

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA



EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA DE LA FAUNA ARRECIFAL
(Hauteriviano-Aptiano) DEL CERRO DE LABRADORES,
GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO

TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE

MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

PRESENTA

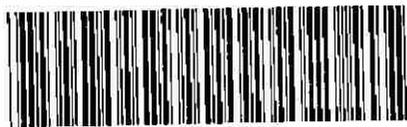
YOLANDA PICHARDO BARRÓN

LINARES, NUEVO LEÓN

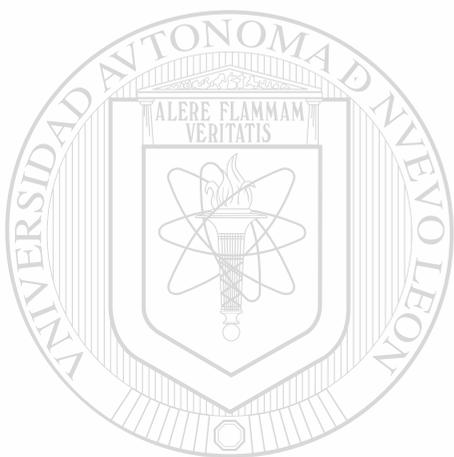
NOVIEMBRE, 2002

YOLANDA PICHAARDO BARRÓN CIENCIAS GEOLÓGICAS (2002)

TM
Z5818
E3
FCT
2002
.P5



1020149123



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA**



**EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA DE LA FAUNA ARRECIFAL
(Hauteriviano-Apt'ano) DEL CERRO DE LABRADORES,
GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE**

MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

PRESENTA

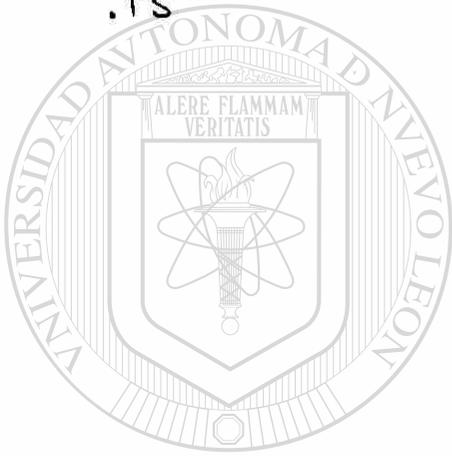
YOLANDA PICHARDO BARRÓN

LINARES, NUEVO LEÓN

NOVIEMBRE, 2002

974 859

TH
25818
E3
FCT
2002
.Ps



UANL

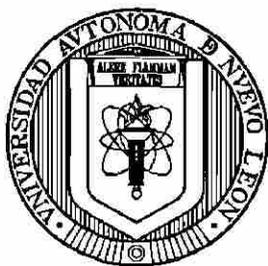
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO
TESIS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

LA TESIS

**EVOLUCIÓN PALEO GEOGRÁFICA DE LA FAUNA ARRECIFAL
(Hauteriviano-Aptiano) DEL CERRO DE LABRADORES, GALEANA,
NUEVO LEÓN, MÉXICO**

ELABORADA POR

YOLANDA PICHARDO BARRÓN

HA SIDO ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

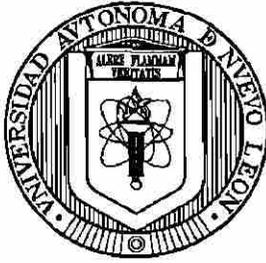
®


DR. JOSÉ GUADALUPE LÓPEZ OLIVA
Vo. Bo. ASESOR DE LA TESIS


DRA. GLORIA ALENCÁSTER YBARRA
Vo. Bo. CO-ASESOR DE LA TESIS
(INSTITUTO DE GEOLOGÍA, U. N. A. M.)

LINARES, NUEVO LEÓN

NOVIEMBRE, 2002



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

LA TESIS

**EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA DE LA FAUNA ARRECIFAL
(Hauteriviano-Aptiano) DEL CERRO DE LABRADORES, GALEANA,
NUEVO LEÓN, MÉXICO**

ELABORADA POR

YOLANDA PICHARDO BARRÓN

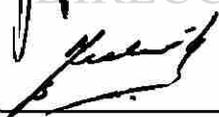
HA SIDO ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL
GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

Vo. Bo. LA COMISIÓN DE REVISIÓN DE TESIS


DR. JOSÉ GUADALUPE LÓPEZ OLIVA

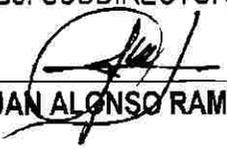

DRA. GLORIA ALENCÁSTER YBARRA
(INSTITUTO DE GEOLOGÍA, U. N. A. M.)


DR. FRANCISCO MEDINA BARRERA


DR. JUAN ALONSO RAMÍREZ FERNÁNDEZ


DR. HÉCTOR DE LEÓN GÓMEZ

Vo. Bo. SUBDIRECTOR DE POSGRADO


DR. JUAN ALONSO RAMÍREZ FERNÁNDEZ

LINARES, NUEVO LEÓN

NOVIEMBRE, 2002

DEDICATORIA.

Existen en nuestra vida personas que influyen grandemente con su ejemplo a hacer de nosotros gente de bien en todos los aspectos. En particular mi vida ha estado rodeada de personas muy gratas que me han brindado desinteresadamente su amistad, su dedicación, su tiempo y su amor.

A placer y con mucho respeto quiero dedicar este trabajo de investigación a la DRA. GLORIA ALENCÁSTER YBARRA, investigadora del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, pues ella ha sido la persona que más ha contribuido en mi formación profesional con su ejemplo de humildad, de ética profesional y de dedicación. Pero por sí esto no fuera suficiente, existe un sentimiento que jamás terminaré de agradecerle: el desbordante amor que brinda hacia mi persona.

Desde mis inicios en el estudio de los "rudistas" del cual la Dra. es especialista, siempre ha mostrado una infinita paciencia para enseñarme, ha tenido tiempo para escuchar mis nuevas ideas y proyectos, ha motivado mi participación en congresos nacionales e internacionales, me ha brindado todo su conocimiento de manera ilimitada.

Por todo esto es para mí muy grato poder brindar esta tesis a Mi Mamá como cariñosamente la considero, pues ha significado todo el sentir de ayuda completa y desinteresada que una madre puede dar. Gracias por su ayuda, en extremo generosa y por permitirme ser su hija. Es un honor para mí.

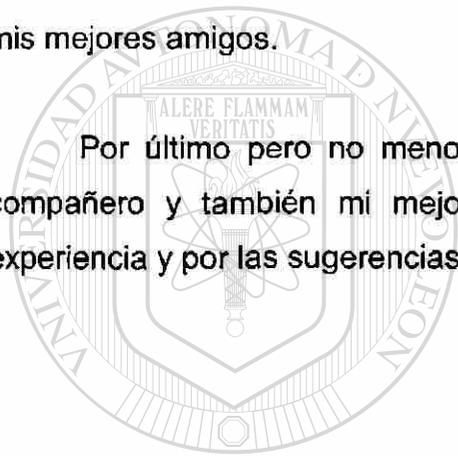
Así mismo, este estudio lo brindo a la memoria de mi hermano mayor el Médico JUAN PICHARDO BARRÓN, por haber sido una grata influencia de superación en mi vida. Por obligarme sutilmente a continuar estudiando. Lamento profundamente no haberle dado las gracias por esto.

También dedico esta tesis con el placer de reconocimiento a mi familia: mis padres el SR. JOSÉ GUADALUPE PICHARDO ANAYA y la SRA. MANUELA BARRÓN URQUIZA, a quienes agradezco enormemente el apoyo brindado durante los dos años lejos de casa, no importó la distancia, siempre estuvieron conmigo. Gracias por su confianza, por el ejemplo de perseverancia y lucha que me han inculcado, por las palabras de estímulo que siempre encontré en ustedes.

Gracias por permitirme alejarme de casa en busca de mis metas, nunca hubo palabras como “un no se puede o un no se debe”, así es que, qué más puedo decir de ustedes padres, mil gracias por ello.

A mis hermanos: REYNALDO, LEONOR, ROGELIO, RUBÉN y ANGÉLICA, mis mejores amigos.

Por último pero no menos importante a JAVIER AGUILAR PÉREZ, mi compañero y también mi mejor amigo. Gracias por compartir conmigo esta experiencia y por las sugerencias siempre útiles.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

AGRADECIMIENTOS.

La realización de este estudio no fue el acto creativo sólo de mi persona, por ello quiero hacer patente mi agradecimiento a todas las personas que se vieron involucradas en este ejercicio interdisciplinario. En primera instancia agradezco la ayuda de los profesores-investigadores, quienes aportaron sus conocimientos, sugerencias e ideas y contribuyeron grandemente a la elaboración de este escrito. Pero además parte de este trabajo también se los debo a mis amigos y a mi familia a quienes reconozco el apoyo moral que me brindaron desinteresadamente.

Al mismo tiempo quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), pues la culminación de este trabajo y de mis estudios de Maestría sólo fue posible por el apoyo económico otorgado durante dos años a través de la beca de excelencia que concede ésta institución.

Teniendo formación de Biólogo y habiendo realizado una tesis colectiva en la Licenciatura sobre "rudistas", asesorada por la DRA. GLORIA ALENCÁSTER YBARRA, Investigadora del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, era para mí de particular interés continuar con la misma línea de investigación en la Maestría.

Conociendo mis ideas, el profesor DR. JOSÉ GUADALUPE LÓPEZ OLIVA (Asesor de Tesis) me propuso el área de estudio. Los antecedentes de esta zona precisaban la existencia de "rudistas" para esta región. Sin embargo la ausencia de este grupo fósil para el área de estudio fue evidente por lo que el trabajo se enfocó al aspecto microfacial del que el Dr. López Oliva es experto. Fue enorme el apoyo recibido por parte de mi asesor para esta nueva faceta de investigación, así como inmensa fue la paciencia para solucionar todas mis dudas. Muy grato resultó las horas de trabajo, imposible no aprender con alguien que brinda todos sus conocimientos.

Parte importante de este trabajo fue el aspecto cartográfico y geológico, a fin de determinar las características estructurales del área de estudio. En este

marco quiero hacer patente mi agradecimiento al profesor DR. FRANCISCO MEDINA BARRERA (Asesor Cartográfico), quien me brindó toda la ayuda y experiencia que sobre este tema él tiene e hizo importantes sugerencias para mejorar la calidad de este apartado, así como la carta geológica incluido en esta tesis.

Así mismo agradezco la colaboración de los profesores DR. JUAN ALONSO RAMÍREZ FERNÁNDEZ y DR. HÉCTOR DE LEÓN GÓMEZ quienes me hicieron sugerencias útiles del escrito.

El trabajo de laboratorio resultó muy divertido, pues tuve la disposición de colaboración y la grata compañía de Adalberto Treviño Cázares, Andrés Ramos Ledesma, Pedro Rodríguez Saavedra, Victoriano Beraza Cardona y Gustavo Gonzáles Avendaño, curadores profesionales del Laboratorio de Preparación de la Facultad de Ciencias de la Tierra, quienes supervisaron la calidad de las secciones delgadas. Gracias a todos ellos por el apoyo.

Mi agradecimiento a todo el personal Administrativo y Académico por la ayuda brindada, a sí como a la División de Estudios de Postgrado por el apoyo recibido durante mi participación en el "V Congreso Internacional sobre Rudistas" que se efectuó en la Universidad Erlangen-Nürnberg, Alemania.

— Importante fue la ayuda brindada por el candidato a Ingeniero Geólogo José Jonathan Jasso Saldaña compañero de la Facultad de Ciencias de la Tierra, en la elaboración de la carta geológica-estructural y del perfil estratigráfico. Gracias por la disposición de colaborar en este trabajo. Así mismo agradezco al Dr. Juan Alonso Ramírez Fernández el permitirme usar su microscopio y cámara fotográfica para la realización de las micrografías de esta tesis.

Finalmente mi gratitud y amistad para los compañeros-amigos de la Facultad de Ciencias de la Tierra tanto de Licenciatura como de Maestría por la grata compañía.

CONTENIDO

	Páginas
Lista de Figuras y Tablas	I
Lista de Láminas y Micrografías.....	II
Resumen.....	1
1.- Introducción.....	2
2.- Objetivos y Metas.....	4
3.- Materiales y métodos.	
3.1 Trabajo de campo.....	5
3.2 Trabajo de laboratorio.....	5
3.3 Trabajo de gabinete.....	5
4.- El Noreste de México durante el Cretácico Temprano.	
4.1 Berriasiano-Valanginiano (8 millones de años).....	6
4.2 Hauteriviano (5 millones de años).....	7
4.3 Barremiano (6 millones de años).....	8
4.4 Aptiano (Bedouliano) (3 millones de años).....	10
5.- Geología Histórica en el Noreste de México.....	11
6.- Cerro de Labradores Galeana, Nuevo León.	
6.1 Localización y vías de acceso.....	13
6.2 Clima y vegetación.....	13
7.- Cartografía Geológica.	
7.1 Generalidades del área.....	15
7.2 Estratigrafía regional.....	17
7.3 Geología estructural del área de estudio.....	18
8.- Estratigrafía de la Formación Cupido.	
8.1 Antecedentes.....	19
8.2 Definición.....	21
8.3 Litología.....	22
8.4 Asociación de facies y distribución.....	22
8.5 Edad.....	23

9.- Los Rudistas, elemento paleontológico de la Formación Cupido.	
9.1 Generalidades de los rudistas.....	25
9.2 Distribución geográfica.....	25
9.3 Origen y diversificación.....	26
9.4 Provincialismo.....	27
10.- Perfil litológico.	
10.1 Descripción.....	29
11.- Microfacies.	
11.1 Clasificación de Dunham.....	37
11.2 Clasificación de Folk.....	37
11.3 Clasificación de Wilson.....	38
11.4 Clasificación de Flügel.....	40
11.5 Otros componentes.....	43
12.- Análisis de Microfacies.	
12.1 Descripción de las Unidades.....	45
13.- Discusión y conclusiones.....	121
Bibliografía.	

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

		Páginas.
Figura 1	Paleogeografía del noreste de México del Berriasiano al Hauteriviano (Tomado de Smith, 1981).....	7
Figura 2	Paleogeografía del noreste de México del Barremiano al Aptiano Inferior (Tomado de Smith, 1981).....	9
Figura 3	Mapa tectónico del noreste de México mostrando la distribución de las plataformas carbonatadas durante el Barremiano-Aptiano y Aptiano-Albiano (Tomado de Lehmann, et al., 1998).....	12
Figura 4	Mapa de la región de Galeana, Nuevo León, ilustrando el área de estudio.....	14
Figura 5	Fotografía panorámica del Cerro de Labradores.....	16
Figura 6	Sección estratigráfica en la zona de estudio (Modificado de Michalzik, 1988).....	17
Figura 7	Distribución de bancos y arrecifes de rudistas (Tomado de Alencáster, 1990).....	26
Figura 8	Variaciones morfológicas de las conchas de rudistas (Tomado de Schumann & Steuber, 1997).....	27
Figura 9	Alternancia de calizas y calizas arcillosas-margosas correspondientes a las rocas del primer transecto.....	30
Figura 10	El primer transecto del perfil está caracterizado por Calizas de color gris claro en superficie.....	31
Figura 11	Fotografía correspondiente al segundo transecto.....	32
Figura 12	Terraza que flanquea el arroyo de Brownsville.....	32
Figura 13	Calizas con restos de bandas de pedernal.....	33
Figura 14	Calizas con bandas de pedernal	34
Figura 15	Canto rodado mostrando cortes transversales y tangenciales de varios géneros de rudistas.....	35
Figura 16	Modelo deposicional de la Formación Cupido.....	125
Tabla 1	Tipos de Microfacies Estándar (1-24) y tipos de texturas deposicionales (Tomado de Flügel, 1982).....	41

LISTA DE LÁMINAS Y MICROGRAFÍAS

Páginas.

Lámina 1	Micrografías	1, 2	Sección delgada LY-56 Cu.....	46
Lámina 2	Micrografías	3, 4	Secciones delgadas: LY-56 Cu y LY-59 Cu.....	48
Lámina 3	Micrografías	5, 6	Sección delgada LY-60 Cu.....	49
Lámina 4	Micrografías	7, 8	Secciones delgadas: LY-63 Cu y LY-64 Cu.....	51
Lámina 5	Micrografías	9, 10	Secciones delgadas: LY-65 Cu y LY-66 Cu.....	53
Lámina 6	Micrografías	11, 12	Secciones delgadas: LY-66 Cu y LY-67 Cu.....	54
Lámina 7	Micrografías	13, 14	Secciones delgadas: LY-69 Cu y LY-70 Cu.....	56
Lámina 8	Micrografías	15, 16	Secciones delgadas: LY-70 Cu y LY-74 Cu.....	58
Lámina 9	Micrografías	17, 18	Secciones delgadas: LY-74 Cu y LY-80 Cu.....	59
Lámina 10	Micrografías	19, 20	Sección delgada LY-85 Cu.....	61
Lámina 11	Micrografías	21, 22	Sección delgada LY-56 Cu.....	62
Lámina 12	Micrografías	23, 24	Secciones delgadas: LY-91 Cu y LY-92 Cu.....	64
Lámina 13	Micrografías	25, 26	Secciones delgadas: LY-92 Cu y LY-93 Cu.....	65
Lámina 14	Micrografías	27, 28	Sección delgada LY-94 Cu.....	67
Lámina 15	Micrografías	29, 30	Sección delgada LY-94 Cu.....	68
Lámina 16	Micrografías	31, 32	Secciones delgadas: LY-96 Cu y LY-97 Cu.....	70

Lámina 17	Micrografías	33, 34	Secciones delgadas: LY-97 Cu y LY-98 Cu.....	72
Lámina 18	Micrografías	35, 36	Secciones delgadas: LY-98 Cu y LY-99 Cu.....	73
Lámina 19	Micrografías	37, 38	Secciones delgadas: LY-99 Cu y LY-101 Cu.....	75
Lámina 20	Micrografías	39, 40	Secciones delgadas: LY-102 Cu y LY-104 Cu.....	76
Lámina 21	Micrografías	41, 42	Secciones delgadas: LY-108 Cu y LY-109 Cu.....	78
Lámina 22	Micrografías	43, 44	Secciones delgadas: LY-110 Cu y LY-115 Cu.....	79
Lámina 23	Micrografías	45, 46	Secciones delgadas: LY-116 Cu y LY-120 Cu.....	81
Lámina 24	Micrografías	47, 48	Secciones delgadas: LY-121 Cu y LY-125 Cu.....	82
Lámina 25	Micrografías	49, 50	Secciones delgadas: LY-126 Cu y LY-127 Cu.....	84
Lámina 26	Micrografías	51, 52	Secciones delgadas: LY-127 Cu y LY-128 Cu.....	86
Lámina 27	Micrografías	53, 54	Secciones delgadas: LY-128 Cu y LY-129 Cu.....	88
Lámina 28	Micrografías	55, 56	Secciones delgadas: LY-129 Cu y LY-130 Cu.....	90
Lámina 29	Micrografías	57, 58	Secciones delgadas: LY-130 Cu y LY-132 Cu.....	91
Lámina 30	Micrografías	59, 60	Secciones delgadas: LY-132 Cu y LY-133 Cu.....	93
Lámina 31	Micrografías	61, 62	Secciones delgadas: LY-134 Cu y LY-136 Cu.....	94

Lámina 32	Micrografías	63, 64	Secciones delgadas: LY-138 Cu y LY-139 Cu.....96
Lámina 33	Micrografías	65, 66	Secciones delgadas: LY-139 Cu y LY-140 Cu.....97
Lámina 34	Micrografías	67, 68	Sección delgada LY-141 Cu.....99
Lámina 35	Micrografías	69, 70	Secciones delgadas: LY-146 Cu y LY-148 Cu.....101
Lámina 36	Micrografías	71, 72	Secciones delgadas: LY-148 Cu y LY-150 Cu.....103
Lámina 37	Micrografías	73, 74	Secciones delgadas: LY-150 Cu y LY-155 Cu.....104
Lámina 38	Micrografías	75, 76	Sección delgada LY-159 Cu..... 106
Lámina 39	Micrografías	77, 78	Secciones delgadas: LY-159 Cu y LY-160 Cu.....108
Lámina 40	Micrografías	79, 80	Sección delgada LY-161 Cu.....109
Lámina 41	Micrografías	81, 82	Secciones delgadas: LY-162 Cu y LY-163 Cu.....111
Lámina 42	Micrografías	83, 84	Sección delgada LY-164 Cu.....113
Lámina 43	Micrografías	85, 86	Secciones delgadas: LY-164 Cu y LY-166 Cu.....115
Lámina 44	Micrografías	87, 88	Secciones delgadas: LY-166 Cu y LY-168 Cu.....116
Lámina 45	Micrografías	89, 90	Secciones delgadas: LY-168 Cu y LY-170 Cu.....118
Lámina 46	Micrografías	91, 92	Secciones delgadas: LY-171 Cu y LY-174 Cu.....119
Lámina 47	Micrografía	93	Sección delgada LY-174 Cu.....120

RESUMEN.

