.4.2. Agua Nueva**

Al principio se incluyó como parte de la Formación San Felipe, posteriormente Stephenson (1922, en Muir 1936) decide separar la parte inferior de dicha unidad litológica y nombrarla como una unidad independiente, proponiendo el nombre de Agua Nueva. Su localidad tipo de encuentra en el Cañón de La Borrega, cerca al rancho Agua Nueva, en la Sierra de Tamaulipas. El espesor que se reporta para esta unidad es variable dependiendo de la sección en donde se halle expuesta, pero para la localidad tipo posee un espesor que va de 61 a 91 metros.

Se le describe a esta Formación con una litología de calizas con finos horizontes de pedernal intercalados con lutita carbonosa en color negro (Stephenson 1922 en Muir 1936). Por su parte, Carrillo-Bravo (1971) la describe como roca caliza-arcillosa bandeada

finamente, en coloraciones grisáceas a negros, con presencia de lentes o láminas de pedernal negro. A nivel del subsuelo Bello (1978) la describe como caliza criptocristalina de colores grisáceos y microcristalina en coloraciones marrones, densa y ligeramente arcillosa con capas de lutita negra laminada, así como de bentonita en tonos verdosos claros y nódulos de pedernal en coloraciones oscuras, mientras que Santamaría *et al.* (1990) la define como capas de caliza en colores ocre oscuro y con tonos grises, con una pequeña proporción de caliza negra carbonosa. El contenido fósil consta de restos de peces, foraminíferos planctónicos, radiolarios, cefalópodos e inoceramidos (Carrillo-Bravo, 1971; PEMEX, 1988; Blanco-Piñón *et al.*, 2001, 2002, 2003).

En el trabajo realizado por Carrillo-Bravo (1971) menciona que su depósito se efectuó bajo inestables condiciones dentro de un ambiente nerítico; por su parte Padilla y Sánchez (1978b) propone un paleoambiente marino intranerítico, de acuerdo con el personal de PEMEX (1988) los sedimentos pertenecen a un ambiente que va de plataforma externa a cuenca y la presencia de bentonita indica actividad volcánica consecuencia de la subducción de dos placas tectónicas.

Se ha correlacionado a esta unidad con las Formación Soyatal e Indidura (Carrillo-Bravo, 1971; López-Ramos, 1980). Su importancia económica radica en que su roca es generadora de hidrocarburos.

## 9. DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Las rocas carbonatadas son aquellas que en su composición existe más de un 50% de minerales como aragonito, calcita, etc., es por ello que para ser estudiadas se requiere registrar sus características físicas como coloración, dureza, aspecto, textura, cristalización, etc. para posteriormente observar y analizar su contenido bajo el microscopio.

Los elementos que componen la microestructura de una roca son la matriz, el cemento, los aloquímicos, los granos agregados y las partículas terrígenas.

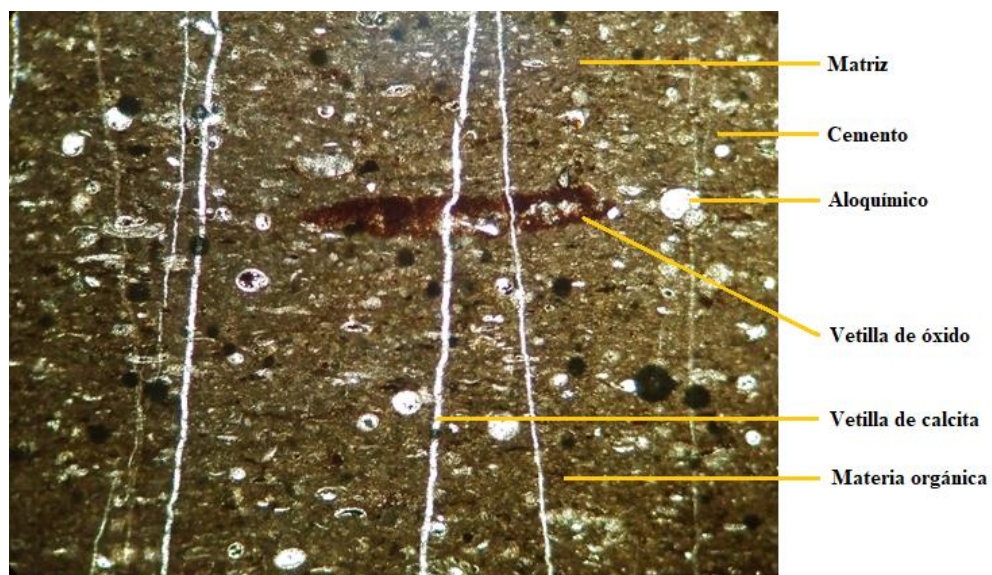


Figura 9. Microestructura de una roca carbonatada vista a través de lámina delgada.

### 9.1. Facies sedimentarias

El término facies se refiere a todas las características litológicas y paleontológicas de un depósito sedimentario; es descriptivo y clasificado según los rasgos fósiles que lo definen o la zona geográfica en la que se ubica el depósito (Reguant, 1971).

Los análisis e interpretaciones microfaciales son considerados como una excelente herramienta para la obtención de información, pues son gracias a ellos que nos brindan datos sobre el paleoambiente de sedimentación, la composición de la roca, un porcentaje estimado de las especies que habitaban las aguas, cronoestratigrafía, entre otros datos; con

todo ello se pueden realizar reconstrucciones ambientales como las que prevalecieron en ese tiempo e incluso correlacionar distintas zonas en diferentes parte del mundo. También pueden ayudar en el desarrollo de modelos de depósito con los cuales es posible conocer las variaciones de las facies a distintas escalas, desde regionales hasta globales (Wilson, 1975).

La identificación y posterior clasificación de las rocas calcáreas toma como base las propuestas de Folk (1962) y Dunham (1962); para ambas se deben considerar los siguientes aspectos: tipo de matriz y cemento, textura deposicional, tipo y abundancia de los aloquímicos biológicos e inorgánicos, así como el tamaño y forma de los granos, etc.

Clasificación de Folk (1962)	Clasificación de Dunham (1962)
Basado en proporciones relativas de los aloquímicos, la matriz y el cemento). En esta clasificación se diferencian las rocas calcáreas aloquímicas de las ortoquímicas.	Basado en la presencia o ausencia de micrita y su disposición textural, además de relacionarla con la energía del ambiente.

Tabla 1. Diferencias de criterios en las clasificaciones de Folk (1962) y Dunham (1962)

		Calizas y Dolomias con textura deposicional reconocible Calizas, calizas dolomitizadas y dolomias primarias				Sin textura deposicional reconocible. Dolomias de reemplazamiento y Calizas recristalizadas													
		I		II		III		IV		V									
		<10% aloquemos				>10% aloquemos													
		esparita>micrita		micrita>esparita		1-10% aloquemos		<1% aloquemos		Con fantasmas de aloquemos o aloquemos evidentes		Sin fantasmas							
								Rocas bioconstruidas sin perturbación											
		intraesparita		intramicrita		Intraclastos Micrita con intraclastos						Intradolomita		Dolomia afanítica					
<25% Intraclastos		>25% Ooides		ooesparita		oomicrita		Aloquemos más abundantes		Biolilita									
		Proporcion volumetrica (bioclastos/pelooides)		bioesparita		biomicrita						Ooides Micrita con ooides		Oodolomita		Dolomia grano muy fino			
				3/1 a 1/3		biopesparita						biopelmicrita		Bioclastos Micrita fosilifera		Biodolomita		Dolomia grano fino	
				< 1/3		peesparita						pelmicrita		Peloides Micrita con peloides		Peldolomita		Dolomia grano medio	
								Micrita, o si tiene parches de esparita Dismicrita						etc.		Dolomia grano grueso			

Figura 10. Clasificación de Folk para rocas carbonatadas (Tomada de Folk, 1962).





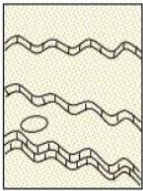
Textura original reconocible				Textura original no reconocible
Componentes originales no enlazados durante el depósito			Componentes originales enlazados	
Con matriz (carbonato de tamaño arcilla o limo fino)		Sin matriz y grano-sostenida		
Sostenida por la matriz			Grano-sostenida	
Menos del 10% de granos	Más del 10% de granos			
MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE
				
CARBONATOS CRISTALINOS				

Figura 11. Clasificación de Dunham para rocas carbonatadas (Modificado de Flügel, 2010).

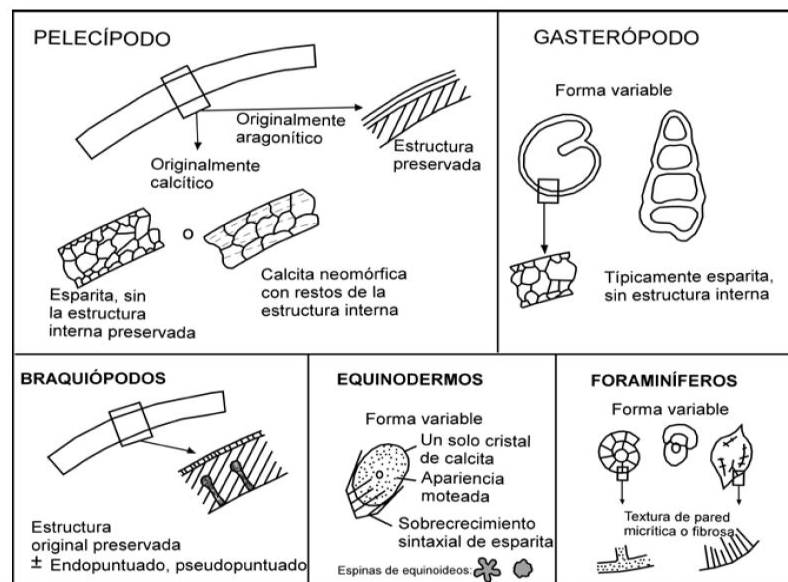


Figura 12. Apariencia de los aloquímicos biológicos en lámina delgada (Tomado de Santana-Salas, 2012).

Las rocas carbonatadas brindan información valiosa sobre el ambiente fósil en el que se originaron, y para lograr esta interpretación se hace uso de los modelos actuales. Para su clasificación textural, se utilizan criterios que usan datos obtenidos del análisis de microfacies para generar un número reducido de microfacies y sirvan de modelo estandarizado para cualquier microfacies proveniente de rocas carbonatadas independientemente de su edad.



Estas microfácies se denominan Microfácies estándar (SMF); y pueden agruparse dentro de zonas de facies (FZ), sobre las que se construyen los modelos. Los modelos más utilizados son el de Wilson (1975) y Flügel (2010).

Modelo de Wilson (1975)	Modelo de Flügel (2010)
Es un modelo generalizado para los depósitos de carbonatos que comprenden nueve cinturones de facies principales.	Modelo que sugiere una asociación de microfácies a carbonatos depositados en rampas.

Tabla 2. Diferencias en los modelos Wilson (1975) y Flügel (2010)

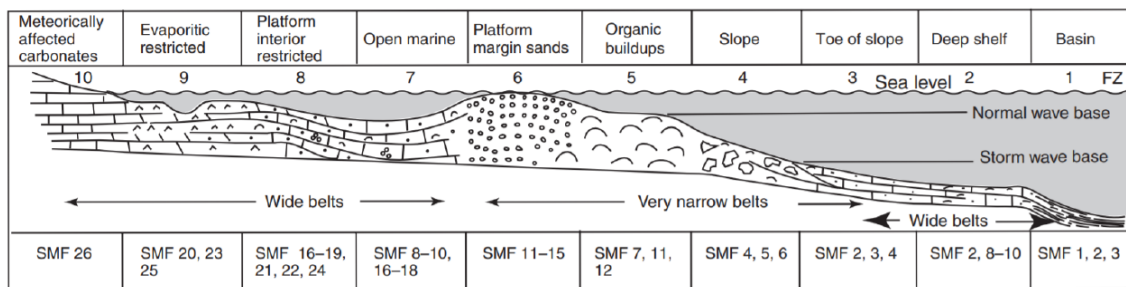


Figura 13. Zonas de Facies y Microfácies estandarizadas (Tomado de Jenchen, 2006).

La relevancia en los aloquímicos biológicos de las rocas radica en que sus esqueletos son los remanentes de la distribución espacio-temporal de organismos, en el caso de los microorganismos presentes en las muestras se reflejan tanto el ambiente como las condiciones que prevalecían al momento de la deposición.

De acuerdo con Flügel (2010) hay diversos factores que pueden provocar susceptibilidad en algunos grupos, pues las variaciones de dichos factores controlaran el ambiente para que sea óptimo y cubra sus necesidades, por ejemplo: temperatura, el grado de salinidad, la profundidad, el grado de iluminación y de oxigenación, etc.



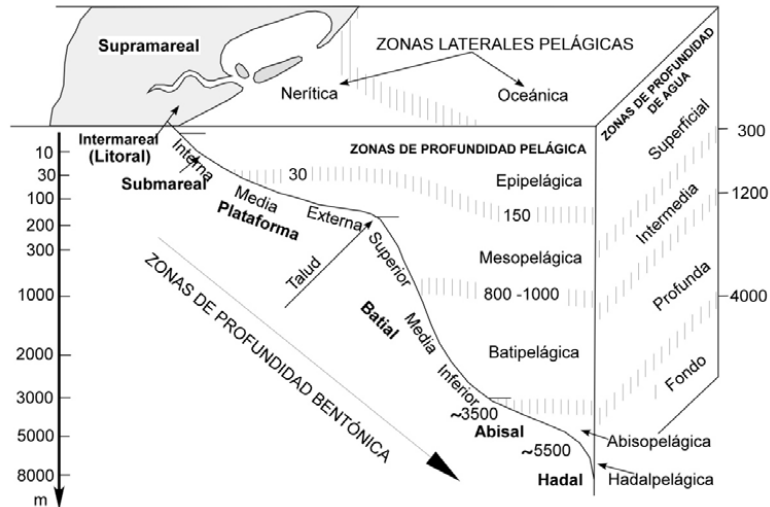


Figura 14. Ambientes marinos de depósito (Tomado de Santana-Salas, 2012).

Para el grado de salinidad, los organismos se clasifican acorde a su tolerancia a los cambios de salinidad (Fig. 15):

- a) Estenohalinos, son aquellos que pueden soportar mínimas variaciones; ejemplo de ello son los foraminíferos planctónicos, radiolarios y cefalópodos.
- b) Eurihalinos, son aquellos que pueden tolerar grandes variaciones; ejemplo de ello son las cianobacterias, esponjas y ostrácodos.

En investigaciones sobre paleosalinidad se deben realizar comparaciones entre las faunas actual y fósil para comprender de mejor manera su tolerancia, así como de las dimensiones que tenían sus testas o conchas, y de esa manera tener en mente que los organismos perforadores abundan en aguas con un nivel normal de salinidad y que en niveles donde la salinidad es menor a 30ppm hay una menor diversidad faunística (Flügel, 2010)

	Agua dulce	Salobre			Marino		
		0.5‰ Oligohalino salobre límnico	5‰	10‰ salobre mesohalino	18‰ salobre marino marino restringido braquihalino	30‰ marino normal euhalino	40‰ marino restringido hipersalino
Cianobacterias	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Algas verdes dasicladáceas	-----	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++
Algas verdes udoteáceas	-----	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++
Algas carofíceas	-----	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Algas rojas coralínáceas	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++
Foraminíferos bentónicos aglutinados	-----	-----	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Foraminíferos bentónicos calcáreos	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++	+++++
Radiolarios	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++
Demoesponjas coralinas	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++
Esponjas hexactinélidas	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++
Corales	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++
Briozoarios	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++
Braquiópodos	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++	+++++
Serpúlidos	-----	-----	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Gasterópodos	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Bivalvos	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Cefalópodos	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++
Ostrácodos	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Crustáceos balánidos	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++	+++++
Equinodermos	-----	-----	-----	-----	+++++	+++++	+++++

Figura 15. Tolerancia de grupo de organismos actuales a distintos grados de salinidad. (Tomado de Santana-Salas, 2012).

Al igual que la salinidad, el nivel de oxigenación en el agua, es un criterio fundamental, pues es quien determina la diversidad y abundancia de los organismos, y cuando hay ausencia de éste se forman sedimentos ricos en materia orgánica (Allison *et al*, 1990). En las capas superficiales de las aguas oceánicas el contenido de oxígeno es mayor, mientras que en los niveles bajos (profundidades entre los 500 y 1000 metros) se registra una cantidad de 0.5 ml por litro.

Oxígeno libre disuelto presente en agua	
Óxico	> 1 ml/L
Disóxico	1-0.2 ml/L
Anóxico	<0.2 ml/L

Tabla 3. Niveles de oxígeno disuelto en el agua (Tomada de Allison *et al*, 1990)

Los niveles de oxigenación determinaran la presencia y abundancia de organismos de tipo bentónico, así como la abundancia, el tipo de asociaciones e intensidad de trazas fósiles, su forma, tamaño y espesor de la testa o concha de estos organismos (Allison *et al.*, 1990).

	Fauna bentónica	Oxígeno libre
Aeróbico	Normal	Abundante
Disaeróbico	Restringida	Bajo
Anaeróbico	Ausente	Ausente

Tabla 4. Cantidad de fauna bentónica basada en el nivel de oxigenación del agua (Tomada de Allison *et al.*, 1990)

La tabla anterior muestra la dependencia de la fauna bentónica a la cantidad de oxígeno, sin embargo la cantidad de luz también es un factor limitante en la distribución de los organismos. Basados en la cantidad de luz que penetra en los mares, éstos se pueden zonificar en:

- a) Zona fótica, en donde se lleva a cabo procesos de fotosíntesis, su profundidad es variable pero ronda hasta los 200 metros.
- b) Zona disfótica, aquí la iluminación es limitada y su profundidad es de hasta 1000 metros
- c) Zona afótica, la fotosíntesis está ausente y va desde la parte inferior zona anterior hasta el fondo.

Organismos como las algas, foraminíferos bentónicos simbiotes de algas verdes y organismos perforantes indican condiciones de buena iluminación (Santana-Salas, 2012).

## 10. BIOLOGÍA DEL GRUPO

### 10.1. Foraminíferos

Los foraminíferos, microorganismos en su mayoría marinos, se remontan desde el Cámbrico y persisten actualmente sus descendientes. Su cuerpo está formado por una masa protoplasmática incolora, son unicelulares y poseen una testa o concha constituida por carbonato de calcio (Fig. 16), es gracias a esta que aparecen en el registro fósil (Ruppert, 1996; Calonge *et al.*, 2001).

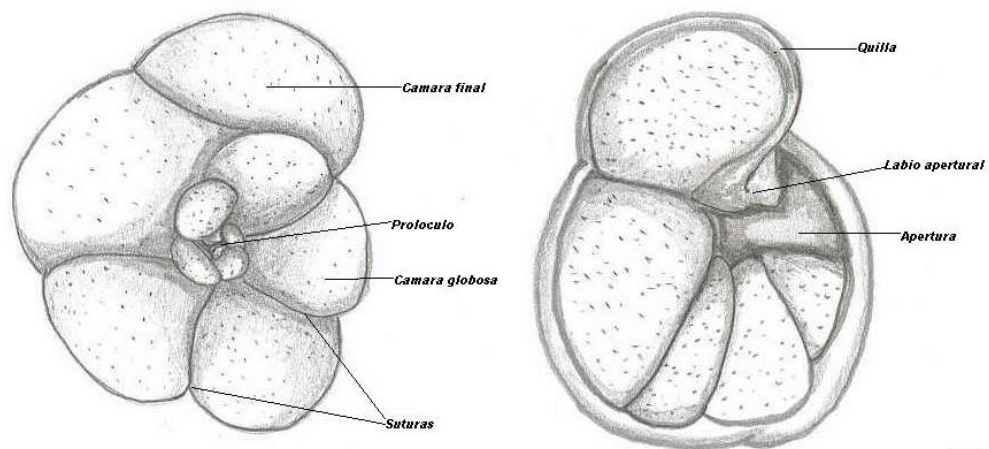


Figura 16. Esquema general de un foraminífero vivo (Tomado de Spencerwizard, 2006).

Algunas especies son unicamerales, sin embargo la mayoría tiene testas de dos o más cámaras. Al inicio de su vida habitan en una cámara y al crecer, el citoplasma fluye hacia un nuevo compartimento. Un gran número de foraminíferos son de tipo bentónico, en tanto las especies de tipo planctónico poseen cámaras esféricas y dispuestas en espigas, algunas llevan consigo ornamentaciones como espigas (Calonge *et al.*, 2001).

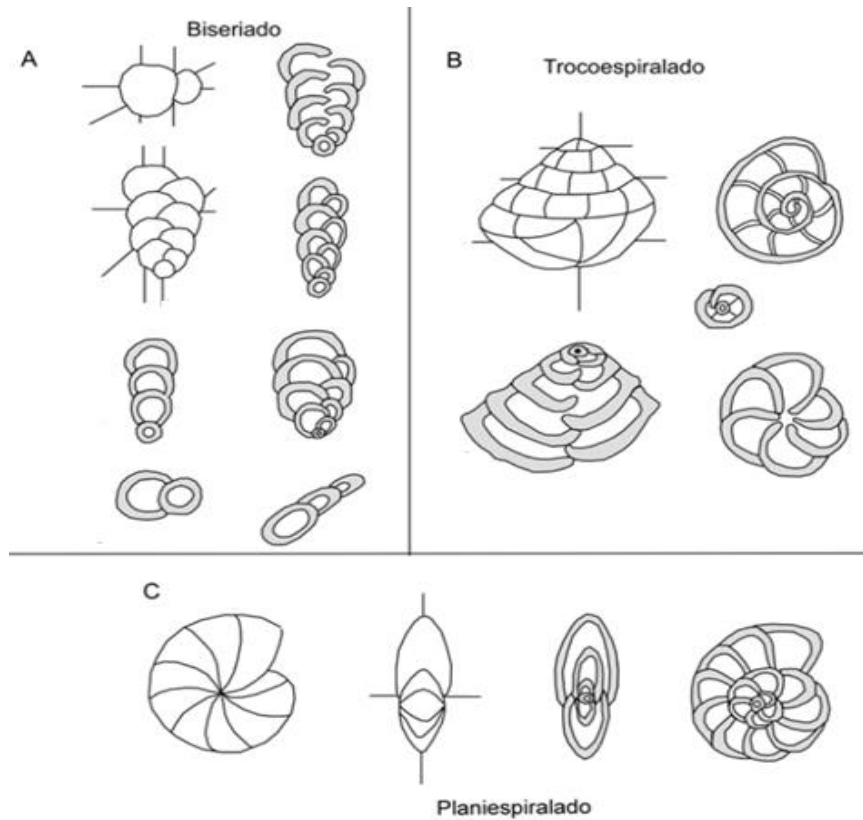


Figura 17. Vistas de foraminíferos en diversos cortes de lámina delgada (Tomado de Santana-Salas, 2012).

La morfología de la concha o testa de un foraminífero es de vital importancia, pues es gracias a ella que se logra identificar al ejemplar. Estos organismos construyen su pared mediante la unión de granos minerales variados, algunas de las morfologías más comunes de la pared son las siguientes:

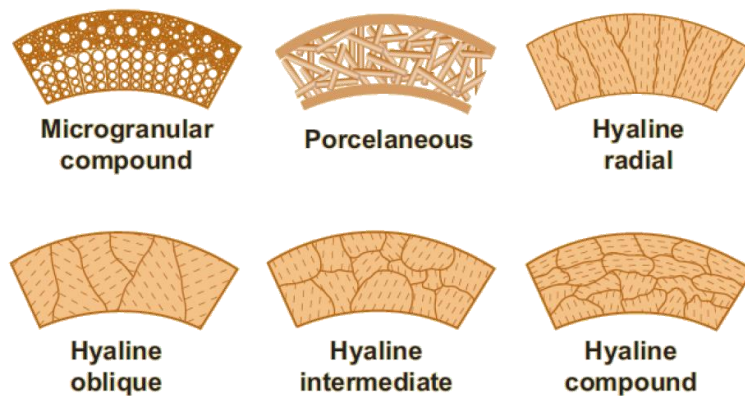


Figura 18. Principales morfologías de pared calcárea de las conchas de los foraminíferos (Tomado de Morales-Juárez, 2019).

En las paredes microgranulares, las partículas de calcita son cementadas por carbonato de calcio y le dan un aspecto acristalado; puede componerse de calcita con magnesio o de aragonito. Las conchas o testas calcáreas hialinas se distinguen por la presencia de diminutas perforaciones en la pared; generalmente son vidriosas. Las testas aporcelanadas tienen una apariencia lisa y brillante, siendo ésta el resultado de la orientación de los elementos cristalinos que las conforman (Morales-Juárez, 2019).

La reproducción es alternante, sexual y asexual; la presencia de ambas fases de reproducción depende en gran medida de la estrategia de vida que éstos adopten (Calonge *et. al.*, 2001).

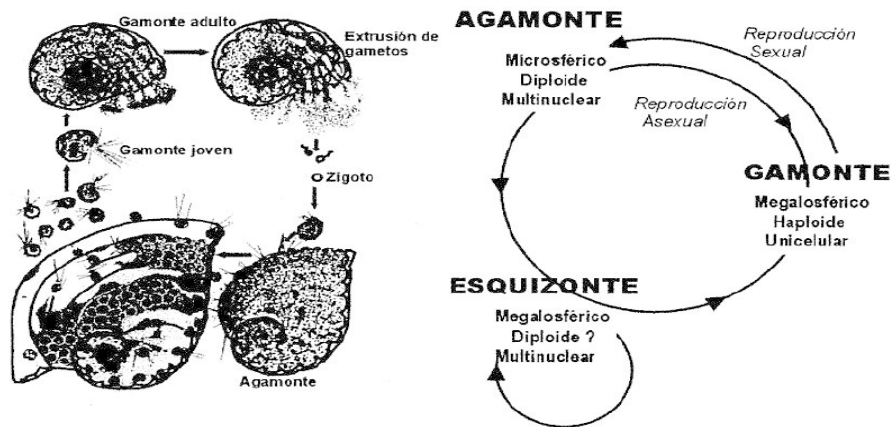


Figura 19. Ciclo alternante de reproducción en los foraminíferos (Tomado de Calonge *et. al.*, 2001).

## 10.2. Radiolarios

Son protozoarios marinos con esqueleto silíceo y generalmente planctónicos. Son considerablemente grandes, incluso algunas especies alcanzan varios milímetros de diámetro. De anatomía esférica y dividida en una parte interna y una parte externa. Poseen pseudópodos de tipo axopodio y filopodio. (Ruppert, 1996; Zapata., 2005).

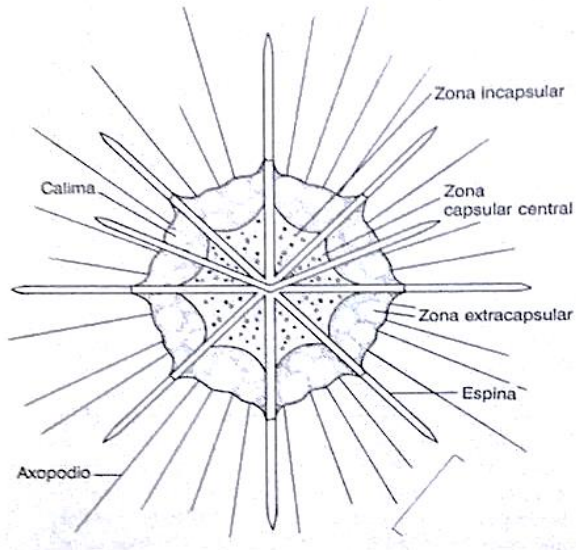


Figura 20. Estructura general de un radiolario (Tomado de Ruppert, 1996).

Estos organismos abundan en secciones delgadas de calizas de la era mesozoica originadas en el talud a mar abierto. Debido a esto, al encontrarlas en cantidades grandes son indicadores de un ambiente marino profundo (Santana-Salas, 2012). Se reproducen mediante fisión binaria (Ruppert, 1996).

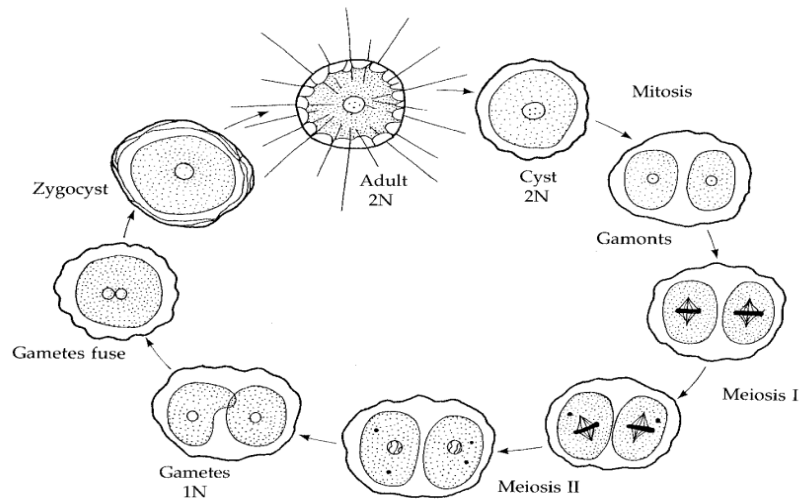


Figura 21. Ciclo reproductivo de los radiolarios (Tomado de Brusca, 2003).

En este grupo se distinguen dos clases principales que se diferencian gracias a la composición química de su esqueleto:

- a) Phaeodaria, presenta un esqueleto hueco y amorfo compuesto de sulfato de estroncio.
- b) Polycystina, su esqueleto se compone de sílice amorfo, son organismos simétricos y se distingues dos tipos básicos de morfologías, la esférica y la cónica.

### 10.3. Pelecípodos

Moluscos formados por una concha de doble valva. Su composición es mineral y puede ser de calcita, aragonito o una mezcla de ambos. La mayoría de los pelecípodos se componen de aragonito y se preservan como moldes, a consecuencia de la diagénesis, es entonces cuando el aragonito se disuelve lo que deja una cavidad la cual posteriormente es rellena por calcita (Fig. 22), formando de esta manera cristales esparíticos (Flügel, 2010; Santana-Salas, 2012).

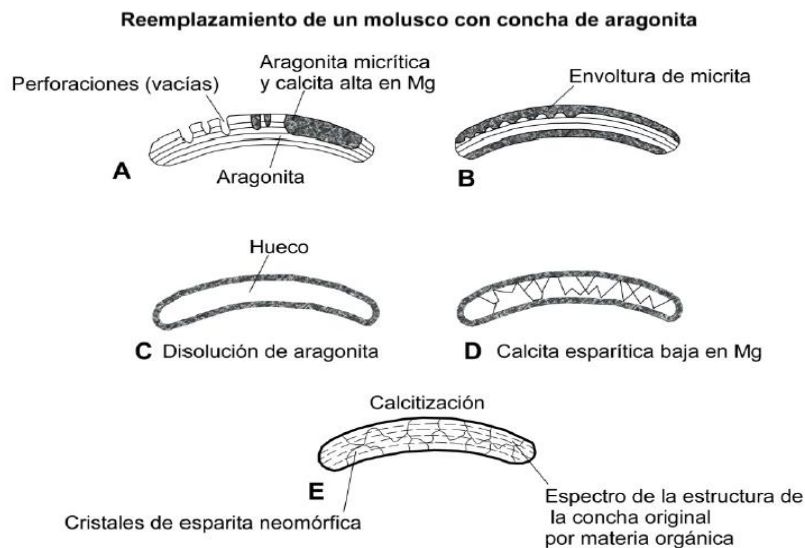


Figura 22. Reemplazamiento de una concha de aragonito por calcita (Modificado de Tucker y Wright, 1990).



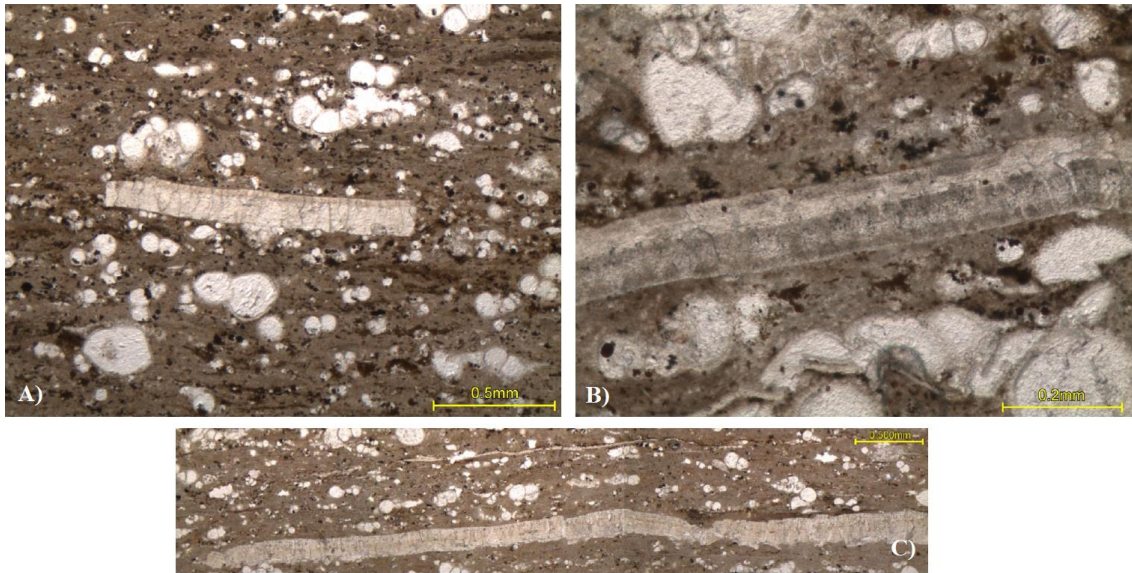


Figura 23. Fragmento de pelecípodo en donde se observa: A) Un reemplazamiento por calcita formando cristales prismáticos; B) La estructura interna constituida por tres capas; C) Fractura ocasionada por la compactación (Modificado de Santana-Salas, 2012).

#### 10.4. Braquiópodos

Organismos marinos y sésiles, su concha se compone de calcita. De acuerdo a Flügel (2004), la concha se compone por dos capas: una interna y gruesa formada por fibras calcíticas alineadas longitudinalmente formando un ángulo con la pared de la concha, y de una capa externa fina de calcita prismática.