En el Cerro de Labradores, situado a 2 Km al oriente de la ciudad de Galeana, Nuevo León, la Formación Cupido forma una secuencia de más de 500 m de espesor de sedimentos del Cretácico Temprano representado por facies carbonatadas de edad Hauteriviano – Aptiano y constituido por el desarrollo arrecifal de rudistas.

Los rudistas es un grupo aberrante de bivalvos pertenecientes a la superfamilia *Hippuritacea*, que habitaron por cien millones de años los mares someros del Dominio del Tethys. Poblaron los mares epicontinentales de las plataformas calcáreas, extensamente desarrolladas durante el Cretácico. Estos fósiles son encontrados en la porción norte del “Cerro de Labradores” fuera del área de estudio, en una zona delimitada y definida como “banco de rudistas” lo cual indica un ambiente somero. Tales condiciones no se continúan hacia el lado sur del cerro en Brownsville, Galeana, lo que sugiere un cambio lateral importante.

El análisis de facies, microfacies y la determinación de los paleoambientes realizado de 122 secciones delgadas de la Formación Cupido indican diferentes ambientes deposicionales. Los más frecuentes se ubican en facies de cuenca. Estos cambios de ambientes son muy drásticos marcando variaciones eustáticas observables en diferentes niveles dentro de la columna estratigráfica.

En este trabajo se incluye la carta geológica en escala 1:10 000 y se exponen las características principales de la paleogeografía del arrecife.

1.- INTRODUCCIÓN.

Los mares epicontinentales del Cretácico Inferior se desarrollaron en el noreste de la República Mexicana y el sur de Texas, U. S. A., específicamente durante los periodos Barremiano al Albiano, cuando las plataformas carbonatadas alcanzaron su máxima extensión alrededor de la costa del Golfo de México (Wilson & Ward, 1993; Lehmann, et al., 1998), con espesores acumulados de aproximadamente 2,000 m (Formaciones Cupido y Aurora).

Estos mares desarrollados en el Proto-Golfo tuvieron vínculo con el Tethys europeo. La apertura hacia el oeste del Tethys y la conexión marina abierta entre éste y el Proto-Caribe durante el Jurásico y el Cretácico, permitió la expansión de ambientes marinos tropicales y biotas del Tethys dentro de la región del Proto-Golfo de México durante este periodo (Frankes, 1979).

Dichos eventos influyeron en cambios del nivel del mar. Estos cambios son registrados desde el Jurásico Tardío y a través del Cretácico (Hernández, 1966; Smith, 1981; Lehmann, et al., 1998; Longoria, 1998; Lehmann, et al., 1999). Durante el Barremiano hasta el Cenomaniano (Cretácico Inferior), el cambio en la paleo-batimetría es en dirección este a oeste. La línea costera se recorre en el Barremiano y el Aptiano Inferior hacia el norte, transformándose la Península de Coahuila en una isla. La pasividad relativa favoreció al desarrollo de una plataforma calcárea con frentes arrecifales progradantes hacia el este, depositándose la Formación Cupido (Imlay, 1937).

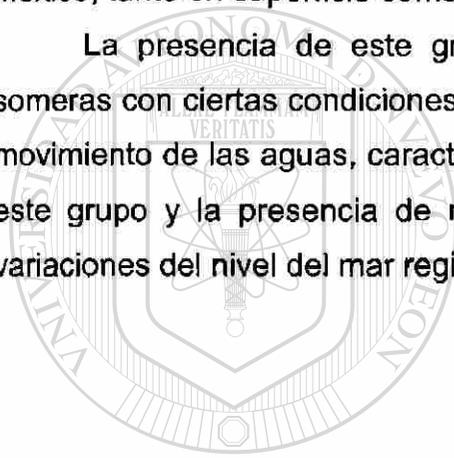
La Plataforma Cupido alcanzó su máximo desarrollo durante la parte temprana del Aptiano (Bedouliano). Durante el Aptiano Medio se inicia la fase de transgresión marina que forzó el retroceso de la plataforma transformando gradualmente el arrecife (Lehmann, et al., 1999).

Los depósitos de esta Formación constituyen las prominencias topográficas de la Sierra Madre Oriental, en el noreste de nuestro país. Estos sedimentos calcáreos afloran en las rocas del Cerro de Labradores en Galeana, Nuevo León, los cuales presentan un notable "banco de rudistas", constituido por las familias *Caprinidae*, *Requienidae* y *Monopleuridae* (Johnson, 1984; Wilson & Ward, 1993;

Aguilar-Pérez, et al., 1999; Aguilar-Pérez, 2002) asociado con ostreidos, fragmentos de coral y otros organismos arrecifales. Sin embargo la facies de aguas más profundas determinada para esta Formación en la región, contiene un conjunto de microfósiles que consisten en radiolarios, espículas de esponjas, foraminíferos y conchas de ostrácodos y conforman la microfauna de la porción sur del Cerro de Labradores.

México es uno de los países que contienen las faunas más ricas y variadas de rudistas, pues se encuentran en todo el territorio, en la mayoría de las rocas del Cretácico, que son las rocas sedimentarias más ampliamente desarrolladas en México, tanto en superficie como en subsuelo.

La presencia de este grupo nos indica que éstos habitaron en aguas someras con ciertas condiciones de temperatura y profundidad, además con poco movimiento de las aguas, características de los mares del Tethys. La ausencia de este grupo y la presencia de microfauna pelágica, son clara evidencia de las variaciones del nivel del mar registradas durante el Cretácico Inferior.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2.- OBJETIVOS Y METAS.

Los depósitos de la Formación Cupido ampliamente encontrados en el noreste del territorio mexicano, han sido el foco de numerosos trabajos regionales. Estos importantes estudios han establecido los tipos de ambientes deposicionales ubicándolos como mar abierto (cuenca), arrecife (bancos arrecifales de rudistas) y plataforma.

La facies arrecifal ha sido mencionada para el Cerro de Labradores en Galeana, Nuevo León, en donde este ambiente se continúa hacia el norte y sur de la región de Galeana, no encontrándose hacia el oriente (Hernández, 1966; Bishop, 1972; Götte, 1988; Wilson, 1999).

El objetivo final de este trabajo es determinar un modelo de ambientes de sedimentación y establecer la secuencia paleogeográfica del arrecife para el área de estudio, así como deducir si en la porción sur del Cerro de Labradores se continúa esta facies.

Para ello se establecieron los siguientes objetivos principales:

1) Realización del análisis de facies y microfacies sedimentarias a fin de determinar los diferentes paleoambientes basados en el estudio de secciones delgadas.

2) Determinación de la secuencia paleogeográfica del arrecife.

3) Elaboración de una columna estratigráfica para la región a fin de mostrar los posibles cambio litológicos y de facies.

4) Elaboración de un carta geológica en escala 1:10,000 cubriendo un área de 5 km².

3.- MATERIALES Y MÉTODOS.

Para la realización de esta etapa de la investigación, fue necesario dividirla en tres fases.

3. 1 Trabajo de campo.

Levantamiento de datos litológicos y estructurales. Para el control de datos se utilizó como apoyo un mapa topográfico de escala 1:50,000 elaborado por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL, 1978) con la clave G14C56 GALEANA y una brújula tipo Brunton, a fin de recopilar información para la elaboración del carta geológica.

Para el levantamiento de la columna estratigráfica se tomaron muestras a lo largo del río perenne que corre a través del ejido Brownsville al sureste de Galeana, Nuevo León. La sección se midió con cinta métrica con una separación de 1.50 m entre muestras en un espesor real de 183.5 m.

3. 2 Trabajo de laboratorio.

Con las muestras de calizas se elaboraron un total de 122 secciones delgadas en el Laboratorio de Preparación de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Se realizó la identificación microscópica de los microfósiles y se definieron las facies y microfacies, lo cual sirvió de base para la determinación de los ambientes de sedimentación.

3.3 Trabajo de gabinete.

Con los datos recabados en campo, se realizó la columna estratigráfica de la Formación Cupido para el Cerro de Labradores así como la carta geológica en escala 1:10,000 cubriendo un área de 5 km².

4.- EL NORESTE DE MÉXICO DURANTE EL CRETÁCICO TEMPRANO.

La paleogeografía del Jurásico fue dominada principalmente por cuencas saladas y evaporíticas entremezcladas con un complejo de islas, plataformas carbonatadas de bajo relieve y cuencas marinas (Enos, 1983). Depósitos carbonatados pelágicos prevalecieron en el este de México durante el Cretácico Temprano (Neocomiano-Aptiano) mientras clastos terrígenos fueron suministrados desde el noreste de México.

Durante el Cretácico Temprano los sitios adyacentes al Golfo de México fueron invadidos por amplios depósitos de carbonatos de cuenca. Plataformas de aguas someras progradaron hacia el Golfo desde la Península de Coahuila hacia tierras situadas en la parte central de Texas, U. S. A., y posiblemente la parte central de México. Una posible transgresión en lo tardío del Cretácico Inferior (Aptiano Tardío) forma carbonatos arcillosos de cuenca a través de las plataformas.

4.1 Berriasiano-Valanginiano (8 millones de años).

Las margas y areniscas de la Formación La Casita fueron depositadas en áreas marinas en el noreste de México durante el Jurásico Tardío. Esta depositación persistió más allá del margen sur de la Península de Coahuila hasta el Hauteriviano (Wilson & Piali, 1977). Durante este período inicia la depositación de las areniscas y conglomerados de la Formación San Marcos, así como de las calizas arcillosas-margosas de la Formación Taraises (Fig. 1).

En diversas áreas el contacto entre las Formaciones La Casita y Taraises parece ser transicional. Sin embargo en ciertos lugares no ha sido encontrada fauna del Berriasiano por lo cual puede existir una disconformidad (De Cserna, 1970).

Es muy probable que la actividad tectónica de la parte sur de la Península de Coahuila llevó a la depositación de las areniscas de la Formación La Casita.

4. 2 Hauteriviano (5 millones de años).

A través del Hauteriviano, en respuesta a la disminución de afluencia de detritos clásticos provenientes de la Península de Coahuila, se formaron los depósitos de la Formación Tamaulipas Inferior que cubren las calizas margosas de la Formación Taraises hacia el noroeste (Fig. 1).

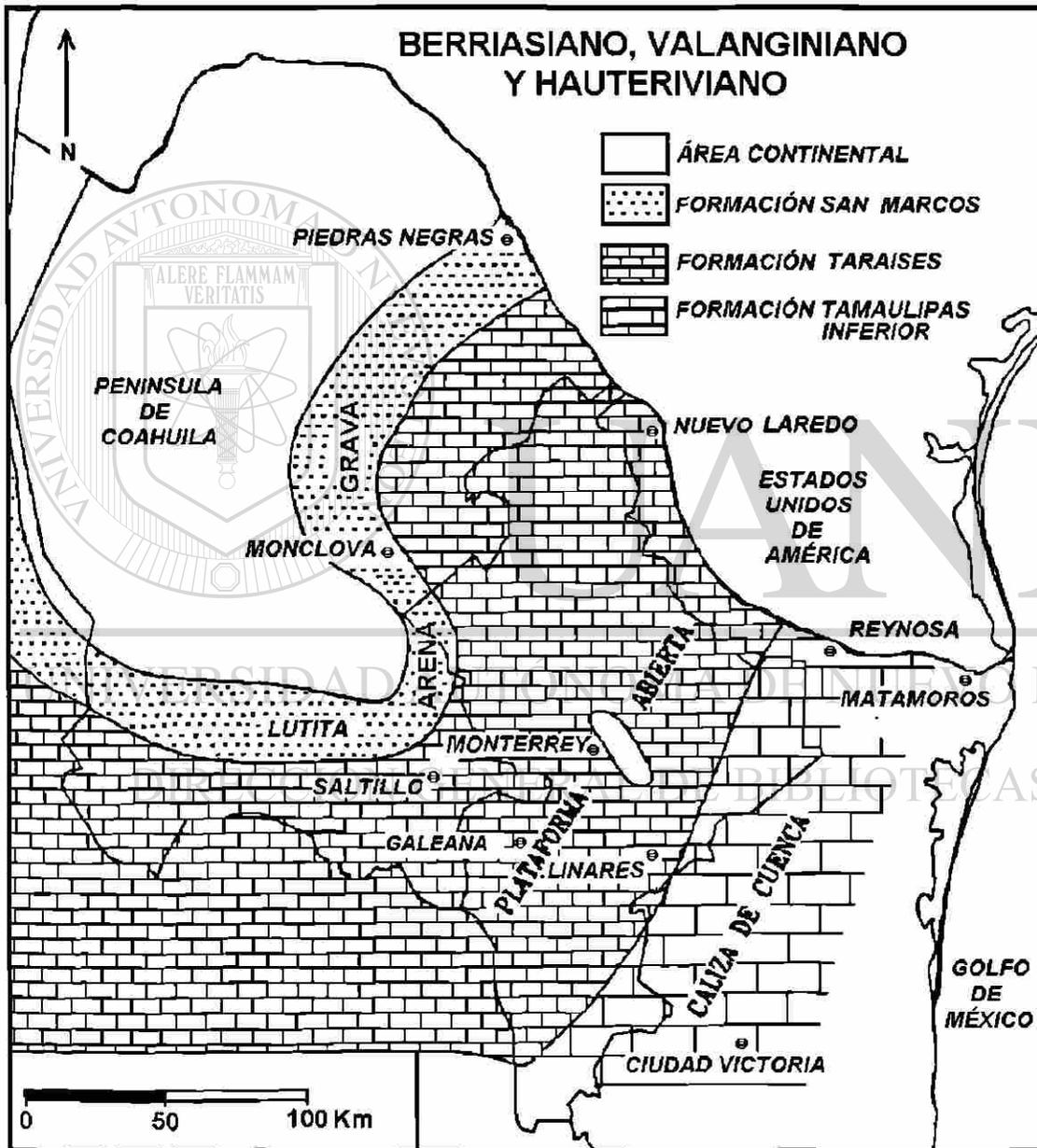


Fig. 1. Paleogeografía del noreste de México, del Berriasiano al Hauteriviano (Modificado de Smith, 1981).

Cerca del poblado de Galeana, Nuevo León, se presentó una gruesa unidad de areniscas dentro de la Formación Taraises. Humphrey & Díaz (1956) nombraron a esta unidad "Formación Galeana". El origen de estas areniscas es difícil de explicar debido a que no se extienden lateralmente y se encuentran en contacto con los carbonatos y lutitas característicos de la Formación Taraises. Es posible que estas areniscas se formaran a partir de un canal submarino (Padilla y Sánchez, 1982).

4.3 Barremiano (6 millones de años).

A partir de este piso y hasta el Cenomaniano cambió poco a poco la paleobatimetría de la región de este a oeste. La línea costera se recorre en el Barremiano y el Aptiano Temprano hacia el norte, transformándose la Península de Coahuila en una isla (Fig. 2).

Así mismo, carbonatos de aguas someras de la Formación Cupido comenzaron a depositarse desde el suroeste de Saltillo, Coahuila (Wilson & Pialli, 1977; Wilson, 1981) y en todo el norte de Nuevo León (Charleston, 1974) hasta el norte de Texas, U. S. A., (Formación Sligo). Hacia la línea de costa las calizas de la Formación Tamaulipas se fueron acumulando. En virtud de una rápida producción de carbonatos, el margen marino de los ambientes de aguas someras progradaron hacia el este durante el Barremiano.

Durante este piso, la actual isla de Coahuila controló la orientación del margen de la Plataforma Cupido (Lehmann, et al., 1999), en tanto su porción sur permanece como un alto estructural durante este piso.

Al final de este tiempo, bancos orgánicos y arrecifes se desarrollaron a lo largo del margen abierto de ambientes de aguas más profundas hacia el este. Hacia el oeste se depositaron calizas propias de un ambiente del interior de la plataforma (Smith, 1981).

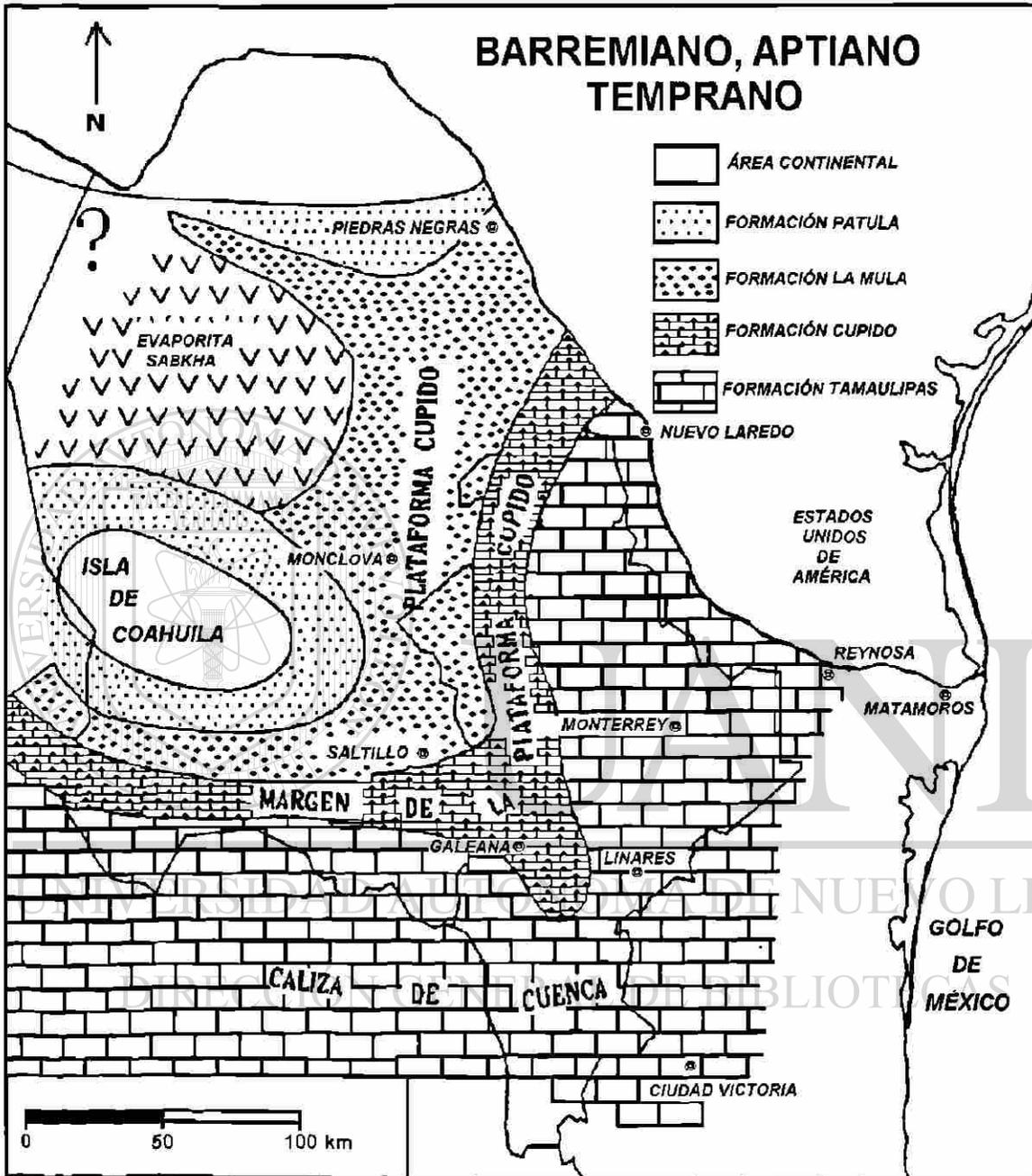


Fig. 2. Paleogeografía del noreste de México del Barremiano al Aptiano Inferior (Modificado de Smith, 1981).

4.4 Aptiano (Bedouliano) (3 millones de años).

La plataforma Cupido alcanzó su máximo desarrollo durante la parte temprana del Aptiano (Bedouliano). El margen de la plataforma se extendió desde el sur de Laredo, Texas hasta Monterrey, Nuevo León. Un tercio de la porción oeste de este estado y todo Coahuila fue cubierto por calizas de una plataforma interior con excepción de la isla de Coahuila, que permaneció como un alto estructural en el margen sur de la antigua península (Charleston, 1974), (Fig. 2).

Todas las áreas del margen en Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Zacatecas fueron cubiertas por calizas de cuenca de la Formación Tamaulipas Inferior. Conklin & Moore (1977) extendieron el margen desde Monterrey hasta Galeana. Wilson (1981) propuso que la extensión de los bancos arrecifales de la Formación Cupido se ubican entre Galeana, Nuevo León y Saltillo, Coahuila y ocurren a manera de bancos aislados.

Durante el Aptiano Medio inicia la fase de inundación que forzó el retroceso de la plataforma Cupido transformando gradualmente el arrecife (Lehmann, et al., 1999).

Desde el Aptiano Tardío al Albiano Medio se depositaron sobre la antigua isla de Coahuila sedimentos clásticos de la Formación La Peña, seguidos por calizas arrecifales masivas, con nódulos de pedernal y foraminíferos planctónicos de la Formación Aurora.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5.- GEOLOGÍA HISTÓRICA EN EL NORESTE DE MÉXICO.

Los eventos de la geología histórica están relacionados con la tectónica y la paleogeografía del noreste de México, así como con la apertura del Golfo de México durante el periodo Triásico (Smith, 1981; Padilla y Sánchez, 1982; Goldhammer, 1999; Lehmann, et al., 1999). Este último evento dio origen a la formación de zonas emergidas en forma de penínsulas e islas como consecuencia de la transgresión marina.

Durante el Triásico Tardío al Jurásico Medio el "rifting" extensional produce un mosaico de bloques fallados formando grabens con abanicos lacustres y aluviales, capas rojas, evaporitas y acumulación de estratos clásticos. Carbonatos de aguas someras inician su acumulación durante el Jurásico Tardío (Wilson & Ward, 1993). Para el Cretácico Temprano el desarrollo de plataformas carbonatadas ocupa una área importante del territorio mexicano (Enos, 1983; Johnson, 1984; Wilson, 1990, 1999; Wilson & Ward, 1993), (Fig. 3).

La fase del rift en el Golfo de México culminó al inicio del Cretácico y la región experimentó un enfriamiento y continuó la subsidencia a través del Cretácico Temprano. Durante este tiempo más de 2,000 m de carbonatos de plataforma fueron depositados alrededor del ancestral Golfo de México.

El margen de Cupido bordeó la costa del Golfo de México desde el sur de Louisiana a través de Texas, U. S. A., (Formación Sligo) y hacia el sur más allá de Monterrey, Nuevo León dentro de la Sierra Madre Oriental, donde abruptamente se curva hacia el oeste a lo largo del frente norte de la Sierra de Parras.

Basado en las relaciones paleogeográficas, la Península de Coahuila aparentemente controló la trayectoria de la facies arrecifal. Sedimentos peritidales se acumularon en ambientes de plataforma lagunar somera, mientras "mudstones" hemipelágicos de aguas más profundas (Formación Tamaulipas Inferior) fueron depositados en los alrededores de la plataforma. Las Plataformas Cupido-Sligo fueron inundadas durante la depositación de carbonatos arcillosos y calizas de las Formaciones La Peña y Pearsall durante el Aptiano Medio al Tardío.

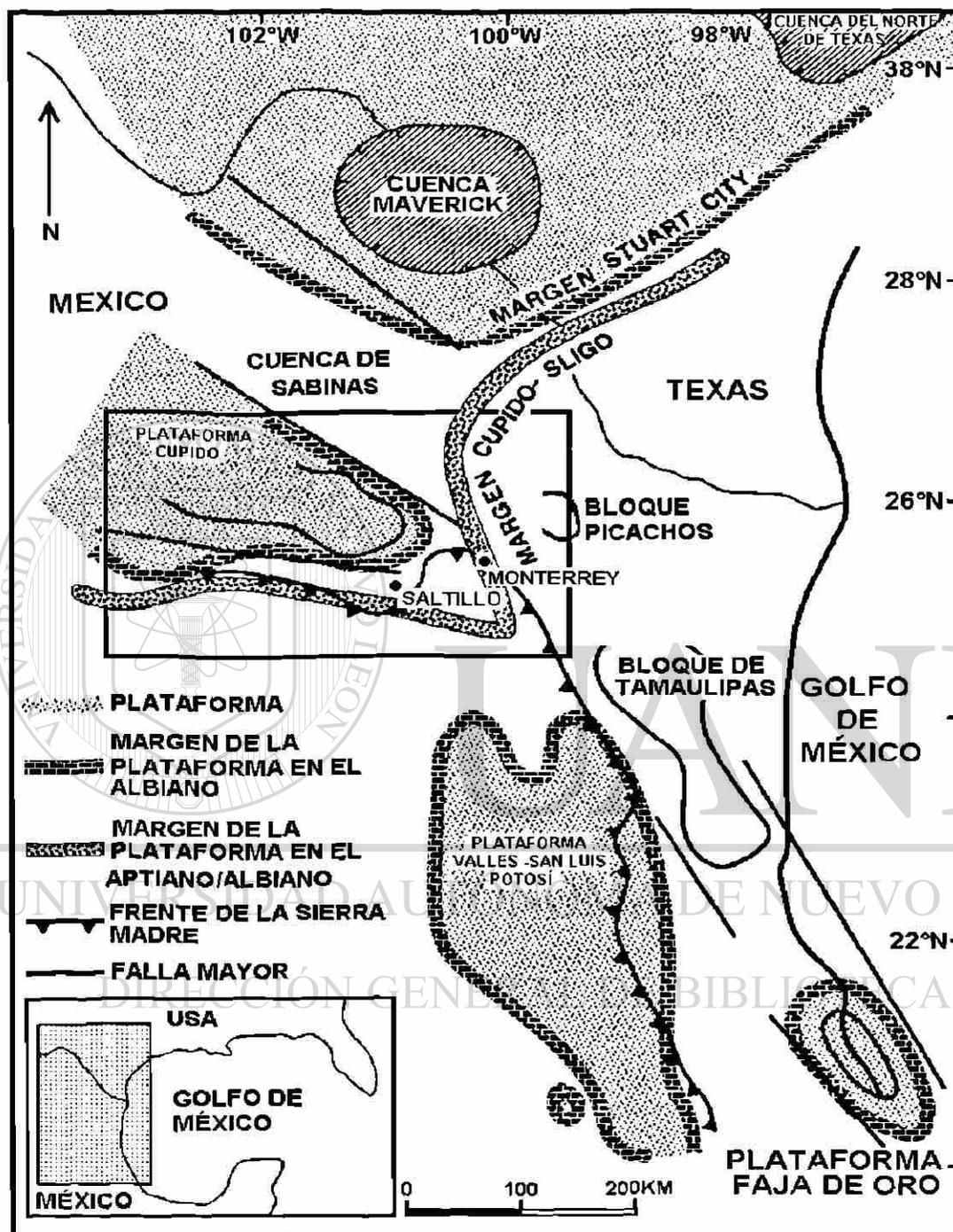


Fig. 3. Mapa tectónico del noreste de México mostrando la distribución de las plataformas carbonatadas durante el Barremiano-Aptiano y Aptiano-Albiano (Modificado de Lehmann, et al., 1998).

6.- CERRO DE LABRADORES GALEANA, NUEVO LEÓN.

6.1 Localización y vías de acceso.

El área de estudio se localiza en la porción norte de la Sierra Madre Oriental, está limitado por los vértices cuyas coordenadas UTM son 2742000 N, 2746000 N y 392000 E, 395000 E.

La superficie cartografiada comprende la porción sur del Cerro de Labradores que se ubica específicamente en el ejido de Brownsville Galeana, el cual limita al norte con el picacho "El Pílon", al sur con el ejido Puerto de Pastores, al este con el ejido Molino de Higueras y al oeste con la ciudad de Galeana.

La principal vía de acceso a esta zona es la Carretera Federal No. 60 que comunica a las ciudades de Linares y San Roberto, desviándose en el kilómetro No. 64 a la altura del poblado denominado "La Y de Abajo" ubicada a 7 km al sur de Galeana por carretera pavimentada. Otro medio de llegar a la zona es a través de un camino que une las poblaciones de Rayones y Galeana y que se conduce a través del Cañón de San Lucas (Fig. 4).

6.2 Clima y vegetación.

La región presenta un clima templado semiárido con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 16° C, con una precipitación promedio anual de 500 mm. Los rangos de temperatura fluctúan entre 1° C y 30° C. La dirección de los vientos preferenciales son de Norte a Sur.

La vegetación es un matorral formado en un alto porcentaje por plantas xerófitas suculentas como cactáceas entre las que se encuentra el nopal (*Opuntia* sp.), las biznagas (*Ferocactus* sp., *Mammillaria* sp., *Coryphantha* sp.) y el tunillo (*Equinocereus* sp.); agavaceas como las palmas (*Yucca filifera*) y lechuguilla (*Agave lechuguilla*). Las leguminosas como el mezquite (*Prosopis vulgaris*) y el huizache (*Acacia* sp.) son también parte de la vegetación. En menor proporción encontramos arbustos pequeños (INEGI, 1986).

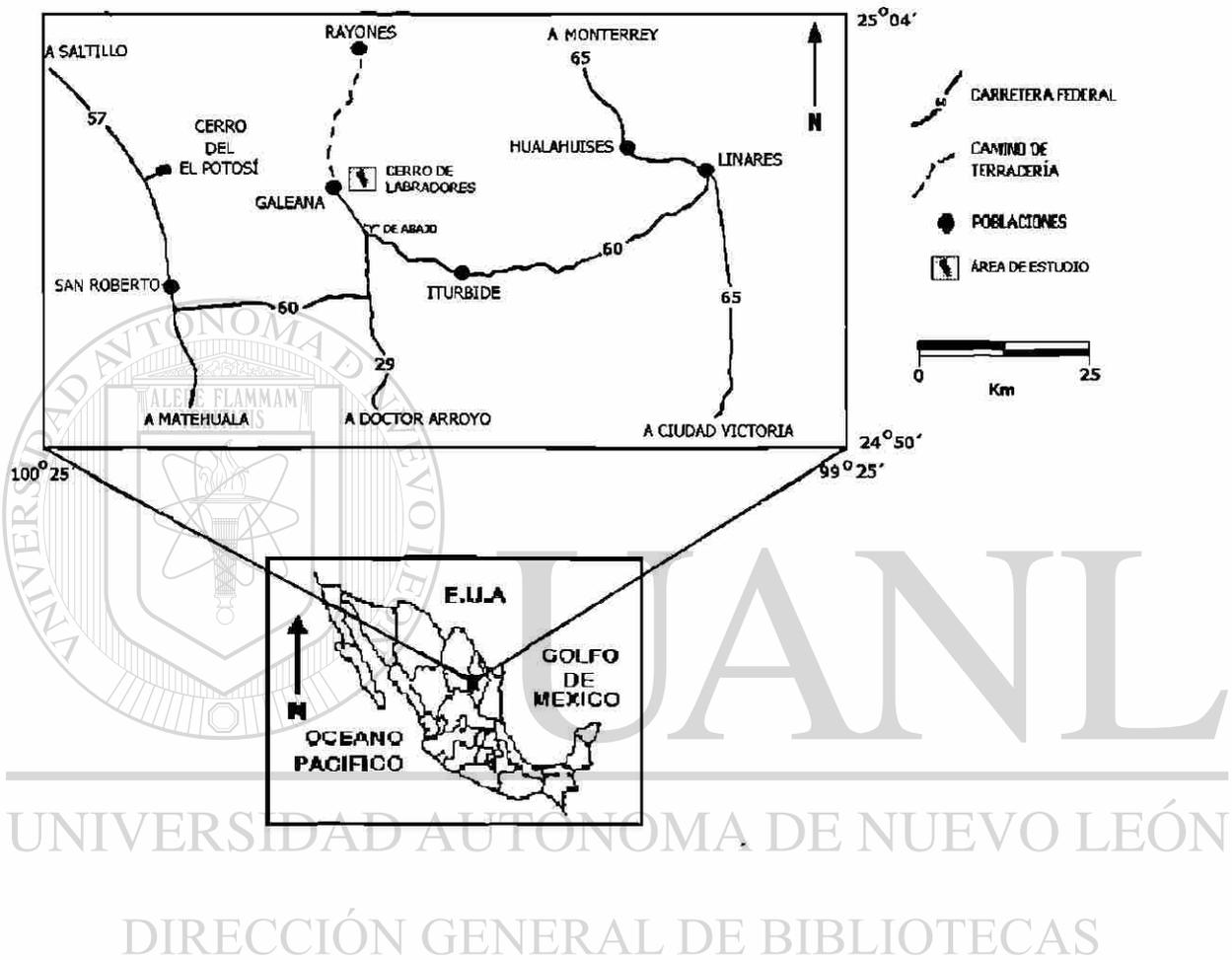


Fig. 4. Mapa de la región de Galeana, Nuevo León, ilustrando el área de estudio, así como las vías de acceso a la zona (Modificado de De León, 1991).

7.- CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA.

7.1 Generalidades del área.

La zona de Galeana forma parte integral del dominio tectónico del “fold-thrust-belt” de la Sierra Madre Oriental (Suter, 1987), a una altitud de 1,655 msnm. Limita al norte con Rayones, Nuevo León y con el estado de Coahuila; al sur con Arramberrí y Doctor Arroyo, al este con Montemorelos, Linares e Iturbide municipios del estado de Nuevo León y al oeste con los estados de Coahuila y San Luis Potosí.

El estilo estructural del área está representado por la zona transicional entre el Anticlinal de Potosí y el dominio de los pliegues apretados y recumbentes (pliegues de cobertura) laramídicos de la Sierra Madre Oriental generados sobre un basamento más profundo.

El estilo deformativo regional fue controlado principalmente por (1) la resistencia diferente a la cizalla y al flujo de los conjuntos litotectónicos, lo cual permitió el despegue, el plegamiento y el cabalgamiento de la cobertura mesozoica, y (2) por el levantamiento subsecuente del basamento, acompañado por fallamiento (Götte, 1988).

El relieve topográfico de la zona está constituido por una cadena de montañas de alturas sumamente variables oscilando entre los 450 y 2,800 msnm, contando entre las montañas de mayor elevación, el Cerro el Potosí y justamente la zona de estudio, el Cerro de Labradores.

La causa de esta variación del relieve, es principalmente la constitución litológica de las capas aflorantes y las estructuras que las contienen, siendo las partes altas rocas competentes, por lo general rocas calcáreas y las partes bajas menos competentes formadas de lutitas y rocas de tipo evaporítico.

Los estratos carbonatados del Cerro de Labradores se encuentran entre dos Formaciones arcillosas como lo son la Formación Taraises en la base y la Formación La Peña en el techo (Fig. 5).

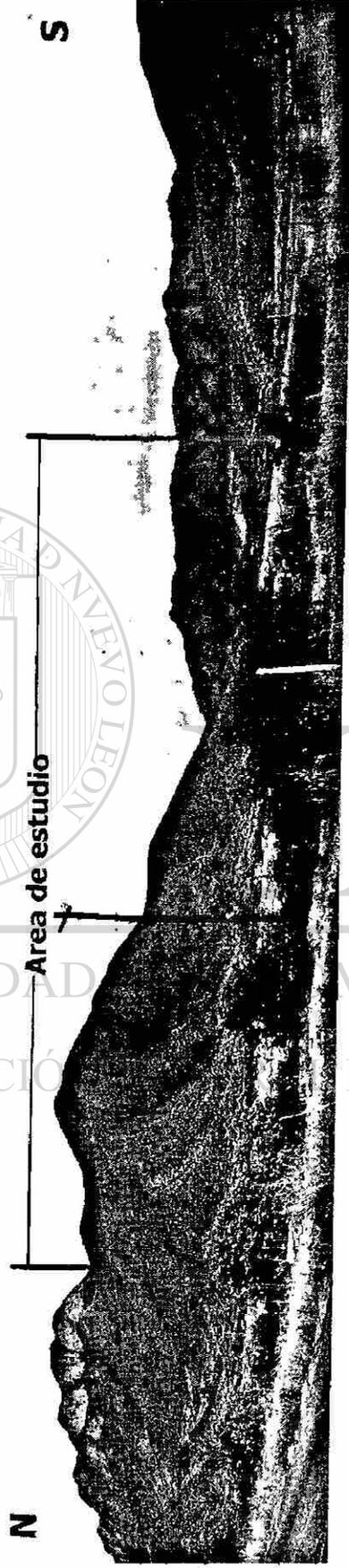


Fig. 5. Fotografía panorámica de la porción sur del Cerro de Labradores, tomada desde la carretera que conduce a la ciudad de Galeana, Nuevo León, en su desviación a partir del poblado “La Y de Abajo”, en donde se muestra parte del relieve topográfico regional, así como el área de estudio ubicado en el ejido Brownsville.

7.2 Estratigrafía regional.

La estratigrafía en la región de Galeana está conformada por sedimentos jurásicos, cretácicos y cuaternarios. Este conjunto estructural está constituido en su mayor parte por sedimentos de origen marino que ocupan aproximadamente el 90% de las rocas aflorantes en el área, estando el 10% restante representado por sedimentos continentales del Cenozoico (Hernández, 1966).