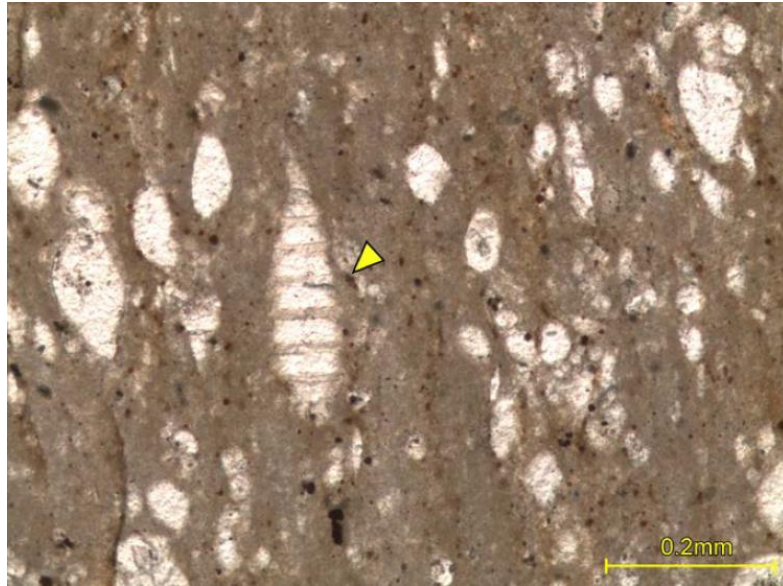


Figura 24. Fragmento de la concha de un braquiópodo en donde se pueden distinguir sus perforaciones (Modificado de Santana-Salas, 2012).

### 10.5. Equinodermos

Este grupo de organismos es marino y cuenta con un esqueleto calcáreo compuesto de varias placas y espinas (Fig. 25). En su esqueleto poseen una porosa red de cristales de carbonato los cuales se encuentran orientados uniformemente, y dentro dichas redes se presenta el tejido orgánico, denominado estroma (Santana-Salas, 2012)

Secciones de fragmentos de equinodermos

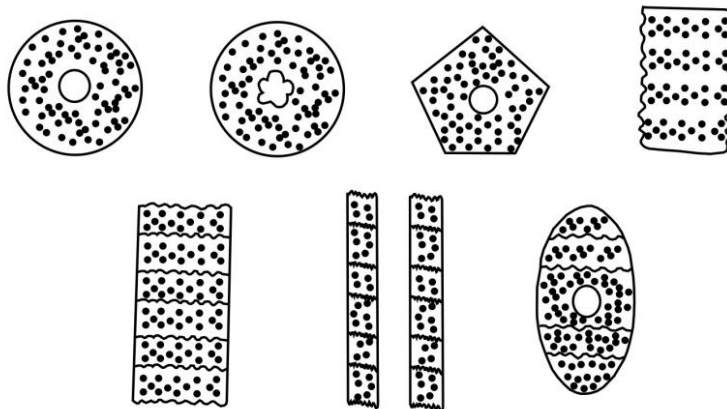


Figura 25. Morfologías de restos de equinodermos en lámina delgada (Modificado de Flügel, 2004).

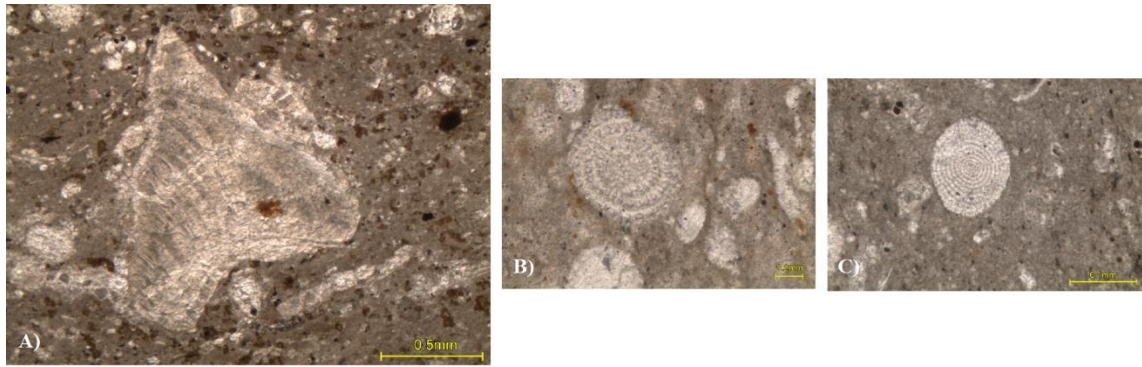


Figura 26. Fragmentos de equinodermos en donde se observa: A) Placa de equinodermo en una matriz biomicrítica; B) Fragmento de espina con el centro sólido; C) Espina en matriz micrítica (Modificado de Santana-Salas, 2012).

### 10.6. Algas calcáreas

Aparecen como esferas de calcita, usualmente rellenas con micrita. Estos aloquímicos suelen interpretarse como las partes reproductivas calcificadas de las algas dasicladáceas (algas verdes unicelulares calcificadas). La precipitación del mineral aragonito se da en los tallos y ramas, que es la zona en donde se generan los órganos reproductores. Su representación en el registro fósil deriva de que el área reproductiva es la única que cuenta con suficiente carbonato de calcio. En cortes de lámina delgada logran observarse como una cavidad rellena de sedimento o esparita, y la parte que la rodea es carbonato de calcio (Santana-Salas, 2012).

Algas dasicladáceas

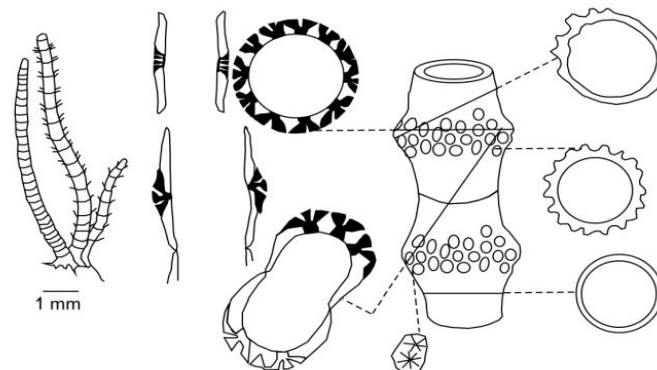


Figura 27. Cortes en algas dasicladáceas en lámina delgada (Modificado de Flügel, 2004).



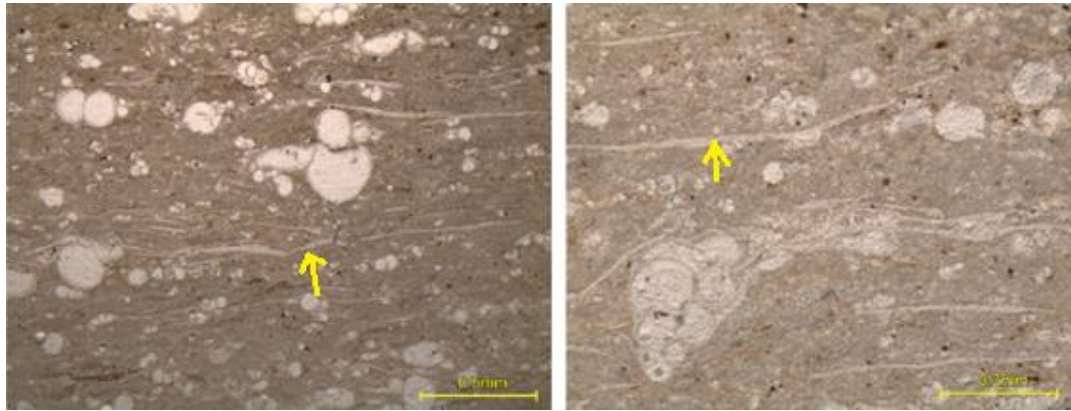


Figura 28. Algas filamentosas en matriz biomicrocristalina (Modificado de Santana-Salas, 2012).

### 10.7 Ostrácodos

Es uno de los grupos con el mejor registro fósil, se componen de crustáceos de ambientes acuáticos, su cuerpo se compone de una concha bivalva compuesta de calcita. La apertura de su concha es mediante un ligamento que se ubica en la parte dorsal; el cuerpo suave está encerrado entre ambas valvas, las cuales se trasponen en el margen ventral. En los cortes de lámina delgada si suelen observarse las conchas completas nos indican muy poco transporte. La mayoría se encuentran rellenas de calcita y pueden estar desarticulados y/o fracturados debido al proceso de compactación. Estos organismos son comúnmente hallados en aguas someras a profundas (Santana-Salas, 2012; Morales-Juárez, 2019).

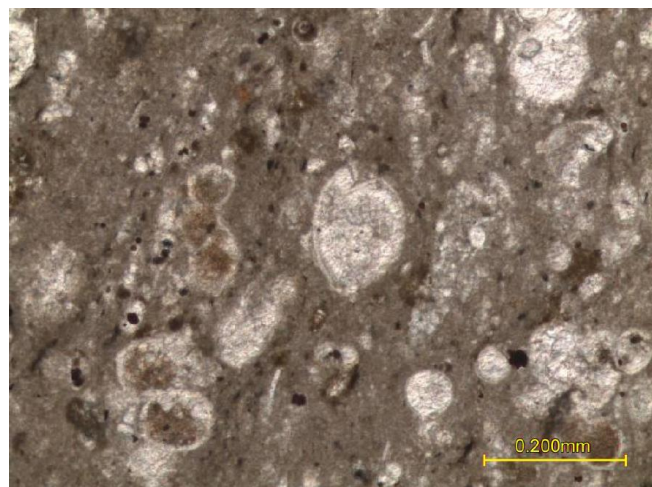


Figura 29. Ostrácodo que muestra ambas valvas y relleno calcítico (Modificado de Santana-Salas, 2012).

### 10.8 Poríferos (Espículas de esponjas silíceas)

Los poríferos poseen un esqueleto compuesto de diversos materiales, como elementos mineralizados o espículas de distinta composición y esqueletos calcáreos de tipo coralino. En los cortes de lámina delgada se pueden observar espículas pertenecientes a esponjas silíceas y se pueden apreciar asociadas a los radiolarios (Santana-Salas, 2012; Morales-Juárez, 2019).

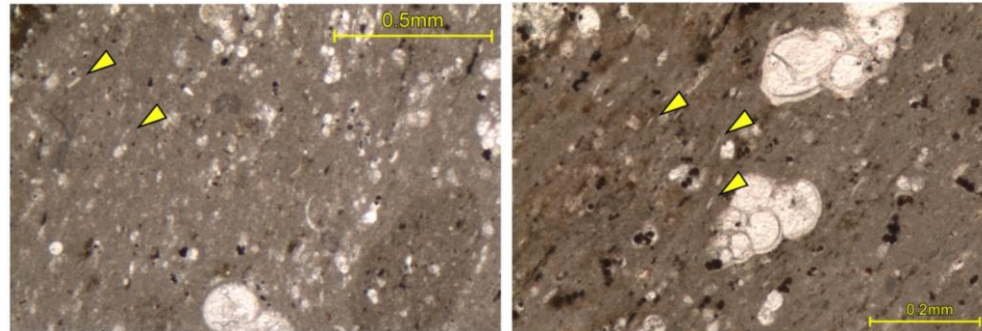


Figura 30. Matriz biomicrocítica donde se aprecian espículas señaladas con triángulos amarillos. (Tomado de Santana-Salas, 2012).

Las espículas que se observan en los cortes de lámina delgada son conocidas como microescleras, puesto que tienen una longitud de no más de  $100\mu\text{m}$ , suelen hallarse en las partes suaves de las esponjas; y al igual que en los radiolarios son reemplazadas por calcita (Santana-Salas, 2012; Morales-Juárez, 2019).

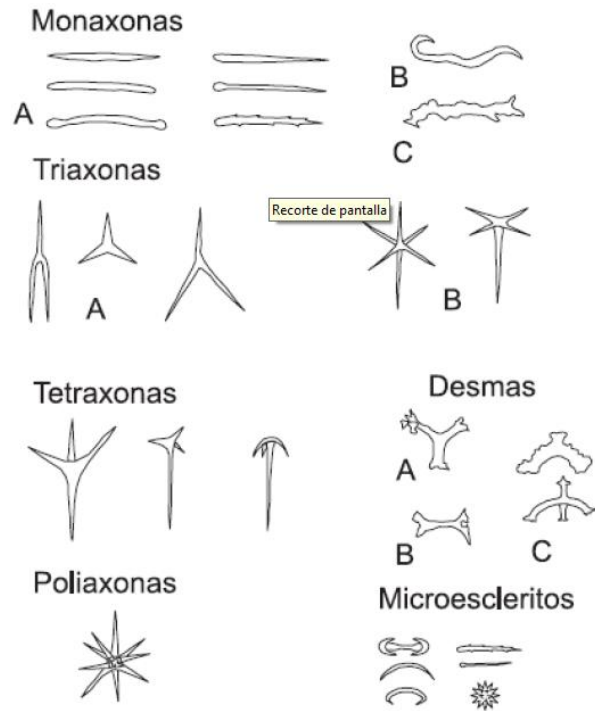


Figura 31. Variedad de microescleras (Tomado de Morales-Juárez, 2019).

## 11. RESULTADOS

### 11.1. Descripción y litología

La primera localidad corresponde a una sección de la Formación Cuesta del Cura, se observaron capas de caliza y caliza laminar, con intercalaciones de bandas de pedernal con grosores que iban de delgadas a medias, presencia de vetas de calcita, manchas de óxido en el intemperizado y con fracturas de tipo diaclasa. La coloración en intemperizado variaba de tonalidades grises claros a marrones y en tanto la coloración en fresco iba de tonalidades grisáceas claras a oscuras. Se observaron las características calizas tipo chevrón.

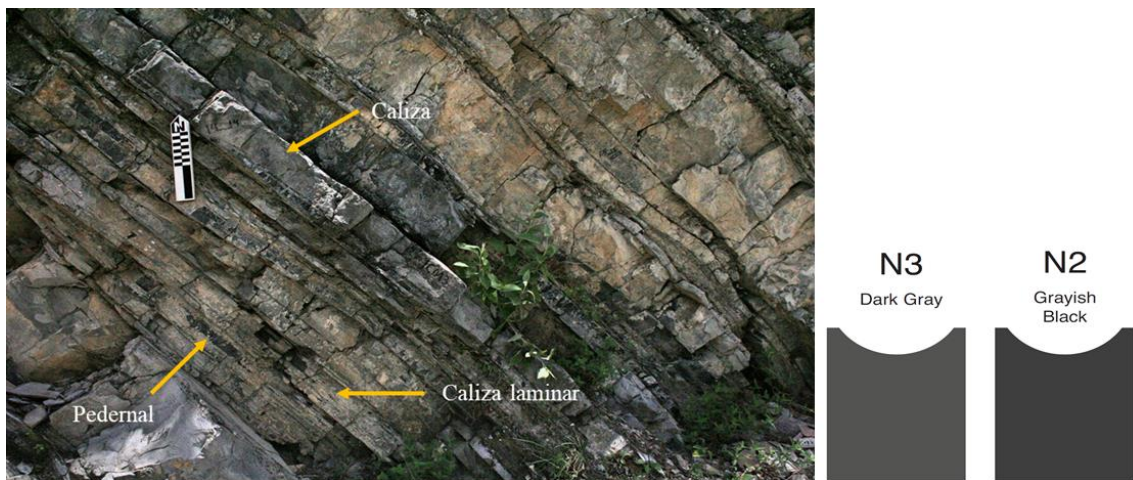


Figura 32. Litología observada y coloración en fresco de la Formación Cuesta del Cura.

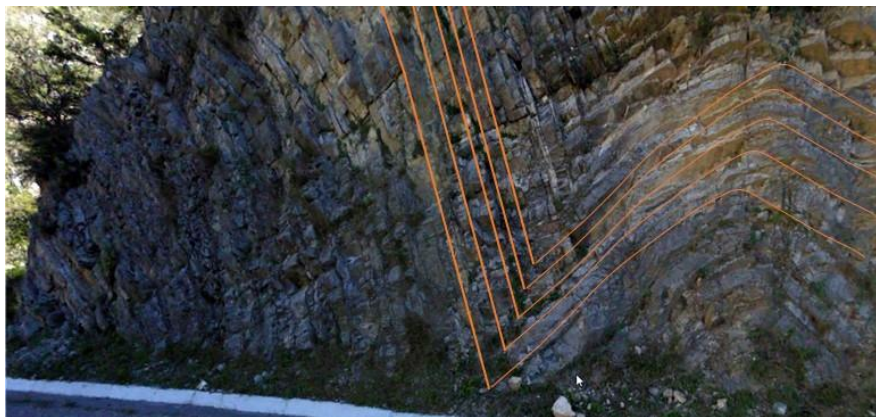


Figura 33. Calizas tipo chevrón.

El espesor de esta sección fue de casi 100 metros y se obtuvo un total de 85 muestras, debido a que esta localidad fue muestreada mediante estaciones, las estaciones 0, 1 y 8 fueron excluidas de la toma de muestras, puesto que correspondían a los contactos con las unidades litológicas subyacente y suprayacente y por presentar problemas de acceso a la zona. No se encontró material fósil de tipo macroscópico.

En la siguiente tabla se encuentran los criterios de diagnóstico de las rocas por estación en la Formación Cuesta del Cura.

Estación	Coloración		Reacción HCl	Granos
	Intemperizado	Fresco		
2	Tonos grisáceos y marrón amarillento	Gris claro a gris oscuro	Reacciones agresivas, con fuerte olor a materia orgánica	Angulosos sin forma definida de ~1mm, subredondeados <1mm y subangulares < 1mm
3	Tonos grisáceos y marrón amarillento	Gris claro a negro grisáceo	Reacciones moderadas, con fuerte olor a materia orgánica	Subredondeados a redondeados 1-2mm, angulosos y rectangulares ~2mm
4	Tonos grisáceos y marrón amarillento	Gris claro a negro grisáceo	Reacciones moderadas, con fuerte olor a materia orgánica	Subangulares ~1mm, angulosos rectangulares <1mm
5	Tonos grisáceos y marrón amarillento	Gris claro a negro grisáceo	Reacciones agresivas, con fuerte olor a materia orgánica	Subangulares ~1mm, angulosos rectangulares <1mm
6	Tonos grisáceos y marrón amarillento	Gris oscuro a negro grisáceo con manchas de óxido en tonos marrón amarillento	Reacciones agresivas, con fuerte olor a materia orgánica	Subredondeados a redondeados 1-2mm, angulosos y rectangulares ~2mm
7	Tonos grisáceos y marrón amarillento	Gris oscuro a negro grisáceo	Reacciones moderadas, con fuerte olor a materia orgánica	Subangulares ~1mm, angulosos rectangulares <1mm

Tabla 5. Resultados generales de los criterios fisicoquímicos de las rocas la Formación Cuesta del Cura.

La segunda localidad corresponde a la Formación Agua Nueva que consta de una sucesión de calizas masivas y calizas laminares con intercalaciones de caliza arcillosa en coloraciones oscuras, presencia de vetas de calcita, presencia de lentes de pedernal y óxidos en la coloración de intemperizado. La coloración en intemperizado variaba de tonalidades grises claros a marrones amarillentos y en tanto la coloración en fresco variaba



de tonos grises medios al gris oscuro, salvo algunas excepciones en tonos marrones amarillentos y la presencia de lajas de colores negro grisáceo a negro.

El espesor de esta sección fue de 140 metros aproximadamente y se obtuvo un total de 111 muestras. No se encontró material fósil de tipo macroscópico.

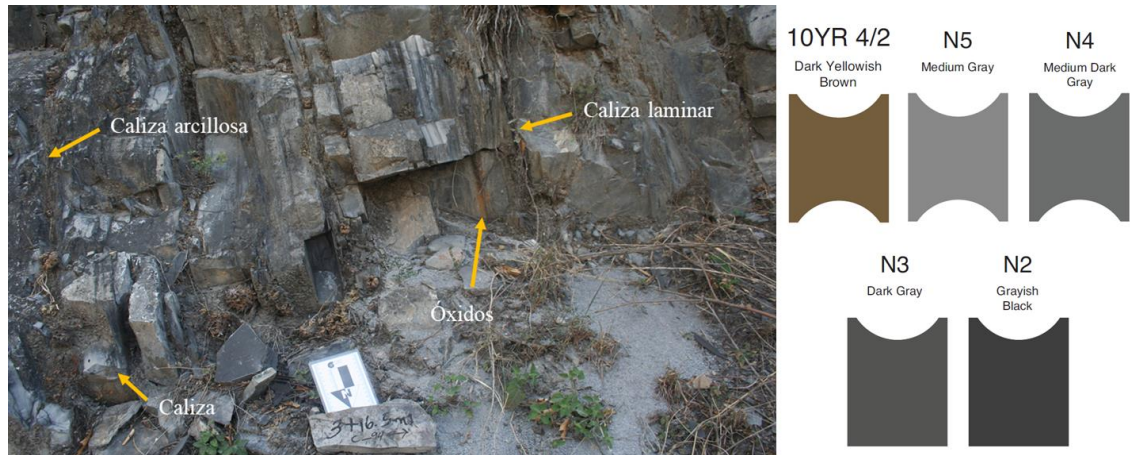


Figura 34. Litología observada y coloración en fresco de la Formación Agua Nueva.



Figura 35. Capas negras características de la Formación Agua Nueva.

En la siguiente tabla se encuentran los criterios de diagnóstico de las rocas por estación en la Formación Agua Nueva.

Estación	Coloración		Reacción HCl	Granos
	Intemperizado	Fresco		
0	Tonos grisáceos claros y marrón amarillento	Gris medio a gris oscuro y negro grisáceo	Reacciones agresivas, con fuerte olor a materia orgánica	Subangulares ~1mm, angulosos rectangulares <1mm
1	Tonos grisáceos y marrón amarillento	Gris medio a gris oscuro	Reacciones moderadas, con fuerte olor a materia orgánica	Subredondeados a redondeados 1-2mm, angulosos y rectangulares ~2mm
2	Tonos grisáceos claros y marrón amarillento	Gris medio a gris oscuro	Reacciones moderadas, con fuerte olor a materia orgánica	Subredondeados a redondeados 1-2mm, angulosos y rectangulares ~2mm
3	Tonos grisáceos medios	Gris oscuro y negro grisáceo	Reacciones agresivas, con fuerte olor a materia orgánica	Angulosos sin forma definida de ~1mm, subredondeados <1mm
4	Tonos grisáceos medios	Gris oscuro y negro grisáceo	Reacciones agresivas, con fuerte olor a materia orgánica	Angulosos sin forma definida de ~1mm, subredondeados <1mm

Tabla 6. Resultados generales de los criterios fisicoquímicos de las rocas la Formación Agua Nueva.

Con la información recabada en campo en el levantamiento estratigráfico se obtuvieron los siguientes perfiles:

Para la Formación Cuesta del Cura se obtuvo la siguiente columna estratigráfica:

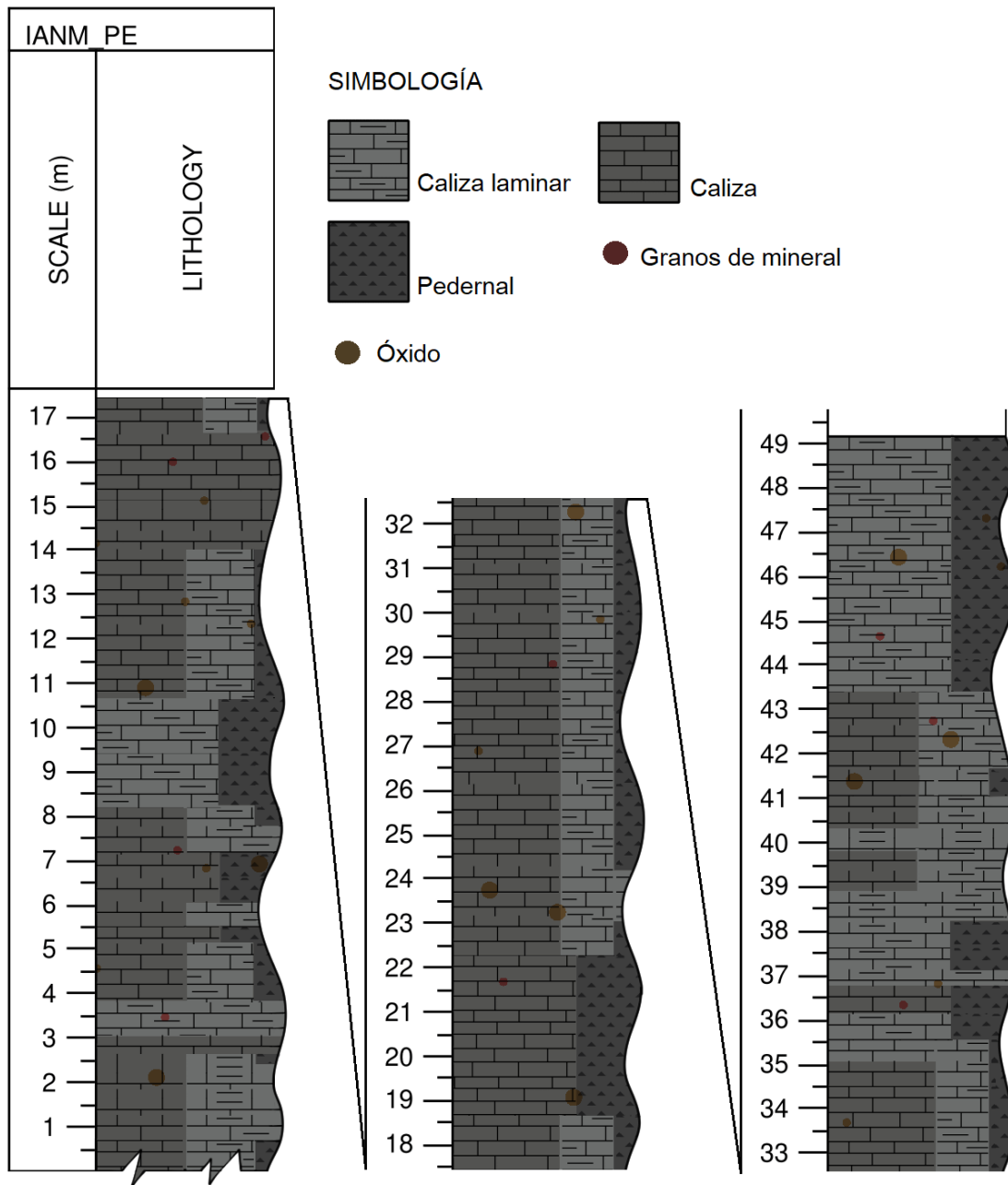


Figura 36. Columna del perfil estratigráfico de la Formación Cuesta del Cura, a escala 1:200.

Para la Formación Agua Nueva se obtuvo la siguiente columna estratigráfica:

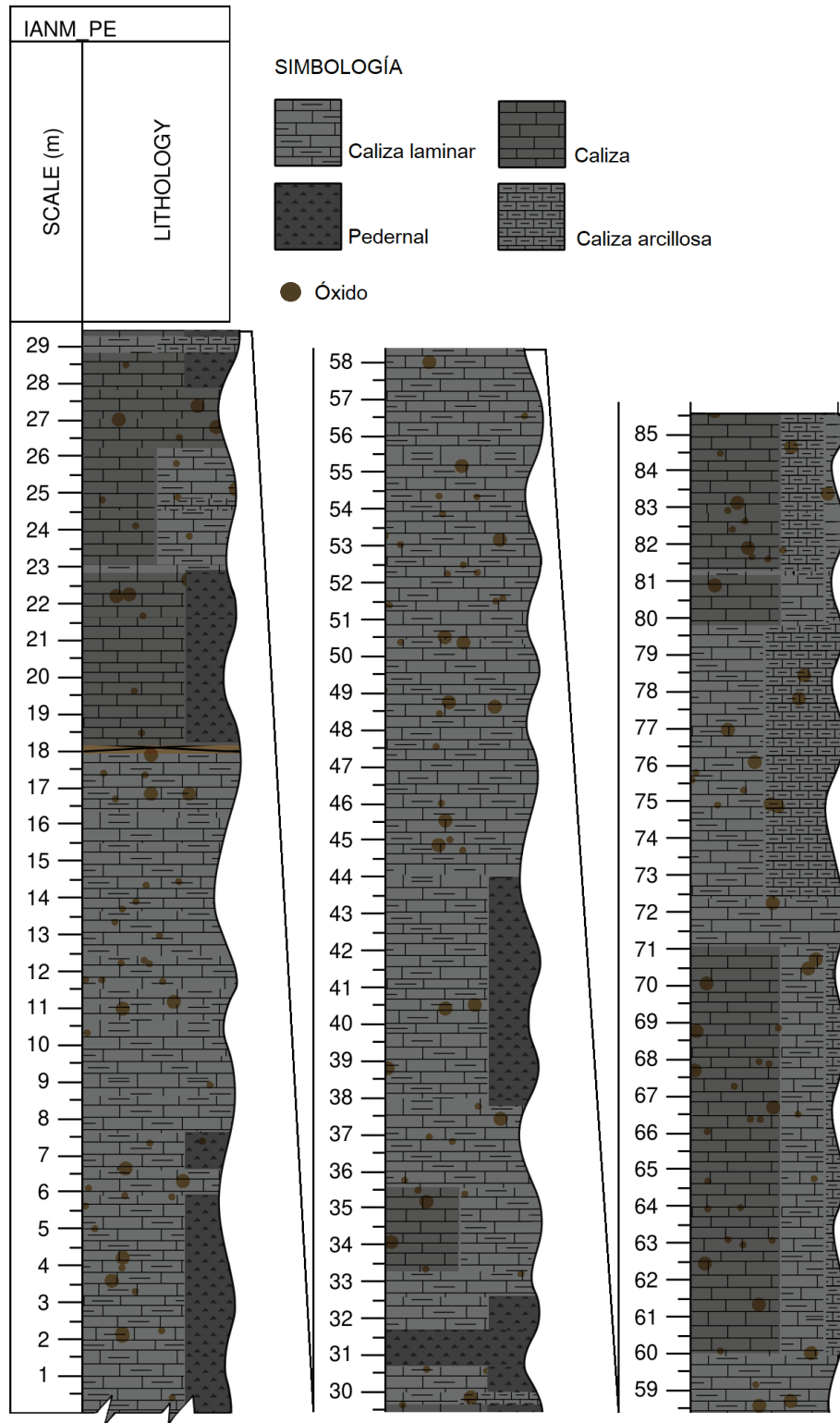


Figura 37. Columna del perfil estratigráfico de la Formación Agua Nueva, a escala 1:200.

## 11.2. Análisis microfacial e Interpretación paleoambiental

La descripción de las láminas delgadas para ambas localidades de estudio se realizó utilizando los criterios de clasificación para rocas carbonatadas de Folk (1962) y Dunham (1962). Rememorando, la primera propuesta se basa en el tamaño de los granos (micrita, esparita), separa los carbonatos con matriz micrítica y esparítico, diferencia el tipo de granos (intraclastos, ooides, fósiles, peloides) y la roca se nombra con base en estas características. Por otro lado, la propuesta de Dunham (1962), está basada en el porcentaje de componentes, su textura y se relaciona con la energía del ambiente de depósito.

La Formación Cuesta del Cura arrojó un total de 82 laminillas, de manera general se compone por una matriz biomicrítica de microfósiles, en su mayoría foraminíferos planctónicos (géneros: *Globigerinelloides*, *Clavihedbergella*, *Hedbergella*, *Thalmaninella*, *Ticinella*), gran cantidad de radiolarios y restos de invertebrados. Su textura es wackestone-packstone con una excepción de mudstone. Además grandes cantidades de cristales de calcita y pocos granos de óxido.

Por el contrario la Formación Agua Nueva arrojó un total de 111 laminillas, de manera general se compone por una matriz biomicrítica de microfósiles, en su mayoría foraminíferos planctónicos (géneros: *Helvetoglobotruncana*, *Marginotruncana*, *Globotruncana*, *Hedbergella*), así como de radiolarios y calciesferulas. Su textura es packstone-wackestone con algunas excepciones de mudstone. Los aloquímicos en su mayoría se encontraban bastante recristalizados y se observó una cantidad considerable de granos de óxido.

Como se había mencionado anteriormente al realizar estudios de lámina delgada se le debe asignar una SMF (Standard Microfacies Types), o sea, que presenta un aspecto composicional el cual a su vez refleja un ambiente específico.

Las características observadas en la primera localidad (Formación Cuesta del Cura) le confieren una SMF-3 que se define como *mudstone-wackestone pelágico con abundantes microfósiles planctónicos*; mientras que para la Formación Agua Nueva sus características le confieren una SMF-1 que se define como *wackestone-packstone espiculítico*.



Habiendo establecido las microfacies y tipo de textura de ambas localidades, ahora hay que conocer la condición ambiental que prevaleció en ese entonces y cómo fue se logró la preservación de fósiles en estas dos localidades. Es conocido que cada SMF puede ser asignada a uno o más FZ (Facies Zone), en el caso de las SMF-3 pueden ocurrir en ambientes de margen profundo de plataforma (FZ-3) y en ambiente de cuenca de agua profunda con sedimentación lenta (FZ-1), en el caso particular de la *Formación Cuesta del Cura* se asignó la *SMF-3 dentro de un FZ-3* debido a los parámetros de profundidad de la microbiota encontrada, así como el contenido de granos y vetillas de óxido, y de la presencia de micrita que indica ambientes de sedimentación tranquila. Caso contrario a la *Formación Agua Nueva*, a la que se le asignó una *SMF-1 dentro de una FZ-1* un ambiente de cuenca profunda con sedimentación lenta, al igual que con la localidad anterior, las características encontradas en las laminillas nos ubican en esta sección del perfil batimétrico.

Formación	Tipo de SMF	Descripción	FZ
Cuesta del Cura	SMF-3	<i>Mudstone o wackestone</i> pelágico: matriz biomicrítica con microfósiles planctónicos (foraminíferos, radiolarios y restos de invertebrados).	FZ-3: Margen profundo de plataforma
Agua Nueva	SMF-1	<i>Wackestone-packstone</i> espiculítico: matriz biomicrítica de microfósiles, en su mayoría foraminíferos planctónicos radiolarios y calciesferulas.	FZ-1: Cuenca, ambiente de agua profunda con sedimentación lenta

Tabla 7. SMF y FZ para ambas localidades.

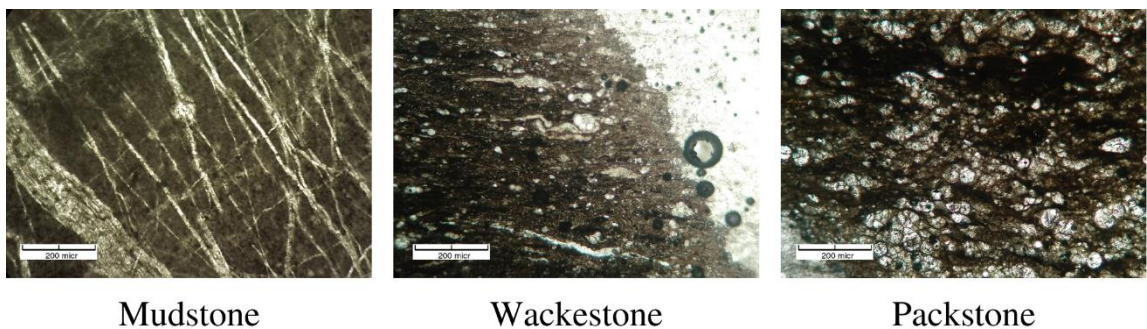


Figura 38. Texturas microfaciales en las laminillas de ambas Formaciones.

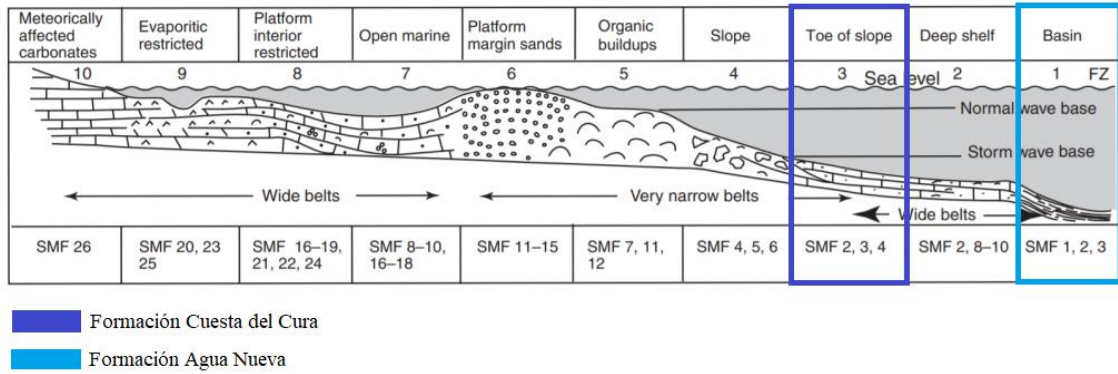


Figura 39. Ubicación de ambas localidades en el perfil batimétrico de acuerdo a las SMF y FZ.

De manera general se presentan en las siguientes tablas los resultados del análisis micropaleontológico de ambas Formaciones.

Cuesta del Cura					
Lámina	Textura	Matriz	Microfacie	Color intemperizado	Color fresco
ICM_2_6_6	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, N9	N3
ICM_2_7_7	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR8/2, 10YR6/6, 10YR5/4, N6	N3
ICM_2_8_8	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, 5Y5/6	N3
ICM_2_9_9	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 10YR4/2, 10YR7/4	N3
ICM_2_10_10	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR8/2, 10YR5/4	N2
ICM_2_11_11	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, N9, 10YR7/4	N3
ICM_2_12_12	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5YR4/1, 10YR5/4	N3
ICM_2_13_13	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4, 10YR5/4	N4
ICM_2_14_14	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR8/2, 10YR4/2	N2
ICM_3_15_15	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N7, 10YR4/2,	N2
ICM_3_15_16+1.3(A)	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/6, 10YR8/2	N5
ICM_3_15_16+1.3(B)	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4, N7	N3
ICM_3_15_17+2.6(A)	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR8/2	N2
ICM_3_15_17+2.6(B)	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/6	10YR4/2
ICM_3_15_18+5.7	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4	N2
ICM_3_15_19+13.3	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1	N2
ICM_3_16_20	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR8/2	N3
ICM_3_17_21	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, 10YR6/6	N3
ICM_3_18_22	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR5/4	N3
ICM_3_19_23	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR5/4	N5
ICM_3_20_24	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, N6	N3
ICM_3_21_25	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, N6	N3
ICM_3_22_26	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR8/2, 10YR6/6	N2
ICM_3_23_27	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5YR5/6, 5Y8/1	N3
ICM_3_24_28	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 5YR5/6	N3
ICM_4_25_29	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, 5YR5/6	N6
ICM_4_26_30	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4, 10YR5/4	N4
ICM_4_27_31	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, 10YR7/4	N3
ICM_4_28_32	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4, 5YR4/4	N2
ICM_4_29_33	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, 10YR7/4, 10YR6/6, 10YR5/4	N3
ICM_4_30_34	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR5/4	N3
ICM_4_30_35+4	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR5/4	N3

Tabla 8. Microfacies de las laminillas de la Formación Cuesta del Cura.

ICM_4_30_35+4	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR5/4	N3
ICM_4_30_36+8	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 5Y8/1, 10YR5/4	N3
ICM_4_30_37+12	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR5/4	N3
ICM_4_30_38+16	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR5/4	N3
ICM_4_30_39+20.8	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR5/4, 5YR4/4	N3
ICM_4_31_40	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR2/2	N2
ICM_5_31_41	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 10YR5/4	N4
ICM_5_32_42	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N8, N6, 5YR3/2, 5YR5/6	N3
ICM_5_33_43	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N9, 10YR8/2, 10YR7/4	N6
ICM_5_34_44	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5YR4/4	N3
ICM_5_35_45	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 10YR7/4	N3
ICM_5_35_46	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/2, 10YR4/2, N5	N3
ICM_5_35_47	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/2, 10YR4/2, N5	N3
ICM_5_35_48	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 10YR6/2, 10YR6/6, N9	N3
ICM_5_35_49	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 10YR6/2, 10YR6/6, 10YR4/6	N3
ICM_5_35_50	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 10YR7/4, 10YR6/2	N3
ICM_5_35_51	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 10YR7/4, 10YR6/2	N3
ICM_5_36_52	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR4/2, 5YR5/6	10YR6/6, N5
ICM_5_36_53	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR4/2, 5YR5/6	N5
ICM_5_36_54	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5YR5/6, N9	5YR4/1, 10YR6/2, 5YR8/1
ICM_6_37_55	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5	5YR4/1, N6, 10YR7/4
ICM_6_37_56	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, N4, 10YR6/6	N3
ICM_6_37_57	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4, N9, N2	N3
ICM_6_37_58	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N2, 5YR5/6	N3
ICM_6_37_59	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5YR4/1, 5Y8/1, 5YR5/6, N5	N2
ICM_6_37_60	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/2, 10YR8/2	N5
ICM_6_37_61	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5YR5/6, N6	N3
ICM_6_38_62	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/2, 5YR8/1	N3
ICM_6_38_63	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/2, 10YR7/4, 5Y8/1, N2	N2, 5YR4/1
ICM_7_38_64	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, N5, 5YR7/2	N4
ICM_7_39_65	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, N3, 5YR4/4	N3
ICM_7_40_66	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/2, 5YR5/6, 5YR4/4, 10YR5/4	N4
ICM_7_41_67	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4, 10YR6/6, 5YR5/6	N3
ICM_7_42_68	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 10YR7/4, 10YR8/2	N2
ICM_7_43_69	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR47/4, 10YR8/2	N3
ICM_7_43_70	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/2, 10YR8/2, 10YR5/4, 10YR4/2	10YR6/2
ICM_7_44_71	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR6/6	N5
ICM_7_45_72	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5YR5/6, 10YR7/4	N4
ICM_7_46_73	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/2, 10YR6/6	N3
ICM_7_47_74	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4, N4	N4
ICM_7_48_75	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR5/6, 10YR5/4	N3
ICM_7_49_76	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR6/6, 10YR5/4	N3
ICM_7_50_77	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N2, 10YR5/4, 10YR8/2, N9	N3
ICM_7_51_78	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 10YR5/4, 5Y4/4	N3
ICM_7_52_79	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/2	N3

Tabla 8. Continuación.



ICM_7_53_80	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N5, 10YR47/4, 5YR5/6	N4
ICM_7_54_81	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, N3, 5YR4/4	10YR7/4, 5YR4/1
ICM_7_55_82	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	N6, 5YR4/4, 10YR7/4	N3
ICM_7_56_83	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR6/6, 10YR6/2, 5Y8/1	N4
ICM_7_57_84	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5Y8/1, 10YR6/6, 10YR5/4	N4
ICM_7_58_85	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4,N9,N8	N3
ICM_7_58_86	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4,N9,5YR6/1	N3
ICM_7_58_87	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4, 10YR6/6, N7	N3
ICM_7_58_88	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR7/4, 10YR4/2	N3
ICM_7_58_89	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	10YR5/6, 10YR5/4, N6,N9	N3
ICM_7_58_90	Wackestone	Micritica	SMF-3;FZ-3	5YR5/6, N9, N6	N3

Tabla 8. Continuación (2).

Agua Nueva					
Lámina	Textura	Matriz	Microfacie	Color intemperizado	Color fresco
IANM_1	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2, 10YR8/2	N3
IANM_2	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, 10YR8/2	N3, N5
IANM_3	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2, 10YR5/4	N3, N5
IANM_4	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2	N2, N6
IANM_5	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2	N3, N2
IANM_6	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4	N3, N4, N8
IANM_7	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, N8	N2
IANM_8	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR6/2, 10YR8/2	N2
IANM_9	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, 10YR4/2	N3, 10YR4/2
IANM_10	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, 10YR4/2	N2, 10YR4/2
IANM_11	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2, 5YR5/6	N3
IANM_12	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2, 5YR5/6, 10YR5/4	N3
IANM_13	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR5/6, 10YR4/2	N2
IANM_14	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, 10YR5/4	N2
IANM_15	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR5/6, 10YR6/6, 10YR5/4	N3,N6
IANM_16	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR6/6, 5YR5/6, N2	N2
IANM_17	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR3/4Y, 10YR4/2	N3, 10YR5/4
IANM_18	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2Y, N4	N3
IANM_19	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2	N2, N5
IANM_20	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR5/6, N6	N2
IANM_21	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N6, 10YR4/2, 5YR4/4	N2
IANM_22	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR4/4, 5YR3/4	N2
IANM_23	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1		N2
IANM_24	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR5/2	N3, N2
IANM_25	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N6, N4, 10YR4/2	N2
IANM_26	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR6/2, 10YR7/4	N5
IANM_27	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, 10YR6/2	N3
IANM_28	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, 10YR6/6, N5	N2
IANM_29	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, N6, N4	N2
IANM_30	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, N6	N3

Tabla 9. Microfacies de las laminillas de la Formación Agua Nueva.

IANM_31	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, N6	N2
IANM_32	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, N4	N2
IANM_33	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N6	N2
IANM_34	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N4, 10YR5/4, 10YR7/4, 5YR5/6	N5, N2
IANM_35	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, N8, 10YR5/4	N2
IANM_36	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR6/6, 10YR4/2, 10YR8/2	10YR4/2
IANM_37	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR5/6, 10YR4/2, N9	N3
IANM_38	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2	10YR4/2
IANM_39	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5	N3
IANM_40	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, 10YR4/2	N2
IANM_41	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR6/1, 5YR4/4	N2
IANM_42	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, 10YR5/6	N2
IANM_43	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2, 5YR8/1	N3
IANM_44	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR8/6	N3, N2
IANM_45	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, 10YR6/2	N2, 5YR8/1, 10YR6/6
IANM_46	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR6/6, 5YR6/1, 10YR5/4	N4
IANM_47	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, 5YR4/1	N7, N5
IANM_48	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR4/1, 5YR8/1, 10YR7/4	N3, N2
IANM_49	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N8	N2
IANM_50	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, 10YR8/2, 5YR4/4	N2
IANM_51	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, 5YR4/4	N2
IANM_52	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, 10YR4/2	N3, N6, N7, 5YR6/1
IANM_53	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4, 10YR4/2	10YR47/4, N2
IANM_54	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2, 10YR6/2	N3
IANM_55	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2, 10YR6/2	N3
IANM_56	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2, 10YR6/2	N3
IANM_57	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5Y4/1	N2
IANM_58	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N2	N2
IANM_59	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR7/4, 10YR5/4	N2, 10YR6/2
IANM_60	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N2	N2
IANM_61	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR4/1, 10YR5/4	N2
IANM_62	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N2	N2
IANM_63	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5Y3/2, N8, 10YR6/2	N2
IANM_64	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N7, N4, 5Y8/1, 10YR8/2, 10YR4/2	N3, 5Y8/1
IANM_65	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5YR5/6, 10YR7/4	N4
IANM_66	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N2, 5YR5/6	N2
IANM_67	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, N4, 10YR6/2	N5
IANM_68	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N6, N4, 10YR4/2	N2
IANM_69	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N2	N2
IANM_70	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N2	N2
IANM_71	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5Y8/1, 10YR8/6	N6
IANM_72	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5Y8/1	N3
IANM_73	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2	N3, N5
IANM_74	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, N4	N2
IANM_75	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5Y6/1, N6	N4

Tabla 9. Continuación.

IANM_76	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5Y8/1, N6	N2
IANM_77	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR4/2, N4	N2
IANM_78	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N6, N5	N4, N3
IANM_79	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR6/2, 10YR5/4	N2
IANM_80	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR6/2, 10YR4/2, 5Y8/1	N3
IANM_81	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, N4	N3
IANM_82	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N2, N4, NY6/1	N3
IANM_83	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR6/6	N2
IANM_84	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N7, N4, 10YR6/6	N2
IANM_85	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N4, 5Y4/1	N3
IANM_86	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5B5/1, N6, NY6/1	N3, N2
IANM_87	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N2, 10YR4/2	N2, 5Y8/1
IANM_88	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N7, 5B5/1	N2
IANM_89	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N7, N4	N2
IANM_90	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N6, 10YR4/2	N3
IANM_91	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N6, 10YR4/2	N3
IANM_92	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N4	N3
IANM_93	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5	N5, 10YR4/2
IANM_94	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N7, 5B5/1, 5Y8/1	N3
IANM_95	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5	N2
IANM_96	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, NY6/1	N3, NY6/1, N2
IANM_97	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR7/4	N2
IANM_98	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4	N3
IANM_99	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, N4	N3
IANM_100	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N6, 10YR5/4	N3
IANM_101	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N6, NY8/1	N3
IANM_102	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N7, NY8/1	N3
IANM_103	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	5Y6/1, N6	N3
IANM_104	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N4, N5	N5
IANM_105	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N4	N3
IANM_106	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	10YR5/4	N3
IANM_107	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N5, NY6/1	N3
IANM_108	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N7, NY8/1	N3
IANM_109	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N4, N5	N3
IANM_110	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N4	N3
IANM_111	Wackestone	Micritica	SMF-1;FZ-1	N4, N5	N3

Tabla 9. Continuación (2).

Dentro del análisis microfacial se detectaron aloquímicos de tipo biológico, los cuales corresponden mayormente a foraminíferos del tipo planctónico, a continuación se presenta en las siguientes tablas un panorama general del contenido en cada una de las laminillas.

CUESTA DEL CURA					
Muestra	Especies	Muestra	Especies	Muestra	Especies
6	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Thalmaminella appenninica</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Clavibergella simplicissima</i> , <i>Dicarinella imbricata</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	27	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Favusella washitensis</i>	46	<i>Globigerinelloides pulchellus</i> , <i>Ticinella raynaudi</i> , <i>Ticinella primula</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Saccocoma sp.</i>

7	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Thalmaninella appenninica</i> , <i>Thalmaninella gandolfi</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Whiteinella archaeocretacea</i> , <i>Schackoia cenomana</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	28	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	47	<i>Calcisphaera sp.</i>
8	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Hedbergella aptiana</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Ticinella raynaudi</i> , <i>Ticinella primula</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Lenticulina sp.</i>	29	<i>Planoheterohelix globulosa</i>	48	<i>Globigerinelloides ultramicus</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Dicarinella concavata</i> , <i>Marginotruncana marginata</i> , <i>Marginotruncana renzi</i> , <i>Marginotruncana schneegansi</i>
9	<i>Ticinella roberti</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Lenticulina sp.</i>	30	<i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Hedbergella similis</i> , <i>Thalmaninella appenninica</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Ticinella primula</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Textularia sp.</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Planulina sp.</i> , <i>Bonetocardiella sp.</i>	49	<i>Dicarinella concavata</i> , <i>Textularia sp.</i>
10	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Claviedbergella simplicissima</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	31	<i>Ticinella roberti</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Lenticulina sp.</i>	50	<i>Saccocoma sp.</i>
11	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Thalmaninella appenninica</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Ticinella raynaudi</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Claviedbergella simplex</i> , <i>Lenticulina sp.</i>	32	<i>Ticinella roberti</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i>	51	<i>Saccocoma sp.</i>
12	<i>Ticinella roberti</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Rotalipora cushmani</i>	33	<i>Calcisphaera sp.</i>	52	<i>Globigerinelloides pulchellus</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Thalmaninella balaernaensis</i> , <i>Claviedbergella simplicissima</i> , <i>Marginotruncana schneegansi</i>
13	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Ticinella roberti</i>	34	<i>Globigerinelloides aptiensis</i> , <i>Thalmaninella appenninica</i> , <i>Thalmaninella balaernaensis</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Planomalina buxtorfi</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Claviedbergella amabilis</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Bonetocardiella sp.</i>	53	<i>Saccocoma sp.</i>
14	<i>Archaeoglobigerina cretacea</i> , <i>Spiroplectamminasp.</i>	35	<i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Globigerinelloides pulchellus</i> , <i>Globigerinelloides aptiensis</i> , <i>Hedbergella tunisiensis</i> , <i>Thalmaninella appenninica</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Planomalina buxtorfi</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Whiteinella baltica</i> , <i>Schackoia bicornis</i> , <i>Claviedbergella simplex</i> , <i>Claviedbergella amabilis</i> , <i>Dicarinella imbricata</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i> , <i>Pseudothalmaninella</i> , <i>Microhedbergella pseudotrocoidea</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Bonetocardiella sp.</i> , <i>Chara sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	54	<i>Planomalina buxtorfi</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Saccocoma sp.</i>

Tabla 10. Contenido micropaleontológico de la Formación Cuesta del Cura.

15	<i>Hedbergella tunisiensis</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Ticinella raynaudi</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Biticinella breggiensis</i> , <i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Clavihedbergella amabilis</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Chara sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	36	<i>Globigerinelloides pulchellus</i> , <i>Hedbergella tunisiensis</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Planomalina buxtorfi</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Clavihedbergella simplicissima</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	55	<i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Globigerinelloides ultramicus</i> , <i>Hedbergella tunisiensis</i> , <i>Hedbergella modesta</i> , <i>Thalmanninella appenninica</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Planomalina buxtorfi</i> , <i>Protoheterohelix washitensis</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Marginotruncana schneegansi</i> , <i>Praeglobotruncana compresa</i>
16	<i>Ticinella roberti</i> , <i>Ticinella moulladei</i> , <i>Asterohedbergella asterospinosa</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Chara sp.</i>	37	<i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Globigerinelloides pulchellus</i> , <i>Globigerinelloides aptiensis</i> , <i>Hedbergella amabilis</i> , <i>Hedbergella tunisiensis</i> , <i>Thalmanninella praebalaernaensis</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Planomalina buxtorfi</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix postmoremani</i> , <i>Whiteinella baltica</i> , <i>Schakoina bicornis</i> , <i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Clavihedbergella amabilis</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Textularia sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i> , <i>Planulina sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	56	<i>Calcisphaera sp.</i>
17	<i>Calcisphaera sp.</i>	38	<i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Textularia sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Bonetocardiella sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	57	<i>Globigerinelloides pulchellus</i> , <i>Dicarinella concavata</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Saccocoma sp.</i>
19	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Nodosaria sp.</i>	39	<i>Ticinella roberti</i> , <i>Planomalina buxtorfi</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Textularia sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	58	<i>Thalmanninella reicheli</i> , <i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Marginotruncana marginata</i> , <i>Marginotruncana renzi</i> , <i>Marginotruncana schneegansi</i> , <i>Saccocoma sp.</i>
20	<i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Nodosaria sp.</i>	40	<i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Globigerinelloides pulchellus</i> , <i>Hedbergella modesta</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Bonetocardiella sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i>		
21	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Lenticulina sp.</i>	41	<i>Ticinella roberti</i> , <i>Saccocoma sp.</i>		
23	<i>Pithonella ovalis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i>	42	<i>Calcisphaera sp.</i>		
24	<i>Lenticulina sp.</i>	43	<i>Dicarinella marianosi</i> , <i>Lenticulina sp.</i>		
25	<i>Thalmanninella appenninica</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Favusella washitensis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Textularia sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i>	44	<i>Thalmanninella balaernaensis</i>		
26	<i>Thalmanninella appenninica</i> , <i>Ticinella roberti</i> , <i>Ticinella primula</i> , <i>Biticinella breggiensis</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i>	45	<i>Globigerinelloides pulchellus</i> , <i>Schackoina cenomana</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Saccocoma sp.</i>		

Tabla 10. Continuación.

AGUA NUEVA					
Muestra	Especies	Muestra	Especies	Muestra	Especies
1	<i>Anaticinella planoconvexa</i> , <i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Dicarinella</i> <i>sp.</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Marginotruncana</i> <i>schneegansi</i> , <i>Marginotruncana sigali</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Thalmaninella</i> <i>sp.</i> , <i>Thalmaninella brotzeni</i> , <i>Ticinella sp.</i>	38	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Hedbergella</i> <i>sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Muricohedbergella</i> <i>delrioensis</i> , <i>Planoheterohelix</i> <i>paraglobulosa</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora</i> <i>cushmani</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i> , <i>R.</i> <i>praemontsalvensis</i> , <i>Spiroplectamina</i> , <i>Ticinella sp.</i>	75	<i>Dicarinella hagni</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana</i> <i>praeaelvetica</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i>
2	<i>Anaticinella multiloculata</i> , <i>Anaticinella</i> <i>planoconvexa</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana</i> <i>praeaelvetica</i>	39	<i>Nodosaria sp.</i>	76	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Thalmaninella</i> <i>appenninica</i> , <i>Ticinella sp.</i>
3	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Dicarinella</i> <i>sp.</i> , <i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Globigerinelloides ehrenbergi</i> , <i>Globotruncana</i> , <i>Helvetoglobotruncana</i> <i>helvetica</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Textularia sp.</i> , <i>Thalmaninella sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	40	<i>Calcsphaera sp.</i>	77	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Planoheterohelix postmoremani</i>
4	<i>Anaticinella planoconvexa</i> , <i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Dicarinella</i> <i>hagni</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella</i> <i>sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana sp.</i> , <i>Marginotruncana sigali</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planomalina sp.</i> , <i>Textularia sp.</i> , <i>Thalmaninella brotzeni</i>	41	<i>Anaticinella multiloculata</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Thalmaninella reicheli</i>	78	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana praeaelvetica</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Thalmaninella brotzeni</i>
5	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Hedbergella</i> <i>sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Marginotruncana</i> <i>schneegansi</i> , <i>Marginotruncana undulata</i> , <i>Marginotruncana renzi</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Thalmaninella</i> <i>sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	42	<i>Anaticinella multiloculata</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Thalmaninella</i> <i>reicheli</i> , <i>Ticinella sp.</i>	79	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Spiroplectamina sp.</i>
6	<i>Dicarinella sp.</i> , <i>Globigerinelloides</i> <i>bentonensis</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Marginotruncana renzi</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Praeglobotruncana</i> , <i>Rotalipora</i> <i>montsalvensis</i> , <i>Thalmaninella gandolfi</i>	43	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana</i> <i>helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Textularia sp.</i>	80	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana praeaelvetica</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>
7	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Dicarinella</i> <i>sp.</i> , <i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Globigerinelloides ehrenbergi</i> , <i>Globotruncana</i> , <i>Helvetoglobotruncana</i> <i>helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Planomalina sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Protoheterohelix washitensis</i> , <i>Rotalipora</i> <i>montsalvensis</i> , <i>Rotalipora</i> <i>praemontsalvensis</i> , <i>Thalmaninella</i> <i>praeabalemaensis</i>	44	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Spiroplectamina sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	81	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i>
8	<i>Dicarinella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana</i> <i>helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	45	<i>Calcsphaera sp.</i>	82	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Ticinella sp.</i>

Tabla 11. Contenido micropaleontológico de la Formación Agua Nueva.

9	<i>Anaticinella multiloculata</i> , <i>Dicarinella sp.</i> , <i>Dicarinella primitiva</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Thalminnella gandolfi</i> , <i>Ticinella sp.</i>	46	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i>	83	<i>Clavihedbergella sp.</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Protoheterohelix washitensis</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>
10	<i>Calcisphaera sp.</i>	47	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	84	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i> , <i>Thalminnella sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>
11	<i>Calcisphaera sp.</i>	48	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Spiroplectamina sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	85	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i>
12	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Spiroplectamina sp.</i>	49	<i>Anaticinella multiloculata</i> , <i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Clavihedbergella simplicissima</i> , <i>Dicarinella imbricata</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix praeglobulosa</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i>	86	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Thalminnella brotzeni</i>
13	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Globigerinelloides bentonensis</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i>	50	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i>	87	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i> , <i>Thalminnella reicheli</i>
14	<i>Hedbergella sp.</i>	51	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i> , <i>Ticinella sp.</i>	88	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i>
15	<i>Calcisphaera sp.</i>	52	<i>Dicarinella sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	89	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Thalminnella reicheli</i>
16	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i>	53	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i>	90	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Planoheterohelix postmoremani</i> , <i>Thalminnella micheli</i> , <i>Thalminnella praebalernaensis</i>
17	<i>Nodosaria sp.</i>	54	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Thalminnella brotzeni</i>	91	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Dicarinella hagni</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Ticinella sp.</i>
18	<i>Ticinella sp.</i>	55	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Spiroplectamina sp.</i>	92	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Planomalina sp.</i> , <i>Protoheterohelix washitensis</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Spiroplectamina sp.</i>

Tabla 10. Continuación.

19	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Nodosaria sp.</i>	56	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Thalmaninella sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	93	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Planoheterohelix postmoremani</i>
20	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i>	57	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Thalmaninella reicheli</i>	94	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Thalmaninella sp.</i> , <i>Thalmaninella appenninica</i>
21	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	58	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i> , <i>Saccocoma sp.</i>	95	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Thalmaninella sp.</i> , <i>Thalmaninella brotzeni</i> , <i>Thalmaninella praebalernaensis</i> , <i>Ticinella sp.</i>
22	<i>Lenticulina sp.</i>	59	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Saccocoma sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	96	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i>
23	<i>Heterohelix sp.</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i>	60	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Protoheterohelix washitensis</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i>	97	<i>Anaticinella multiloculata</i> , <i>Anaticinella planoconvexa</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Thalmaninella sp.</i> , <i>Thalmaninella appenninica</i> , <i>Thalmaninella brotzeni</i> , <i>Thalmaninella reicheli</i> , <i>Ticinella sp.</i>
24	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Rotalipora sp.</i>	61	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	98	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Thalmaninella sp.</i> , <i>Thalmaninella brotzeni</i>
25	<i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i>	62	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i>	99	<i>Heterohelix sp.</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Planoheterohelix postmoremani</i> , <i>Ticinella sp.</i>
26	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i>	63	<i>Dicarinella sp.</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i>	100	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i>
27	<i>Calcsphaera sp.</i>	64	<i>Dicarinella sp.</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i> , <i>Saccocoma sp.</i> , <i>Thalmaninella sp.</i>	101	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Ticinella sp.</i>
28	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Protoheterohelix washitensis</i> , <i>Ticinella sp.</i>	65	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix postmoremani</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i> , <i>Ticinella sp.</i>	102	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i>
29	<i>Anaticinella multiloculata</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i>	66	<i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Thalmaninella reicheli</i>	103	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Thalmaninella sp.</i>
30	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i>	67	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i>	104	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i>

Tabla 10. Continuación (2).



31	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Muricohedbergella angolae</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Protoheterohelix washitensis</i> , <i>Rotalipora</i> <i>cushmani</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i> , <i>Spiroplectammina</i> , <i>Textularia sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	68	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana</i> <i>helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	105	<i>Clavihedbergella simplicissima</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i> , <i>Textularia sp.</i> , <i>Thalmaninella sp.</i> , <i>Thalmaninella appenninica</i> , <i>Thalmaninella reicheli</i> , <i>Ticinella sp.</i>
32	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora cushmani</i>	69	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Rotalipora</i> <i>praemontsalvensis</i>	106	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Praeglobotruncana</i> <i>sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i>
33	<i>Anaticinella multiloculata</i> , <i>Anaticinella</i> <i>planoconvexa</i> , <i>Clavihedbergella simplex</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana</i> <i>helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix</i> <i>globulosa</i> , <i>Planoheterohelix</i> <i>paraglobulosa</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora</i> <i>cushmani</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i> , <i>Rotalipora praemontsalvensis</i>	70	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Planoheterohelix</i> <i>paraglobulosa</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora</i> <i>montsalvensis</i> , <i>Ticinella sp.</i>	107	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Spiroplectammina sp.</i>
34	<i>Anaticinella multiloculata</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Ticinella sp.</i>	71	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Planoheterohelix</i> <i>paraglobulosa</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Thalmaninella brotzeni</i> , <i>Ticinella sp.</i>	108	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Praeglobotruncana sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i> , <i>Thalmaninella sp.</i> , <i>Thalmaninella</i> <i>gandolfi</i> , <i>Thalmaninella reicheli</i> , <i>Ticinella sp.</i>
35	<i>Heterohelix sp.</i> , <i>Protoheterohelix</i> <i>washitensis</i> , <i>Ticinella sp.</i>	72	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Muricohedbergella delrioensis</i>	109	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Muricohedbergella</i> <i>delrioensis</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Planoheterohelix globulosa</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i>
36	<i>Dicarinella sp.</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Helvetoglobotruncana</i> <i>helvetica</i> , <i>Heterohelix sp.</i> , <i>Thalmaninella sp.</i> , <i>Thalmaninella</i> <i>praebalernaensis</i> , <i>Thalmaninella</i> <i>reicheli</i>	73	<i>Dicarinella sp.</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i>	110	<i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Planoheterohelix paraglobulosa</i>
37	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Heterohelix sp.</i> ,	74	<i>Hedbergella sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i>	111	<i>Dicarinella sp.</i> , <i>Globotruncana sp.</i> , <i>Hedbergella sp.</i> , <i>Nodosaria sp.</i> , <i>Rotalipora sp.</i>

Tabla 10. Continuación (3).

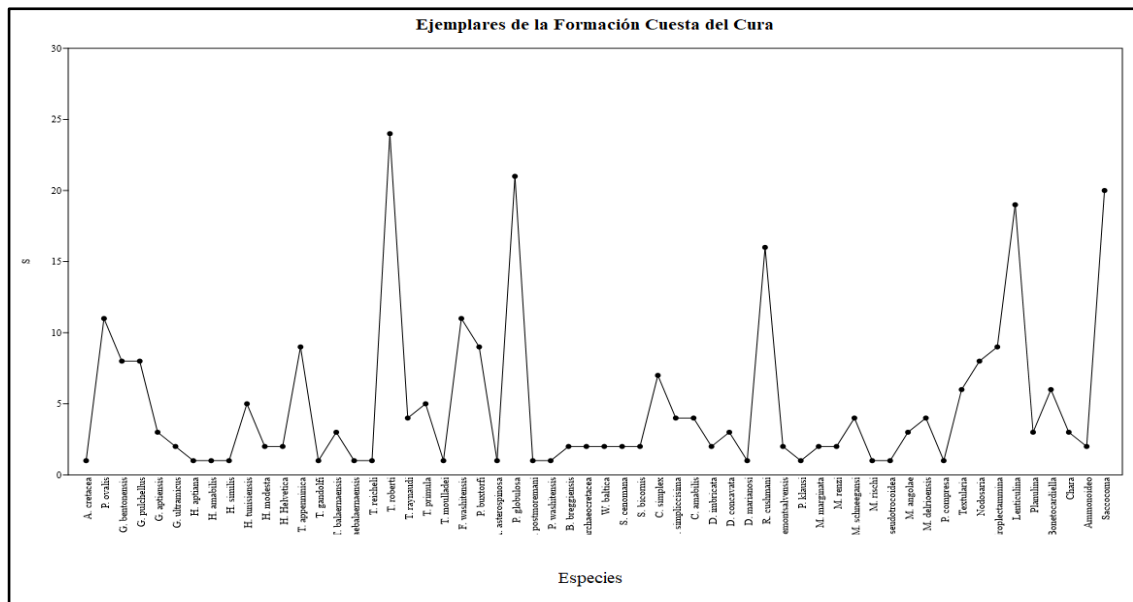
### 11.3. Bioestratigrafía

Las condiciones sedimentológicas de las secciones expuestas en Iturbide, Nuevo León permitieron la fosilización de diversa micro-fauna, entre la que destacan los foraminíferos planctónicos, radiolarios y restos de invertebrados.

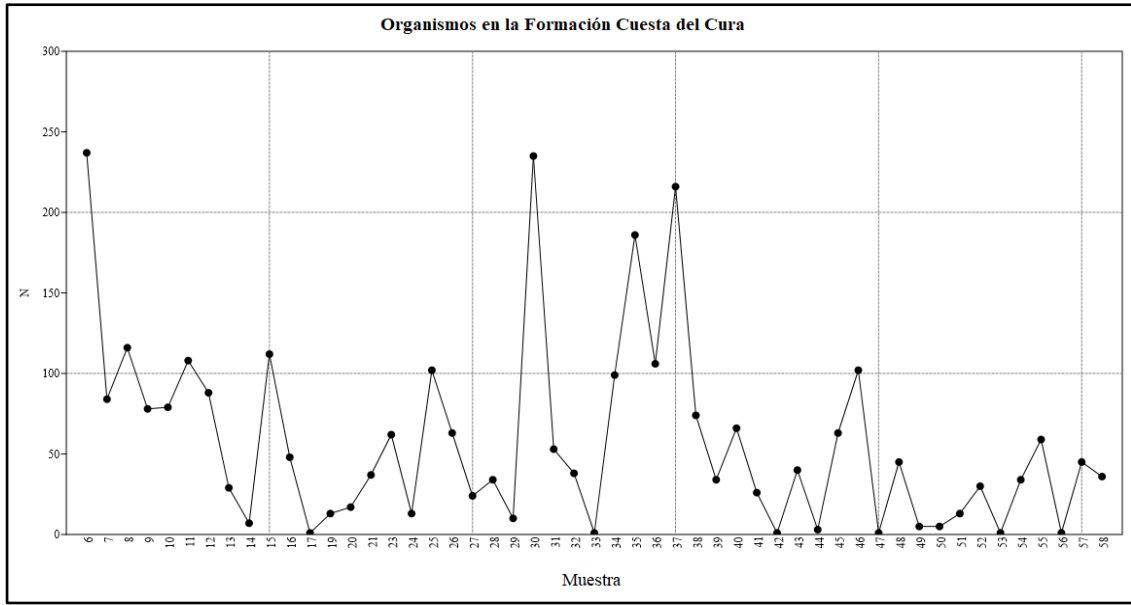
En la primera localidad, que corresponde a la Formación Cuesta del Cura destacan ejemplares pertenecientes a los géneros *Favusella*, *Globigerinelloides*, *Planoheterohelix*, *Thalmaninella* y *Ticinella* (Gráfica 1), así como abundante cantidad de calcisferúlidos y radiolarios; las capas donde se presentaron la mayor cantidad de organismos fueron las

siguientes: 6, 30, 35 y 37 (Gráfica 2), siguiendo en mediana cantidad con las capas 15, 25,34, 36 y 46.