La columna estratigráfica del Mesozoico está trazada por sedimentos calcáreos y arcillosos representados por las Formaciones La Casita del Jurásico Tardío, Taraises, Cupido y La Peña del Cretácico Temprano (Fig. 6). Depósitos recientes de caliche y suelo cubren parte de las Formaciones presentes en el área, siendo solo visibles estas últimas en cañadas.

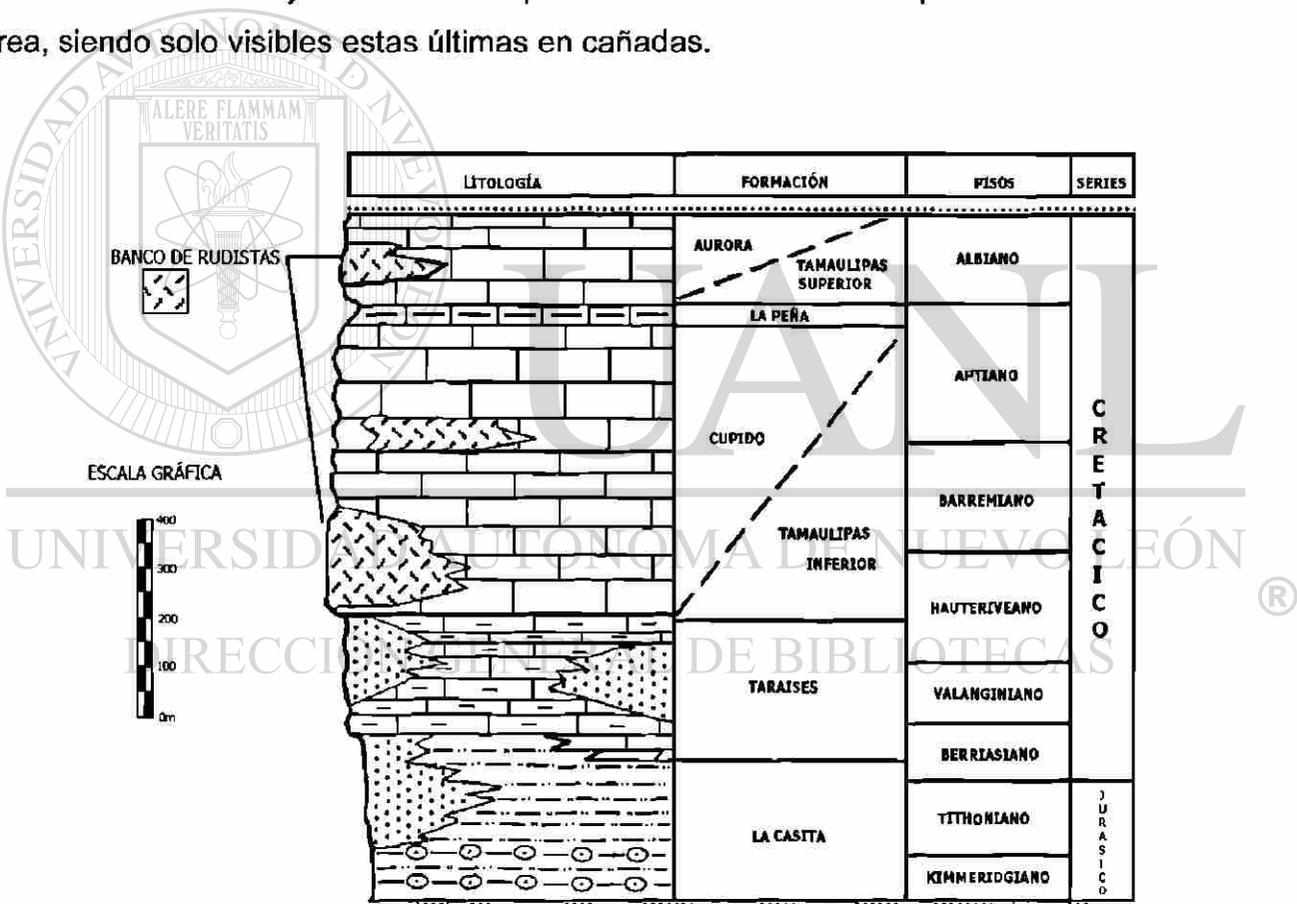


Fig. 6. Sección estratigráfica del área de estudio (Modificado de Michalzik, 1988).

7.3 Geología estructural del área de estudio.

Estructuralmente el Cerro de Labradores se encuentra formando un anticlinal recostado hacia el NE denominado "El Anticlinal del Labrador", cuyo núcleo está formado por sedimentos recostados de las Formaciones Taraises, Cupido y La Peña. Hacia la parte superior del flanco, la secuencia se encuentra en posición normal .

La superficie cartografiada corresponde el flanco Este de la porción sur del Cerro de Labradores. Esta área presenta afloramientos de las Formaciones Taraises y Cupido. Las calizas de la Formación Taraises presenta una orientación general NW, SE y son concordantes a la Formación Cupido. A su vez, la Formación Cupido es concordante con las capas de la Formación La Peña.

La Formación Cupido presenta una secuencia normal, carente de fallamiento evidente, el rumbo y buzamiento preferencial de sus estratos se orienta con 159/83 SE.

Los sedimentos cuaternarios que forman la cobertura superficial en la zona de estudio están representados por aluviones que cubren discordantemente las planicies bajas de la zona de estudio, así como las terrazas que flanquean el arroyo del poblado Brownsville. Estos sedimentos cubren parcialmente el contacto estructural entre las Formaciones Taraises y Cupido hacia la zona del arroyo.

Para hacer una interpretación de la tectónica del área de estudio, se realizó una serie de mediciones, básicamente diaclasas, a fin de documentar las estructuras presentes en el área. Para la representación de esta información, se uso el programa Stereo Nett Versión 2.4.

En la Carta Geológica-Estructural (ver Anexo 1), se incluyen las redes estereográficas correspondientes a los sitios de medición (1 y 2) de donde se hicieron inventarios tectónicos dentro del perfil stratigráfico. Los rumbos y buzamientos preferenciales registrados son de 74/87 SE y 73/84 SE. El graficado de estos datos muestran que las diaclasas están representadas geométricamente por una familia de diaclasas de tipo ac, desarrolladas perpendicularmente al rumbo y buzamiento preferencial de estratificación (Hancock, 1985).

8.- ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CUPIDO.

8.1 Antecedentes.

Aspectos generales como son los geológicos, los estructurales, así como estratigráficos para los depósitos de la Formación Cupido en el noreste de México han sido tratados por diversos autores nacionales y extranjeros.

La tectónica de la Sierra Madre Oriental, ha sido ampliamente tratada por De Cserna (1956).

Bishop (1970, 1972) ha trabajado el aspecto estratigráfico de las calizas Cupido en la localidad de Sierra de Picachos en Nuevo León y menciona la presencia de rudistas en el área de Galeana, Nuevo León.

Zwanziger en 1978 realizó una investigación sobre “La Geología Regional del Sistema Sedimentario Cupido” en donde menciona los términos formacionales en función de su ambiente de depósito propuestos por él y por García, en 1971 para esta Formación siendo los siguientes: Formación Cupido (la de plataforma), Arrecife Cupido (bancos arrecifales) y Formación Tamaulipas Inferior (cuenca).

Smith, en 1981 realiza un estudio estratigráfico para el Cretácico Inferior detallando la distribución de facies en cada piso.

En 1990, Wilson efectúa un estudio general sobre los controles del basamento estructural durante el Mesozoico. Más tarde en 1999, realiza una investigación más detallada sobre la tendencia del arrecife así como su trayectoria.

En 1993 Wilson & Ward, trabajan sobre plataformas carbonatadas del Cretácico Temprano, enfocándose básicamente en la Formación Cupido.

Meiburg (1987), realizó una investigación sobre la paleogeografía del Cretácico en la Sierra Madre Oriental.

La paleoecología, la petrología y los ambientes deposicionales de las Formaciones Cupido y El Abra, fueron analizadas en 1984 por Johnson, donde menciona algunos géneros de rudistas encontrados en estas Formaciones, citando para la Formación Cupido a los rudistas caprínidos y requiénidos.

Eguiluz De Antuñano, en 1991 menciona los diferentes ambientes deposicionales de la Formación Cupido.

Trabajos sobre estratigrafía y evolución paleogeográfica de la misma Formación han sido publicados por Goldhammer, et al., (1991) y Goldhammer, (1999); Longoria, (1998); Lehmann, et al., (1998) y Lehmann, et al., (1999).

Aportaciones realizadas dentro de estos campos para la región de Galeana, datan desde 1960 y se han continuado con la contribución de investigadores nacionales y extranjeros y por tesis de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Tavera-Amezcuca en 1960, llevó a cabo una investigación sobre los yacimientos de Barita en la región de Galeana.

Hernández en 1966, elaboró su tesis profesional enfocada a la geología entre Linares y Galeana. En ella describe la secuencia estratigráfica comprendida desde el Cretácico Temprano hasta el Cenozoico.

Durante los años setentas y ochentas, nuevos investigadores realizan estudios en esta parte de Nuevo León. Por ejemplo Padilla y Sánchez, en 1978 elabora un estudio denominado "Bosquejo Geológico-Estructural de la Sierra Madre Oriental en el área Linares-Galeana-San Roberto, Estado de Nuevo León" en donde incluye 13 unidades que determinan la secuencia estratigráfica que va desde el Triásico hasta el Cretácico Superior. El mismo autor en 1982, en su trabajo doctoral, llevó a cabo una investigación sobre la evolución geológica de la Sierra Madre Oriental entre Linares, Concepción del Oro, Saltillo y Monterrey.

En 1980, Moor trabaja el aspecto estratigráfico y estructural del Anticlinal del Potosí y propone un alto paleogeográfico en el basamento denominado "Galeana Platform". Además realizó un perfil que incluye a la Sierra de Viborillas y al Cerro de Labradores al cual denomina "Anticlinal El Labrador". Con respecto a la Formación Cupido, menciona sus características litológicas y cita las facies para esta Formación determinadas con anterioridad por Conklin & Moore en 1977.

Michalzik (1986a, 1986b, 1987, 1988) trabajó en el área de Galeana y propone un modelo de facies dentro del contexto paleogeográfico del Triásico al Cretácico Inferior.

Götte, (1988), entonces investigador de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León, publica un artículo denominado "Estudio Geológico-Estructural de Galeana / N. L. (México) y sus alrededores" en donde hace mención del Cerro de Labradores y su facies arrecifal.

Estas interpretaciones regionales han dejado estudios más generalizados relacionados especialmente al desarrollo de las facies, componentes paleontológicos y aspectos petrográficos de la Formación Cupido.

Estudios efectuados en áreas próximas a la zona de estudio, han sido desarrollados por:

De León en 1991, aborda el desarrollo facial de la Formación Cupido en el área de Galeana, Nuevo León. Básicamente elabora un análisis de microfacies a partir del perfil estratigráfico levantado en el Cerro Negro ubicado al sureste del área de estudio.

Aguilar-Pérez, et al., (1999) realizan un estudio preliminar de los rudistas caprínidos encontrados en el Cerro de Labradores.

Aguilar-Pérez, (2002), delimita por primera vez el área de máxima concentración de rudistas (banco de rudistas) en el Cerro de Labradores y establece las características taxonómicas de los mismos.

8.2 Definición.

Imlay (1937), define por primera vez a la Formación Cupido como una secuencia calcárea situada entre las Formaciones Taraises y La Peña. Se fijó como localidad tipo la pared norte del cañón del Mimbres, asignándosele una edad de Hauteriviano Tardío a Barremiano. Fue modificada más tarde por Humprey (1949), quien consideró que la parte inferior calcárea de la Formación La Peña definida por Imlay (1937), correspondía a las calizas Cupido, por lo tanto la

Formación La Peña se restringe al miembro superior calcáreo arcilloso con presencia del horizonte con el amonite *Dufrenoya justinae* Hill, en su base.

En 1956, Humprey & Díaz, definieron la caliza Cupido y la elevan al rango de Formación, incluyendo a todas las rocas carbonatadas que en la Sierra de Parras están situadas sobre la Formación Taraises y bajo la Formación La Peña correspondiendo así a rocas sedimentarias de ambientes de mar abierto, arrecife y plataforma.

8.3 Litología.

De Cserna, (1956); Hernández, (1966); Bishop, (1970); Padilla y Sánchez, (1978, 1982); Conklin & Moor, (1977); Zwanziger, (1978); Eguiluz De Antuñano, (1991) y más recientemente Wilson, (1999); Lehmann, et al., (1999) y Goldhammer, (1999); son sólo algunos de los investigadores que han realizado trabajos en la porción noreste de nuestro país y definen a la Formación Cupido como la sucesión de calizas de color gris a gris claro con intercalaciones arcillosas y margosas, con nódulos de pedernal, hematita y pirita, así como estilolitas. La estratificación se encuentra clasificada como delgada a mediana y masiva. Así mismo han determinado que esta Formación está caracterizada por tres ambientes deposicionales: la facies de plataforma, la arrecifal y la de mar abierto o pelágica.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

8.4 Asociación de facies y distribución.

Se hace mención a continuación de cada una de las facies de la Formación Cupido, tomando en consideración características principales, como textura deposicional y componentes esqueléticos.

La facies de plataforma se compone de "mudstone-packstone" dolomitizado con intercalaciones de "grainstone" oolítico y pelets, así como "wackestone" bioclástico con miliólidos y rudistas; se le ha establecido en la porción norte de la Sierra de Parras en Coahuila y en los Potrero Chico y Potrero García cerca de Monterrey, Nuevo León (Lehmann, et al., 1999).

La facies arrecifal está constituida de "boundstone" de rudistas caprínidos y requiénidos asociados con corales, estromatoporoides, esponjas y algas rojas calcáreas; se le ha delimitado en la zona sureste de la Cuenca de Sabinas y se extiende desde Nuevo Laredo, Tamaulipas hasta Monterrey, Nuevo León; curveándose hacia el suroeste hasta la región de Saltillo y Parras, Coahuila; bordeando también la parte sur y suroeste de la plataforma de Coahuila. Estudios regionales realizados por Wilson (1981, 1999), ubican a esta facies en el núcleo de la Sierra Las Gomas en el municipio de Bustamante, el Cañón de la Huasteca en Santa Catarina, Potrero de Minas Viejas al norte de Monterrey, en el Cerro de la Silla al suroeste de Monterrey, extendiéndose hasta la Laguna de Sánchez, Rayones y el sur de Galeana en el Cerro de Labradores y Cerro Negro donde cambia abruptamente de rumbo hacia el noroeste-oeste.

La facies pelágica o de mar abierto se compone de "mudstone" a "wackestone" con bioclastos como radiolarios, nannocónidos, cocolitos y escasos equinodermos, además de litoclastos. Esta facies ha sido ubicada al sur y este del área de Monterrey, Nuevo León y Saltillo, Coahuila.

8.5 Edad.

La edad propuesta por Imlay (1937) para la Formación Cupido de acuerdo a su contenido faunístico consistente de rudistas, gasterópodos y ostrácodos, es del Hauteriviano Tardío al Aptiano Temprano.

9.- LOS RUDISTAS, ELEMENTO PALEONTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN CUPIDO.

Desde el sur de Louisiana a través de Texas, U. S. A., (Formación Sligo) hasta el noreste de México en el estado de Nuevo León (Formación Cupido), aflora una amplia secuencia de sedimentos de mares epicontinentales someros desarrollados durante el Cretácico Temprano. Estas amplias plataformas calcáreas bordeaban el ancestral Golfo de México.

Los límites de estos depósitos estuvieron controlados por extensos elementos paleogeográficos y bajos relieves: el Cratón de Texas, la Meseta Central, la Península de Tamaulipas y la Península de Coahuila (Conklin & Moore, 1977).

Las plataformas epicontinentales extensamente desarrolladas en el Proto-Golfo tuvieron vínculo con el Tethys europeo. La apertura hacia el oeste del Tethys y la conexión marina abierta entre este y el Proto-Caribe durante el Jurásico y el Cretácico permitió la expansión de ambientes marinos tropicales y biotas del Tethys dentro de la región del Proto-Golfo de México durante este periodo (Frankes, 1979).

Las facies de estas plataformas fueron reguladas por las fluctuaciones del nivel del mar. Estos ciclos eustáticos registran ascensos y descensos del nivel del mar los cuales ocurrieron en una escala global (Vail, et al., 1977). Estos acontecimientos son correlacionables con eventos eustáticos epicontinentales globales.

La somerización relativa del nivel del mar registrada en el noreste de México, favoreció el desarrollo de un grupo aberrante de moluscos bivalvos pertenecientes a la superfamilia *Hippuritacea* conocidos mundialmente como "rudistas".

9.1 Generalidades de los rudistas.

Los rudistas fueron animales sésiles, solitarios y de hábitos gregarios. Constan de dos valvas desiguales en forma y tamaño, siendo la valva inferior, generalmente la mayor, la que está fija al sustrato por medio de la región umbonal. Su forma puede ser muy variada a partir de cuatro tipos básicos: cilíndrica, cónica, foliacea y enrollada. La valva superior o libre es la de menor tamaño, aunque puede ser tan grande o algo menor que la fija, siendo entonces cilíndrica o cónica, curva o enrollada en espiral; cuando es pequeña, reducida a una tapa u opérculo, es cónica, convexa o plana (Alencáster, 1990).

Los rudistas vivieron en un medio semejante al de los corales arrecifales actuales, lo que indica que habitaban un medio ecológico bien definido, de agua limpia, poco profunda no mayor a los 100 m y de temperatura caliente aproximadamente 20°C.

Estos bivalvos compartieron el ecosistema con otros organismos, principalmente algas, foraminíferos, corales, gasterópodos, pelecípodos, briozoarios y esponjas, que junto con los sedimentos, constituyeron cuerpos calcáreos de diversas magnitudes en forma de biostromas o biohermas, que en general se denominan "arrecifes de rudistas".

9.2 Distribución Geográfica.

Los rudistas poblaron por cien millones de años los mares someros del Dominio del Tethys (Philip, 1982) que se extendía en una franja circum-ecuatorial dentro de la que quedaban comprendidas las regiones tropical y subtropical del globo. Estos fósiles se encuentran, solamente en aquellas regiones que están incluidas dentro de este dominio e incluye los países de Europa y África que bordean el Mediterráneo, Medio Oriente, el sur de Estados Unidos de América, la región del Caribe y todo el territorio Mexicano.

Los escasos hallazgos de rudistas aislados o de grupos pequeños fuera de este dominio, tanto al norte como al sur, representan eventos de corta duración de expansión del clima cálido hasta las regiones templadas, generalmente asociadas a fases transgresivas (Fig. 7).

9.3 Origen y Diversificación.

Los primeros rudistas aparecen en Europa en el Oxfordiano (Jurásico Tardío), siendo semejantes a algunos géneros de bivalvos de la familia *Megalodontidae*, de los que seguramente se originaron. A través de cambios evolutivos graduales, estos organismos se diversifican en siete familias principales que invadieron los diferentes nichos de las plataformas calcáreas que habitaban.

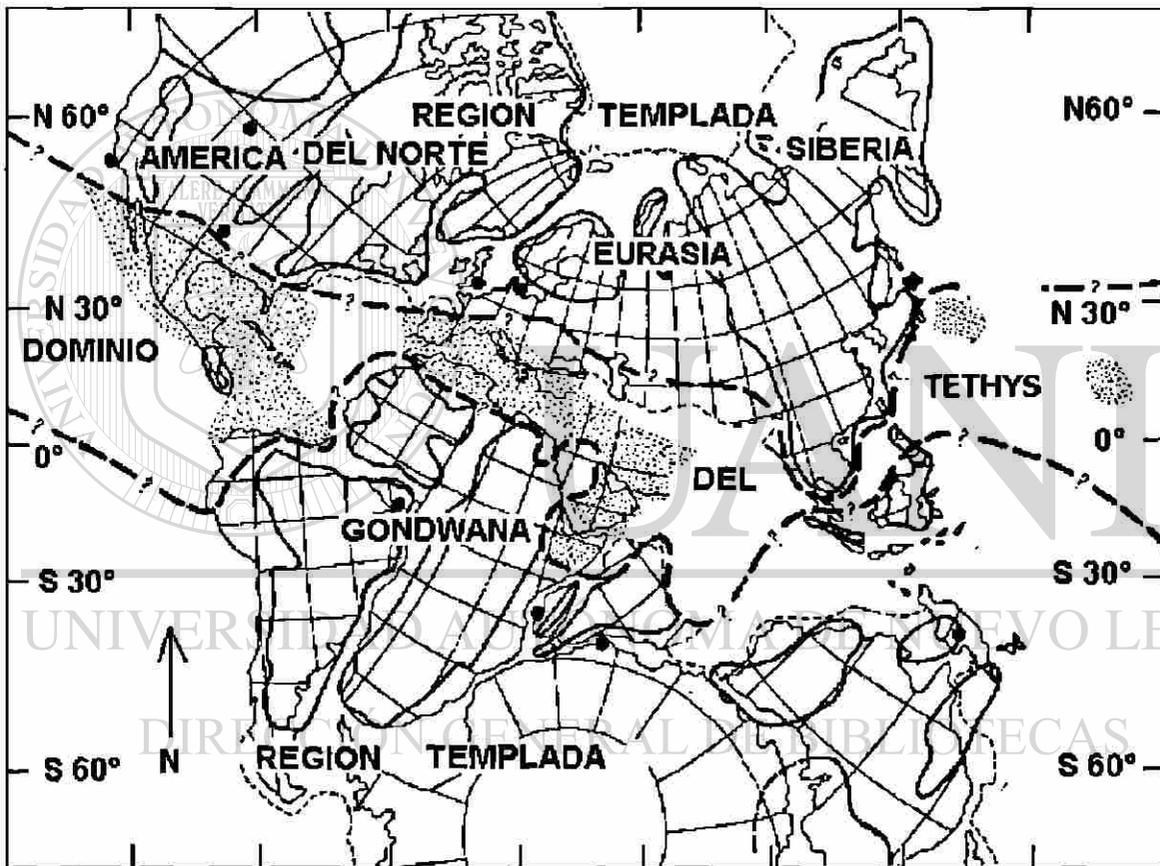


Fig. 7. Distribución de bancos y arrecifes de rudistas (áreas punteadas) durante el Cretácico en el Dominio del Tethys. Los círculos negros corresponden a localidades aisladas de rudistas en la región templada. Las áreas rodeadas por línea continua gruesa corresponden a tierras nunca cubiertas por mares cretácicos. (Tomado de Alencáster, 1990).

Las siete familias más conocidas que comprende este grupo difieren no sólo en las variaciones morfológicas (importante para la clasificación) sino que también en su abundancia y alcance estratigráfico. Estas familias son: *Diceratidae* (Oxfordiano-Valanginiano), *Requienidae* (Turoniano-Maastrichtiano), *Monopleuridae* (Valanginiano-Maastrichtiano), *Caprotinidae* (Barremiano-Turoniano), *Caprinidae* (Hauteriviano-Maastrichtiano), *Radiolitidae* (Aptiano-Maastrichtiano) e *Hippuritidae* (Turoniano-Maastrichtiano) (Fig. 8).

9.4 Provincialismo.

En América, los rudistas aparecen hasta el Barremiano (Cretácico Temprano). Durante el Aptiano surgen géneros endémicos, iniciándose un provincialismo, tanto en América como en Eurasia, que alcanzó su nivel más alto en el Maastrichtiano, cuando se presenta la extinción total del grupo (Alencáster, 1990).

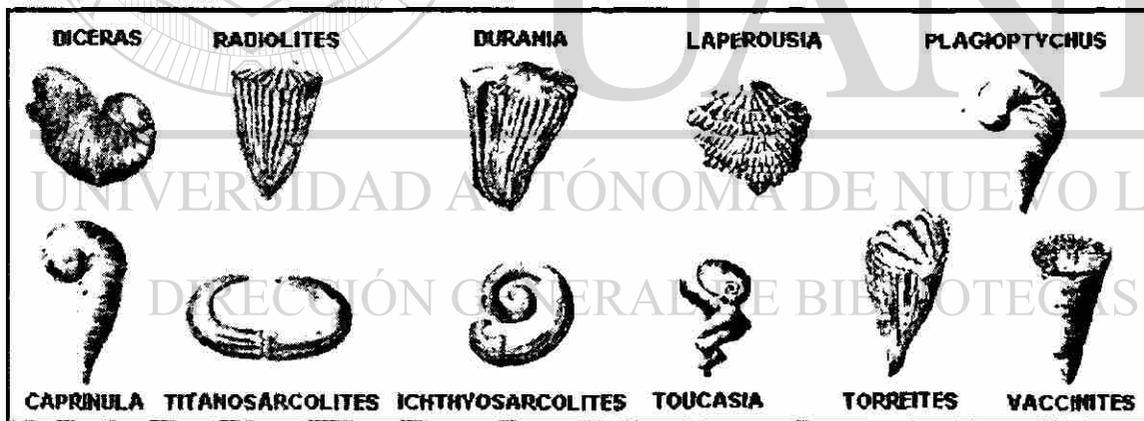


Fig. 8. Variaciones morfológicas de las conchas de rudistas. Familias: *Diceratidae* (*Diceras*); *Radiolitidae* (*Radiolites*, *Durania* y *Laperousia*); *Caprinidad* (*Plagiptychus*, *Caprinula*, *Titanosarcolites* e *Ichthyosarcolites*); *Requienidae* (*Toucasia*) e *Hippuritidae* (*Torreites* y *Vaccinites*) (Tomado de Schumann & Steuber, 1997).

México es uno de los países que contiene las faunas más ricas y variadas de rudistas, pues se encuentran en todo el territorio, en la mayoría de las rocas del Cretácico, que son las rocas sedimentarias más ampliamente desarrolladas en México, tanto en superficie como en subsuelo.

Este grupo exclusivamente bentónico es el principal elemento paleontológico de las capas de la Formación Cupido, alcanzando su máximo desarrollo durante el Barremiano Medio hasta el Aptiano Medio.

Los depósitos de esta Formación afloran extensamente en el noreste de nuestro país, en donde la facies arrecifal de esta Formación están constituidos por rudistas de las familias *Caprinidae*, *Requienidae* y *Monopleuridae*. Esta facies aflora únicamente a la porción norte del Cerro de Labradores lo cual indica un ambiente somero. Tales condiciones no se continúan hacia el lado sur en el ejido de Brownsville, lo que sugiere un cambio litológico lateral importante.

Datos paleogeográficos regionales registran un aumento en el nivel del agua y un relativo hundimiento de la plataforma durante el Aptiano Tardío, cesando el desarrollo de la Plataforma Cupido e interrumpiendo la depositación de carbonatos someros, los cuales son reemplazados por facies de aguas más profundas que caracterizan las capas de la Formación La Peña.

El inicio de esta depositación muestra un aumento en los componentes terrígenos arrastrados al mar desde las áreas positivas y una disminución en la abundancia de organismos bentónicos. La fauna característica de esta Formación son amonites, foraminíferos planctónicos, ostrácodos y radiolarios hacia la parte superior.

La Formación La Peña marca el pico de la transgresión marina y terminación de la Plataforma Cupido. La terminación coincide con un episodio de descenso de plataformas someras en todas las regiones peri-Tethyanas (Lehmann, et al., 1999).

10.- PERFIL LITOLÓGICO.

Para el levantamiento de la columna estratigráfica en el Cerro de Labradores, se tomaron muestras en los flancos del arroyo perenne que corre a través del ejido de Brownsville ubicado al sureste de Galeana, Nuevo León, a 1,500 msnm. La sección se midió con cinta métrica con una separación de 1.50 m entre muestras en un espesor real de 183.5 m.

Se colectaron un total de 122 muestras de calizas y se realizó el mismo número de secciones delgadas.

Es importante hacer notar que los depósitos de esta Formación no están expuestos en su totalidad en el área de estudio por lo que el muestreo no fue continuo, dado que existen aproximadamente 100 m del perfil que se encuentran cubiertos por materiales sedimentarios recientes, por lo tanto el espesor medido de la Formación Cupido es de 283 m, que no concuerda con el espesor reportado por Padilla y Sánchez (1978) de más de 500 m.

10.1 Descripción.

En el marco estratigráfico de la región, la Formación Cupido se encuentra sobreyaciendo a los estratos de la Formación Taraises. Esta presenta una zona transicional con cambios litológicos graduales, mostrando calizas ligeramente arcillosas con intercalaciones de lutitas calcáreas características de esta Formación, hacia los estratos de calizas más potentes pertenecientes a la Formación Cupido. Las mediciones se iniciaron justo en este límite.

Las características litológicas, la estratificación y las estructuras sedimentarias (superficies de estratificación) y post-sedimentarias es decir diagenéticas (como inclusiones de óxido de hierro, nódulos o bandas de pedernal, diaclasas y estilolitas), son los elementos principales utilizados como criterio para dividir a la columna en tres transectos (ver Perfil Estratigráfico en Anexo 2).

El primer transecto comprende un espesor aparente de 99 m (secciones delgadas LY-53 Cu hasta LY-119 Cu) caracterizado por calizas de color gris claro en superficie y gris oscuro en muestra fresca. Se disponen geoméricamente en forma tabular. Los estratos tienen escasas estilolitas paralelas a la estratificación, inclusiones de óxido de hierro y diaclasas. Un rasgo característico de este transecto es la composición litológica de los primeros 53 m (secciones delgadas LY-53 Cu hasta LY-88 Cu) donde las calizas son ligeramente arcillosas-margosas (Figs. 9 y 10) y presentan superficies de estratificación, con estructuras de carga en la base del estrato. Esta característica predomina en los estratos que miden de 40 a 70 cm de espesor los cuales se intercalan con estratos que oscilan entre los 70 cm hasta los 4 m de espesor.



Fig. 9. Alternancia de calizas y calizas arcillosas-margosas correspondientes a las rocas del primer transecto del perfil de la Formación Cupido, en la porción sur del Cerro de Labradores.



Fig. 10. El primer transecto del perfil está caracterizado por calizas de color gris claro en superficie y escasas estilolitas paralelas a la estratificación. En la zona de estudio, la Formación Cupido muestra estos rasgos litológicos en su parte basal.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El segundo transecto está constituido por aproximadamente 100 m de sedimentos recientes conformados básicamente por terrazas, suelo y caliche que cubren total o parcialmente los estratos. Por lo tanto existen áreas donde se observan éstos, pero no siendo clara la estratificación como dato importante para el levantamiento, no se realizó la colecta de las muestras de rocas, de tal manera que esto interrumpió el muestreo continuo del perfil (Figs. 11 y 12).

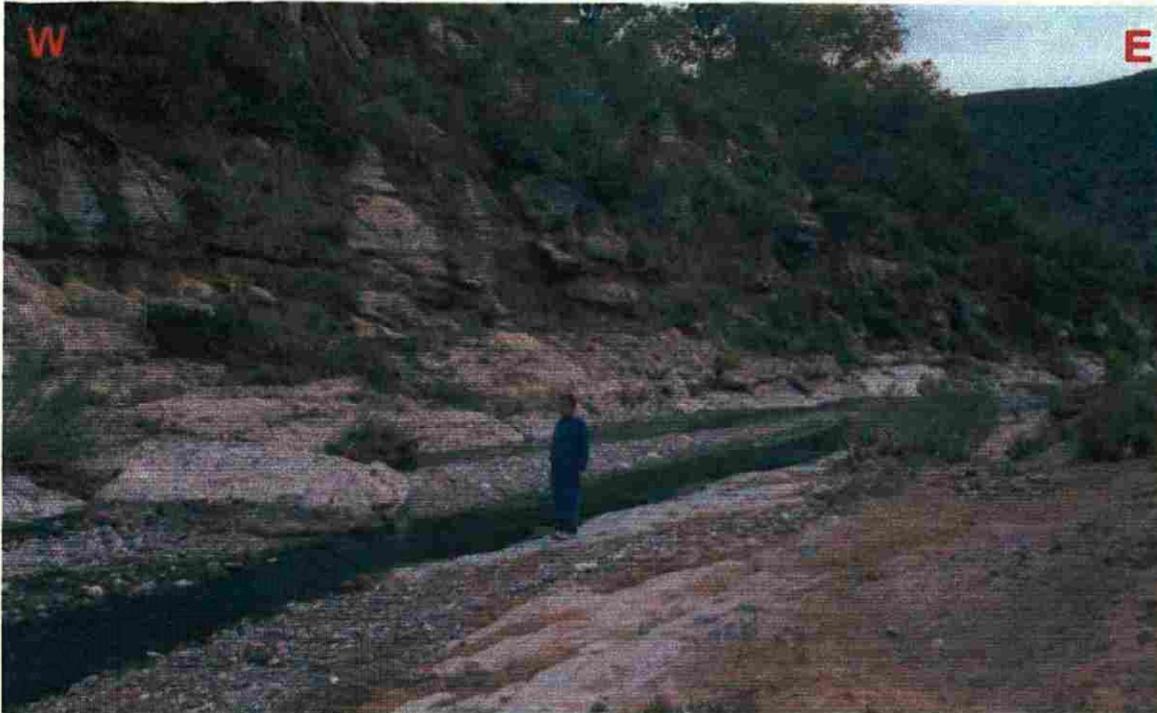


Fig. 11. Fotografía correspondiente al segundo transecto del perfil, tomada en el cauce del arroyo ubicado en el ejido de Brownsville, Galeana.



Fig. 12. Terraza que flanquea el arroyo de Brownsville con un desnivel hacia el cauce de aproximadamente 20 m.

El tercer transecto para los restantes 82 m (secciones delgadas LY-120 Cu hasta LY-174 Cu) está integrado por calizas de color gris oscuro en superficie y corte fresco. Se disponen en un único cuerpo de geometría tabular. Como rasgo distintivo contienen abundantes nódulos de pedernal de color negro extendidos paralelamente a la estratificación, en algunos estratos se observan como bandas (Figs. 13 y 14), así como una mayor cantidad de diaclasas y estilolitas que en ocasiones dificultan determinar la potencia de un estrato.



Fig. 14. Calizas con bandas de pedernal extendidas paralelamente a la estratificación.
Fig. 13. Calizas con restos de bandas de pedernal y algunos nódulos, característica principal del tercer transecto del perfil de la Formación Cupido.

Hacia el techo de esta unidad el cambio litológico de rocas calizas hacia la alternancia de lutitas y margas determina la zona transicional gradual de esta Formación con la subyacente Formación La Peña. Los estratos de este transecto son más potentes y oscilan entre 1.10 y 5 m de espesor, sin embargo a medida que se acerca hacia la zona de transición, los estratos disminuyen drásticamente de potencia, siendo estos más delgados e inclusive la litología también cambia.



Fig. 14. Calizas con bandas de pedernal extendido paralelamente a la estratificación. Estas estructuras post-sedimentarias son observables hacia el techo de esta Formación en la porción sur del Cerro de Labradores.

A lo largo de todo el perfil y básicamente en toda el área cartografiada la ausencia de rudistas es evidente. Se les encuentra sueltos en forma de fragmentos o bien incluidos en cantos rodados o en brechas (Fig. 15), ubicándoseles principalmente en el arroyo lo que indica que son alóctonos, es decir transportados. De igual manera organismos asociados a estos bivalvos como corales, esponjas, gasterópodos, equinoides, etc., nunca se localizaron.

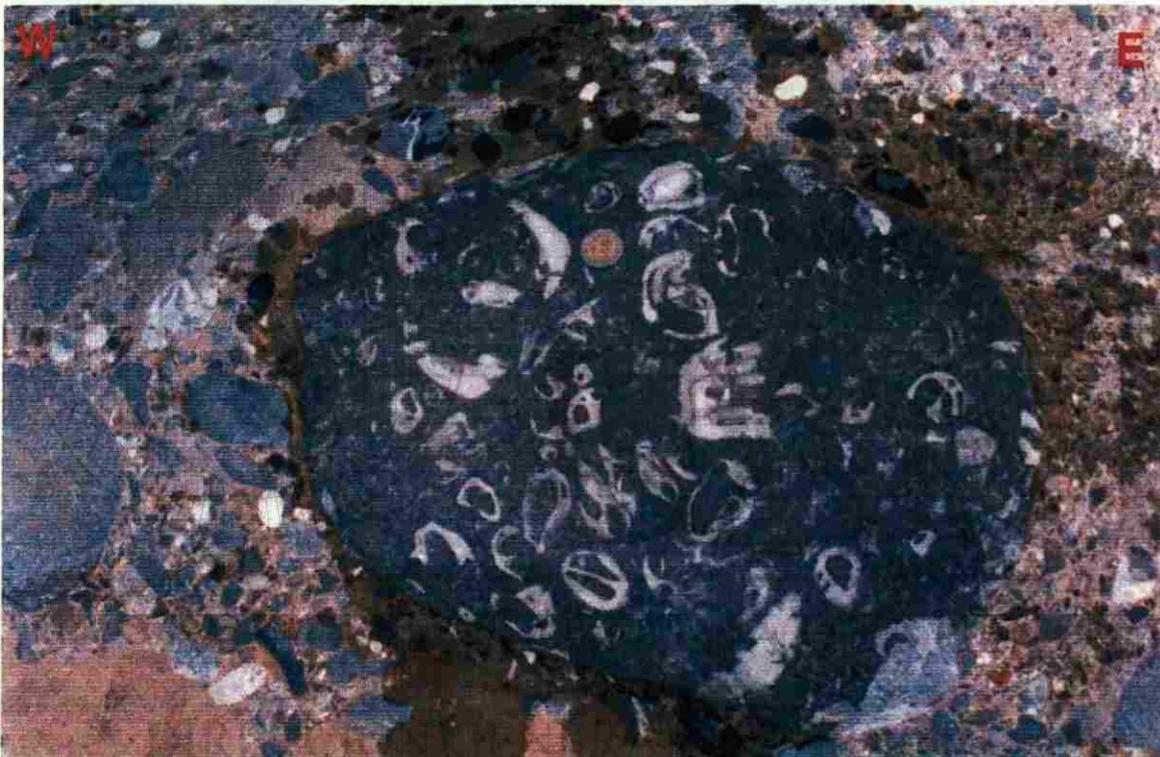


Fig. 15. Canto rodado mostrando cortes transversales y tangenciales de varios géneros de rudistas.

11.- MICROFACIES.

La importancia de los estudios sedimentológicos (principalmente los análisis de facies y microfacies), radica en la determinación de una manera precisa, de las características deposicionales en los medios ambientes marinos.

Para poder definir estos paleoambientes, es necesario considerar aspectos como: el tipo de biota existente (microfósil o macrofósil), la textura deposicional de la roca, la litología, los componentes clásticos terrígenos, entre otras características.

La interpretación de estos datos paleontológicos (basada en secciones delgadas) y litológicos permiten determinar cambios en el nivel del mar, establecer la energía del agua y suministro de oxígeno, hacer determinaciones batimétricas (en función de especies). En resumen, permiten precisar las condiciones del medio en que se produjo la depositación.