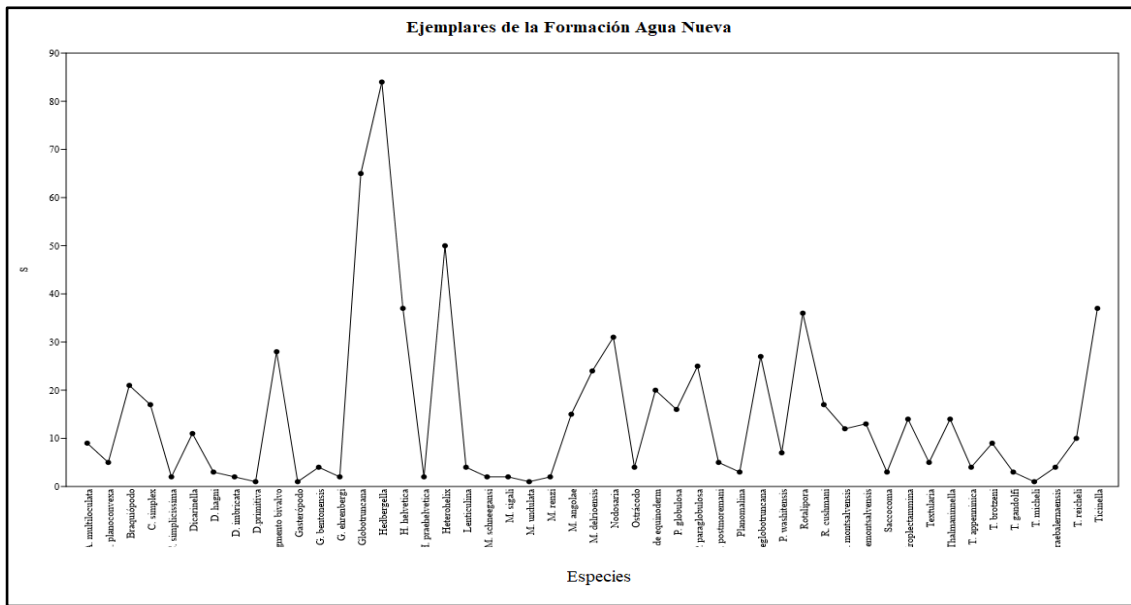
En el caso de la segunda localidad, Formación Agua Nueva, destacan los géneros *Globotruncana*, *Hedbergella*, *Helvetoglobotruncana*, *Heterohelix*, *Marginotruncana*, *Rotalipora* y *Ticinella* (Gráfica 3), asimismo que en la localidad anterior abundan calcisferúlidos y hay presencia de radiolarios; las capas donde se presentaron la mayor cantidad de organismos fueron las siguientes: 7, 38, 49, 58, 92 y 96 (Gráfica 4).



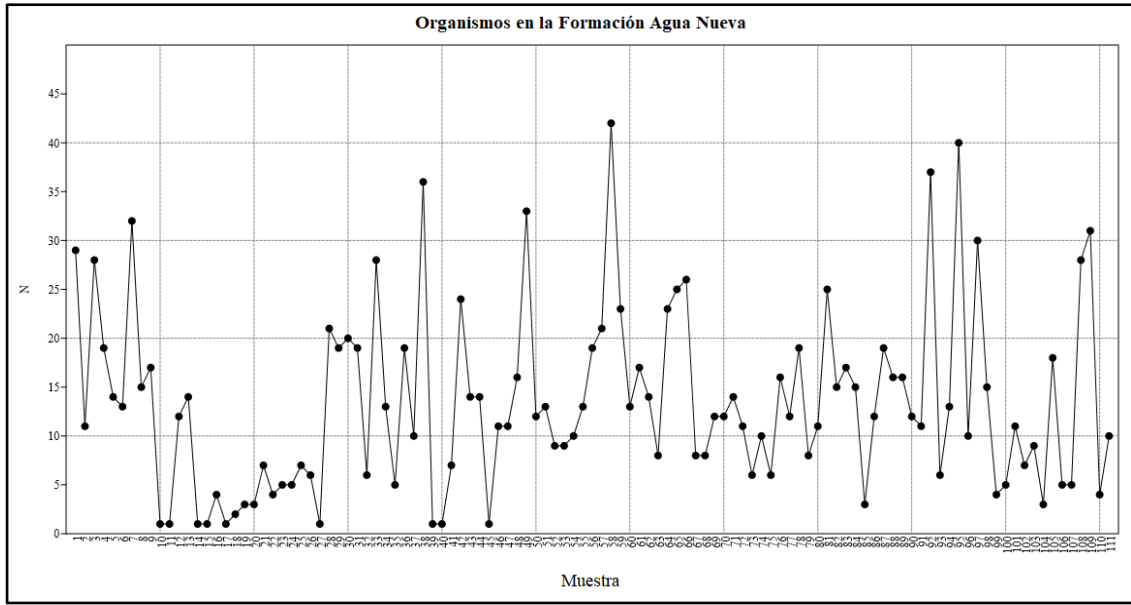
Gráfica 1. Géneros destacados en la Formación Cuesta del Cura.



Gráfica 2. Muestras en donde se presenta la mayor cantidad de ejemplares en la Formación Cuesta del Cura.

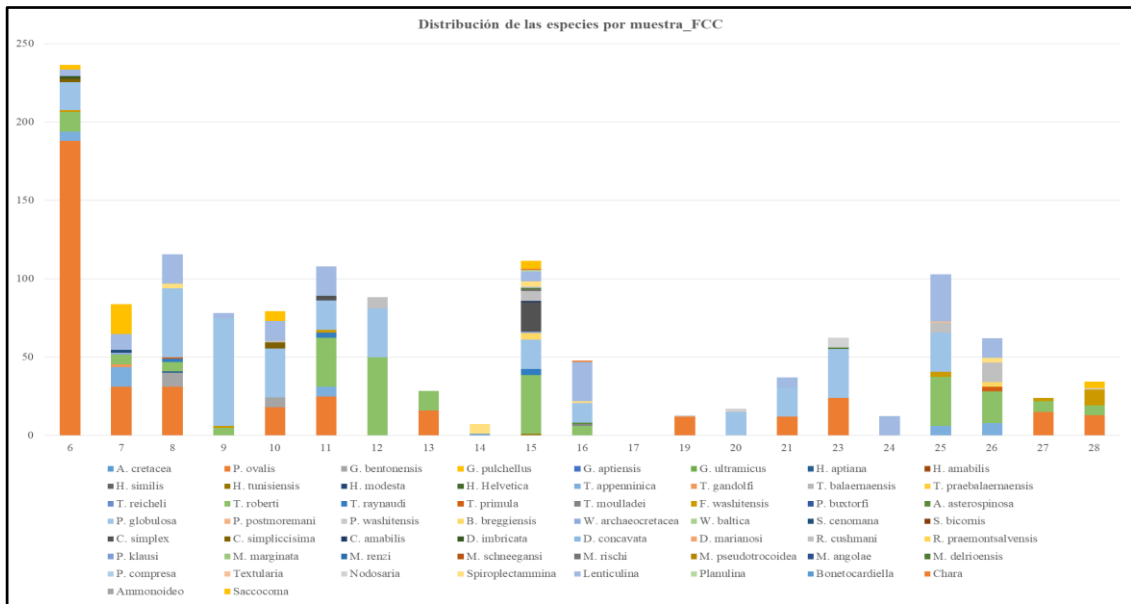


Gráfica 3. Géneros destacados en la Formación Agua Nueva.

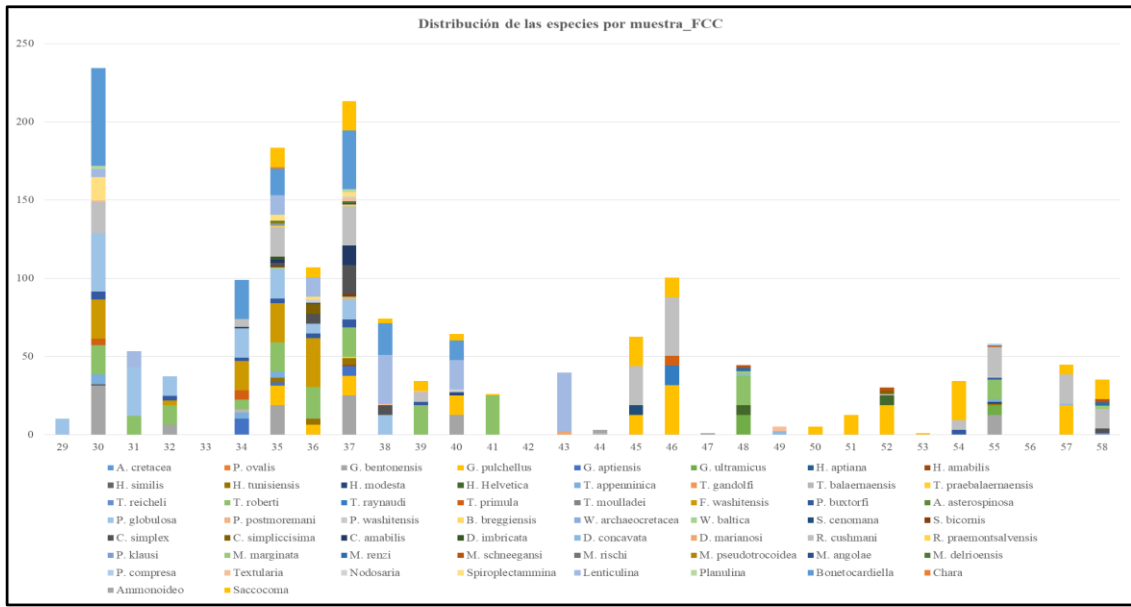


Gráfica 4. Muestras en donde se presenta la mayor cantidad de ejemplares en la Formación Agua Nueva.

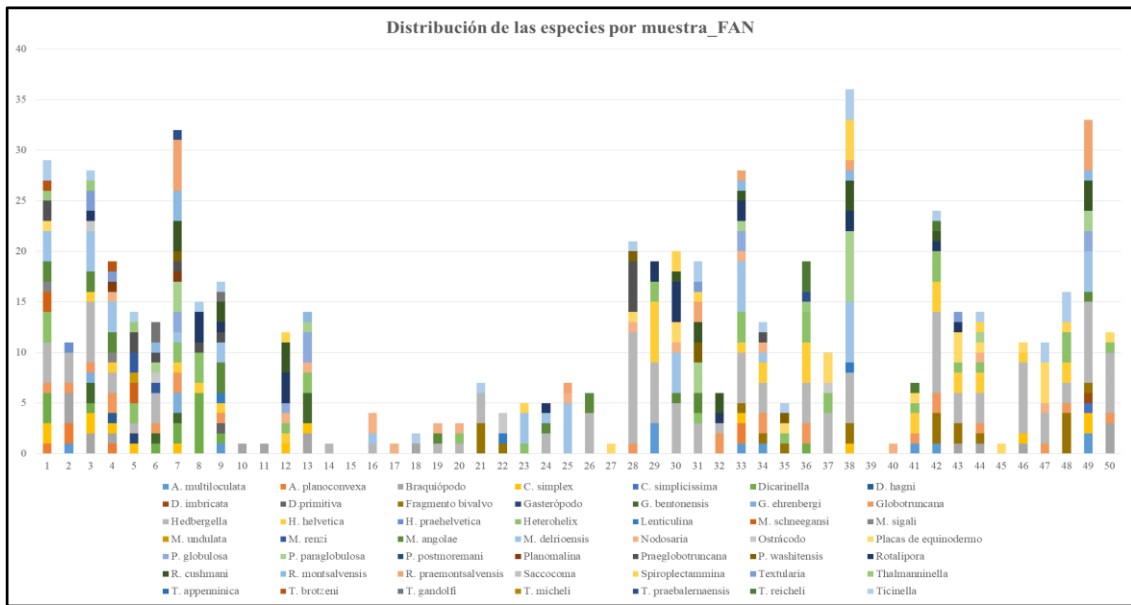
La distribución de especies por muestra en las Formaciones Cuesta del Cura (Gráfica 5) y Agua Nueva (Gráfica 6) se muestra a continuación en las siguientes gráficas:



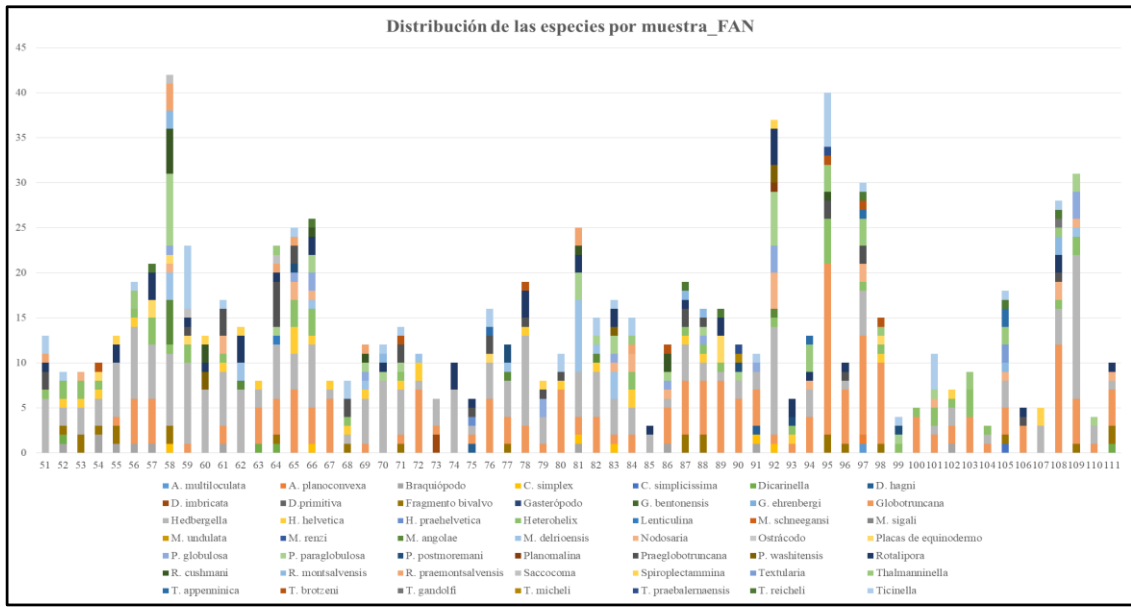
Gráfica 5. Distribución de las especies en cada una de las muestras de la Formación Cuesta del Cura.



Gráfica 5. Continuación.



Gráfica 6. Distribución de las especies en cada una de las muestras de la Formación Agua Nueva.



Gráfica 6. Continuación.

La microfauna encontrada en ambas localidades es un reflejo del paleoambiente y las condiciones al momento de la deposición, para obtener la identificación de dicha microfauna se hizo uso diversas rúbricas como morfología, características de las conchas o testas y de su composición. Cabe recalcar que los microfósiles vistos en lámina delgada presentan diversas formas debido a la orientación en que el organismo quedó al momento de haber realizado el corte de la roca (Fig. 40).

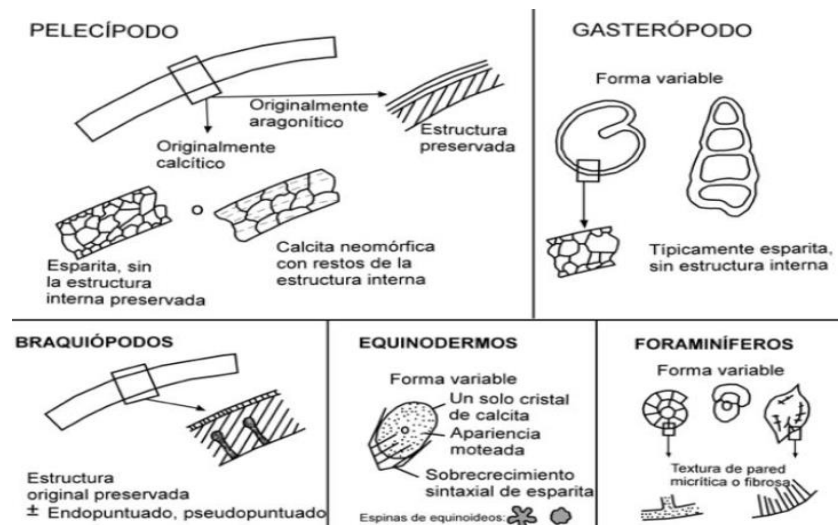


Figura 40. Aspecto de varios grupos de microfósiles presentes en lámina delgada (Tomado de Santa-Salas, 2012).

Los foraminíferos presentes en las muestras de la Formación Cuesta del Cura se observan en su mayoría con las testas completas y de forma parcial, es por ello que se logró una mayor identificación taxonómica a nivel de especie en esta localidad en comparación con la Formación Agua Nueva, en donde los ejemplares se veían mayormente de forma parcial sus testas o totalmente recristalizados o reemplazados por otro mineral.

Como se mencionó anteriormente muchos de los foraminíferos se encuentran total o parcialmente reemplazados por esparita y óxidos de hierro (Fig. 41).

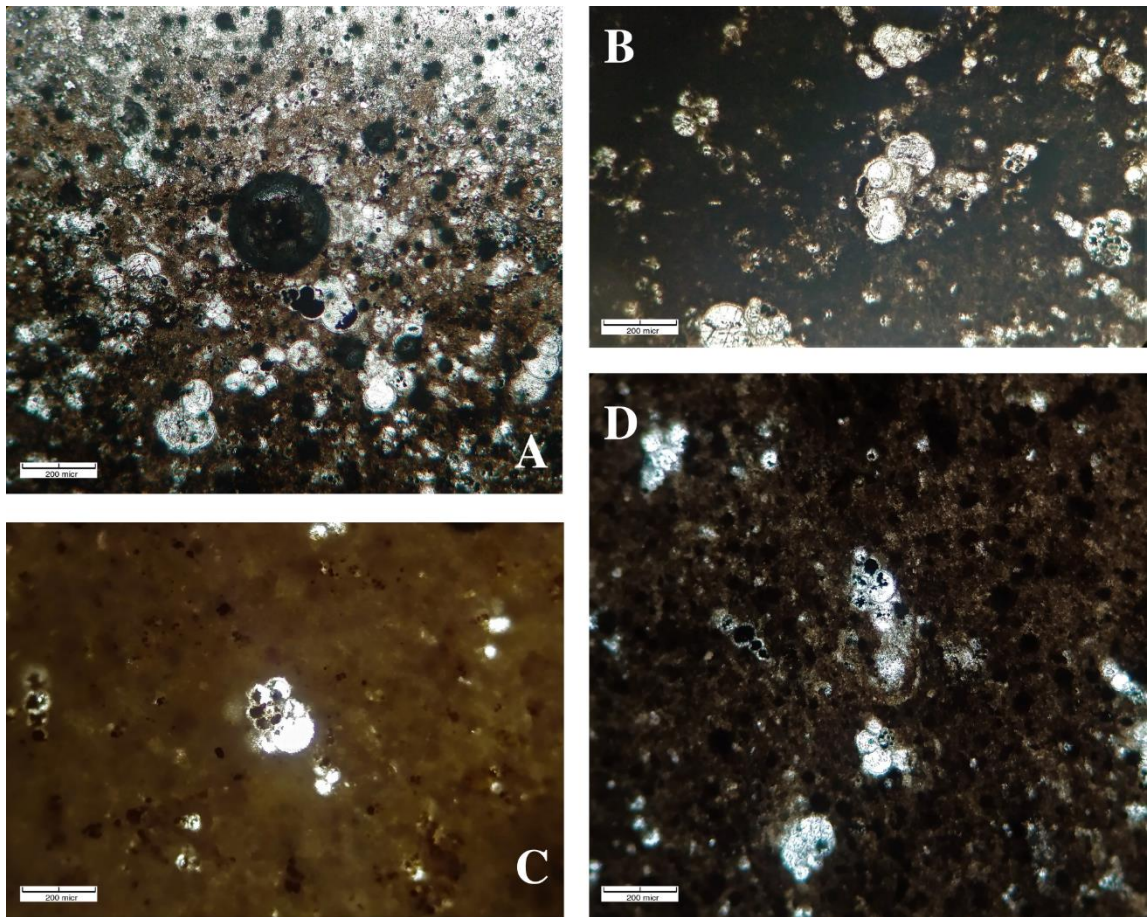


Figura 41. Foraminíferos planctónicos reemplazados parcialmente por óxidos de hierro.

Se observó la presencia de pequeños fragmentos de concha de pelecípodo (Fig. 42), dichos fragmentos pueden pertenecer al género *Inoceramus*, pues es el pelecípodo más abundante en este periodo de tiempo.



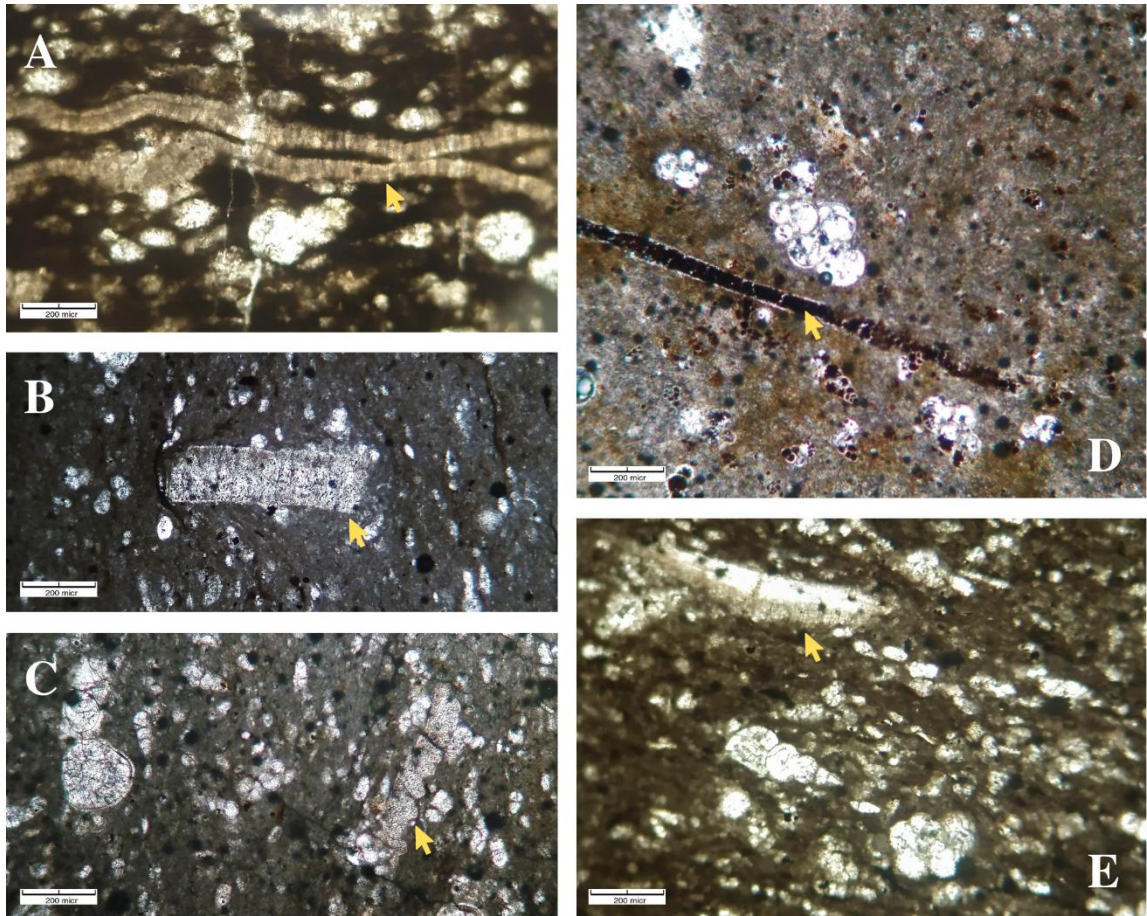


Figura 42. Fragmentos de pelecípodos encontrados en las muestras de la Formación Agua Nueva (señalados con una flecha).

Uno de los grupos con abundantes microfósiles dentro de las laminillas fueron los calcisferúlidos (Fig. 43), los cuales tienen como característica principal estar rellenos de esparita, destaco la presencia de *Calcisphaera sp.*, *Stomiosphaera sp.* y *Pithonella ovalis*.



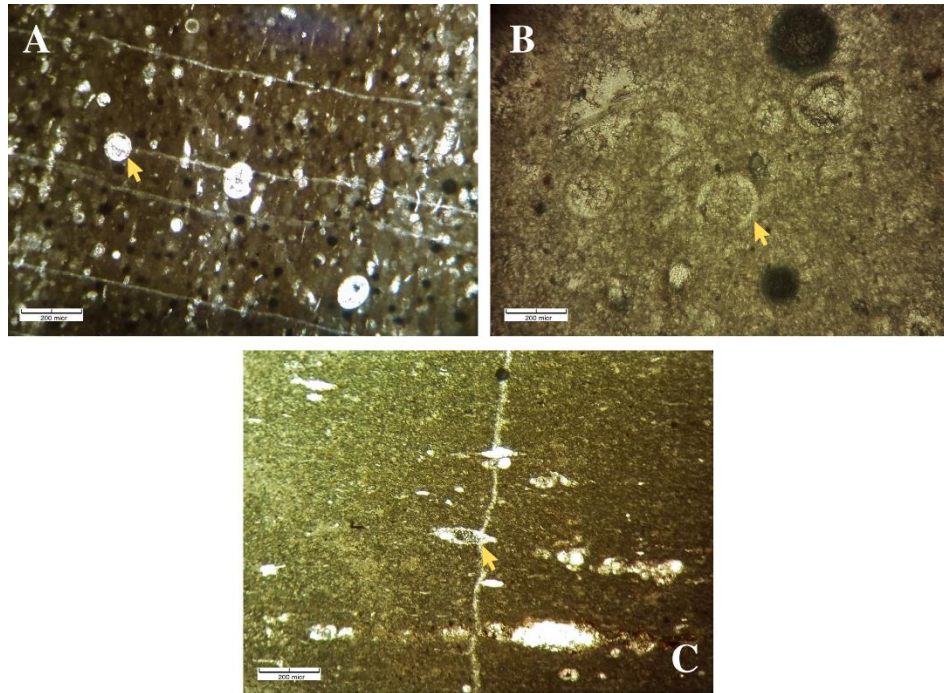


Figura 43. Calcisferúlidos encontrados: A) *Calcisphaera* sp; B) *Stomiosphaera* sp; C) *Pithonella ovalis*.

La presencia de espículas o escleritas de poríferos también fue notoria en las muestras de ambas localidades, asimismo se reconocieron organismos pertenecientes al grupo de radiolarios (Fig. 44).

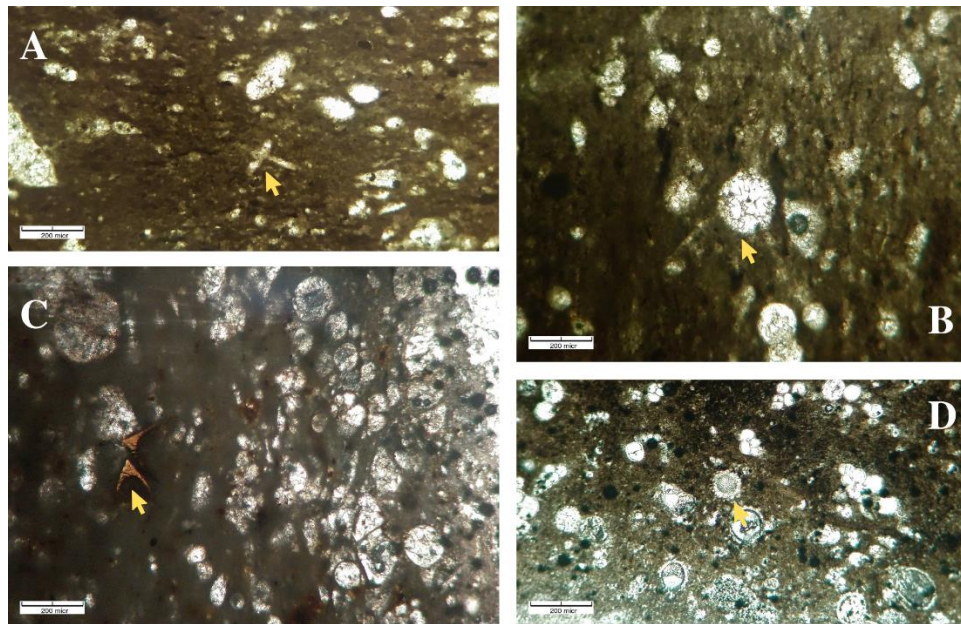


Figura 44. Espículas o escleritas de poríferos y radiolarios: A y B) Espículas de esponja; C y D) radiolarios.



La presencia de otros grupos fue baja pero se encontraron representantes de algunos de ellos, como placas de equinodermos, filamentos algales, un micro-molusco, varios braquiópodos y ostrácodos (Fig. 45).

Como aloquímicos inorgánicos se observó la presencia de pellets, los cuales son estructuras esféricas o elípticas sin estructura interna, son agregados de Calcuta microcristalina y se les considera como representantes de productos fecales de organismos acuáticos; asimismo la presencia de abundantes cristales esparítico y granos minerales de óxido de hierro (Fig. 46).

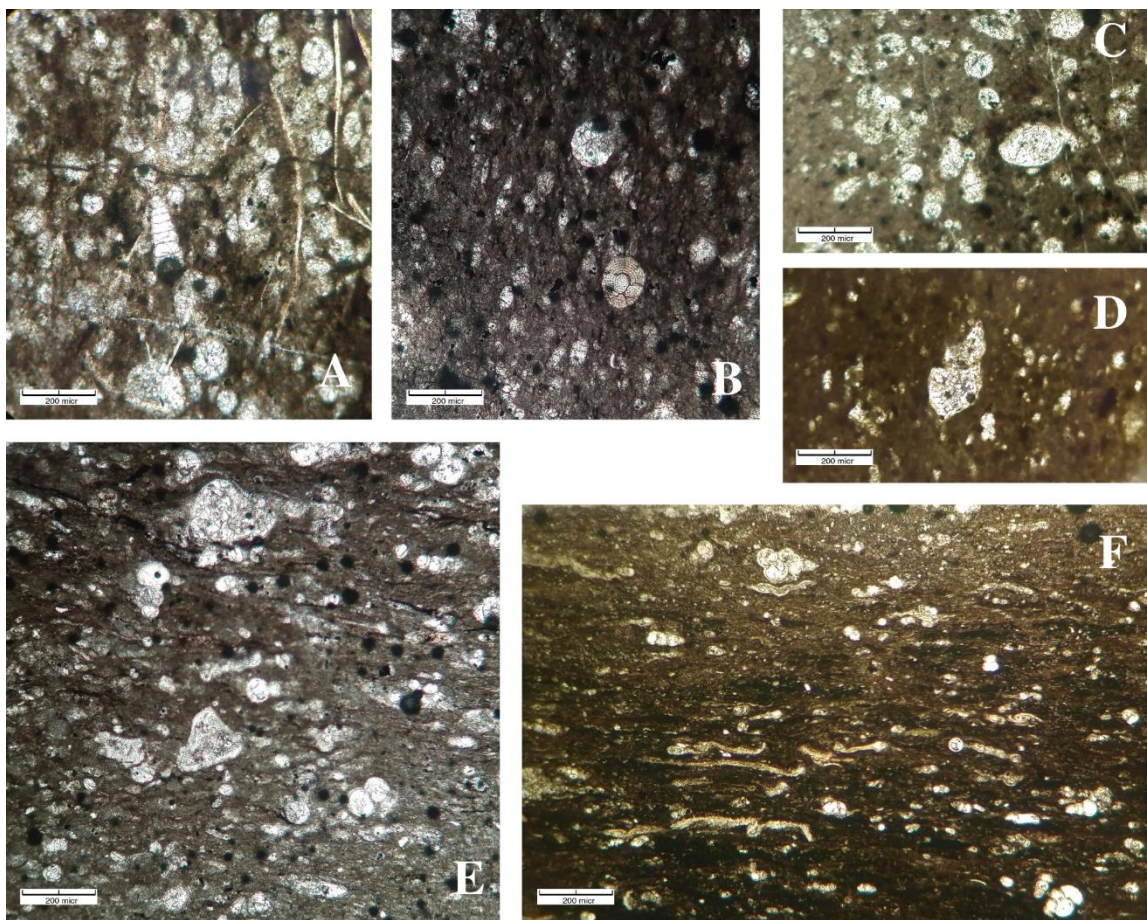


Figura 45. Representantes de otros grupos de microfósiles: A) braquiópodo; B y E) placas de equinodermo; C) ostrácodo; D) micro-molusco; F) filamentos algales.