En la mayoría de los estudios realizados para los depósitos de la Formación Cupido definen el ambiente de cuenca como aquella que se compone de "mudstone" a "wackestone" con bioclastos como radiolarios, nannocónidos, cocolitos y escasos equinodermos, además de litoclastos.

Esta característica ha sido mencionada para algunas regiones de Nuevo León; no obstante para el Cerro de Labradores en el municipio de Galeana, se describe la facies arrecifal, dejando así a un lado la posibilidad de existir la facies de cuenca o mar abierto.

Sin embargo, la sección estudiada localizada en la porción sur del cerro específicamente en el ejido Brownsville, está compuesta en su mayoría de calizas "micrfitas" o "biomicritas" cuyo contenido microfósil es principalmente pelágico, no existiendo ningún grupo macrofósil "*in situ*" indicador de agua somera tal como rudistas y/o fauna asociada.

Por ello la importancia de este estudio a fin de definir los diferentes paleoambientes para esta zona. Para tal efecto se basaron los análisis en la descripción de las secciones delgadas que se explican en el capítulo 12 ANÁLISIS DE MICROFACIES. La descripción e interpretación se apoyó en las clasificaciones

de Dunham (1962) y Folk (1962), en el Modelo de Deposición de Facies de Wilson (1975) y los Tipos de Microfacies Estándar (SMF) de Flügel (1982).

A continuación se describen cada una de las clasificaciones empleadas.

11.1 Clasificación de Dunham.

Conforme a la clasificación de las calizas basada en la textura deposicional propuesta por Dunham (1962), las láminas presentan un porcentaje menor del 10% en componentes mayores a los 2 mm con lodo soportado. Las secciones delgadas se encuentran entre los rangos de "mudstone", con menos del 10 % de granos (>0.3mm, <2mm); "wackestone", con más del 10 % de granos y "packstone", con grano sostenido.

Al hacer la descripción de las secciones delgadas, es posible encontrar unidades que presentan una transición de "mudstone"- "wackestone" o bien "wackestone"- "packstone", esto es debido a que presentan una fase intermedia con estas características.

La frecuencia de aparición de "mudstone"- "wackestone" es mayor que la de "packstone" siendo esta última sólo observada en las unidades 17, 24 y 27 (ver perfil en Anexo 2).

11.2 Clasificación de Folk.

La sección esta compuesta en su mayoría de calizas con lodo carbonatado litificado denominado "micrita" de acuerdo a Folk (1962), sin embargo la unidad 27, es la única que presenta cemento de calcita esparítica.

Basándose en la composición de aloquímicos para calizas con matriz de calcita microcristalina las secciones delgadas se ubican como "micrita" y "biomicrita" (Folk, 1962).

Las láminas con textura deposicional tipo "packstone" son consideradas como "biomicritas"; en general se interpretan como aquellos sedimentos que se depositan en un ambiente de baja energía de transporte, poco o nada de movimiento del agua cerca del fondo marino o bien como zona de alta energía afectada por las olas (Folk, 1962; Flügel, 1982).

11.3 Clasificación de Wilson.

Para la determinación de los ambientes deposicionales de las secciones delgadas analizadas, se utilizó la clasificación propuesta por Wilson (1975) del Cinturón de Facies Estándar.

Considerando las características paleontológicas y litológicas, elementos importantes para esta clasificación, las secciones delgadas se ubican en las siguientes zonas:

Zona de cuenca marina abierta o ZF-1.

De acuerdo a Wilson (1975) la ZF-1, son facies que se acumulan en zonas profundas, por debajo de la línea de nivel del oxígeno, en condiciones euxínicas, lo que impide la existencia de bentos. De esta forma los sedimentos consisten, principalmente en arcillas y carbonatos laminados, no bioturbados, con organismos que caen tras su muerte, bien conservados.

Sin embargo, Sarg (1988) define a la cuenca o "basin floor" como aquella que varía en composición de acuerdo al grado de circulación y profundidad del agua. Los ambientes de cuenca con profundidades de 100 m, con oxigenación y salinidad normal, así como con buenas corrientes y están comúnmente caracterizados por "wackestone" esqueléticos bioturbados y algunos "packstone". Estratos ricos en siliciclastos pueden interestratificarse con los limos. La biota es diversa, puede ser abundante en algunos lugares y puede incluir braquiópodos, corales, cefalópodos y equinodermos.

Así mismo, Sarg (*Ibid*) dice que la máxima profundidad (varios cientos de metros) en áreas de la cuenca más restringidas, son caracterizadas por poco oxígeno y agua sin circulación. Los estratos son delgados y laminados de "mudstone" oscuro en donde el pedernal es común. La biota consiste de espículas de esponjas y es predominantemente pelágica y nectónica, incluyendo calpionélidos, cocolitos y diatomeas.

Zona de plataforma marina abierta o ZF-2.

Son facies que se acumulan a profundidades de varios cientos de metros. El fondo no es influenciado por las olas aunque las tormentas muy fuertes pueden hacer que intermitentemente se vea afectado, generalmente el agua circula bien y las aguas están por tanto bien oxigenadas. Los sedimentos consisten principalmente de calizas micríticas y margas intercaladas.

Zona de margen profundo de la plataforma o cuenca o ZF-3.

Wilson (1975) dice que en la ZF-3 la profundidad, las condiciones del oleaje y el nivel de oxigenación son iguales a los de la Facies 2. La cuenca está situada generalmente bajo la base de las olas, básicamente al pie de la pendiente de la plataforma productora de carbonatos y los sedimentos proceden de ella y se intercalan con depósitos pelágicos. La presencia de pedernal suele ser común en esta facies.

De acuerdo a Sarg (1988), esta zona consiste de un complejo de litofacies que dependen de los tipos de organismos disponibles, así como de las condiciones del agua. El complejo puede incluir "grainstone" esquelético o no esquelético y "packstone", además de arrecife de "boundstone" orgánico o cementado. Los intersticios son rellenados por limo y/o "grainstone" esqueléticos y "packstone". Este cinturón de facies es depositado a profundidades desde el nivel del mar hasta 50 m de profundidad. Las facies del margen de la plataforma pueden gradar hacia la plataforma dentro del cinturón de facies y hacia la cuenca dentro de las facies de "foreslope".

Zona de talud de la plataforma o ZF-4.

Se sitúa en general por encima del nivel de compensación del oxígeno y por debajo del nivel de base del oleaje normal. Los sedimentos en su mayor parte proceden de la plataforma, con algunos arrecifes de tipo "patch" o parche.

Sarg (*Ibid*), define esta zona como aquella que está localizada en la inclinación que se forma hacia el mar más allá del margen de la plataforma, es decir como la rampa o banco progradante hacia el mar. La rampa de deposición

puede tener hasta 35° de inclinación y el agua puede tener una profundidad desde varios cientos hasta más de 1,000 m. Las litofacies consisten de "mudstone" estratificado con mega-slumps y lentes o estratos aplanados que consisten de litoclastos o bioclastos, todos depositados como desechos del banco de arriba. Material siliciclástico interestratificado con carbonato puede estar presente.

Zona atrás de los arrecifes o ZF-6.

Se disponen en bajíos, playas, barras mareales e islas barrera, formadas en profundidades de entre 5 y 10 m y con frecuentes emersiones. Las comunidades bentónicas son muy pobres ya que es un medio esencialmente de alta energía.

Este cinturón de facies de acuerdo a Sarg (1988), consiste de "mudstone" y "wackestone" o "packstone" peloidal y "grainstone". Si las condiciones marinas normales existen, es abundante la fauna y flora e incluye: corales, moluscos, braquiópodos, esponjas, artrópodos, equinodermos, foraminíferos y algas. La bioturbación es común. Este ambiente ocurre por las llanuras cubiertas por las mareas hacia mar y las profundidades son generalmente someras entre los 10 a 20 m cuando mucho. La circulación del agua es de baja hasta moderadamente alta dependiendo del grado de restricción del margen de la plataforma.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

11.4 Clasificación de Flügel.

Con la ayuda de datos sedimentológicos así como paleontológicos, los tipos de microfacies para calizas de varias edades pueden ser combinados dentro de los tipos principales que reflejan las condiciones de depositación y ecológicas en un cierto ambiente sedimentario.

Los 24 Tipos de Microfacies Estándar (SMF) son atribuidos a los tipos de carbonatos diferenciados por Dunham y que se exponen en la tabla 1. Esta tabla puede ser usada como una clave de identificación para los tipos de microfacies estándar.

MUDSTONE O BINDSTONE (c, d, e)	WACKESTONE O FLOATSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE O RUDSTONE	BOUNDSTONE
a) Con espículas 1	a) Con bioclastos 9	a) Con bioclastos y extraclastos 4	a) Con cortoides 11	a) Organismos sésiles "in situ" formando estructuras orgánicas framestones o bafflestones 7
b) Con microfósiles pelágicos 3	b) Con oncoides 22		b) Con oncoides 13	
c) Fábrica fenestral laminoide 19	c) Con organismos sésiles 8		c) Con ooides 15	
d) Estromatolitos algales 20	d) Cortoides y bioclastos gastados en ambientes de alta energía en micrita 10		d) Con peloides 16	
e) Fábrica de espongiostromas 21			e) Con granos agregados 17	
f) Sin fósiles 23			f) Con abundantes dasicladáceas o abun- dantes foraminíferos 18	
			g) Rudstones con detritos arrecifales 6	
			h) Rudstones o floatstone con clastos consistiendo de micrita o calcisilita sin fósiles 24	
		b) Microbioclastos calcisilita, bioclastos y peloides muy pequeños 2		
		c) Bioclastos, abundante sedimento interno, algunas veces desarrollado como floatstone 5		
		d) Acumulaciones de bioclastos como coquina de pelecípodos o equinodermos 12		

Tabla 1. Tipos de Microfacies Estándar (1-24) y tipos de texturas deposicionales (Tomado de Flügel, 1982).

A continuación se describen únicamente 7 de los 24 tipos de microfacies estándar, por ser estos los que presentan las características que determinan las condiciones deposicionales de las secciones delgadas analizadas, tomando como base la tabla 1.

Es importante mencionar que Wilson (1975), asigna los 24 tipos de microfacies estándar (SMF) a las 9 zonas del "Cinturón de Facies Estándar", por lo cual un tipo de SMF puede aparecer en varias de las zonas del cinturón de facies.

SMF 1) Espiculita.

"Mudstone" o "wackestone" de arcilla oscura, rica en materia orgánica o espículas silíceas. Espículas usualmente orientadas, generalmente monoaxonas silíceas, comúnmente reemplazadas por calcita. Se ubica en ZF-1 que corresponde a la facies de cuenca, caracterizado por ser un ambiente de agua profunda con sedimentación lenta.

SMF 3) "Mudstone" y "wackestone" pelágico.

Matriz micrítica conteniendo microfósiles pelágicos dispersos o megafauna. Se ubica en ZF-1 y ZF-3 que define a un medio ambiente de pendiente suave y cuenca.

SMF 5) "Grainstone"- "packstone" o "floatstone".

Con bioclastos derivados de los habitantes arrecifales. Se ubica en ZF-4 en facies del flanco arrecifal típico.

SMF 9) "Wackestone" bioclástico o micrita bioclástica.

Fragmentos de diversos organismos los cuales han sido texturalmente homogeneizados a través de la bioturbación. Los bioclastos pudieron ser micritizados. Se ubica en ZF-2 y ZF-7 que corresponde a aguas someras con circulación abierta o justo debajo de la base de las olas.

SMF 10) “Wackestone” o “packstone”.

Con bioclastos desgastados y envueltos. Se ubica en ZF-2 y ZF-7 e indica inversión textural, las partículas dominantes son de ambientes de alta energía y de zonas de bajíos y tuvieron movimiento hacia las pendientes bajas y se depositaron en aguas tranquilas.

SMF 11) “Grainstone”.

Con bioclastos envueltos en cementos esparítico. Se ubica en ZF-6 y corresponde a áreas con constante acción de las olas o bajo la base de las olas.

SMF 16) “Grainstone” con pelets.

Posiblemente pelets fecales, mezclados con concentraciones de conchas de ostrácodos o foraminíferos. Se ubica en ZF-7 y ZF-8 como aguas someras muy cálidas con moderada circulación del agua.

11.5 Otros componentes.

Componentes mineralógicos como el óxido de hierro es observado en las muestras en cantidades variables, en ocasiones se presenta como manchas y en otras se observa como bandas asociadas a fisuras rellenas de calcita, pudiendo ser visto tanto a simple vista como microscópicamente.

De igual manera se observa cantidades variables de materia orgánica en casi todas las secciones delgada.

Es conveniente hacer notar que el alto suministro de materia orgánica en sedimentos marinos profundos, comúnmente conduce a la deficiencia de oxígeno lo que favorece la precipitación de óxido de hierro, sulfuro de hierro, etc., (Sarg, 1988).

La cantidad de granos detríticos como litoclastos es variable. Granos de cuarzo angulosos son observados en algunas láminas.

12.- ANÁLISIS DE MICROFACIES.

Debido a que las secciones delgadas comparten características paleontológicas y litológicas, se han agrupado en unidades para facilitar su estudio. El total de estas unidades suman 29 y para la descripción de cada una de ellas, se utilizó el formato que a continuación se detalla.

Litología y estructuras sedimentarias.

En este apartado se incluye la naturaleza de la roca y el color de intemperismo; como estructuras sedimentarias se considera las superficies de estratificación, así mismo se menciona dentro de esta sección la presencia de pedernal, estilolitas y diaclasas.

Estratificación.

Se mencionan los rangos de los estratos en centímetros o metros según sea el caso, sin hacer referencia específica de alguna clasificación de estratificación.

Textura deposicional.

Se utiliza las clasificaciones propuestas por Dunham (1962) y Folk (1962) para este apartado.

Biota.

Dentro de esta sección los granos esqueléticos o bioclastos se definen como fragmentos de microorganismo. Así mismo se incluye pelets y peloides por ser partículas fecales.

Granos detríticos.

Como granos no esqueléticos o detríticos se consideran: oncoides, ooides, microgalerías y litoclastos, así como materia orgánica.

Componentes mineralógicos.

Se hace referencia al contenido de óxido de hierro, presente en las secciones delgadas.

12.1 Descripción de las Unidades.

Todas las micrografías tomadas con objetivo x 2.5 miden en su base 5.15 mm, en tanto las de objetivo x 10 miden en su base 1.4 mm.

Unidad 1

(Secciones delgadas LY-53 Cu hasta LY-57 Cu)

Láminas: 1, 2

Sección delgada LY-56 Cu. Micrografías: 1, 2, 3

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris claro que presentan escasas estilolitas.

Estratificación: con rangos de 34 cm hasta 1.30 m.

Textura deposicional: "mudstone".

Biota: se observan restos de organismos como foraminíferos bentónicos (miliólidos) y planctónicos, conchas de ostrácodos, radiolarios, espículas de esponjas y espinas de equinodermos.

Granos detriticos: escasos litoclastos y materia orgánica.

Componentes mineralógicos: poca cantidad de óxido de hierro.

Zona de Facies: esta unidad equivale a la facies 3. Corresponde al margen profundo de la plataforma o cuenca.

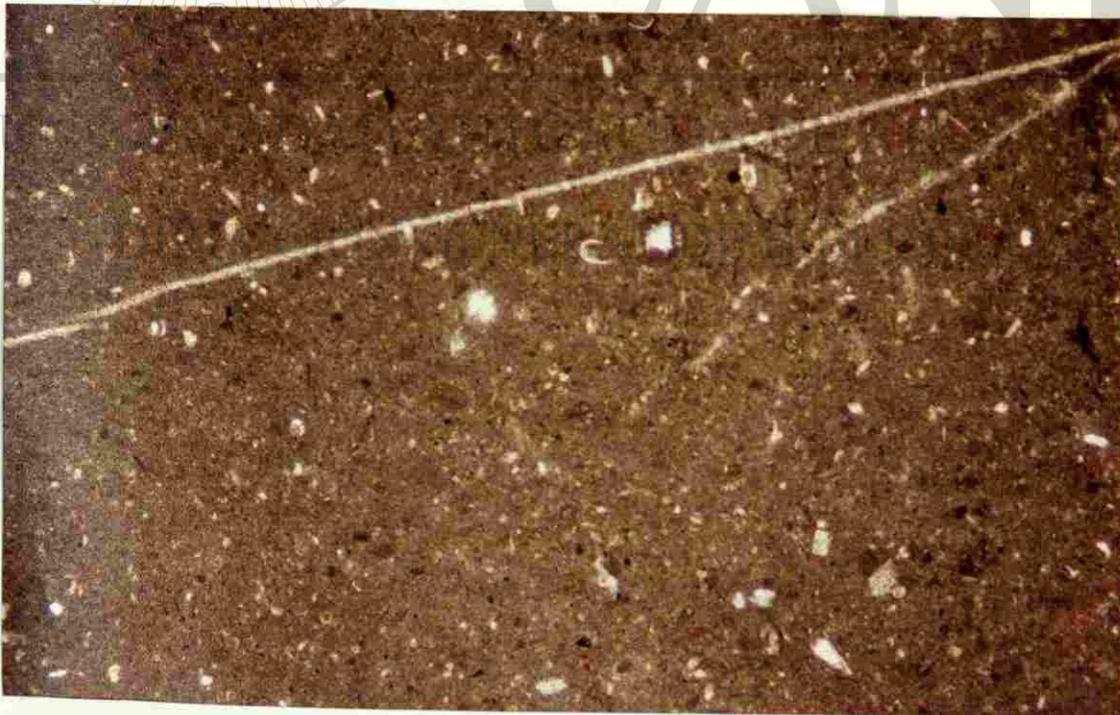
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se sitúa en un ambiente de pendiente suave (tipo 3).

Interpretación: el ambiente deposicional se localiza en la zona batial, básicamente en el margen de la plataforma interna, por el contenido de miliólidos que se considera como microfauna característica de este cinturón. En conjunto, la biota sugiere un medio ambiente de baja energía, bien oxigenado y poca circulación.

Lámina 1



Micrografía 1. Sección delgada LY-56 Cu. "Mudstone" con biógenos, principalmente foraminíferos miliólidos. (x 2.5)



Micrografía 2. Sección delgada LY-56 Cu. "Mudstone" con bioclastos y litoclastos. (x 2.5)

Unidad 2

(Secciones delgadas LY-58 Cu hasta LY-60 Cu)

Lámina: 2

Sección delgada LY-59 Cu. Micrografía: 4

Lámina: 3

Sección delgada LY-60 Cu. Micrografías: 5, 6

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris claro sin estructuras sedimentarias.

Estratificación: espesores de 60 cm hasta 2.30 m.

Textura deposicional: "wackestone" pelágico.

Biota: los microfósiles más abundantes son espículas de esponjas, radiolarios y conchas de ostrácodos, los menos abundantes son foraminíferos tanto planctónicos como bentónicos y espinas de equinodermos.

Granos detríticos: son también observados en esta unidad, escasos granos no esqueléticos como litoclastos.

Componentes mineralógicos: alto contenido de óxido de hierro.

Zona de Facies: la unidad se ubica en la facies 1.

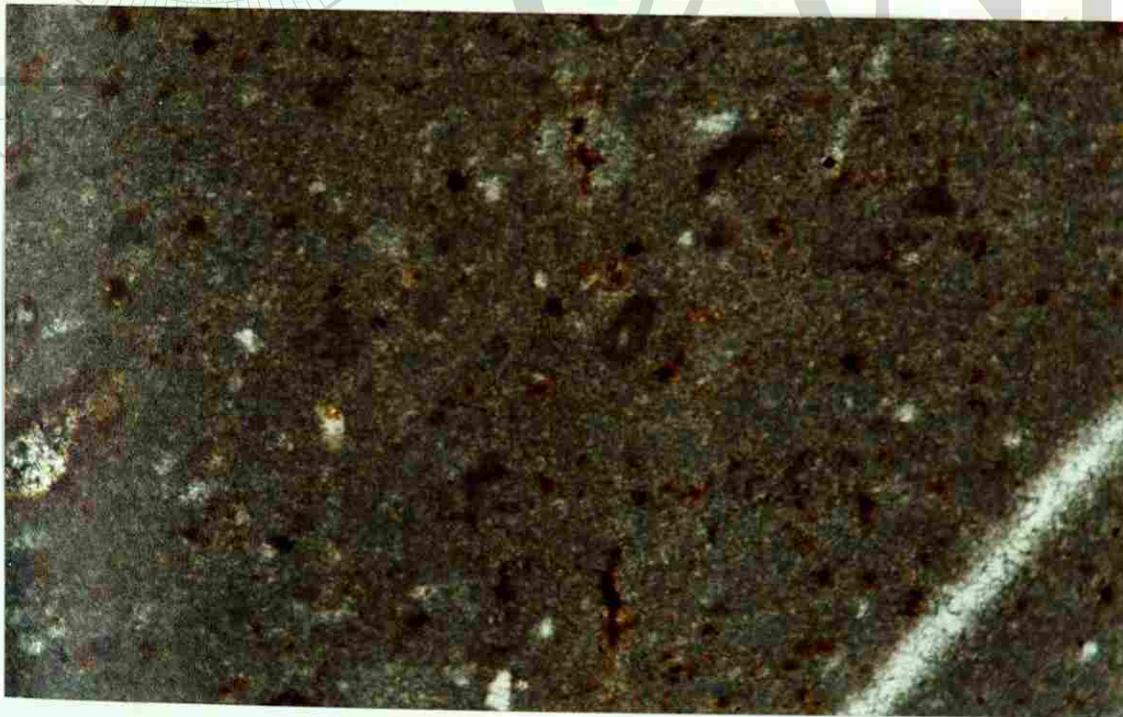
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): por ser una muestra constituida por espículas de esponja, las cuales tienen cierta orientación, se puede determinar como SMF 1. Así mismo por su clasificación como "wackestone pelágico" se considera como SMF 3. En ambos casos corresponden a la facies 1 de Wilson.

Interpretación: esta sección se ubica en la zona abisal. La abundancia de organismos pelágicos y el alto contenido de óxido de hierro coloca a esta unidad en una cuenca aislada posiblemente más profunda que la unidad anterior. La sección delgada LY-60 Cu (ver micrografías 5, 6) muestra una orientación preferencial de las espículas de esponja, lo que puede indicar que estos sedimentos se vieron afectados por paleocorrientes o bien por presentar una sedimentación lenta y gradual.

Lámina 2



Micrografía 3. Sección delgada LY-56 Cu. "Mudstone" con biógenos, foraminíferos. (x 10)

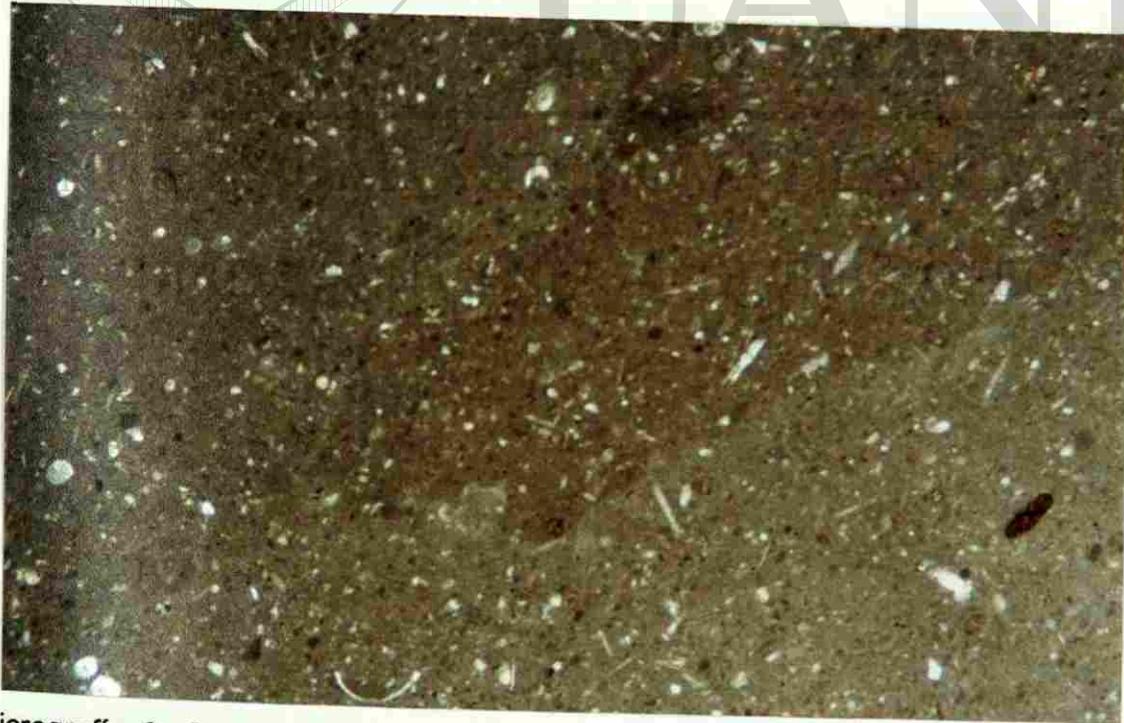


Micrografía 4. Sección delgada LY-59 Cu. "Wackestone" con alto contenido de óxido de hierro. (x 10)

Lámina 3



Micrografía 5. Sección delgada LY-60 Cu. "Wackestone" pelágico con abundantes fragmentos de espículas de esponjas y radiolarios. (x 2.5)



Micrografía 6. Sección delgada LY-60 Cu. "Wackestone" pelágico con diversos fragmentos de biógenos. (x 2.5)

Unidad 3

(Secciones delgadas LY-61 Cu hasta LY-65 Cu)

Lámina: 4

Sección delgada LY-63 Cu. Micrografía: 7

Sección delgada LY-64 Cu. Micrografía: 8

Lámina: 5

Sección delgada LY-65 Cu. Micrografía: 9

Litología y estructuras sedimentarias: calizas con color de interperismo gris claro cuya superficie de estratificación presentan huellas de carga en la base.

Estratificación: los rangos de los estratos están entre los 94 cm y 3.15 m.

Textura deposicional: "mudstone" micrítico.

Biota: esta compuesta principalmente de foraminíferos (miliólidos), espículas de esponjas y conchas de ostrácodos, en menor proporción radiolarios y placas de briozoarios. También se observan escasos pelets.

Granos detríticos: esta unidad presenta una mayor cantidad de materia orgánica, notable tanto a simple vista como microscópicamente. Escasos ooides y litoclastos.

Componentes mineralógicos: manchas de óxido de hierro.

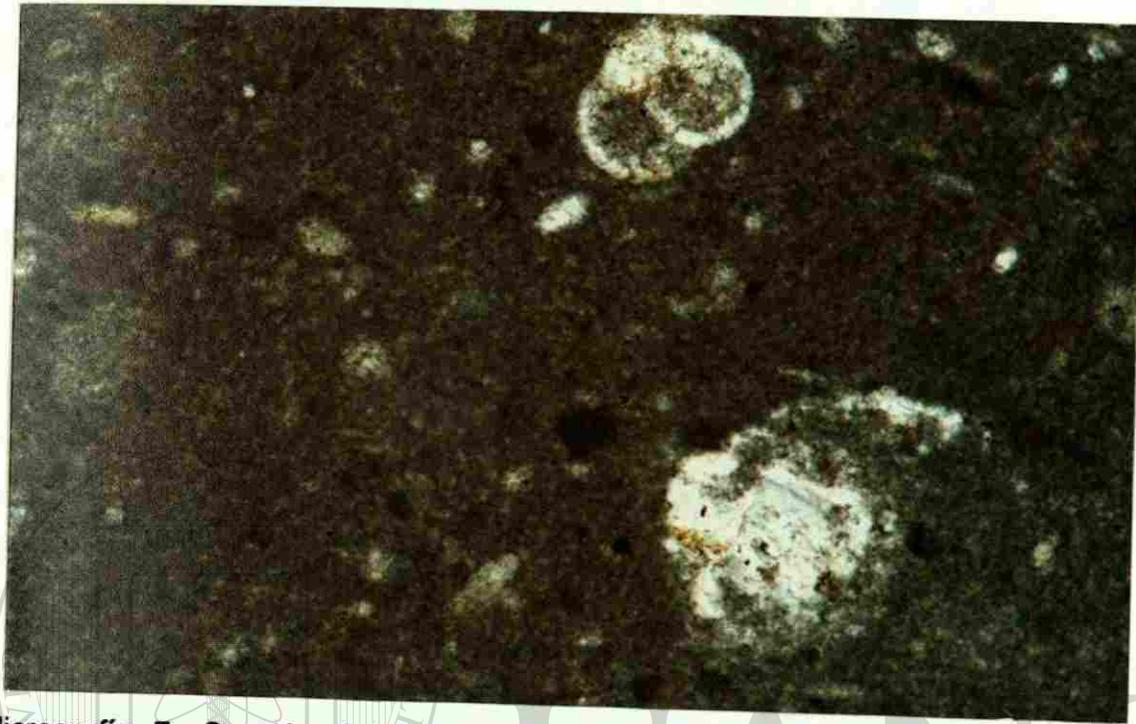
Zona de Facies: la unidad se ubica en la facies 3.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se coloca en un ambiente de pendiente suave (SMF 3).

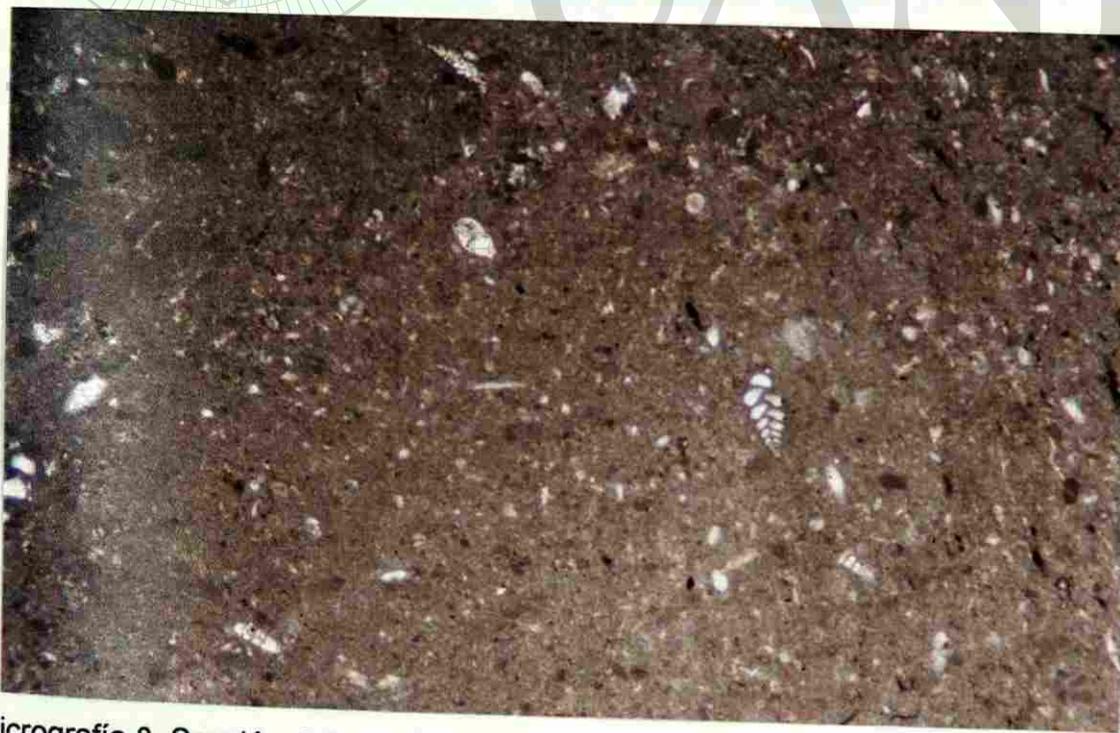
Es importante hacer notar que la sección delgada LY-63 Cu, exhibe cierta laminación y/o paralelismo entre bioclastos y litoclastos.

Interpretación: esta unidad se encuentra en una zona más superficial que la sección anterior. Los miliólidos y ooides son componentes esqueléticos relacionados a ambientes de plataforma interna, por lo tanto esta unidad y la Unidad 1 comparten las mismas características deposicionales. La presencia de ooides puede indicar paleocorrientes, de la misma manera que el paralelismo que muestra la sección delgada LY-63 Cu.

Lámina 4



Micrografía 7. Sección delgada LY-63 Cu. "Mudstone" con foraminífero cf. *Hedbergella sp.*, en la parte superior. (x 10)



Micrografía 8. Sección delgada LY-64 Cu. "Mudstone" con biógenos: foraminíferos, espículas de esponjas, placas de briozoarios y conchas de ostrácodos. (x 2.5)

149123

Unidad 4

(Secciones delgadas LY-66 Cu hasta LY-68 Cu)

Láminas: 5, 6

Sección delgada LY-66 Cu. Micrografías: 10, 11

Lámina: 6

Sección delgada LY-67 Cu. Micrografía: 12

Litología y estructuras sedimentarias: unidad con intercalación de calizas y calizas margosas. Los estratos contienen abundantes rellenos de calcita sobre la superficie.

Estratificación: los estratos miden de 70 cm hasta 1.70 m.

Textura deposicional: las secciones delgadas se ubican entre “mudstone” y “wackestone” pelágico, pues muestran una transición en el porcentaje y tamaño de granos esqueléticos. La sección delgada LY-66 Cu (ver micrografías 10, 11) se considera como mudstone, en tanto la sección delgada LY-67 Cu (ver micrografía 12) se clasifica como “wackestone” pues se observa inclusive contacto entre los bioclastos.

Biota: espículas de esponjas y radiolarios constituyen la mayor parte de las secciones delgadas. Foraminíferos bentónicos y planctónicos, conchas de ostrácodos, espinas de equinodermos y briozoarios conforman el resto de la biota.

Granos detríticos: alto contenido de materia orgánica. Presencia de litoclastos.

Componentes mineralógicos: alto contenido de óxido de hierro en forma de bandas.

Zona de Facies: esta unidad equivale a la facies 1.

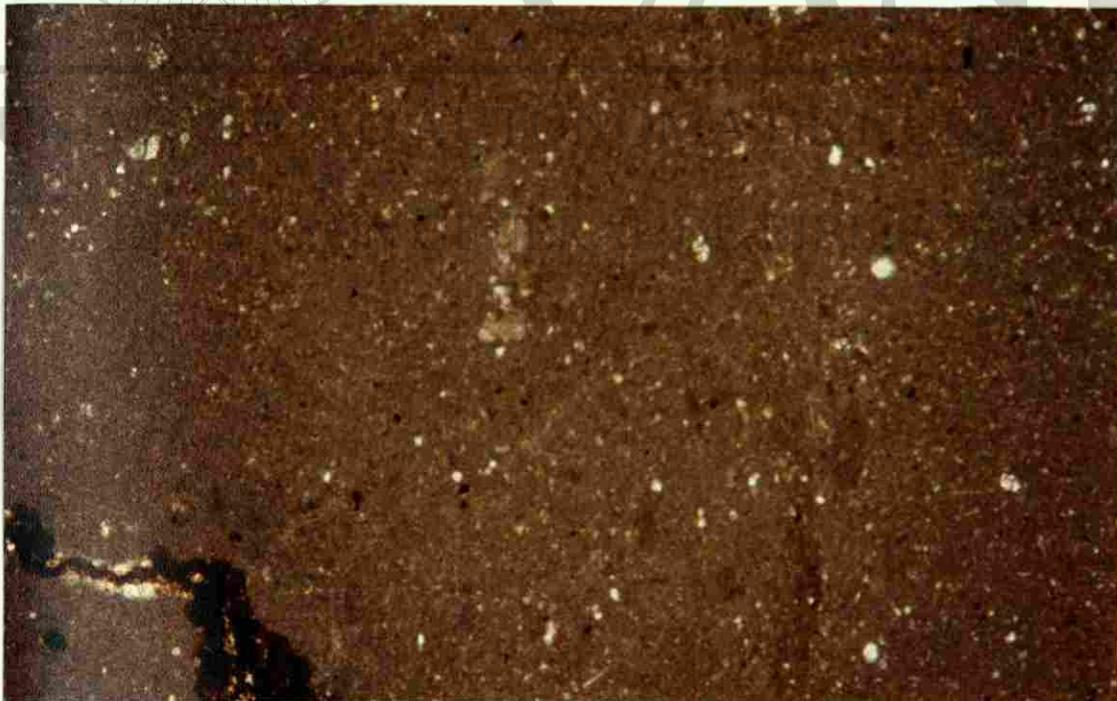
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se ubica en una cuenca, que indica un ambiente de agua profunda (tipo 3).

Interpretación: la abundancia de organismos silíceos sobre el resto de la microfauna, ubica a esta unidad en un ambiente profundo por debajo del nivel de oxigenación (condiciones anóxicas). Además el alto contenido de óxido de hierro lo relaciona con una cuenca aislada. Estos depósitos comparados con la Unidad 3 muestran un descenso en la profundidad.

Lámina 5

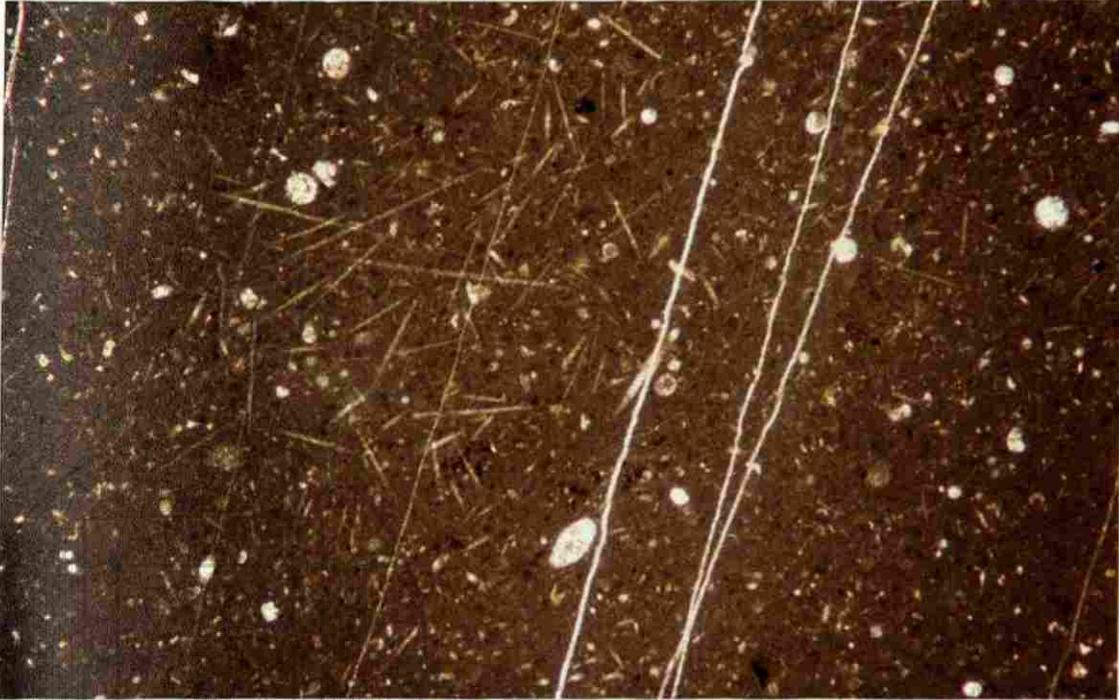


Micrografía 9. Sección delgada LY-65 Cu. "Mudstone" con alto contenido de espículas de esponjas. (x 2.5)



Micrografía 10. Sección delgada LY-66 Cu. Unidad que se clasifica como "mudstone"- "wackestone". Esta sección delgada muestra ambos tipos de textura deposicional. (x 2.5)

Lámina 6



Micrografía 11. Sección delgada LY-66 Cu. "Wackestone" pelágico con biógenos, espículas de esponjas y radiolarios. (x 2.5)



Micrografía 12. Sección delgada LY-67 Cu. "Wackestone" pelágico con espículas de esponjas monoaxonas. (x 10)

Unidad 5

(Secciones delgadas LY-69 Cu hasta LY-73 Cu)

Lámina: 7

Sección delgada LY-69 Cu. Micrografía: 13

Láminas: 7, 8

Sección delgada LY-70 Cu. Micrografías: 14, 15

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris claro en donde la mayor parte de la superficie de estratificación del estrato marcado como LY-69 Cu, son estilolitas; no se observan otras estructuras.