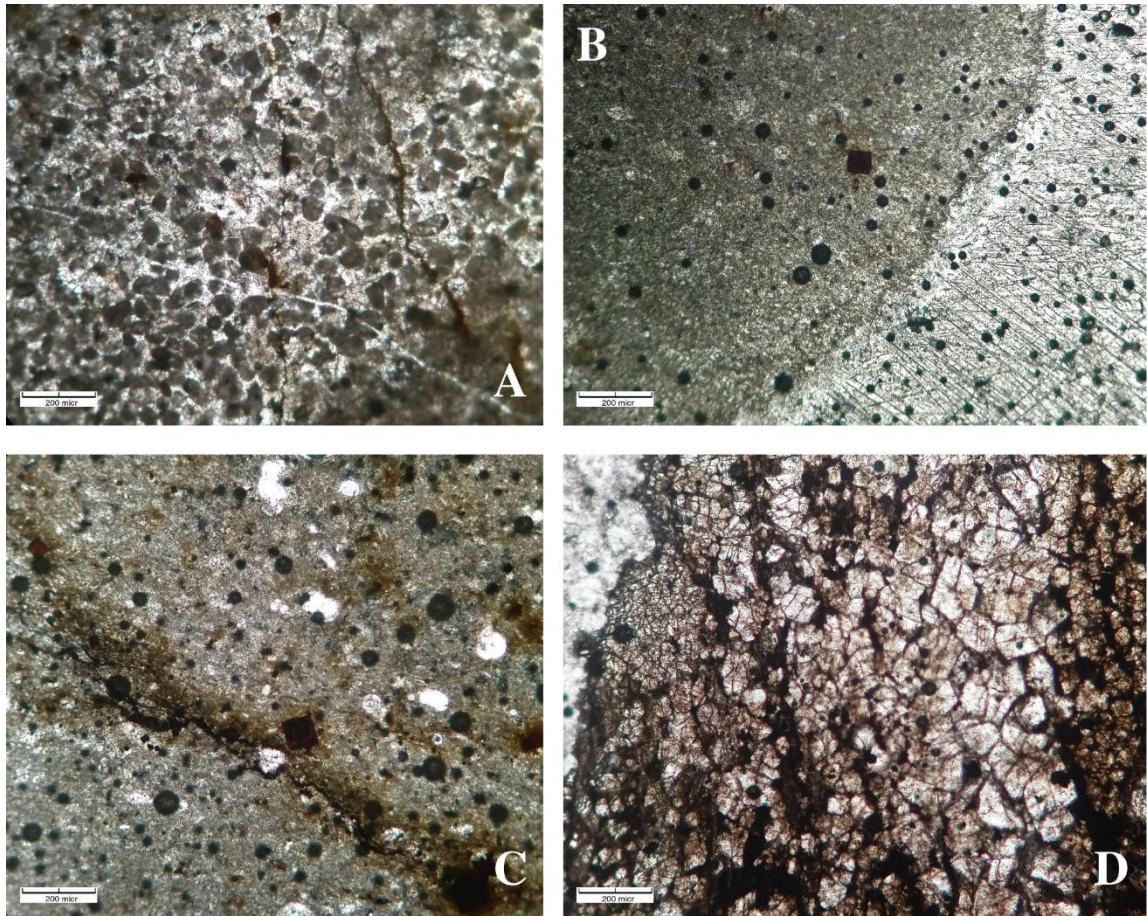


Figura 46. Aloquímicos inorgánicos: A) pellets; B y C) granos de óxido de hierro; D) cristales de esparita. Como representantes de los foraminíferos planctónicos, hay ejemplares pertenecientes a varios géneros, algunos de ellos pertenecen a los globigerinélidos, hedbergélidos, heterohelícidos y globotruncanélidos (Fig. 47-49).



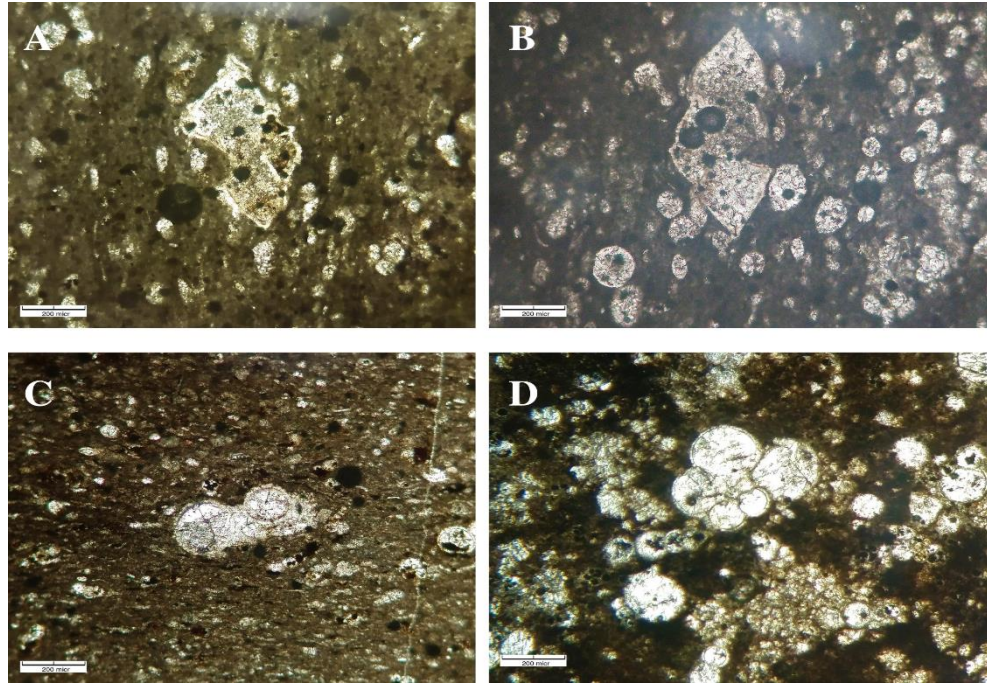


Figura 47. A) *Marginotruncana schneegansi*; B) *M. Renzi*; C) *Helvetoglobotruncana helvetica*; D) *Clavihedbergella simplex*.

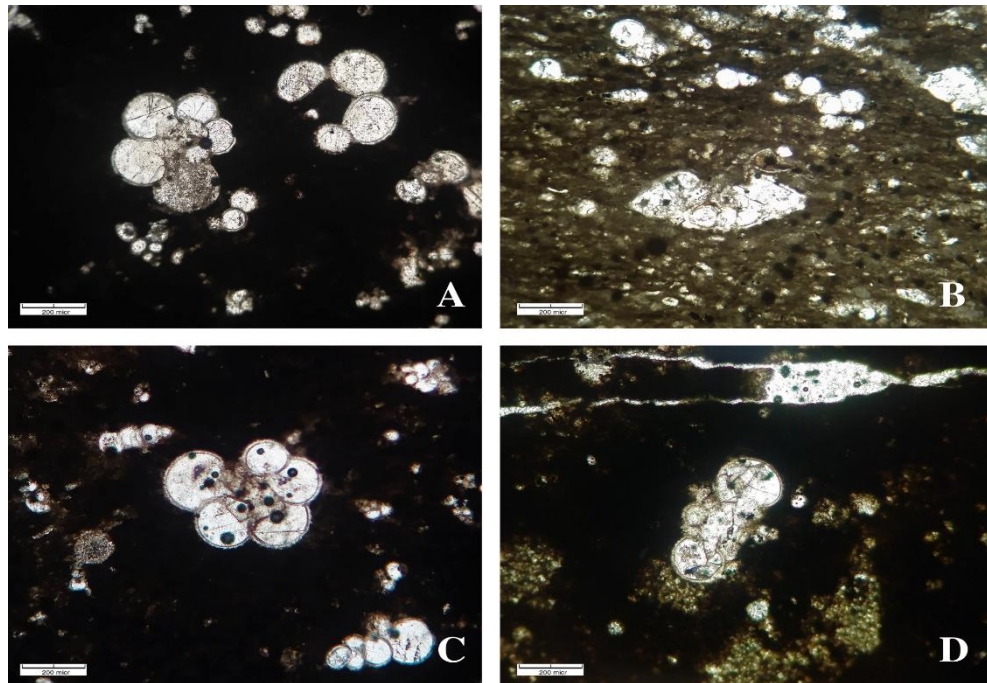


Figura 48. A) *Rotalipora cushmani*; B) *Thalmanninella brotzeni*; C) *R. montsalvensis*; D) *Anaticinella multiloculata*.

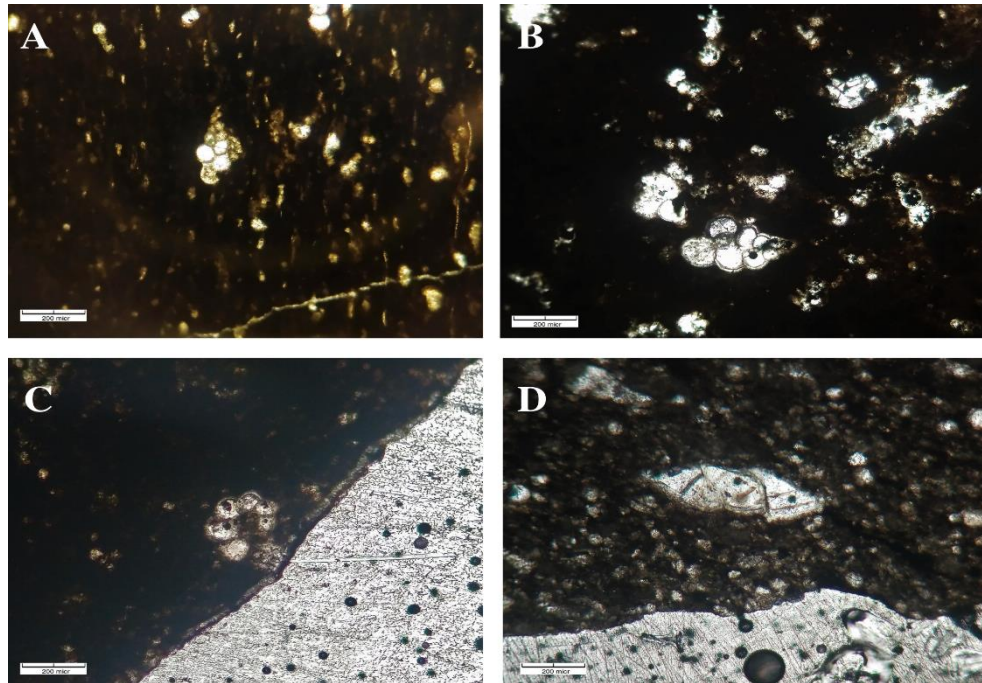


Figura 49. A) *Planoheterohelix postmoremani*; B) *P. globulosa*; C) *Globigerinelloides bentonensis*; D) *Thalmanninella appenninica*.

### 11.3.1. Inferencia de edad

Basados en los géneros de foraminíferos encontrados, la Formación Cuesta del Cura se ubica en una edad geológica del Albiano superior-Cenomaniano superior, por su parte la Formación Agua Nueva es de edad de Cenomaniano medio-Turoniano.

M e s o z o i c o	C r e t á c i c o	Superior	Piso	Formación	Edad	Zona propuesta
			Campaniano	Méndez	83.6 Ma	
			Santoniano	San Felipe	86.2 Ma	
			Coniaciano		89.7 Ma	
			Turonense	Agua Nueva	93.9 Ma	CSINL-5 CSINL-4
			Cenomanense	Cuesta del Cura	100.5 Ma	CSINL-3 CSINL-2 CSINL-1
Inferior	Albiano	Tamaulipas Superior	103.1 Ma			

Figura 50. Rango estratigráfico y biozonación propuesta para el Cenomaniano-Turoniano en Iturbide, Nuevo León.

### 11.3.2. Biozonación

Como se mencionó anteriormente los foraminíferos son organismos que se consideran excelente indicadores bioestratigráficos, algunos de ellos son considerados como fósiles guía o fósil índice debido a su alta abundancia y su extensión, así como de sus características evolutivas y su extinción.

De acuerdo con la zonificación propuesta por Longoria y Gamper (1977) para el Cretácico Superior la presencia de las especies *Thalmaninella ticinensis*, *T. evoluta*, *T. reicheli*, *Rotalipora montsalvensis*, *R. cushmani* y *Favusella washitensis* indican una edad correspondiente al Cenomaniano y los géneros *Dicarinella*, *Marginotruncana* y la especie *Helvetoglobotruncana helvetica* indican una edad del Turonense. Asimismo Gamper (1977) destaca que la presencia de *T. evoluta* es un indicador de la Formación Cuesta del Cura y que la especie *Dicarinella concavata* es indicadora para la Formación Agua Nueva.

Por lo que la zonificación propuesta para este trabajo corresponde a la siguiente:

Pisos	Zonificación propuesta por Longoria y Gamper (1977)	Zonificación propuesta en este trabajo	Distribución estratigráfica de los taxa nominales
Turonense	CS-5 Zona de intervalo <i>Dicarinella renzi</i> / <i>Dicarinella concavata</i>	CSINL-5 Zona de intervalo <i>Dicarinella primitiva</i> / <i>Dicarinella concavata</i>	
	CS-4 Zona de intervalo <i>Dicarinella imbricata</i> / <i>Dicarinella renzi</i>	CSINL-4 Zona de intervalo <i>Dicarinella imbricata</i> / <i>Dicarinella primitiva</i>	
Cenomanense	CS-3 Zona de intervalo <i>Rotalipora cushmani</i> / <i>Dicarinella imbricata</i>	CSINL-3 Zona de intervalo <i>Rotalipora cushmani</i> / <i>Dicarinella imbricata</i>	
	CS-2 Zona de intervalo <i>Rotalipora montsalvensis</i> / <i>Rotalipora cushmani</i>	CSINL-2 Zona de intervalo <i>Rotalipora praemontsalvensis</i> / <i>Rotalipora cushmani</i>	
	CS-1 Zona de intervalo <i>Thalmaninella evoluta</i> / <i>Rotalipora montsalvensis</i>	CSINL-1 Zona de intervalo <i>Thalmaninella appenninica</i> / <i>Rotalipora praemontsalvensis</i>	

Figura 51. Zonificación propuesta para el Cenomaniano-Turoniano en Iturbide, Nuevo León.

Las biozonas propuestas para el Cenomaniano-Turoniano para ambas localidades del municipio de Iturbide, Nuevo León poseen la clave CSINL-# (Cretácico Superior Iturbide Nuevo León).

La definición de cada una de ellas se describe a continuación:

#### Zona CSINL-1

Zona de Intervalo *Thalmaninella appenninica/Rotalipora praemontsalvensis*

Definición: Intervalo de tiempo comprendido entre la primera ocurrencia estratigráfica de la especie *Thalmaninella appenninica* y la primera aparición estratigráfica de *Rotalipora praemontsalvensis*.

Observaciones: esta zona corresponde a la base del Cenomaniano. Se caracteriza por la ocurrencia de especies del género *Ticinella* (Reichel, 1950), *Favusella washitensis* (Carsey, 1926), *Thalmaninella praebalernaensis* (Sigal, 1969), *T. gandolfi* (Luterbacher and Premoli Silva, 1962).

#### Zona CSINL-2

Zona de Intervalo *Rotalipora praemontsalvensis/Rotalipora cushmani*

Definición: Intervalo de tiempo comprendido entre la primera ocurrencia estratigráfica de la especie *Rotalipora praemontsalvensis* y la primera aparición estratigráfica de *Rotalipora cushmani*.

Observaciones: esta zona corresponde al Cenomaniano. Se caracteriza por la ocurrencia de *Rotalipora montsalvensis* (Mornod, 1950), *Thalmaninella reicheli* (Mornod, 1950), *T. micheli* (Sacal and Debourle, 1957).

#### Zona CSINL-3

Zona de Intervalo *Rotalipora cushmani/Dicarinella imbricata*

Definición: Intervalo de tiempo comprendido entre la primera ocurrencia estratigráfica de la especie *Rotalipora cushmani* y la primera aparición estratigráfica de *Dicarinella imbricata*.

Observaciones: esta zona corresponde la cima del Cenomaniano. Se caracteriza por la ocurrencia de *Rotalipora montsalvensis* (Mornod, 1950) y especies del género *Praeglobotruncana* (Bermudez 1952).

#### Zona CSINL-4

##### Zona de Intervalo *Dicarinella imbricata*/*Dicarinella primitiva*

Definición: Intervalo de tiempo comprendido entre la primera ocurrencia estratigráfica de la especie *Dicarinella imbricata* y la primera aparición estratigráfica de *Dicarinella primitiva*.

Observaciones: esta zona corresponde a la base del Turoniano. Se caracteriza por la ocurrencia de *Helvetoglobotruncana helvetica* (Bolli, 1945), *Marginotruncana sigali* (Reichel, 1950), *M. schneegansi* (Sigal, 1952).

#### Zona CSINL-5

##### Zona de Intervalo *Dicarinella primitiva*/*Dicarinella concavata*

Definición: Intervalo de tiempo comprendido entre la primera ocurrencia estratigráfica de la especie *Dicarinella primitiva* y la primera aparición estratigráfica de *Dicarinella concavata*.

Observaciones: esta zona corresponde al Turoniano. Se caracteriza por la abundancia de especies del género *Marginotruncana* (Hofker, 1956) y la ocurrencia de *Helvetoglobotruncana helvetica* (Bolli, 1945), *Dicarinella primitiva* (Dalbiez, 1955), *Dicarinella hagni* (Scheibnerova, 1962).

### 11.3.3. Correlación bioestratigráfica

Una correlación en términos geo-paleontológicos alude a una comparación de características que fueron analizadas, un ejemplo claro es cuando estratos de la misma época presentan un contenido fosilífero similar. Si bien de manera práctica dicho principio es verídico, difiere cuando se aplican otras variables como barreras físicas o el clima que imperaba en dicho lugar. A continuación se exponen las características correlativas de ambas unidades litológicas:



<b>Correlación de las localidades</b>		
<b>Localidad</b>	<b>Fm. Cuesta del Cura</b>	<b>Fm. Agua Nueva</b>
<b>Textura</b>	Mudstone/Wackestone	Wackestone/Packstone
<b>Microfacie</b>	SMF-3; FZ-3	SMF-1; FZ-1
<b>Edad</b>	Albiano tardío-Cenomaniano	Cenomaniano medio-Turoniano
<b>Ambiente de depósito</b>	Margen profundo de plataforma	Cuenca de agua profunda
<b>Paleoambiente</b>	Mar abierto	Mar abierto
<b>Contenido fosilífero</b>	Foraminíferos planctónicos, radiolarios, placas de equinodermo, algas calcáreas, espículas de porífero.	Foraminíferos planctónicos, radiolarios, placas de equinodermo, espículas de porífero, micromoluscos, filamentos algales, ostrácodos, restos de bivalvos.

Tabla 11. Correlación de ambas localidades en el municipio de Iturbide, Nuevo León.

Se puede observar que las características como textura y microfacie están un tanto relacionadas ya que son similares, sin embargo la interpretación que se obtiene es distinta para cada una de las localidades; en términos de edad ambas comparten biozonas de foraminíferos pertenecientes al Cenomaniano medio debido a la presencia de organismos del género *Rotalipora*, es por ello que una edad aproximada de ambas localidades sería de unos  $\pm 95$  Ma aproximadamente. El término ambiente de depósito hace referencia a la zona en la cual fueron depositados los sedimentos de la ahora roca, y aunque ambos se depositaron en zonas profundas, la Formación Cuesta del Cura se depositó más cerca de la plataforma continental, sin embargo su paleoambiente es el mismo. Para ambas localidades se encontraron foraminíferos de las especies: *Clavhedbergella simplex*, *C. simplicissima*, *Dicarinella imbricata*, *Globigerinelloides bentonensis*, *Helvetoglobotruncana helvetica*, *Marginotruncana schneegansi*, *Muricohedbergella angolae*, *M. delrioensis*, *Planoheterohelix globulosa*, *P. postmoremani*, *Rotalipora cushmani*, *R. praemontsalvensis*, *Thalmaninella appenninica*, *T. gandolfi* y *T. reicheli*.

#### 11.4. Definición de bioeventos

La pirita sedimentaria sugiere la presencia de estructuras framboidales y biomórficas en óxido de hierro en las capas de la Formación Agua Nueva, las cuales pueden ser el

resultado de la oxidación del sulfuro de hierro, dichas estructuras son asociadas a eventos de anoxia oceánica, sin embargo no se reporta ninguna estructura de este tipo en las laminillas revisadas, solo aparecen algunos gránulos de óxido de hierro y reemplazamiento del mismo en algunos especímenes, por lo que se aclara que en la Formación Agua Nueva no hay presencia de anoxia.

Los datos recabados por ambas localidades se sometieron a diversos índices de diversidad alfa, utilizando el programa PAST 3.20.

#### **11.4.1. Índices ecológicos**

Los datos arrojados por ambas localidades fueron vaciados en una base de datos para obtener con ello una interpretación de biodiversidad, utilizando tres índices alfa: Shannon-Wiener, Dominancia de Simpson y Dominancia de Margalef.

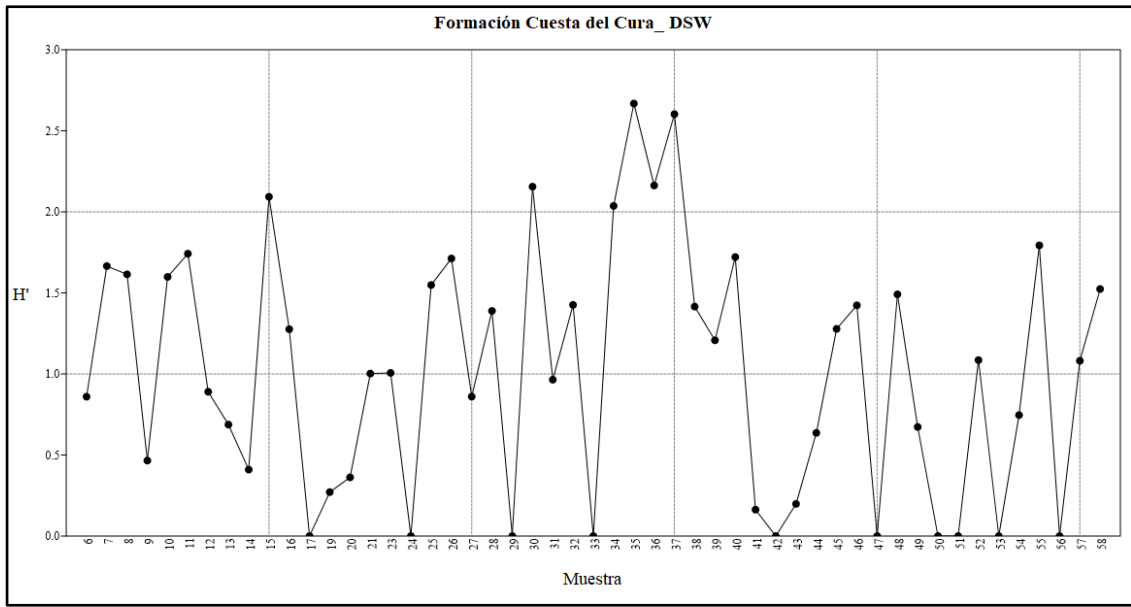
##### **11.4.1.1. Índice de Shannon-Wiener**

Este índice mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo elegido al azar, asumiendo claro que los individuos son seleccionados realmente al azar y que todas las especies se encuentran representadas en la muestra. Los valores que adquiere van de entre cero y cinco, si el valor dado es mayor a tres entonces la diversidad es alta, si el valor se encuentra entre dos y tres entonces hay un equilibrio, sin embargo si el valor es menor a dos la diversidad es baja (Moreno, 2001). Se calcula mediante la ecuación:

$$H' = -p_i \ln p_i$$

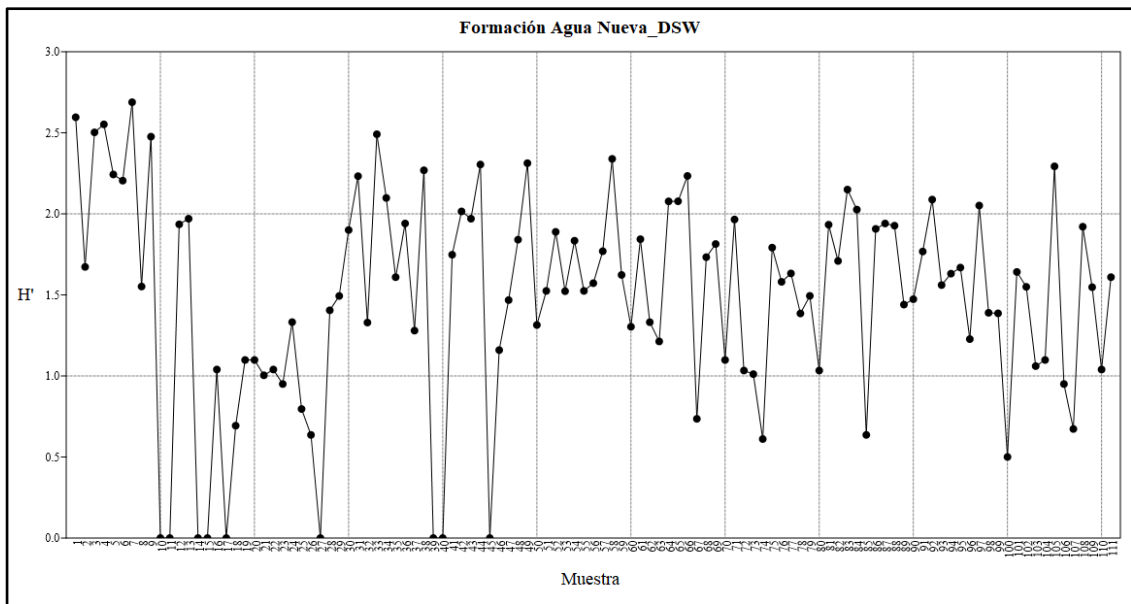
Dónde:  $p_i$  = proporción del número total de individuos por especie en cada muestra.

Para la Formación Cuesta del Cura se obtuvo un valor promedio de 1.0179 lo que nos indica un ambiente de baja diversidad. En la gráfica se muestra la variación en todas las muestras de dicha localidad.



Gráfica 7. Índice de Shannon-Wiener en la Formación Cuesta del Cura.

Mientras que para la Formación Agua Nueva, se obtuvo un valor promedio de 1.4835, indicándonos al igual que en la localidad anterior una baja diversidad. En la gráfica se muestra la variación en todas las muestras de dicha localidad.



Gráfica 8. Índice de Shannon-Wiener en la Formación Agua Nueva.

### 11.4.1.2. Índice de Dominancia de Simpson

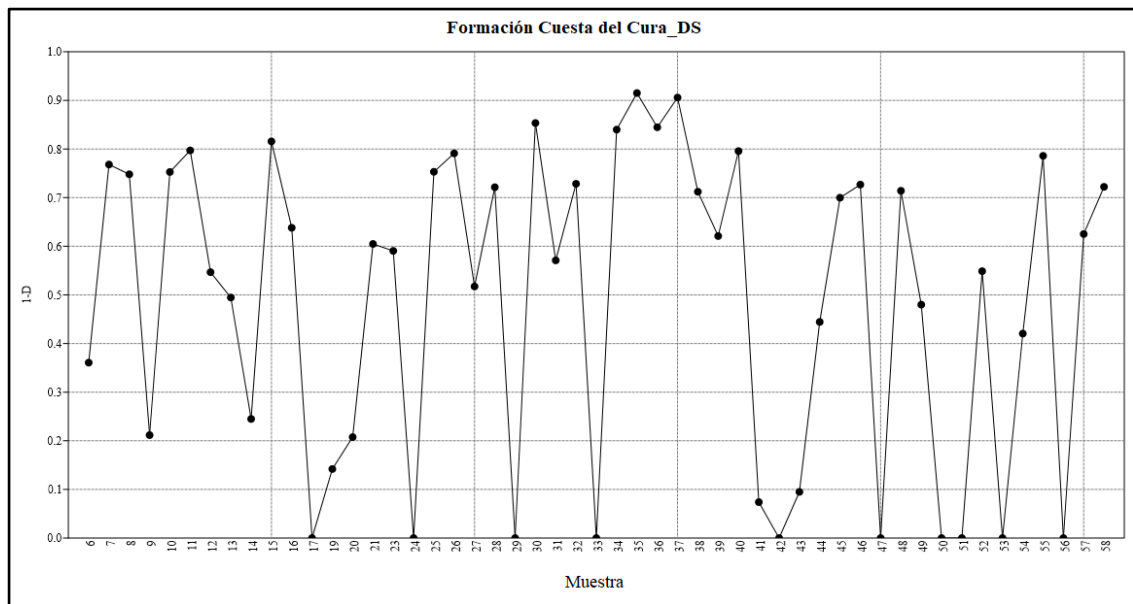
Este índice es un parámetro inverso al concepto de uniformidad en una comunidad, pues éste manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados de manera aleatoria de una muestra sean de la misma especie; si el valor obtenido es más cercano a cero se dice que existe una menor dominancia pero mayor biodiversidad, pero que si tiene a estar más cerca de uno entonces habrá una mayor dominancia y menor biodiversidad (Moreno, 2001).

Se calcula mediante la ecuación:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

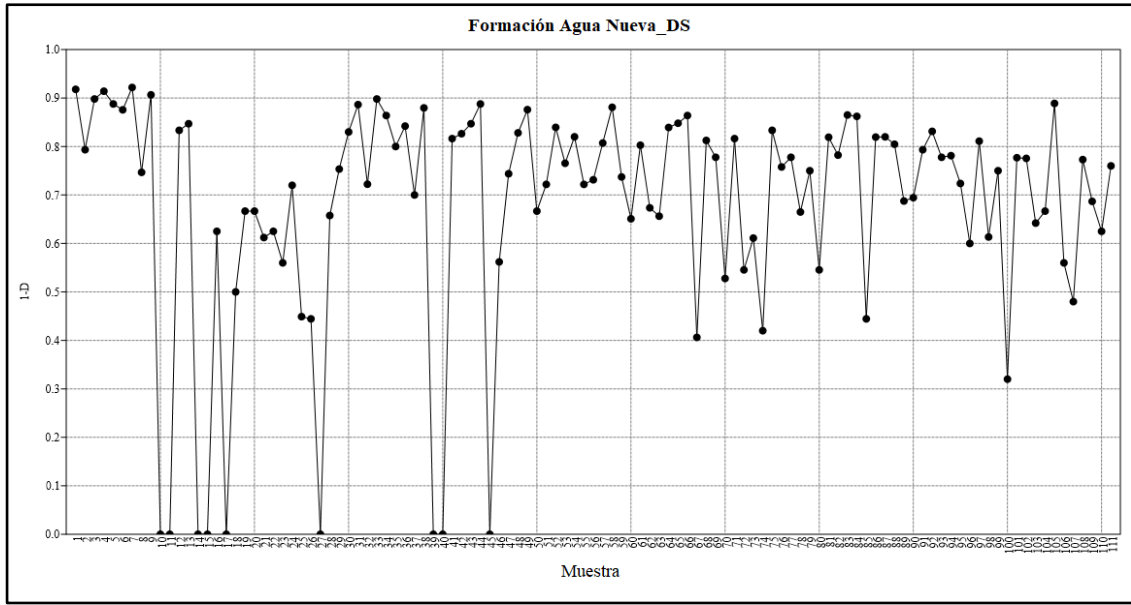
Dónde:  $p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

La Formación Cuesta del Cura arrojó un valor de 0.4869, debido a que el valor se encuentra casi a la mitad del rango de valores podemos decir que de acuerdo con este índice, la dominancia es equitativa. En la gráfica se observa la variación en todas las muestras de dicha localidad.



Gráfica 9. Índice de Dominancia de Simpson para la Formación Cuesta del Cura.

En la Formación Agua Nueva se obtuvo un valor de 0.6769, debido a que el valor se acerca a uno, podemos decir que hay una mayor dominancia y baja biodiversidad. En la gráfica se observa la variación en todas las muestras de dicha localidad.



Gráfica 10. Índice de Dominancia de Simpson para la Formación Agua Nueva.

### 11.4.1.3. Índice de Margalef

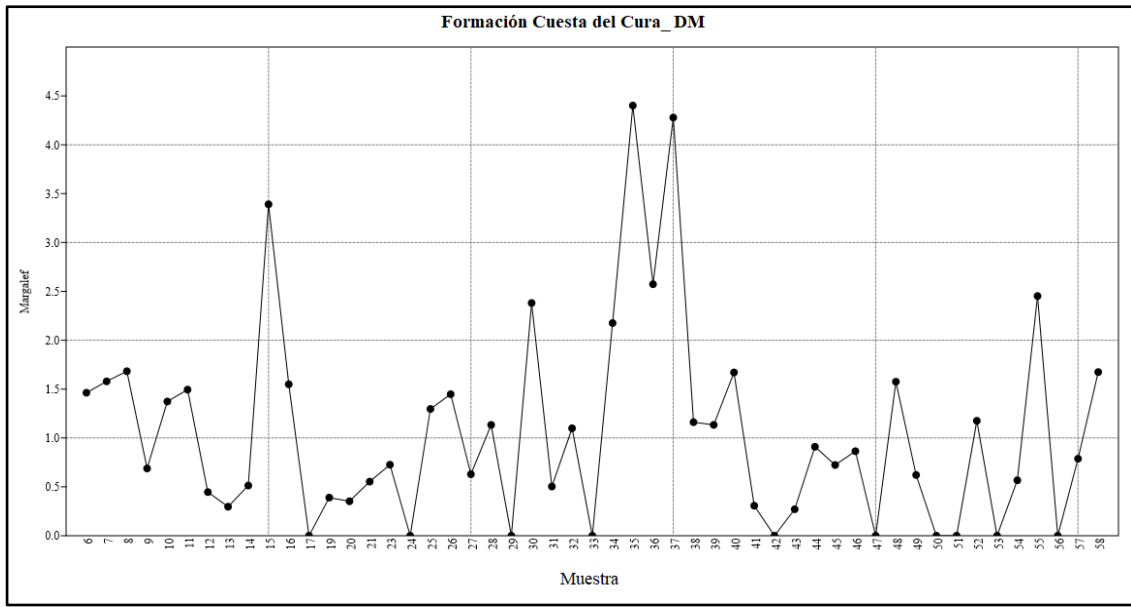
Este índice transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra; suponiendo así una relación funcional entre el número de especies y el total de individuos. Si el valor obtenido es inferior a dos se considera que es una zona de baja diversidad, mientras que un valor superior a cinco indica alta diversidad (Moreno, 2001).

Se calcula mediante la ecuación:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

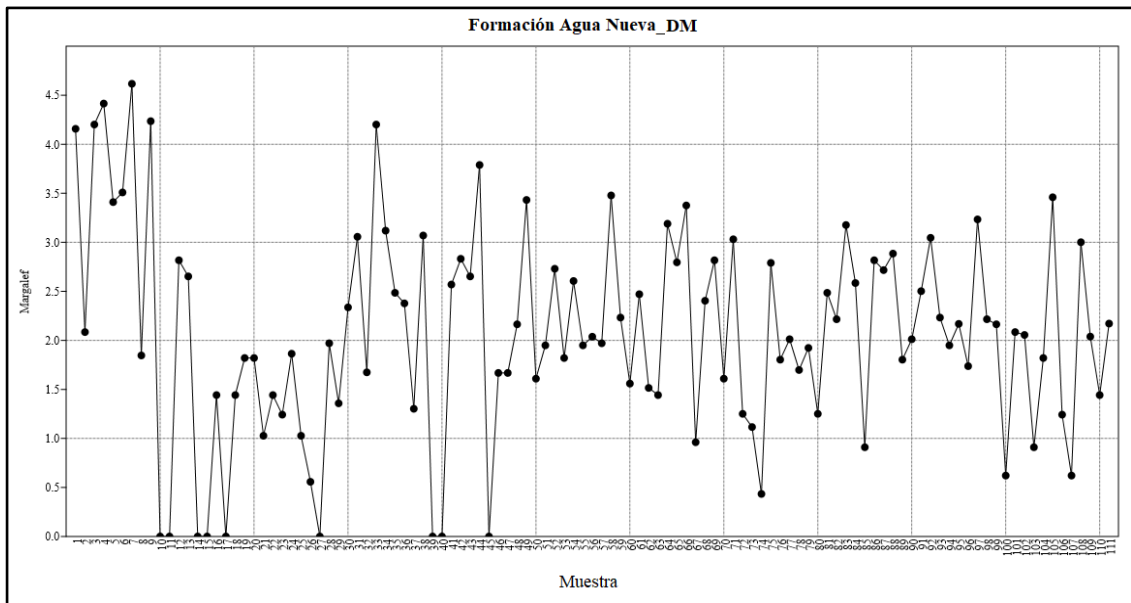
Dónde: S= número de especie y N= número total de individuos.

Para la Formación Cuesta del Cura el valor obtenido fue de 1.0652, lo que indica una zona de baja diversidad pues el valor es inferior a dos. En la gráfica se observa la variación en todas las muestras de dicha localidad.



Gráfica 11. Índice de Diversidad de Margalef para la Formación Cuesta del Cura.

En tanto el valor obtenido para la Formación Agua Nueva es de 2.0678, puesto que el resultado apenas supera el valor de dos se considera que es una zona de baja diversidad, igualmente que en la localidad anterior. En la gráfica se observa la variación en todas las muestras de dicha localidad.



Gráfica 12. Índice de Diversidad de Margalef para la Formación Agua Nueva.

Recapitulando los resultados arrojados por el programa para ambas localidades la diversidad de especies es baja y una dominancia que oscila entre ser equitativa a alta.

### **11.5. Paleontología sistemática**

En la siguiente tabla se resume la clasificación de los foraminíferos que fueron observados en las laminillas de cada una de las localidades, indicándose la familia, género y especie según sea el caso; posteriormente cada una es descrita de manera más detallada, destacando los siguientes aspectos:

- Características de la concha
- Rango estratigráfico

Orden	Familia	Género	Especie
F o r a m i n i f e r a	Textulariidae	<i>Spirolectamina</i> (Cushman, 1927)	
		<i>Textularia</i> (DeFrance, 1824)	
	Nodosariidae	<i>Lenticulina</i> (Lamarck, 1804)	
		<i>Nodosaria</i> (Lamarck, 1812)	
	Heterohelicidae	<i>Planoheterohelix</i> (Georgescu & Huber, 2009)	<i>Planoheterohelix globulosa</i> (Ehrenberg, 1840)
			<i>Planoheterohelix paraglobulosa</i> (Georgescu & Huber, 2009)
		<i>Protoheterohelix</i> (Georgescu & Huber, 2009)	<i>Protoheterohelix washitensis</i> (Tappan, 1940)
	Planomaliniidae	<i>Globigerinelloides</i> (Cushman & Ten Dam, 1948)	<i>Globigerinelloides aptiensis</i> (Longoria, 1974)
			<i>Globigerinelloides bentonensis</i> (Morrow, 1934)
			<i>Globigerinelloides ehrenbergi</i> (Barr, 1962)
			<i>Globigerinelloides pulchellus</i> (Todd and Low, 1964)
			<i>Globigerinelloides ultramicus</i> (Subbotina, 1949)
	<i>Planomalina</i> (Loeblich and Tappan, 1946)	<i>Planomalina buxtoffi</i> (Gandolfi, 1942)	
	Rotaliporidae	<i>Asterohedbergella</i> (Hamaoui, 1964)	<i>Asterohedbergella asterospinosa</i> (Hamaoui, 1964)
			<i>Clavihedbergella amabilis</i> (Loeblich and Tappan, 1961)
			<i>Clavihedbergella simplex</i> (Morrow, 1934)
		<i>Hedbergella</i> (Bronnmann and Brown, 1958)	<i>Clavihedbergella simplicissima</i> (Magne and Sigal, 1954)
			<i>Hedbergella amabilis</i> (Loeblich and Tappan, 1961)
			<i>Hedbergella aptiana</i> (Bartenstein, 1965)
			<i>Hedbergella modesta</i> (Boll, 1959)
			<i>Hedbergella similis</i> (Longoria, 1974)
		<i>Hedbergella tunisiensis</i> (Boudagher-Fadel, 1995)	
		<i>Muricohedbergella</i> (Carsey, 1926)	<i>Muricohedbergella angolae</i> (Caron, 1978)
			<i>Muricohedbergella delrioensis</i> (Carsey, 1926)
		<i>Microhedbergella</i> (Huber and Leckie, 2011)	<i>Microhedbergella pseudotrocoidea</i> (Michael, 1973)
			<i>Microhedbergella rischi</i> (Moullade, 1974)
		<i>Rotalipora</i> (Brotzen, 1942)	<i>Rotalipora cushmani</i> (Morrow, 1934)
			<i>Rotalipora montsalvensis</i> (Mornod, 1950)
	<i>Rotalipora praemontsalvensis</i> (Ion, 1976)		
	<i>Pseudothalmaminella</i> (Wonders, 1978)		<i>Pseudothalmaminella klausii</i> (Lehmann, 1966)
			<i>Thalmaminella appenninica</i> (Renz, 1936)
			<i>Thalmaminella balernaensis</i> (Gandolfi, 1957)
			<i>Thalmaminella brotzeni</i> (Sigal, 1948)
			<i>Thalmaminella gandolfi</i> (Luterbacher and Premoli Silva, 1962)
	<i>Thalmaminella micheli</i> (Sacal and Debourle, 1957)		
	<i>Thalmaminella praebalernaensis</i> (Sigal, 1969)		
	<i>Thalmaminella reicheli</i> (Mornod, 1950)		
	<i>Anaticinella</i> (Eicher, 1972)		<i>Anaticinella multiloculata</i> (Morrow, 1934)
		<i>Anaticinella planoconvexa</i> (Longoria, 1973)	
	<i>Biticinella</i> (Sigal, 1956)	<i>Biticinella breggiensis</i> (Gandolfi, 1942)	
	<i>Ticinella</i> (Reichel, 1950)	<i>Ticinella moulladei</i> (Premoli Silva <i>et al.</i> , 2009)	
		<i>Ticinella primula</i> (Luterbacher, in Renz <i>et al.</i> , 1963)	
		<i>Ticinella raynaudi</i> (Sigal, 1966)	
		<i>Ticinella roberti</i> (Gandolfi, 1942)	
	Globostrucanidae	<i>Archaeoglobigerina</i> (Pessagno, 1967)	<i>Archaeoglobigerina cretacea</i> (Pessagno, 1967)
		<i>Globostrucana</i> (Cushman, 1927)	
<i>Helvetoglobotruncana</i> (Reiss, 1957)		<i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> (Boll, 1945)	
		<i>Helvetoglobotruncana praehelvetica</i> (Trujillo, 1960)	
	<i>Praeglobotruncana</i> (Bermudez, 1952)	<i>Praeglobotruncana compresa</i> (Hasegawa, 1999)	
Marginotruncanidae	<i>Marginotruncana</i> (Hofker, 1956)	<i>Marginotruncana marginata</i> (Reuss, 1845)	
		<i>Marginotruncana renzi</i> (Gandolfi, 1942)	
		<i>Marginotruncana schneegansi</i> (Sigal, 1952)	
		<i>Marginotruncana sigali</i> (Reichel, 1950)	
		<i>Marginotruncana undulata</i> (Lehmann, 1963)	
	<i>Dicarinella</i> (Donze <i>et al.</i> , 1970)	<i>Dicarinella concavata</i> (Brotzen, 1934)	
		<i>Dicarinella hagni</i> (Scheibnerova, 1962)	
		<i>Dicarinella imbricata</i> (Mornod, 1950)	
		<i>Dicarinella marianosi</i> (Douglas, 1969)	
		<i>Dicarinella primitiva</i> (Dalbiez, 1955)	
<i>Whiteinella</i> (Pessagno, 1967)	<i>Whiteinella archaeocretacea</i> (Pessagno, 1967)		
	<i>Whiteinella baltica</i> (Douglas and Rankin, 1969)		
Planulinidae	<i>Planulina</i> (d'Orbigny, 1826)		
Schackoinidae	<i>Schackoina</i> (Thalman, 1932)	<i>Schackoina bicornis</i> (Reichel, 1948)	
		<i>Schackoina cenomana</i> (Schacko, 1897)	
Favusellidae	<i>Favusella</i> (Michael, 1973)	<i>Favusella washitensis</i> (Carsey, 1926)	
Radiolaria	Calcisphaerulidae	<i>Pithonella</i> (T. Lorenz, 1902)	<i>Pithonella ovalis</i> (T. Lorenz, 1902)
		<i>Stomiosphaera</i> (J. Wanner, 1940)	
		<i>Calcisphaera</i> (Bonet, 1956)	
		<i>Bonetocardiella</i> (T. Dufour, 1968)	
		<i>Chara</i> (Linnaeus, 1753)	

Tabla 12. Taxonomía de especies de foraminíferos encontrados en las Formaciones Cuesta del Cura y Agua Nueva.



**Género: *Spiroplectammina* (Cushman, 1927)**

La testa es elongada, estrecha y ovoide, los márgenes en general son redondeados, la porción temprana con enrollamiento planiespiral de pocas cámaras y la últimas cámaras están arregladas de manera biserial, la pared es aglutinada y posee en la última cámara una apertura de arco bajo en el margen.

Rango estratigráfico: Carbonífero-Holoceno.

**Género: *Textularia* (Defrance, 1824)**

La testa es elongada, biserial y comprimida en plano biserial. Numerosas cámaras y pared aglutinada simple; una sola apertura en arco bajo en la base de la última cámara.

Rango estratigráfico: Pensilvánico-Holoceno.

**Género: *Lenticulina* (Lamarck, 1804)**

La testa es planiespiral, la periferia con ángulo carenado y las cámaras relativamente amplias y bajas van aumentando lentamente de tamaño; la pared es calcárea y hialina, con perforación radial y quilla periférica.

Rango estratigráfico: Triásico-Holoceno.

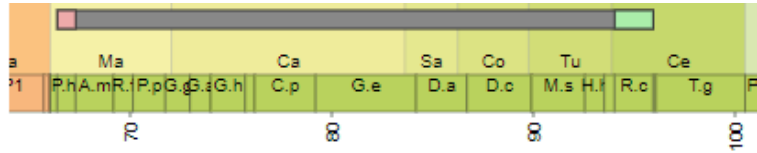
**Género: *Nodosaria* (Lamarck, 1812)**

La testa es elongada, multilocular y ovalada, seguido de cámaras globulares a ovaladas; la pared es calcárea, hialina, perforada y sin ornamentaciones.

Rango estratigráfico: Jurásico tardío-Holoceno.

**Género: *Planoheterohelix globulosa* (Ehrenberg, 1840)**

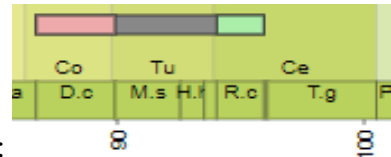
La testa presenta disminución gradual con una mayor amplitud hacia el extremo de la apertura y extremo inicial agudo; las cámaras son globulares y las últimas dos constituyen la mayor proporción de la testa; suturas distintas, deprimidas; la pared está adornada con costillas longitudinales finas.



Rango estratigráfico:

**Género: *Planoheterohelix paraglobulosa* (Georgescu & Huber, 2009)**

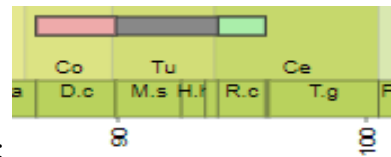
La testa es biserial, de seis a ocho cámaras globulares que aumentan lentamente de tamaño conforme se añaden; la segunda cámara es más pequeña que el próculo y la apertura es un arco interiomarginal simétrico con bordes laterales imperforados y una banda imperforada en la parte central; la pared de la testa es calcítica, microperforada a finamente perforada, los poros son intercostales.



Rango estratigráfico:

**Género: *Planoheterohelix postmoremani* (Georgescu & Huber, 2009)**

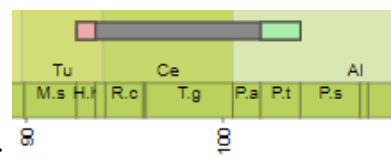
La testa es biserial que consta de 11 a 15 cámaras; el próculo es pequeño y seguido por una segunda cámara ligeramente más grande; las cámaras anteriores son subglobulares, la abertura es un arco de medio a alto en la base de la cámara; la superficie de la cámara está adornada con costillas poco espaciadas dándole una apariencia granular.



Rango estratigráfico:

**Género: *Protoheterohelix washitensis* (Tappan, 1940)**

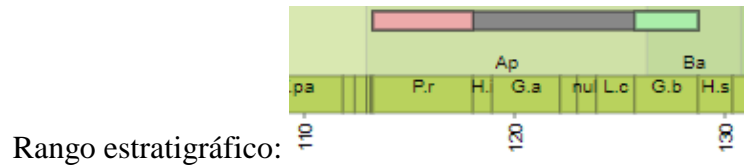
Testa pequeña, biserial y afilada gradualmente; las cámaras son globulares con suturas deprimidas y más angulares hacia la base casi rectas entre las cámaras posteriores; la pared es calcárea y finamente perforada, la superficie es lisa de apertura baja y semilunada en la base de la última cámara.



Rango estratigráfico:

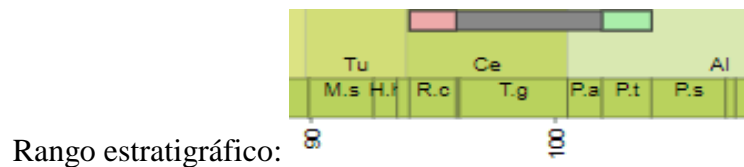
**Género: *Globigerinelloides aptiesis* (Longoria, 1974)**

La testa es pequeña, evoluta y con cinco a seis cámaras en el último verticilo; las cámaras son esféricas a petaloides vistas lateralmente, aumentado de tamaño gradualmente; ombligo ancho, suturas deprimidas y radiales.



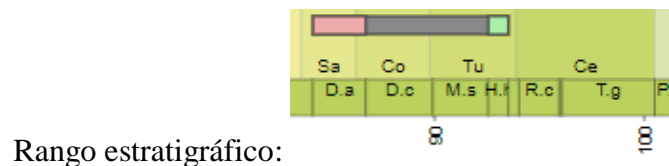
**Género: *Globigerinelloides bentonensis* (Morrow, 1934)**

La testa es casi simétrica, ligeramente involuta, con una periferia ampliamente redondeada, los espirales anteriores están parcialmente expuestos en ambos lados del centro; de siete a nueve cámaras; la pared es visiblemente perforada, la abertura periférica pasa en el lado dorsal.



**Género: *Globigerinelloides ehrenbergi* (Barr, 1962)**

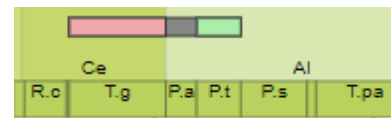
La testa es planiespiral con verticilo ligeramente trocoide, biumbilicada y semievoluto; las cámaras son globulares a subglobulares, el último verticilo tiene de siete a ocho cámaras; las suturas son radiales, deprimidas y ligeramente curvadas; la pared es fina, calcárea y finamente perforada.



**Género: *Globigerinelloides pulchellus* (Todd & Low, 1964)**

La testa planiespiral e mas alargada que circular, biumbilicada, involuta, el ángulo periférico está adornado por gruesas perillas rugosas; de siete a ocho cámaras en la espira final, las suturas sn indistintas, curvas y elevadas; la pared es muy rugosa en la parte inicial

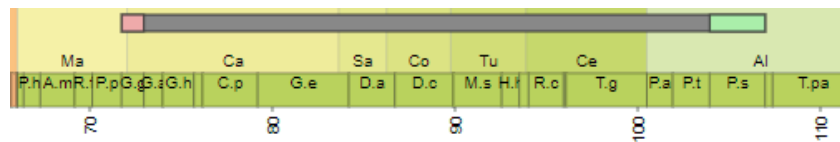
que se vuelve lisa en las cámaras finales; el contorno del labio se extiende hasta el ombligo en ambos lados.



Rango estratigráfico:

**Género: *Globigerinelloides ultramicrus* (Subbotina, 1949)**

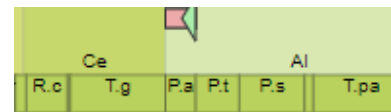
La testa es la más pequeña de todas las especies de este género, es plana, redondeada y bilateralmente simétrica; el diámetro del primer espiral es desproporcionalmente pequeño en comparación con el del segundo espiral; el borde periférico es redondeado, las cámaras son casi esféricas, en el verticilo final hay de seis a ocho cámaras; la suturas son simples y débilmente curvas y deprimidas con pared lisa.



Rango estratigráfico:

**Género: *Planomalina buxtorfi* (Morrow, 1934)**

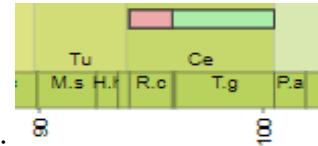
La testa planiespiral perimetral, provista de una quilla en la pared anterior del último espiral. Las cámaras son triangulares desde la vista de apertura, de siete a once cámaras en la última espira; apertura de un arco ecuatorial que se extiende a ambos lados hacia el ombligo y hacia atrás a lo largo de la sutura en espiral; la pared es lisa y perforada, excepto por la quilla y con suturas levantadas.



Rango estratigráfico:

**Género: *Asterohedbergella asterospinosa* (Hamaoui, 1964)**

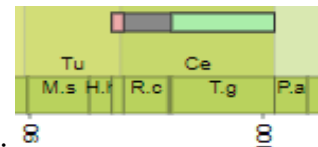
La testa es pequeña, cóncavo-convexo, con cuatro a seis cámaras en el último verticilo; la extensión puntiaguda de las cámaras suele ser tubuloespinada; la pared posee una textura que se recristaliza en calcita granular.



Rango estratigráfico:

**Género: *Clavihedbergella amabilis* (Loeblich & Tappan, 1961)**

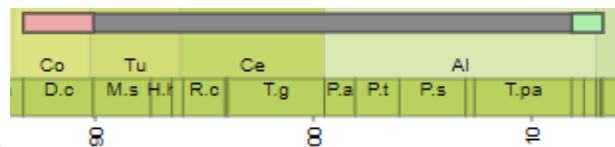
La testa es de tamaño mediano de forma trocoespiral casi plana, con máximo seis cámaras subglobulares en el verticilo final que aumenta rápidamente en tamaño, el ombligo es amplio y abierto, las suturas son profundamente constreñidas; la pared calcárea es finamente espinosa; el labio es amplio con un margen irregular.



Rango estratigráfico:

**Género: *Clavihedbergella simplex* (Morrow, 1934)**

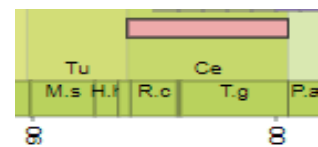
La testa es moderadamente trocoide; las cámaras en la porción temprana son globulares, la penúltima se vuelve ligeramente alargada y la cámara final es fuertemente alargada y uniformemente redondeada en el extremo; las suturas son moderadamente deprimida; la pared es finamente espinosa.



Rango estratigráfico:

**Género: *Clavihedbergella simplicissima* (Magne & Sigal, 1954)**

La testa tiene un enrollamiento globigerinélido, con cinco cámaras en el último verticilo fuertemente infladas, no comprimidas y ligeramente alargadas en dirección radial; la apertura está protegida por un labio umbilical.



Rango estratigráfico:

**Género: *Hedbergella amabilis* (Brönnimann & Brown, 1958)**

La testa es trocoespiral casi plana, la última vuelta posee cinco cámaras que aumentan rápidamente en tamaño conforme se van añadiendo; la última cámara posee un tamaño mayormente considerable al resto de las demás; la pared es finamente espinosa y el obliquo es estrecho.



Rango estratigráfico:

**Género: *Hedbergella aptiana* (Bartenstein, 1965)**

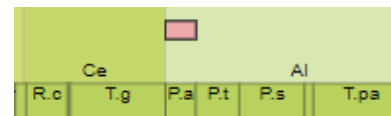
La testa es media, de manera trocoespiral aplanada a ligeramente deprimida, con cinco cámaras en la última vuelta que va aumentando de tamaño rápidamente conforme se agregan; las cámaras son globulares a subglobulares, infladas y con suturas deprimidas; la pared es finamente perforada, los poros están ampliamente dispersos y rodeados por pequeños conos.



Rango estratigráfico:

**Género: *Hedbergella modesta* (Bolli 1959)**

La testa es pequeña y trocoespiral; la pared calcárea esta finamente perforada; las cámaras son pequeñas y esféricas, van de 12 a 15 dispuestas en dos o tres verticilos, las últimas siete a ocho cámaras del ultimo verticilo aumentan lentamente de tamaño; las suturas son radiales, deprimidas en espiral y el ombligo es ancho.

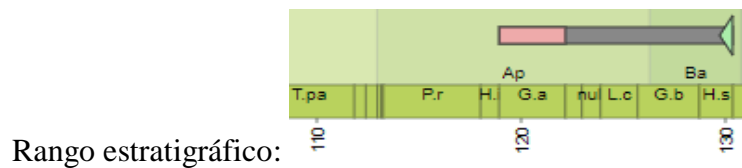


Rango estratigráfico:

**Género: *Hedbergella similis* (Longoria, 1974)**

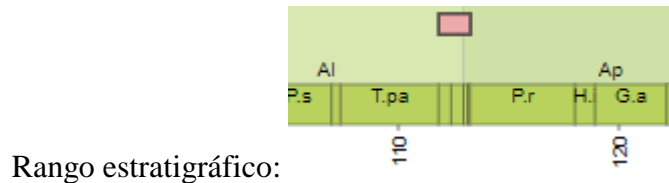
La testa es mediana y formada por dos a tres espirales con el margen periférico alargado y fuertemente lobulado; de cinco a seis cámaras en el último verticilo aumentan de tamaño,

las cámaras son ovadas para alargarse en ambos lados en espiral y umbilicalmente; las suturas radiales son ligeramente curvadas, deprimidas en ambos lados del ombligo.



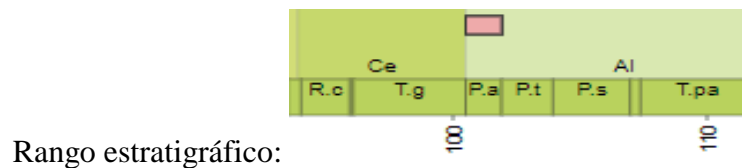
**Género: *Hedbergella tunisiensis* (Boudagher-Fadel, 1995)**

La testa es trocoespiral, el lado espiral es casi involuto y cóncavo; la últimas tres cámaras muestran un comienzo de asimetría; las suturas están deprimidas y curvadas en el lado espiral y prácticamente radiales en el lado umbilical; la pared es lisa y microperforada con excepción de los hombros umbilicales que pueden ser imperforados.



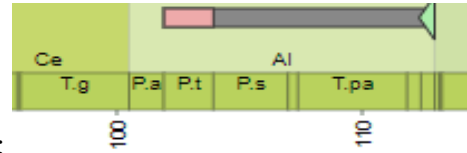
**Género: *Microhedbergella pseudotrocoidea* (Michael, 1973)**

La testa va de pequeña a mediana, con una trocoespiral baja de alrededor dos vueltas y media, la última espiral posee siete u ocho cámaras que aumentan gradualmente de tamaño, la última cámara es excepcionalmente grande y sobresale en un obliquo relativamente ancho; las suturas son radiales, rectas y deprimidas con un labio estrecho.



**Género: *Microhedbergella rischi* (Moullade, 1974)**

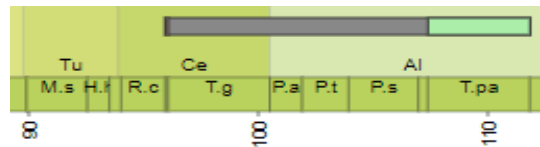
La testa tiene una sección ligeramente menos grueso vista de perfil, el lado ventral es umbilicado; en las formas evolutivas se observa una notable extensión de la apertura hacia la periferia llegando al borde dorsal; la espiral, sin embargo, permanece asimétrica, no se convierte en planiespiral.



Rango estratigráfico:

**Género: *Muricohedbergella angolae* (Caron, 1978)**

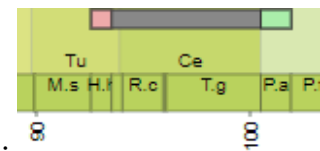
La testa es trocoespiral casi plana en el lado espiral, cubierta con pústulas gruesas usualmente en el último verticilo, la cámara final es lisa; las cámaras son globulares que va de cinco a cinco y medio en la última espiral, aumentando gradualmente de tamaño; el obliquo es ancho y la abertura primaria interiomarginal es umbilical a extraumbilical.



Rango estratigráfico:

**Género: *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey, 1926)**

La testa es semejante a Globotruncana cretácea, excepto que la cámara final está más inflada y sobresale ventralmente más allá del plano en el que se encuentra la parte anterior.



Rango estratigráfico:

**Género: *Rotalipora cushmani* (Morrow, 1934)**

La testa es trocoide con el lado dorsal moderadamente convexo y cámaras aplanadas o ligeramente infladas, las suturas dorsales están curvadas de manera redondeada produciendo una periferia festoneada. El margen interior elevado ligeramente, el lado ventral fuertemente convexo con las cámaras fuertemente infladas y las suturas profundamente acanaladas; con cuatro a seis cámaras visibles solo en último verticilo; la periferia bruscamente redondeada y engrosada en un borde angosto.

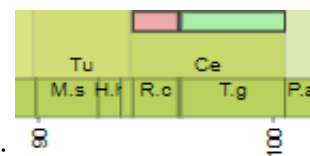


Rango estratigráfico:



**Género: *Rotalipora montsalvensis* (Mornod, 1950)**

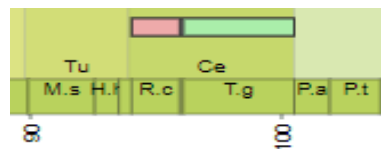
La testa es biconvexa, con enrollamiento trocoespiral y dextral, contorno muy lobulado; el lado espiral con tres verticilos, seis cámaras de forma cuadrada en el último verticilo; rápido aumento de tamaño del primer al último verticilo, la superficie de las cámaras granulosa e inflada respecto a las suturas deprimidas; la cara umbilical presenta cámaras fuertemente infladas, radialmente alargadas; zona umbilical muy amplia y profunda; depresiones suturales bien marcadas, rectas, no todas dirigidas hacia el centro del ombligo, desprovistas de crestas; las cámaras se prolongan en cubiertas calcáreas que sellan completamente el ombligo y la periferia está provista de una cresta carinal apenas diferenciada.



Rango estratigráfico:

**Género: *Rotalipora praemontsalvensis* (Ion, 1976)**

La testa es trocoespiral casi plana y simétrica a consecuencia de un enrollamiento suelto de cámaras casi globulares; contorno lobulado a muy lobulado; el lado espiral muestra dos y medio verticilos; las cámaras tienen una superficie casi globular separadas por ligeras depresiones o ligeramente curvadas hacia delante; la sutura que separa el último espiral está muy deprimida y el lado umbilical muestra de cinco a siete cámaras espaciales, globulares y separadas por suturas presionadas; la apertura principal es interiomarginal-umbilical, las aperturas accesorias son intrasuturales a lo largo de la última sutura.

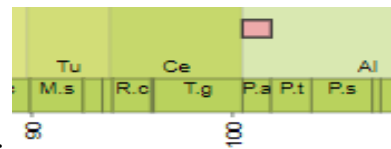


Rango estratigráfico:

**Género: *Pseudothalmanninella klausi* (Lehmann, 1966)**

La testa biconvexa está formada por tres verticilos trocoespirales; en el lado espiral es más convexo; con ocho a nueve cámaras en el último verticilo las cuales tienen aproximadamente el mismo tamaño; el aumento es moderadamente lobulado; las suturas

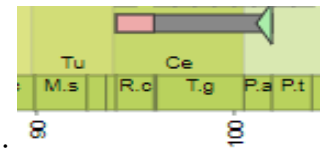
umbilicales son radiales con una abertura accesoria ubicada en el ombligo estrecho; la abertura primaria es interiomarginal.



Rango estratigráfico:

**Género: *Thalmanninella appenninica* (Renz, 1936)**

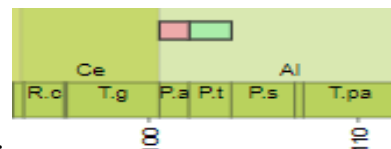
La testa esta comprimida, compuesta de alrededor de dos verticilos aplanados dorsalmente, los extremos internos de las cámaras están ligeramente elevados ventralmente, la periferia es levemente aquillada volviéndose más lobulada a medida que envejece; de seis a siete cámaras con suturas radiales y deprimidas en el lado ventral; la pared es lisa y finamente granular con una abertura que se extiende desde el ombligo hasta la periferia.



Rango estratigráfico:

**Género: *Thalmanninella balernaensis* (Gandolfi, 1957)**

La testa es de tipo rotaliforme, grande y delgada con una quilla única bien desarrollada; el lado espiral es ligeramente convexo y el lado umbilical ligeramente cóncavo; las cámaras son planas en el lado dorsal y convexas en el lado ventral; las suturas umbilicales son generalmente radiales y deprimidas engrosándose ligeramente alrededor del ombligo.



Rango estratigráfico:

**Género: *Thalmanninella brotzeni* (Sigal, 1948)**

El diagnóstico, las diferencias y la distribución geográfica y estratigráfica de la especie son las mismas del género (*Thalmanninella*). Se diferencia de *R. globotruncanoides* por su menor tamaño y por tener un perfil más biconvexo.



Rango estratigráfico: 8 100

**Género: *Thalmanninella gandolfi* (Luterbacher & Premoli Silva, 1962)**

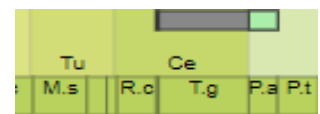
Algunos especímenes muestran que la quilla se extiende a lo largo de las suturas y alcanza las crestas periumbilicales de cada cámara; las dos últimas cámaras se profundizan gradualmente hacia el ombligo.



Rango estratigráfico: 8 8

**Género: *Thalmanninella micheli* (Sagal and Debourle, 1957)**

Testa planoconvexa, formada por 6 a 7 cámaras en el último verticilo, separadas por suturas arqueadas que apuntan hacia atrás, las cámaras del lado ventral son igualmente convexas, separadas por suturas ligeramente curvadas; la abertura del lado apertural de la última cámara es a menudo bastante visible; se caracteriza por el rápido aumento de las cámaras.

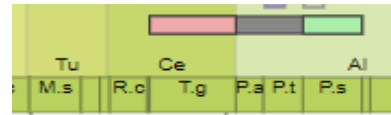


Rango estratigráfico: 8 100

**Género: *Thalmanninella praebalernaensis* (Sigal, 1969)**

La testa es pequeña, fina y densamente perforada, es trocoespiral bajo de dos a dos y media vueltas de cámaras aumentando regularmente en tamaño con seis a siete y media cámaras en el último verticilo; la periferia está marcada por una sola quilla y la superficie de las cámaras está ligeramente inflada, las suturas son curvas y marcadas por una línea de pústulas que es la extensión de la cresta carinal que se van deprimiendo ligeramente entre las últimas cámaras, superponiéndose a la siguiente; las cámaras son típicamente

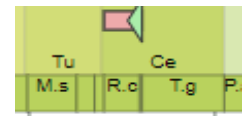
triangulares sumergiéndose suavemente hacia el ombligo; la abertura principal está cubierta por un labio delgado que se combina con la extensión de la pared.



Rango estratigráfico:

**Género: *Thalmanninella reicheli* (Mornod, 1950)**

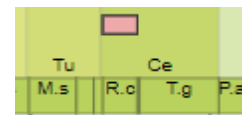
La testa es plana a cóncava en espiral; el lado lateral de la cámara final posee un ángulo recto o ligeramente obtuso; las pestañas periumbilicales se extienden desde la elevación sutural entre las primeras dos cámaras y forman una muralla alrededor del ombligo.



Rango estratigráfico:

**Género: *Anaticinella multiloculata* (Morrow, 1934)**

La testa es trocoide, biconvexa y comprimida; el lado dorsal es fuertemente convexo, el lado ventral moderadamente convexo; cámaras numerosas, de siete a nueve en el último verticilo, muy distintas, infladas, estrechamente redondeadas pero no quilladas en su periferia, tendiendo en el último verticilo a producirse ventralmente en la dirección del eje de enrollamiento; área umbilical grande y bastante profunda; suturas fuertemente deprimidas; pared finamente perforada.

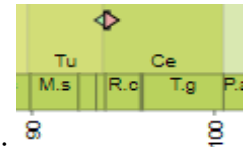


Rango estratigráfico:

**Género: *Anaticinella planoconvexa* (Longoria, 1973)**

Las mismas características que en el género, testa grande, planoconvexa, el lado umbilical aplanado y el lado espiral fuertemente convexo; formado por unos tres verticilos; margen periférico ovalado; cinco a seis cámaras en el último verticilo, aumentando gradualmente de tamaño a medida que se añaden; cámaras petaloides a trapezoidales en el lado espiral,

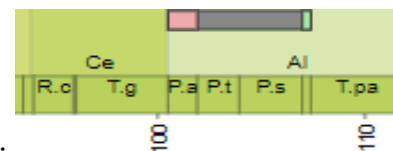
ovoides a subrectangulares en el lado umbilical; suturas radiales, rectas y deprimidas tanto en el lado espiral como en el umbilical; apertura primaria umbilical a extraumbilical, aperturas infralaminares visibles en la base de las suturas; el ombligo parcialmente cubierto por la cubierta umbilical; superficie cubierta por numerosas pústulas.



Rango estratigráfico:

**Género: *Biticinella breggiensis* (Gandolfi, 1942)**

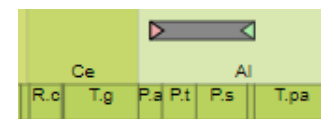
La testa presenta espirales tempranas en una espiral trocoespiral plana, verticilos posteriores planiespiral y biumbilicado, involuto a parcialmente evolucionado; la sutura es radial, deprimido y lobulado de contorno periférico; pared calcárea moderadamente gruesa y perforada; la abertura del arco umbilical es comúnmente asimétrico e interiomarginal, las partes de aberturas sucesivas pueden permanecer como aberturas suplementarias relictas en un lado de la testa; el otro lado con aberturas accesorias que se abren en la parte posterior de la cámara y bordeadas por un labio.



Rango estratigráfico:

**Género: *Ticinella moulladei* (Premoli Silva et al., 2009)**

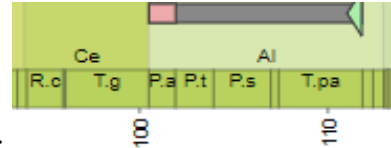
Testa con una espiral baja convexa con ocho a nueve y media cámaras globulares en el último verticilo, las cuales aumentan gradualmente en tamaño; las suturas son deprimidas, el ombligo es ancho y superficial; la pared en la aguja interna y las primeras cámaras del ultimo verticilo son pustulosas.



Rango estratigráfico:

**Género: *Ticinella primula* (Luterbacher, in Renz et al., 1963)**

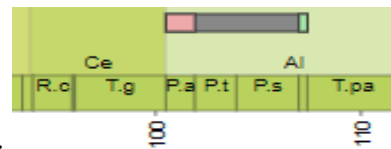
Testa trocoesprial baja con aproximadamente 16 cámaras casi esféricas dispuestas en dos y media a tres espirales, con seis a ocho cámaras en el último verticilo que se agrandan de forma relativamente lenta; las suturas son radiales y deprimidas en los lados espiral y umbilical; la superficie es ligeramente rugosa y la abertura cardinal es relativamente grande en posición umbilical-extraumbilical y con el labio fuertemente desarrollado que se extiende hacia el ombligo.



Rango estratigráfico:

**Género: *Ticinella raynaudi* (Sigal, 1966)**

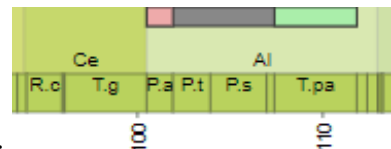
La testa es pequeña con una pared fina y densamente perforada con seis a nueve cámaras en el último verticilo, el enrollamiento trocoesprial es ligeramente asimétrico; el lado umbilical muestra un ombligo grande, ampliamente abierto y poco perforado, la ornamentación está presente en los verticilos internos y con dos a tres cámaras en el último verticilo.



Rango estratigráfico:

**Género: *Ticinella roberti* (Gandolfi, 1942)**

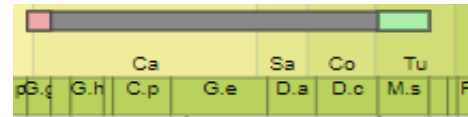
La testa posee un contorno circular convexo en la parte superior y ligeramente cóncavo en la parte inferior, con un borde ancho y redondeado, una espiral trocoide muy distinta, pequeña y en media luna, inicialmente esférica luego alta; con ombligo ancho, las suturas son más profundas en la parte superior.



Rango estratigráfico:

**Género: *Archaeoglobigerina cretacea* (Pessagno, 1967)**

La testa es suborbicular, comprimida, áspera y cubierta con espinas pequeñas y desiguales, las cámaras son esféricas y un poco deprimidas con cinco de ellas en la última vuelta, fuertemente separadas y dejando en su centro un ombligo ancho y profundo; la apertura de media luna muy grande y colocada en el mismo ombligo.



Rango estratigráfico:

**Género: *Helvetoglobo truncana helvetica* (Bolli, 1945)**

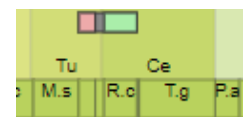
La testa posee una quilla que recorre lo largo de todas las cámaras de la última espiral; de cuatro a seis cámaras en la espira final, es trocoespiral baja y plana que resulta en una testa planoconvexa.



Rango estratigráfico:

**Género: *Helvetoglobo truncana praehelvetica* (Trujillo, 1960)**

La testa es rotaloide con el lado espiral aplanado, en sección transversal los verticilos individuales son redondeados en el lado espiral y en algunos especímenes la última parte del último verticilo se vuelve algo angular; la periferia es lobulada y el borde es muy ampliamente redondeado; de cinco a seis cámaras en el último verticilo que están bastante infladas y aumentan de tamaño con bastante rapidez al añadirse; las suturas son calcáreas, perforadas, y con diversos grados de rugosidad; el ombligo es profundo y bastante ancho y la abertura es interiomarginal; alrededor del 95% se enrollan de forma dextrógira.



Rango estratigráfico:

**Género: *Praeglobo truncana compressa* (Hasegawa, 1999)**

La testa es de tamaño mediano a pequeño, trocoespiral baja y la periferia ecuatorial es ligeramente lobulada; las cámaras en forma de cuña en el lado dorsal, triangulares y ligeramente infladas en el lado ventral, un total de diez cámaras que aumentan rápidamente de tamaño, alrededor de cuatro y media cámaras en el último espiral con una banda periférica formada por pústulas alineadas; la cámara final con dirección umbilical; las suturas en el lado dorsal suavemente curvadas y deprimidas, ventralmente radiales; el ombligo es superficial y la apertura primaria esta bordeada por un labio estrecho interiomarginal.



Rango estratigráfico:

**Género: *Marginotruncana marginata* (Reuss, 1845)**

La testa es bajo trocoespiral, biconvexa; la periferia ecuatorial ligeramente lobulada, periferia axial angular, con dos quillas separadas por una banda periférica estrecha que a veces no trunca el perfil globular de las cámaras; las cámaras son infladas, petaloides, que aumentan de tamaño de forma irregular al agregarse en el lado espiral; trapezoidal, globular en el lado umbilical; de cinco a ocho cámaras en espiral final; las suturas laterales en espiral oblicua y deprimida a ligeramente elevada; en las suturas laterales umbilicales deprimidas que aparecen radiales, pero marcadas por un borde sigmoideo en forma de U.



Rango estratigráfico:

**Género: *Marginotruncana renzi* (Gandolfi, 1942)**

La testa es trocoespiral, simétricamente biconvexo; periferia ecuatorial ligeramente lobulada; periferia axial angular, con dos quillas poco espaciadas que se convierten en una sola en las últimas cámaras; las cámaras tienen forma de media luna, luego se vuelven petaloides en el lado de la espiral; trapezoidal, alargado en la dirección de enrollamiento algo inflado en el lado umbilical; de cinco a seis cámaras en espiral final; las suturas laterales en espiral curvas, oblicuas entre las primeras cámaras, perpendiculares a la sutura



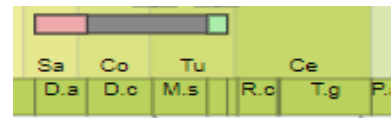
en espiral precedente en la parte más joven de la prueba y levantadas; en el lado umbilical, las suturas tienen forma de U.



Rango estratigráfico:

**Género: *Marginotruncana schneegansi* (Sigal, 1952)**

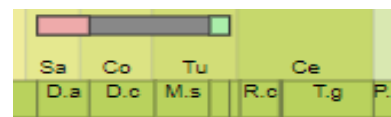
La testa con enrollamiento trocoespiral, con un perfil biconvexo, ligeramente asimétrico; cámaras subglobulares; dos a tres verticilos de cámaras que aumentan de forma regular y rápida; superficie de la pared densamente perforada excepto las quillas imperforadas; en el lado de la espiral, las cámaras son trapezoidales y ligeramente infladas; suturas curvas y moderadas y en el lado umbilical, las cámaras se alargan en la dirección de enrollamiento e inflado; suturas sigmoidales y deprimidas.



Rango estratigráfico:

**Género: *Marginotruncana sigali* (Reichel, 1950)**

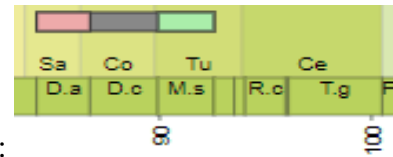
La testa moderadamente alto trocoespiral, simétricamente biconvexa; periferia ecuatorial casi circular y periferia axial con una única quilla formada por una hilera muy estrecha de pústulas; las cámaras con superficie plana en el lado espiral; sub-rectangulares e infladas en el lado umbilical; con cinco a siete cámaras en el último verticilo; en el lado espiral las suturas son curvadas, formando un ángulo de casi con la sutura espiral precedente y en el lado umbilical las suturas son elevadas.



Rango estratigráfico:

**Género: *Marginotruncana undulata* (Lehmann, 1963)**

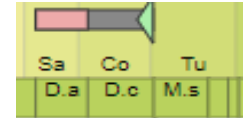
La testa es trocoespiral, biconvexa y ligeramente asimétrica; la periferia ecuatorial es lobada y la periferia axial es angular; la quilla única formada por una doble fila de pústulas alternas, que se vuelven muy espaciadas en la parte posterior; las cámaras son trapezoidales con superficie ondulada en el lado espiral; con cinco a siete cámaras en el último verticilo; en el lado espiral las suturas son elevadas que forman un ángulo bajo y en el lado umbilical las suturas son en forma de V, elevadas y continúan a lo largo del ombligo como crestas periumbilicales; el ombligo es ancho y poco profundo.



Rango estratigráfico:

**Género: *Dicarinella concavata* (Brotzen, 1934)**

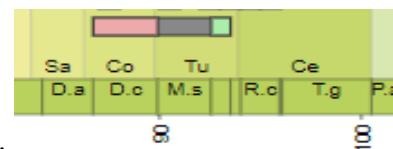
La testa del lado espiral está deprimida y plana o en forma de cuenco; con un disco central y un ombligo grande y profundo; las cámaras del último verticilo en el lado de la espiral van de seis a siete y similares a *Rotalia elevata*; con solo la cresta en el borde faltante.



Rango estratigráfico:

**Género: *Dicarinella hagni* (Scheibnerova, 1962)**

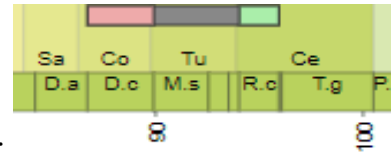
La testa es de tamaño medio, biconvexa y con el lado umbilical más convexo que espiral; la periferia con dos quillas bastante espaciadas; las cámaras de ambos lados ligeramente infladas y la última cámara es más inflada que las otras; en el último verticilo con seis a ocho cámaras; las cámaras del lado umbilical están cubiertas por tubérculos y el lado espiral es liso; el ombligo es profundo y estrecho; no se observan la abertura interiomarginal ni las aberturas accesorias; las suturas son radiales y deprimidas.



Rango estratigráfico:

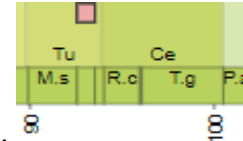
**Género: *Dicarinella imbricata* (Mornod, 1950)**

La testa es pequeña con un enrollamiento trocoespiral dextral, lado espiral convexo y el lado umbilical cóncavo; la periferia ecuatorial es ligeramente lobulada, a excepción de las dos últimas cámaras que son grandes, globulares y desprovistas de las dos crestas carinales que adornan las cámaras anteriores.



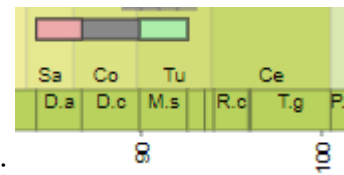
**Género: *Dicarinella marianosi* (Douglas, 1969)**

La testa es trocoespiral grande, baja y con el lado espiral plano, umbiliconvexa y con la periferia ecuatorial ligeramente lobulada, la periferia axial angular, con una sola quilla; las cámaras petaloides en el lado espiral subrectangular a subtriangular, inflada en el lado umbilical; con seis a ocho cámaras en la espira final; las suturas son curvas, el lado umbilical es radial y deprimido; la pared calcárea es perforada, el ombligo es ancho y profundo.



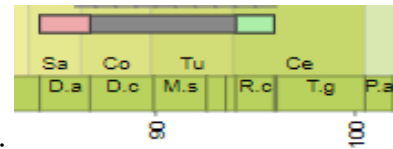
**Género: *Dicarinella primitiva* (Dalbiez, 1955)**

La testa es tamaño medio, la periferia es ligera a claramente lobada con una quilla doble o dos quillas muy próximas; el lado espiral plano a muy ligeramente cóncavo; suturas curvadas, limbadas; generalmente seis cámaras en el último verticilo, aumentando regularmente; el lado umbilical con ombligo ancho y generalmente seis cámaras moderadamente infladas visibles.



**Género: *Whiteinella archaeocretacea* (Pessagno, 1967)**

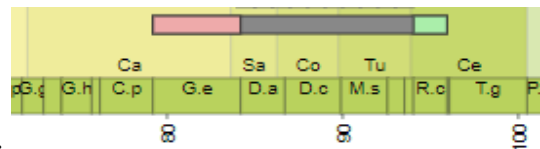
La testa es lobulada con enrollamiento trocoespiral baja y de cuatro a cinco cámaras en el último espiral; las cámaras son esféricas inicialmente y se vuelven ovaladas en la sección transversal en el último verticilo; la superficie de la testa es toscamente rugosa, con perforación hialina radial en la pared exterior y con perforación hialina microgranular en la pared septal.



Rango estratigráfico:

**Género: *Whiteinella baltica* (Douglas and Rankin, 1969)**

La testa es baja trocoespiral y fuertemente lobulada, con periferia axial redondeada; las cámaras son infladas, subesféricas, con cuatro a cinco cámaras en la espira final; las primeras cámaras aumentan rápidamente de tamaño y las finales aumentan de manera gradual; las suturas umbilicales son radiales a ligeramente curvas, deprimidas y distintas; la superficie de las cámaras es hispida; la pared calcárea es perforada y el ombligo es poco profundo y ancho.



Rango estratigráfico:

**Género: *Planulina* (d'Orbigny, 1826)**

La testa con lados desiguales, subturbada; abertura de la hendidura contra la penúltima vuelta de la espira; periferia lobulada, cámaras bien definidas, algo globulares de forma uniforme en aumento de tamaño conforme se van añadiendo, de ocho a diez cámaras en adultos; suturas bien definidas, ligeramente curvadas, pared lisa.

Rango estratigráfico: Finales del Aptiano.

**Género: *Schackoina bicornis* (Reichel, 1948)**

La testa está compuesta de ocho cámaras; la cámara embrionaria es esférica al igual que las dos cámaras siguientes; la cuarta cámara tiene una apariencia totalmente diferente con

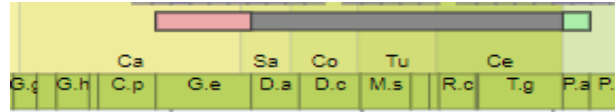
forma de embudo alargada comprimida y ligeramente alargada con una abertura tubular radial; las cámaras seis y siete tiene una forma similar; la cámara ocho tiene una forma esférica o irregular similar a una burbuja.



Rango estratigráfico:

**Género: *Schackoina cenomana* (Schacko, 1897)**

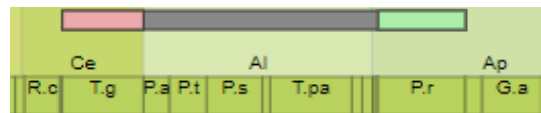
La testa tiene un enrollamiento más o menos planiespiral; las cámaras están infladas, primero con una forma esférica luego en forma de pera, dispuestas en aproximadamente dos verticilos; las primeras cámaras siempre cubiertas principalmente por las del segundo verticilo; las últimas 4 cámaras se configuran en forma de cruz y la última cámara esta inflada como una botella mostrando dos papilas que son los puntos de fijación de la columna, posee dos espinas orientadas más o menos exactamente en un plano perpendicular al plano ecuatorial pero dirigida oblicuamente.



Rango estratigráfico:

**Género: *Favusella washitensis* (Carsey, 1926)**

La testa es calcárea, generalmente blanco; superficie muy tosca y regularmente picada; cámaras bien infladas, que se agrandan rápidamente, dispuestas por vía sublateral, el lado dorsal muestra dos o más verticilos; el lado ventral muestra solo un verticilo que consiste en las últimas tres o cuatro cámaras bastante juntas sobre un centro deprimido; apertura en el margen interno de la cámara final.



Rango estratigráfico:

## 12. DISCUSIÓN

Los sedimentos correspondientes a la Formación Cuesta del Cura corresponden a capas de caliza y caliza laminar, con bandas de pedernal y vetas de calcita, óxidos y fractura de tipo diaclasa, en el afloramiento se pudo observar los patrones de chevrón típicos de dicha unidad litológica; la coloración en fresco poseía tonalidades grisáceas claras a oscuras, dicha descripción concuerda con lo reportado en la descripción original descrita por Imlay (1936) para la sierra de Parras, asimismo concuerda con lo definido por López-Ramos (1980) pues los estratos variaban de capas delgadas a medias; la única discrepancia con ambos autores es la presencia de lutitas laminares, pues ellos refieren la existencia de lutitas en las áreas trabajadas en sus investigaciones. Para la Formación Agua Nueva en este trabajo se reporta la presencia de una sucesión de calizas masivas y calizas laminares con intercalaciones de caliza arcillosa en color negro, con vetas de calcita, lentes de pedernal y presencia de óxidos; la coloración en fresco va de tonos grisáceos medios a oscuros con algunas excepciones en tonos marrón amarillento y lajas en tonalidades gris oscuro a negro, al igual que con la unidad anterior, esta Formación concuerda con lo mencionado en su descripción original que realizó Stephenson (1922).

El análisis microfacial para la Formación Cuesta del Cura de acuerdo a diversos autores menciona calizas de tipo wackestone, de matriz biomicrítica de foraminíferos y radiolarios (PEMEX, 1988; Barboza-Gudiño et al., 2004; Ángeles Villeda et al., 2005; Arvizu-Gutiérrez, 2006; Villareal-Fuentes, 2007), en este trabajo se describen microfacies con matriz biomicrítica de microfósiles planctónicos, radiolarios y en su mayoría de textura tipo wackestone, con algunas excepciones de mudstone y packstone, por lo que podemos estar de acuerdo con lo mencionado en la literatura. En el caso de la Formación Agua Nueva en su descripción original (Stephenson, 1922) se reporta una textura tipo wackestone de tipo biomicrítica, y de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, nuevamente coincidimos con lo mencionado en la literatura.

El ambiente de depósito para la Formación Cuesta del Cura corresponde a una SMF-3, FZ-3, es decir, se depositó en el margen profundo de la plataforma, de acuerdo con lo mencionado por la literatura las condiciones deposicionales pertenecen a un ambiente de

aguas profundas, de baja circulación, buena oxigenación y un aporte constante de sedimentos (PEMEX, 1988; Barboza-Gudiño et al., 2004; Ángeles Villeda et al., 2005; Arvizu-Gutiérrez, 2006; Villareal-Fuentes, 2007), así nuevamente coincidimos con lo marcado en la literatura. Por su parte la Formación Agua Nueva presentó una SMF-1, FZ-1, es decir, se depositó en una cuenca con un ambiente de agua profunda y sedimentación lenta, esto coincide con lo reportado por Stephenson (1922) en su descripción original donde menciona que debido al contenido microfósilífero dicha unidad se depositó en un ambiente de cuenca.

De acuerdo al contenido fósilífero encontrado en este trabajo se propone una edad de Albiano superior-Cenomaniano superior (aproximadamente 100.5 Ma) para la Formación Cuesta del Cura, concordando con lo mencionado por diversos autores (Imlay, 1936; Gamper, 1977; PEMEX, 1988; Ángeles-Villeda *et al.*, 2005). Mientras que para la Formación Agua Nueva se propone una edad de Cenomaniano medio-Turoniano (aproximadamente 93.9 Ma), difiriendo un poco con la literatura (Carrillo-Bravo, 1971; Longoria, 1977a, 1977b; Gamper, 1977; López-Ramos, 1980; Ramos-Hernández, 2015) pues ellos refieren un rango de edad del Cenomaniano superior a Turoniano.

En los trabajos realizados por Longoria (1975) en la Sierra Comancheana y en la Sierra Picachos para las Formaciones Cuesta del Cura y Agua Nueva, respectivamente se propone una serie de biozonas basada en foraminíferos, en donde se propone las zonas de Zona *Ticinella breggiensis* (Cuesta del Cura) y las zonas *Thalmaninella brotzeni*, *T. greenhornensis* y *Rotalipora cushmani* para la Formación Agua Nueva. Posteriormente propone establecer el límite Cretácico Inferior/Cretácico Superior mediante una zona de intervalo *Thalmaninella ticinensis/Thalmaninella evoluta*, la cual queda marcada con la primera aparición evolutiva de los hedbergellidos quillados (Longoria, 1977a), mientras que Gamper (1977) reporta la especie *Planomalina buxtorfi* como asociada a *T. evoluta* para ubicar a la Formación Cuesta del Cura y para ubicar a la Formación Agua Nueva menciona que deben estar presentes las especies *T. brotzeni* y *T. appenninica*, esto en el Anticlinorio Huizachal-Peregrina. En este trabajo se proponen cinco biozonas basadas en foraminíferos para los afloramientos muestreados, la primera marcada como CSINL-1 Zona de Intervalo *Thalmaninella appenninica/Rotalipora praemontsalvensis* la cual

difiere de la propuesta original (Longoria, 1977a) en las especies debido a que no se reporta la presencia de *T. evoluta* en las muestras trabajadas; la segunda zona corresponde a CSINL-2 Zona de Intervalo *Rotalipora praemontsalvensis/Rotalipora cushmani*, ésta también difiere de la original en la especie que marca la pauta de inicio, cambiando de *Rotalipora montsalvensis* a *Rotalipora praemontsalvensis*; la tercera zona propuesta es la CSINL-3 Zona de Intervalo *Rotalipora cushmani/Dicarinella imbricata* esta zona coincide con la mencionada en la propuesta original; la cuarta zona identificada como CSINL-4 Zona de Intervalo *Dicarinella imbricata/Dicarinella primitiva* difiere de la original en la especie que marca la pauta final de esta biozona, cambiando de *Dicarinella renzi* a *Dicarinella primitiva*; finalmente la última biozona marcada como CSINL-5 Zona de Intervalo *Dicarinella primitiva/Dicarinella concavata* difiere de la original como se mencionó anteriormente por la ausencia de la especie *D. renzi*. Como se puede observar las biozonas propuestas no son tan diferentes de la zonificación original, los géneros estaban presentes sin embargo la diferencia la hizo la especie.

Ifrim y Stinnesbeck (2007, 2008) han enfocado sus investigaciones en secuencias del Cenomaniano-Turoniano en el noreste de México, identificando algunos inoceramidos y ammonoideos, creando una correlación entre Estados Unidos y Europa. En este trabajo la presencia de macrofósiles no fue la esperada, puesto que solo se hallaron ejemplares a nivel microscópico no se puede asegurar a ciencia cierta si los restos de bivalvo corresponden a especies del género *Inoceramus*, pero debido a que es considerado un fósil índice para esta edad es lo más probable. Sin embargo las Formaciones que se trabajaron en esta investigación se pueden correlacionar por la presencia de las especies: *Clavhedbergella simplex*, *C. simplicissima*, *Dicarinella imbricata*, *Globigerinelloides bentonensis*, *Helvetoglobotruncana helvetica*, *Marginotruncana schneegansi*, *Muricohedbergella angolae*, *M. delrioensis*, *Planoheterohelix globulosa*, *P. postmoremani*, *Rotalipora cushmani*, *R. praemontsalvensis*, *Thalmaninella appenninica*, *T. gandolfi* y *T. reicheli*.

Blanco-Piñón *et al.* (2014); Castañeda-Posadas (2014) reportan estructuras biomorficas en pirita sedimentaria, la cual es asociada a eventos de anoxia oceánica, sin embargo dichas estructuras no fueron encontradas en las muestras trabajadas, solamente se apreció



la presencia de pequeños cristales de óxido de hierro y reemplazamiento de este mismo mineral en algunos ejemplares de foraminíferos. De acuerdo con Núñez-Garibay (2015) en los depósitos de Agua Nueva en el cerro de las Mitras la variabilidad biológica se encuentra ligada a variaciones ambientales en la columna de agua al momento de la deposición de los sedimentos, sin embargo no menciona la presencia o ausencia del OAE2, en este trabajo los resultados arrojados por los índices de diversidad para ambas localidades mostraron una baja diversidad de especies, sin embargo esto no es suficiente para aseverar la presencia del evento Bonarelli (OAE2) en las capas muestreadas de la Formación Agua Nueva.

### 13. CONCLUSIÓN

1. La Formación Cuesta del Cura en el municipio de Iturbide, Nuevo León corresponde a capas de caliza y caliza laminar, con intercalaciones de bandas de pedernal con grosores que iban de delgadas a medias, presencia de vetas de calcita, manchas de óxido en el intemperizado y con fracturas de tipo diaclasa; las tonalidades van de grisáceas claras a oscuras; presencia de chevrón. La Formación Agua Nueva consta de una sucesión de calizas masivas y calizas laminares con intercalaciones de caliza arcillosa en coloraciones oscuras, presencia de vetas de calcita, presencia de lentes de pedernal y óxidos; las tonalidades son grises medios al gris oscuro, salvo algunas excepciones en tonos marrones amarillentos y la presencia de lajas de colores negro grisáceo a negro.
2. Para la Formación Cuesta del Cura se presenta una microfacies Mudstone o wackestone pelágico con matriz biomicrítica con microfósiles planctónicos (foraminíferos, radiolarios y restos de invertebrados) y un ambiente de depósito tipo SMF-3, FZ-3 que corresponde a un margen profundo de plataforma. En tanto para la Formación Agua Nueva se describe una microfacies Wackestone-packstone espiculítico con matriz biomicrítica de microfósiles, en su mayoría foraminíferos planctónicos radiolarios y calciesferulas; y un ambiente de depósito SMF-1, FZ-1 que corresponde a un ambiente de cuenca con aguas profundas y sedimentación lenta.
3. Gracias a los géneros encontrados para la Formación Cuesta del Cura se designa una edad Albiano superior-Cenomaniano superior, por su parte la Formación Agua Nueva se le asigna una edad de Cenomaniano medio-Turoniano.
4. Se proponen cinco biozonas basadas en foraminíferos para los afloramientos que corresponden a las Formaciones Cuesta del Cura y Agua Nueva en el municipio de Iturbide, Nuevo León, las cuales son: Zona CSINL-1 Zona de Intervalo *Thalmaninella appenninica/Rotalipora praemontsalvensis*, Zona CSINL-2 Zona de Intervalo *Rotalipora praemontsalvensis/Rotalipora cushmani*, Zona CSINL-3 Zona de Intervalo *Rotalipora cushmani/Dicarinella imbricata*, Zona CSINL-4

Zona de Intervalo *Dicarinella imbricata*/*Dicarinella primitiva* y Zona CSINL-4  
Zona de Intervalo *Dicarinella primitiva*/*Dicarinella concavata*.

5. La correlación microfaunística para estas dos localidades se basa en la presencia de las siguientes especies de foraminíferos: *Clavhedbergella simplex*, *C. simplicissima*, *Dicarinella imbricata*, *Globigerinelloides bentonensis*, *Helvetoglobotruncana helvetica*, *Marginotruncana schneegansi*, *Muricohedbergella angolae*, *M. delrioensis*, *Planoheterohelix globulosa*, *P. postmoremani*, *Rotalipora cushmani*, *R. praemontsalvensis*, *Thalmaninella appenninica*, *T. gandolfi* y *T. reicheli*.
6. En las laminillas trabajadas se destaca la presencia de pequeños cristales de óxido de hierro y reemplazamiento de este mismo mineral en algunos ejemplares de foraminíferos, sin embargo no se reporta la presencia de pirita sedimentaria, la cual indicaría la presencia de algún evento Anóxico, asimismo los resultados arrojados de los índices de diversidad muestran baja diversidad biológica para ambas localidades; de acuerdo con la información recabada no es posible determinar la presencia del OAE2, por lo que se sugiere la realización de un estudio a mayor profundidad.

## **14. PERSPECTIVAS**

En esta investigación se presenta un trabajo de análisis microfacial y determinación de ambiente de depósito como una herramienta para la determinación de biozonas basadas en foraminíferos, además presenta resultados que requieren un seguimiento. El más claro ejemplo es hacer un estudio geoquímico en donde se determine la presencia/ausencia de sulfuros de hierro (pirita sedimentaria) para complementar los resultados y determinar si las capas de la Formación Agua Nueva presentan el Evento Anóxico 2.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera-Franco, N. & Allison, P. 2004. Events of the Cenomanian-Turonian Succession, Southern Mexico. *Journal of Iberian Geology*, 31. 25-50p.
- Allison, P. A. 1990. Decay Processes, en: Briggs, D.E.G. & Crowther, P.R., *Paleobiology (Asynthesis)*, Blackwell Scientific Publications: 213-216p.
- Allison, P.A., Lucas, J., Révot, J. & Tucker, M.E. 1990. Diagenesis, en: Briggs, D.E.G. & Crowther, P.R., *Paleobiology (A synthesis)*, Blackwell Scientific Publications: 247-257p.
- Ángeles-Villeda, M.E., Hinojosa-Espinosa, J.J., López-Oliva, J.G., Valdés-González, A. & Livas-Vera, M. 2005. Estratigrafía y microfacies de la parte sur del Cañón La Boca, Santiago, Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 22(2): 272-281p.
- Arenillas I. & Molina, E. 1995. Análisis cuantitativo de los foraminíferos planctónicos del Paleoceno en Zumaya: implicaciones paleoambientales y eventos paleoceanográficos. *Geogaceta* 17: 23-26p.
- Arvizu Gutiérrez, I. 2006. Paleomagnetismo de rocas jurásicas y cretácicas del Valle San Marcos, Coahuila, México. Maestro en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México: 159p.
- Barboza-Gudiño, Hoppe, J.R., Gómez-Anguiano, M., & Martínez-Macías, M. 2004. Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21(3): 299-319p.
- Bello R. 1978. Estudio Estratigráfico y Diagenético de 13 Pozos Localizados al Sur del Río Cazonas, en la Faja de Oro. *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, 39 (2): 34-41p.
- Blanco-Piñón, Alberto. 2003. Peces fósiles de la formación Agua Nueva (Turoniano) en el Municipio de Vallecillo, Nuevo León, NE-México. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Blanco-Piñón, A., Frey, E., Stinnesbeck, W. & López-Oliva, J. 2002. Late Cretaceous (Turonian) fish assemblage from Vallecillo, Northeastern Mexico. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 225(1): 39-54p.
- Blanco-Piñón, A., Maurrasse J.M.F., Zavala-Díaz de la Serna F.J., López-Doncel, R.A., Ángeles-Trigueros, S.A., Hernández-Ávila, J., Juárez-Arriaga, E. 2014. Evidencias petrográficas de estructuras de origen algal/bacterial en carbonatos de la Formación Agua Nueva (Cenomaniano/Turoniano: Cretácico Superior) en Xilitla, SLP México central. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66 (2); 397-412p.
- Blanco-Piñón A., Calvin, L. 2003. New Teleostei from the Agua Nueva Formation (Turonian), Vallecillo (NE Mexico). *C. R. Palevol*, 2: 299–306p.
- Blanco-Piñón A., Stinnesbeck, W., López-Oliva, J.G., Frey, E., Adatte, T., González, A. H. 2001. Vallecillo, Nuevo León: una nueva localidad fosilífera del Cretácico Tardío en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 18(2): 186-199p.
- Brusca, R., Brusca, G. & Haver, N. 2003. *Invertebrates*. 2da ed. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates.
- Calonge, A., Caus, E. & García, J. 2001. Los Foraminíferos: Presente y Pasado. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra* 9(2): 144-150p.
- Carrillo-Bravo, J. 1961. Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* 13: 1-2p.
- Carrillo-Bravo, J. 1971. La Plataforma de Valles San Luis Potosí: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* 23 (1-6): 1-102p.
- Castañeda-Posadas, C., Blanco-Piñón, A., Hernández-Ávila, J., Ambrosio-Cruz, S.P., Lizárraga-Mendiola, L. Ángeles-Trigueros, S.A. 2014. Fossil Stomatocysts in Upper Cretaceous Sedimentary Pyrite from Central Mexico. *International Journal of Geosciences*, 5: 214-221p.
-

- Compton R. 1983. Geología de Campo. México D.F., México: Editorial Pax México: 5-26p.
- Coronado-Díaz, M. 2018. Bioestratigrafía y microfacies de la Formación Cuesta del Cura (Cretácico Inferior) en la Cañada Guadalupe del municipio de Iturbide, Nuevo León, México (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México: 222p.
- De Renzi, M., Martinell J. & Reguant, S. 1975. Bioestratigrafía, tafonomía y paleoecología, *Acta Geológica Hispánica*, 10 (2): 80-86p.
- Dunham, R.J. 1962. Clasificación de carbonate rocks according to depositional texture. *Classification of Carbonate Rocks. American Association of Petroleum Geologists*: 108-102p.
- Echanove-Echanove, O. 1986. Geología petrolera de la Cuenca de Burgos (parte I) Consideraciones geológico-petroleras. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* 38(1): 13p.
- Eguiluz de Antuñano, S., Aranda García, M. & Marrett, R. 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 53(1): 1-26p.
- Folk, R. 1980. *Petrology of sedimentary rocks*. 1ra edición. Austin, Texas.
- Flügel, E., 2004, *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 976 p.
- Flügel E. 2010. *Microfacies of carbonate rocks. Analysis, interpretation and Application*. Springer, Germany.
- Gamper, M. A. 1977. Estratigrafía y microfacies cretácicas del Anticlinorio Huizachal-Peregrina (Sierra Madre Oriental). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 38 (2): 1-17p.
- Hernández-Canelo, J. 2013. Presencia de Ophiuridos, Importancia de su registro fósil y distribución en la Formación Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano) en la

localidad de Morados, municipio de Moctezuma, S.L.P. Ingeniero Geólogo.  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

- Humphrey, W. E. 1956. Tectonic Framework of Northeast Mexico. Geological Society American Bulletin 6: 25-35p.
- Ifrim, C., y Stinnesbeck, W. 2007. Early Turonian ammonites from Vallecillo, northeastern Mexico: taxonomy, biostratigraphy and palaeobiogeographical significance. Cretaceous Research 28(4): 642–664p.
- Ifrim, C., y Stinnesbeck, W. 2008. Cenomanian-Turonian high-resolution biostratigraphy of north-eastern Mexico and its correlation with the GSSP and Europe. Cretaceous Research, 29: 943-956p.
- Imlay, R.W. 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. Part IV Geology of the Western part of the Sierra de Parras. Geological Society of America Bulletin 47(4): 1091-1152p.
- Jenchen, U. 2006. Microfacies para fugitivos: Una clave de interpretación para microfacies de rocas carbonatadas (versión 24); Biblioteca virtual FCT-UANL; Linares, N.L: 39 p.
- Kelly W. A. 1936. Geology of the mountains bordering the Valleys of Acatita and Las Delicias. Geological Society of America Bulletin, 47: 1019-1047p.
- Loaeza-García, J.P., Zárate-Barradas, R.G, Arreondo-Mendoza, J.A., Flores-Castillo, C.M., Wingartz-Carranza, J. & Vigil-Valdés, E. 2008. Carta Geológico-Minera Linares, G14-11, Escala 1:250,000, Estados de Tamaulipas y Nuevo León, Informe técnico.
- Loeblich Jr. & Tappan, A.R. 1988. Foraminiferal Genera and their Classification. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Longoria, J. 1975. Estratigrafía de la Serie Comancheana del Noreste de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 36(1): 31-59p.



- Longoria, J. 1977a. Bioestratigrafía del Cretácico Inferior basada en microfósiles planctónicos. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 38 (1): 2-17p.
- Longoria, J. 1977b. Bioestratigrafía del Cretácico Superior basada en microfósiles planctónicos. Universidad Nacional Autónoma de México, 1 (1): 10-22p.
- López-Ramos, E. 1980. Geología de México, Tomo II. 2da edición. Editorial Tesis Resendiz, S.A. México.
- López-Zúñiga, P.A. 2013. Microfacies y Paleoambientes de dos secciones estratigráficas del Barremiano-Aptiano (Cretácico-Inferior) en Nuevo León, México (Tesis de Maestría). Instituto de Geología, UNAM. México.
- Mikrotax Introduction. 2021. From <http://www.mikrotax.org/index.php>.
- Morales-Juárez, S.P. 2019. Reconstrucción paleoambiental de la Formación Eagle Ford en dos núcleos del Noroeste de Coahuila, con base a la macro y microfauna, Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Coahuila, Nueva Rosita, México: 266p.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza: 84p.
- Mülleried, F. 1944. Geología del Estado de Nuevo León. 1st ed. México, D.F.
- Mülleried, F. 1946. Geología del Estado de Nuevo León (Continuación y Final). 1ra ed. México, D.F.
- Munsell, A.H. 2009. Geological Rock – Color chart. Geological Society of America (GSA). Munsell Color.
- Núñez-Garibay, J.L. 2015. Microfacies de la Formación Agua Nueva (Cretácico Superior), en el cerro de las Mitras, Monterrey, Nuevo León, México (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México: 147p.

- Padilla y Sánchez, R.J. 1978a. Bosquejo geológico-estructural de la Sierra Madre. Oriental en el área Linares-Galeana-San Roberto, Estado de Nuevo León. Instituto de Geología, UNAM 2 (1):45-54 p.
- Padilla y Sánchez, R.J. 1978b. Geología y estratigrafía (Cretácico Superior) del límite suroeste de estado de Nuevo León. Instituto de Geología, UNAM 2 (1): 37-44p.
- Padilla y Sánchez, R.J. 1982. Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepcion del Oro, Saltillo, and Monterrey, Mexico. Ann Arbor, Mich: Univ. Microfilms Internat.
- Padilla y Sánchez, R.J., 1986, Post-Paleozoic tectonics of Northeast Mexico and its role In the evolution of the Gulf Of Mexico: Geofísica Internacional 25(1): 157-206 p.
- PEMEX. 1988. Estratigrafía de la República Mexicana, Mesozoico, Subdirección de Producción Primaria, Coordinación ejecutiva de exploración, Informe Inédito.
- Pérez-Cruz, G. 1993. Geologic evolution of the Burgos Basin, northeastern Mexico. Doctor of Philosophy. Rice University.
- Reguant, S. 1971. Los conceptos de facies en Estratigrafía. Acta Geológica Hispánica 6(4): 97-101p.
- Ruppert, E. & Barnes, R. 1996. Zoología de los invertebrados. 5th ed. México. McGraw-Hill Interamericana: 1114 pp.
- Salinas-Rodríguez, M. 2012. Flora y fitogeografía del Cañón de Iturbide, Nuevo León, México. Maestro en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Santamaría-Díaz, O., Ortuño, F.A., Adatte, T., Ortiz-Ubilla, A., Riba, A.R. & Franco, S.N. (1991). Evolución Geodinámica de la Cuenca de Sabinas y sus implicaciones petroleras, Estado de Coahuila, Tomo I: Instituto Mexicano del Petróleo, Informe CAO-3508: 209p.
- Santana-Salas, L.A. 2012. Análisis de microfacies y paleoictiología de la Formación Agua Nueva (Cretácico Superior) en la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Servicio Geológico Mexicano. 2007. Ficha de unidad estratigráfica (Agua Nueva, Formación). México: SGM: 1-6p.
- Servicio Geológico Mexicano. 2010. Ficha de unidad estratigráfica (Formación Cuesta del Cura, Caliza). México: SGM: 1-4p.
- Servicio Geológico Mexicano. 2013. Ficha de unidad estratigráfica (Formación Tamaulipas Superior). México: SGM: 1-5p.
- Servicio Geológico Mexicano. 2015. Ficha de unidad estratigráfica (Formación San Felipe). México: SGM: 1-4p.
- Silva-Martínez, L.E. 2014. Estratigrafía y microfacies de las capas de la Formación Eagle Ford (Cenomaniano/Turoniano) en el noreste del México: Implicaciones paleoecológicas y paleogeográficas (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolas de los Garza, México. 172p.
- Stabler, C. & Marquez, B. 1977. Initiation of Lower Cretaceous reefs in Sabinas Basin, Northeast Mexico. In: D. Bebout and R. Loucks, ed., Cretaceous carbonates of Texas and Mexico. Texas: Bureau of Economic Geology.
- Stephenson, L.W. 1922. En Muir, J.M., 1936, Geology of the Tampico Region, Mexico. American Association of Petroleum Geologists, Memoir: 280p.
- Stinnesbeck, W. 1991. Ammonites de la Formación Cuesta del Cura (Albiano Superior-Cenomaniano Inferior) en el área de Galeana, Nuevo León. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología: 63-85p.
- Spencerwizard, A. 2006. Foraminíferos [Ilustración]. Foraminíferos. <https://www.deviantart.com/spencerwizard/art/Foraminiferos-44294363>.
- Tar buck, E., Lutgens, F., Tasa, D. & Cientificas, A. 2005. Ciencias de la tierra. Madrid: Pearson Educación: 736p.
- Tardy, M., Longoria, J., Martínez-Reyes, J., Mitre-S., L., Patiño-A., M., Padilla y Sánchez, R. & Ramírez-R., C. 1975. Observaciones generales sobre la estructura de la Sierra Madre Oriental: La aloctonía del conjunto Cadena Alta-Altiplano

Central, entre Torreón, Coahuila y San Luis Potosí, S.L.P. México. Revista del Instituto Geológico, UNAM (1): 1-11p.

Tucker, M. E., Wright, P.V. 1990. Carbonate Sedimentology. Publicaciones Blackwell Scientific.

Villarreal Fuentes, J. 2007. Depósitos de celestina en la zona de Los Alamos, estado de Coahuila: Un ejemplo de mineralización del tipo MVT. Maestro en Ciencias Geológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Wilson, J.L. 1975. Carbonate facies in geologic history. New York, Springer-Verlag: 47p.

Zapata-Martínez, J.A. 2015. Análisis de microfacies y paleoambientes de una sección estratigráfica del Albiano Superior–Turoniano en Nuevo León, México (Tesis de Licenciatura). Universidad de Sonora. México.

## 16. RESUMEN BIOGRÁFICO

Miroslava Coronado Díaz

Candidata para el Grado de  
Doctor en Ciencias con Acentuación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo  
Sustentable

Tesis: CORRELACIÓN MICROFAUNÍSTICA MEDIANTE EL USO DE FORAMINÍFEROS Y PALEOBIOTA ASOCIADA ENTRE LAS FORMACIONES CUESTA DEL CURA Y AGUA NUEVA PERTENECIENTES AL CRETÁCICO SUPERIOR (CENOMANIANO-TURONIANO), EN ALGUNAS LOCALIDADES DEL NORESTE DE MÉXICO.

Campo de Estudio: Paleoecología

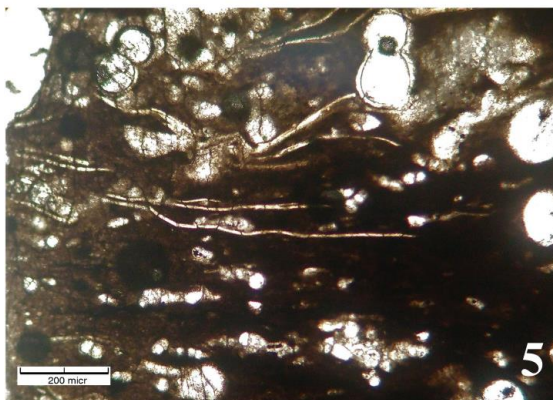
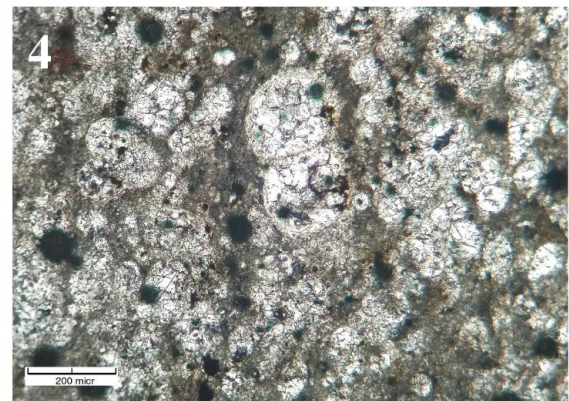
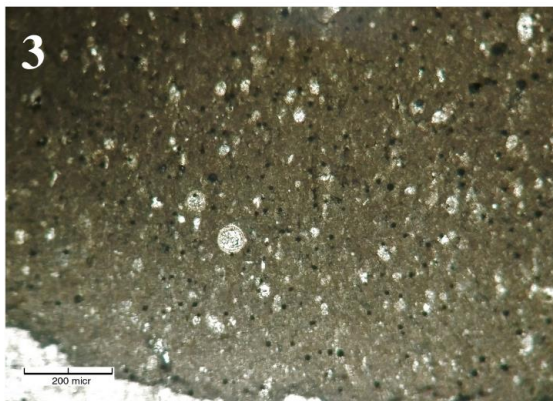
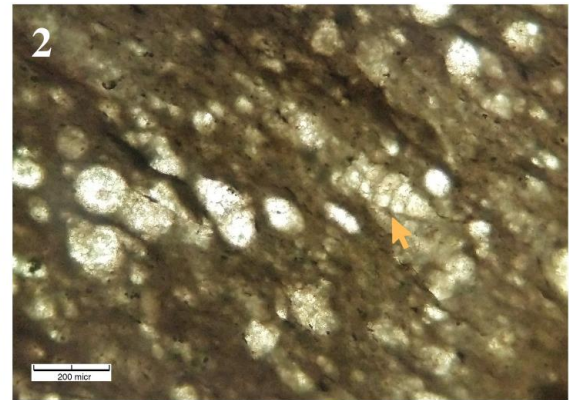
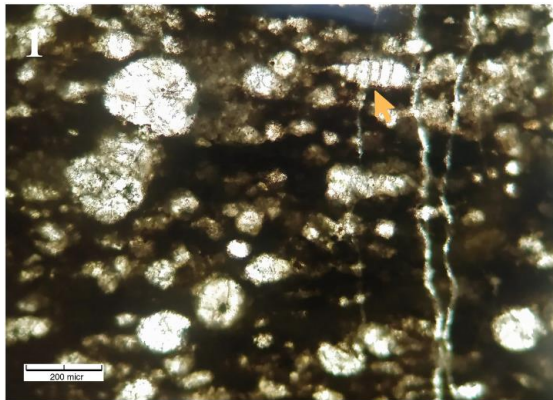
Datos Personales: Nacida en Monterrey, Nuevo León, México el 19 de agosto de 1993, hija de Ernesto Coronado Valerio y Elida Díaz Alonso.

Educación: Egresada de Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, obteniendo el grado de Biólogo el 18 de marzo de 2016. Posteriormente se egresó de la misma institución bajo el grado de Maestro en Ciencias el 19 de septiembre de 2018.

Experiencia Profesional: Docente de ciencias a tiempo completo y parcial en la Universidad de Creatividad e Innovación Humana desde 2017 hasta la fecha y Docente a tiempo parcial de 2019-2020 en la Universidad de Educación y Desarrollo Cultural de Monterrey.

# ANEXO

## LÁMINA I

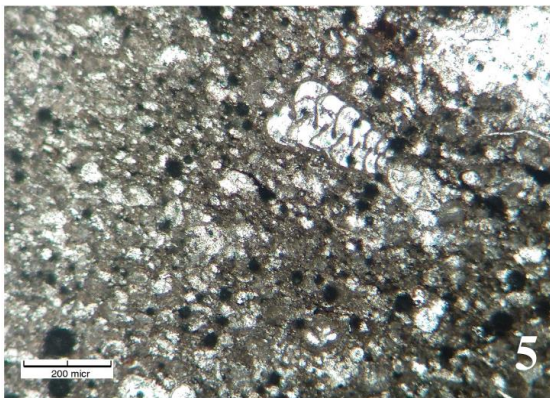
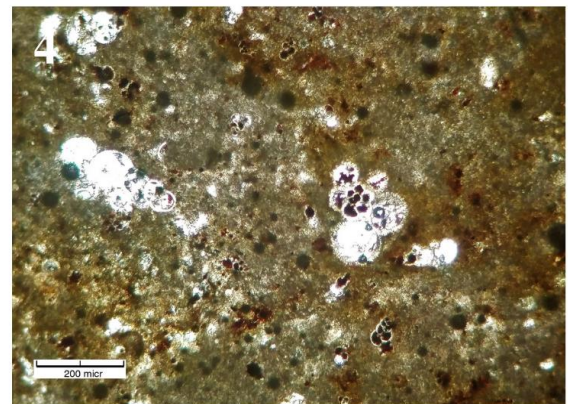
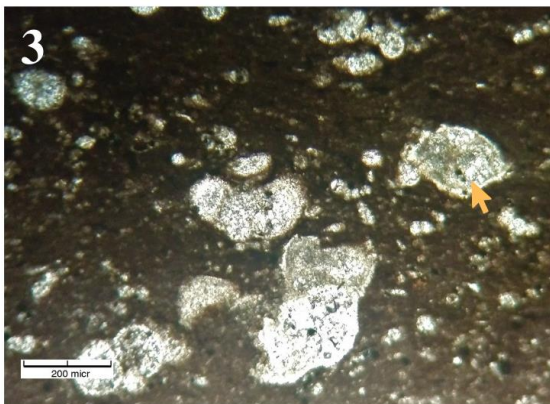
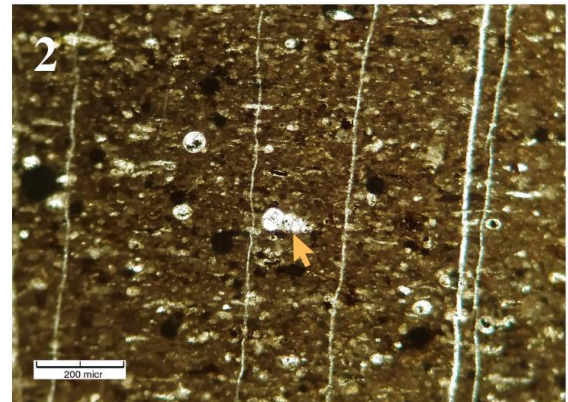


1. Braquiópodo
2. Braquiópodo
3. Calcisphaera

4. Foraminífero reemplazado por cristales de esparita
5. Filamentos algales
6. Fragmento de un pelecípodo



## LÁMINA II



1. *Lenticulina* sp.

2. *Nodosaria* sp.

3. Ostrácodo

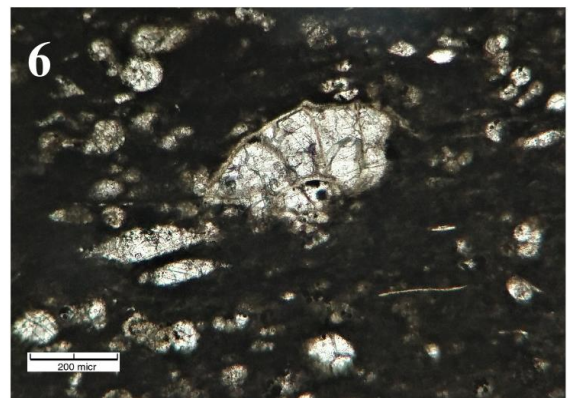
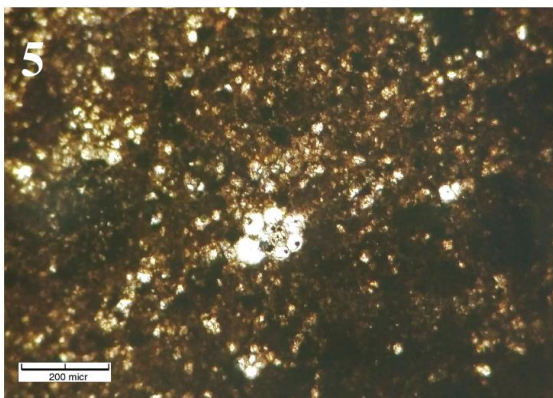
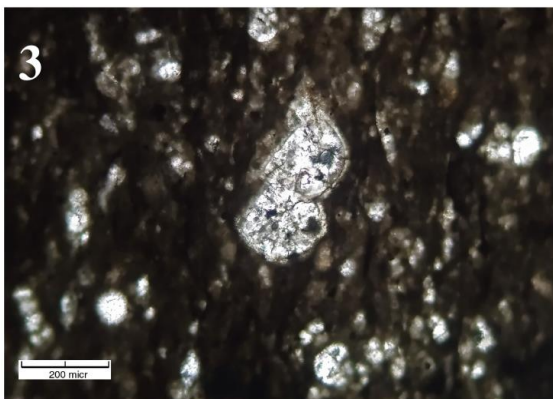
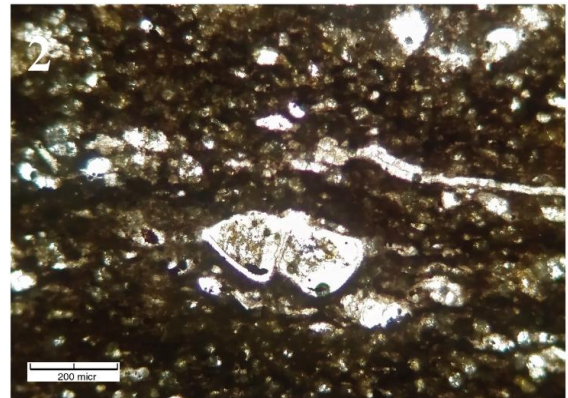
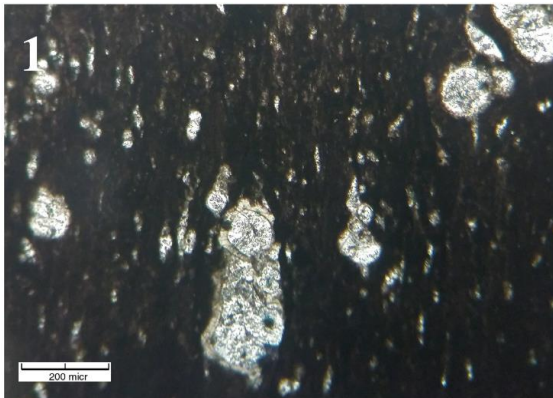
4. Reemplazamiento mineral en foraminíferos

5. *Textularia* sp.

6. *Spiroplectammina* sp.



### LÁMINA III



1. *Dicarinella primitiva*

2. *Dicarinella hagni*

3. *Dicarinella imbricata*

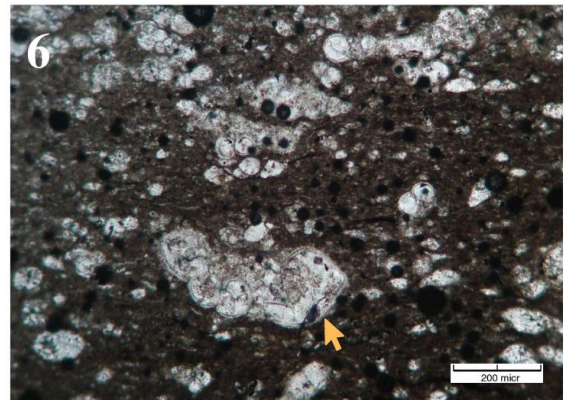
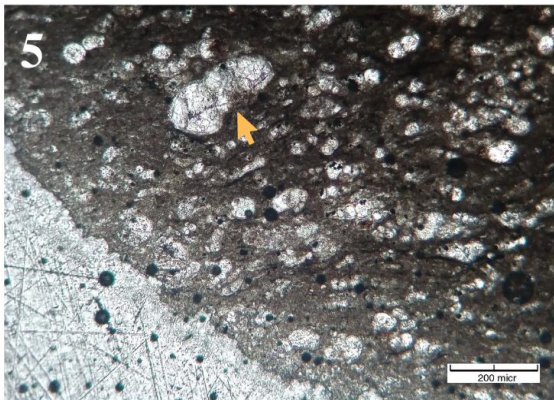
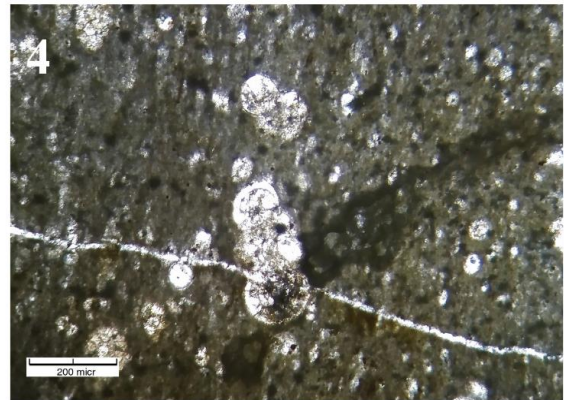
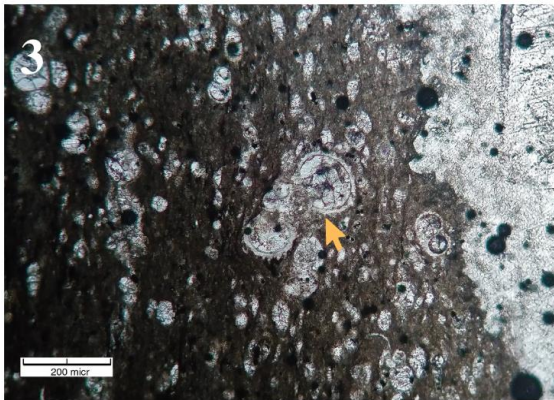
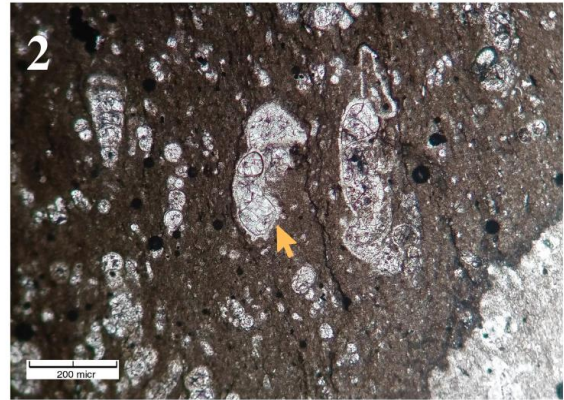
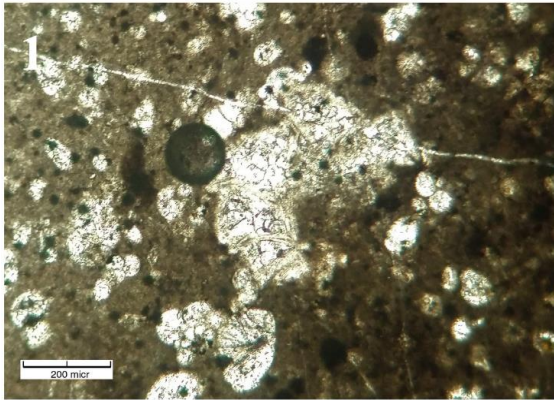
4. *Globigerinelloides ehrenbergi*

5. *Globigerinelloides bentonensis*

6. *Globotruncana* sp.



## LÁMINA IV



1. *Globotruncana* sp.

2. *Helvetoglobotruncana helvetica*

3. *Helvetoglobotruncana helvetica*

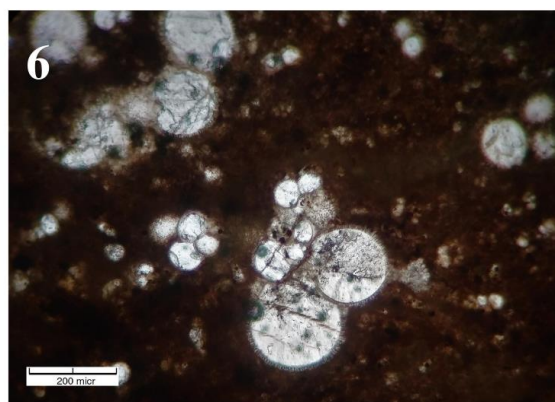
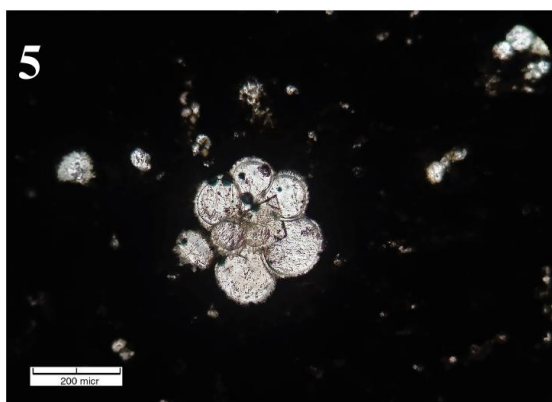
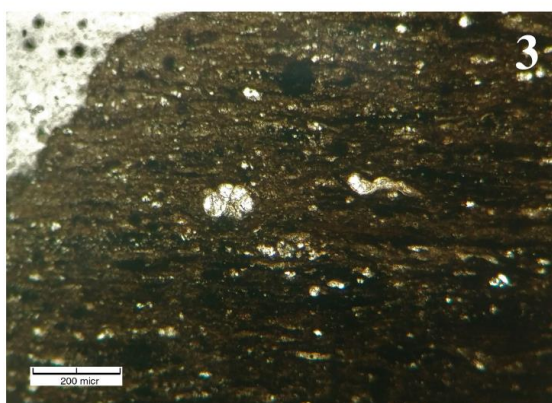
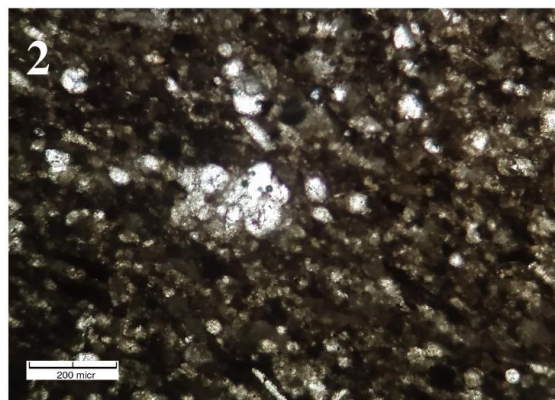
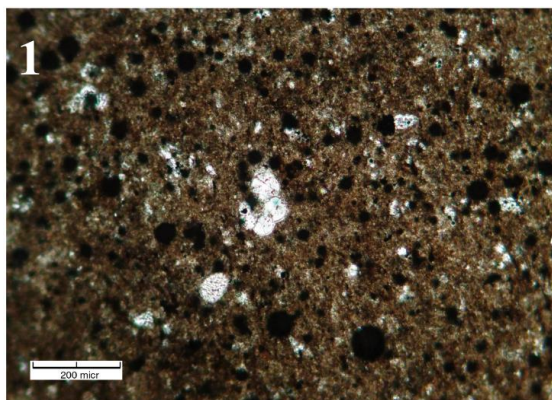
4. *Helvetoglobotruncana praehelvetica*

5. *Praeglobotruncana* sp.

6. *Praeglobotruncana* sp.



## LÁMINA V

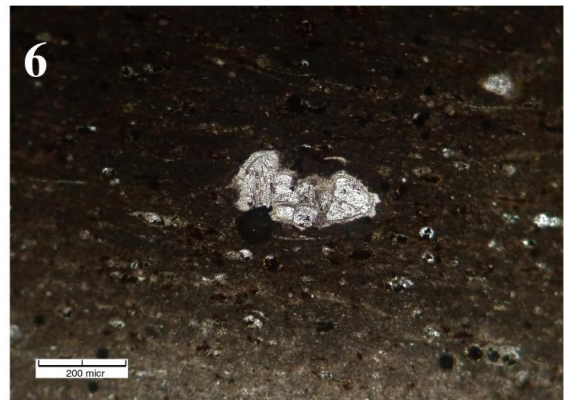
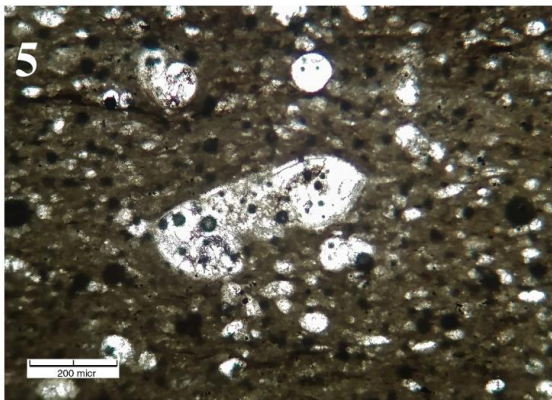
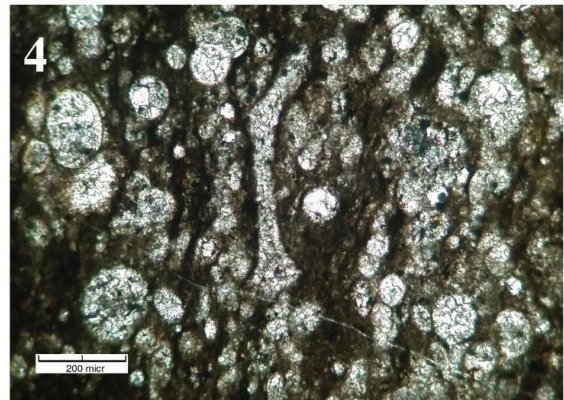
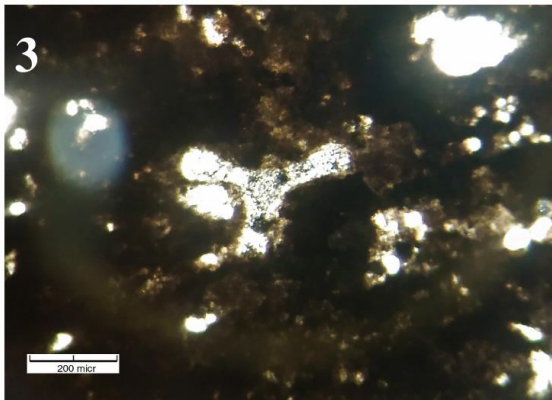
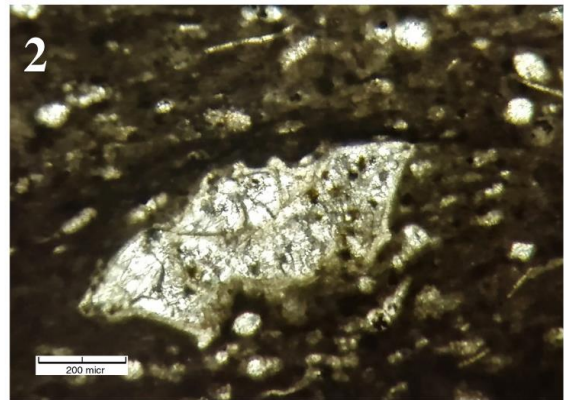
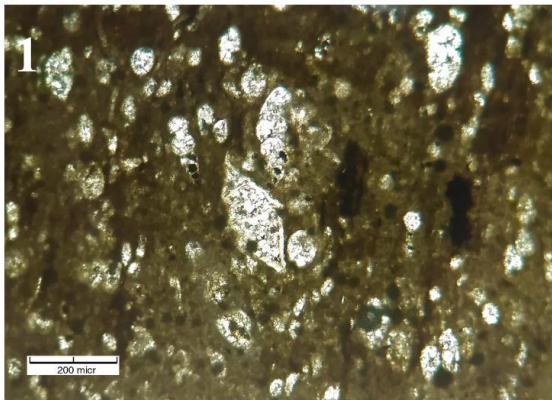


1. *Clavihedbergella simplex*
2. *Clavihedbergella simplicissima*
3. *Muricohedbergella angolae*

4. *Muricohedbergella delrioensis*
5. *Muricohedbergella delrioensis*
6. *Hedbergella* sp.



## LÁMINA VI



1. *Marginotruncana undulata*

2. *Marginotruncana sigali*

3. *Saccocoma* sp.

4. *Saccocoma* sp.

5. *Thalmanninella micheli*

6. *Thalmanninella reicheli*