Estratificación: los espesores de los estratos son de 60 cm hasta 1 m.

Textura deposicional: "mudstone".

Biota: escasos fragmentos de foraminíferos, conchas de ostrácodos, radiolarios y gasterópodos.

Granos detríticos: escasos granos no esqueléticos como litoclastos.

Componentes mineralógicos: alto contenido de óxido de hierro observable tanto a simple vista como microscópicamente.

Zona de Facies: esta unidad equivale a la facies 1.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se ubica en un ambiente de agua profunda (tipo 3).

Interpretación: La ausencia de pelets o microgalerías que indican actividad de organismos bentónicos presentes en otras láminas, sugiere que esta unidad se encuentra en un ambiente por debajo del nivel de oxigenación.

Lámina 7



Micrografía 13. Sección delgada LY-69 Cu. "Mudstone" con bioclastos y litoclastos. (x 2.5).



Micrografía 14. Sección delgada LY-70 Cu. "Mudstone" micrítico con escasos bioclastos. (x 2.5)

Unidad 6

(Secciones delgadas LY-74 Cu hasta LY-80 Cu)

Láminas: 8, 9

Sección delgada LY-74 Cu. Micrografías: 16, 17

Lámina: 9

Sección delgada LY-80 Cu. Micrografía: 18

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris claro en superficie. El estrato marcado como LY-74 Cu, que mide 40 cm contiene estructuras de carga en la base. El resto de los estratos de esta unidad sin estructuras.

Estratificación: los espesores de los estratos son de 40 cm hasta 2.60 m.

Textura deposicional: "mudstone".

Biota: la unidad está compuesta principalmente de conchas de ostrácodos, foraminíferos, gasterópodos y briozoarios así como escasos radiolarios, ooides, espículas de esponjas y espinas de equinodermos.

Granos detríticos: litoclastos angulosos y subredondeados intercalan con bioclastos.

Componentes mineralógicos: escasa presencia de óxido de hierro a manera de bandas.

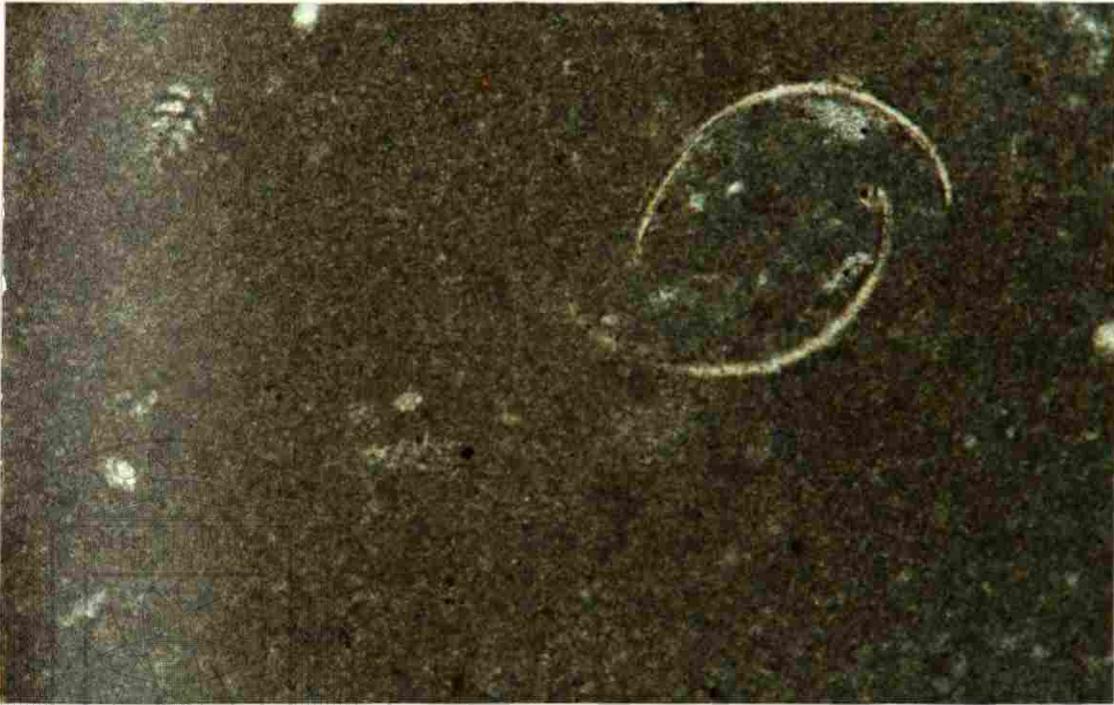
Zona de Facies: esta unidad equivale a la facies 3.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): corresponde a un ambiente de pendiente suave (tipo 3).

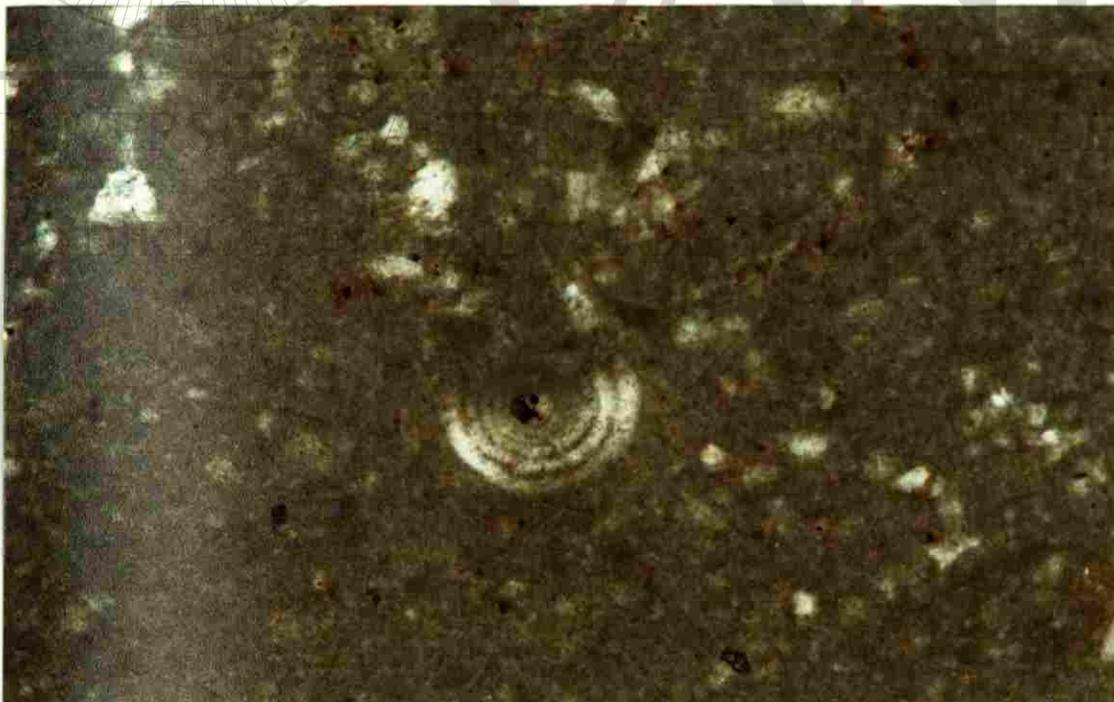
Interpretación: los restos principalmente de organismos bentónicos (gasterópodos y briozoarios) indican que han sido transportados de una zona próxima al talud de la plataforma depositándose en este ambiente. De igual manera, la evidencia de litoclastos sugiere que fueron producidos por la actividad de los organismos bentónicos. Considerando las características pelágicas de la Unidad 4, los depósitos de esta sección lo ubican en un ambiente somero, por arriba del nivel de oxigenación.

La sedimentación corresponde a condiciones de plataforma interna.

Lámina 8

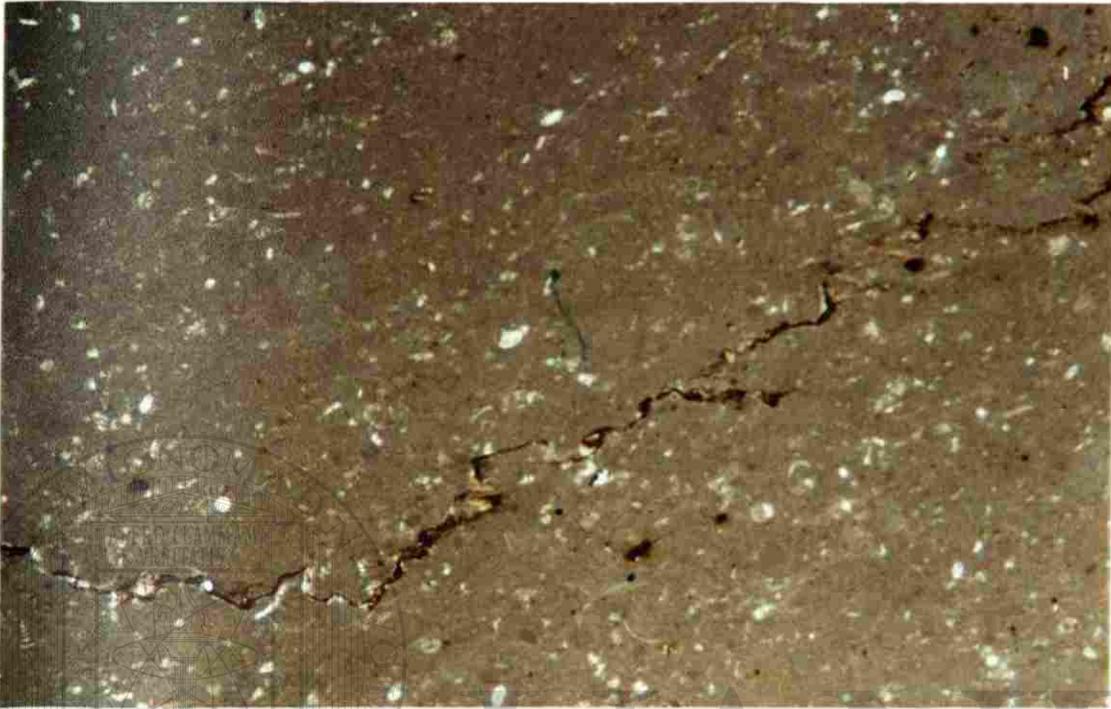


Micrografía 15. Sección delgada LY-70 Cu. "Mudstone" micrítico con foraminífero biserial y restos de conchas de ostrácodos. (x 10)



Micrografía 16. Sección delgada LY-74 Cu. "Mudstone" con fragmento de espina de equinodermo y litoclastos. (x 10)

Lámina 9



Micrografía 17. Sección delgada LY-74 Cu. "Mudstone" con radiolarios, espículas de esponjas y conchas de ostrácodos, así como bandas de óxido de hierro. (x 2.5)



Micrografía 18. Sección delgada LY-80 Cu. "Mudstone" con biógenos, pelets y litoclastos. (x 2.5)

Unidad 7

(Secciones delgadas LY-81 Cu hasta LY-88 Cu)

Lámina: 10

Sección delgada LY-85 Cu. Micrografías: 19, 20

Lámina: 11

Sección delgada LY-86 Cu. Micrografías: 21, 22

Litología y estructuras sedimentarias: calizas sin estructuras sedimentarias, excepto el estrato marcado con LY-88 Cu, el cual es ligeramente margoso y contiene rellenos de calcita que cubren una superficie de aproximadamente 1 m. El estrato mide 1.90 m.

Estratificación: esta unidad tiene estratos que miden de 1.70 a 4 m.

Textura deposicional: "mudstone" con pelets envolviendo bioclastos.

Biota: alto contenido en pelets, así como fragmentos de conchas de ostrácodos, radiolarios, foraminíferos, briozoarios, espinas de equinodermos y espículas de esponjas.

Granos detríticos: como componentes detríticos se encuentran litoclastos y materia orgánica, así como pocos ooides y posibles microgalerías.

Componentes mineralógicos: presencia de manchas de óxido de hierro.

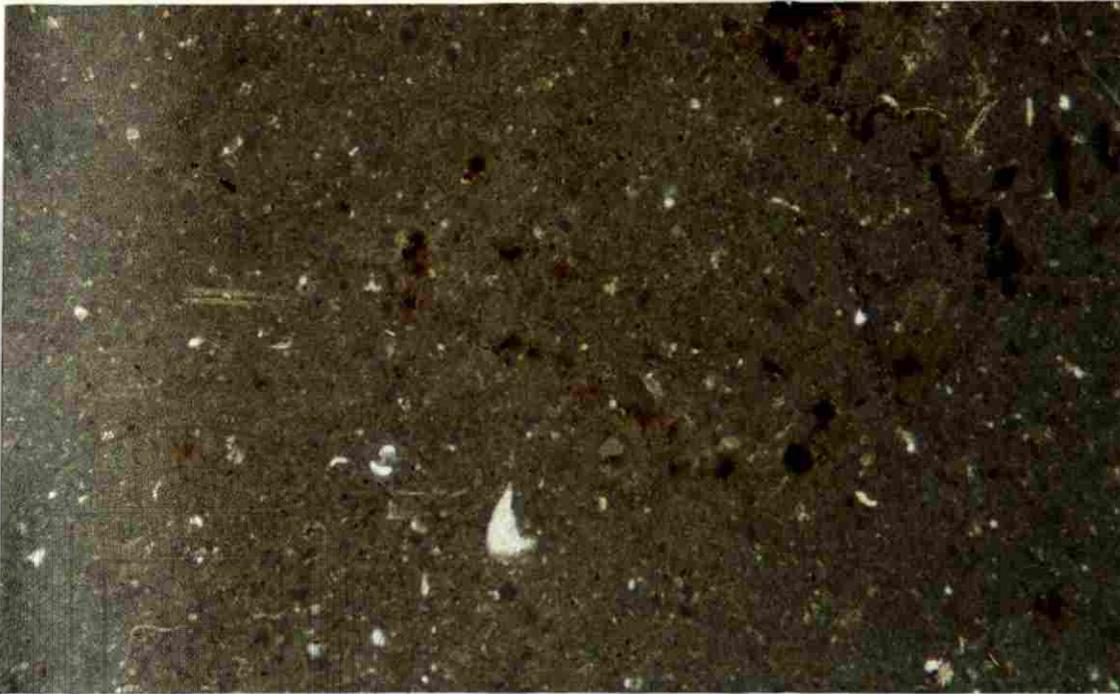
Zona de Facies: esta unidad equivale a la facies 2.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): tipo 10.

Es importante mencionar que la sección delgada LY-83 Cu, exhibe estratificación de organismos con cierta orientación.

Interpretación: el porcentaje de miliólidos y ooides se reducen drásticamente en esta unidad comparada con la sección anteriormente descrita, en tanto el índice de peloides y pelets envolviendo bioclastos lo ubican en una facies 2 del cinturón de Wilson, dado que estos últimos componentes indican bioturbación en condiciones de buena oxigenación. Comparada con la unidad 6, estos sedimentos se colocan en un nivel del agua más profunda. Estas características deposicionales se muestran a los 43.5 m de perfil.

Lámina 10



Micrografía 19. Sección delgada LY-85 Cu. "Mudstone" con foraminíferos del grupo de los miliólidos. Esta unidad tiene alto contenido de óxido de hierro. (x 2.5)

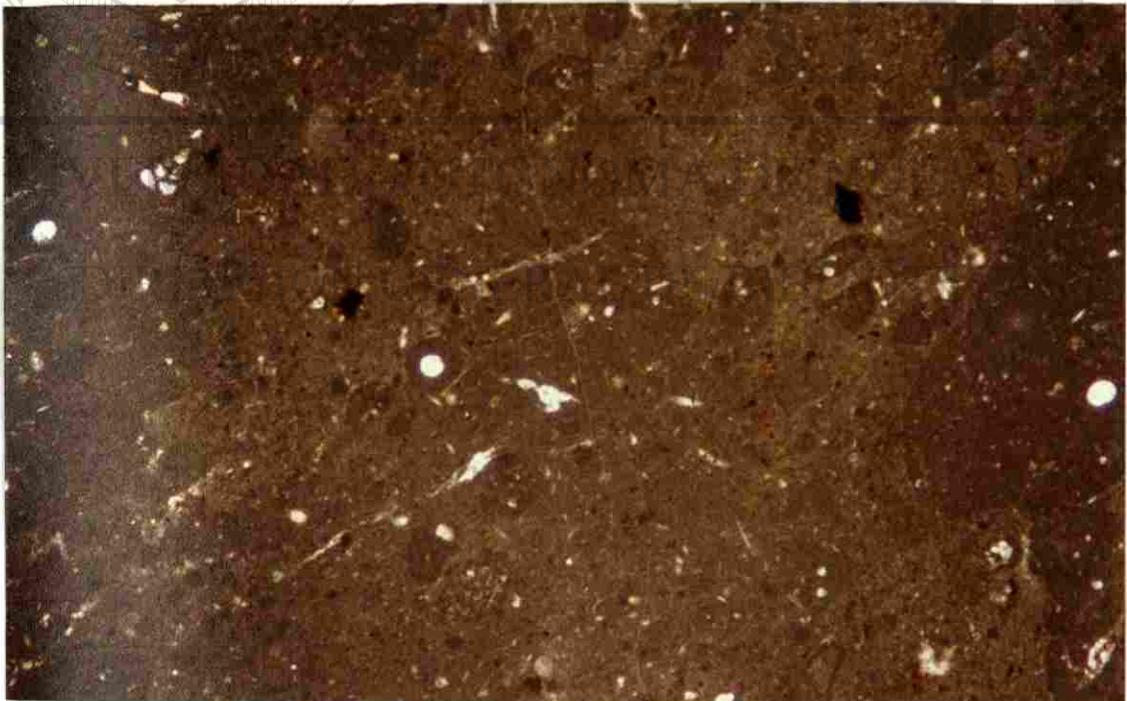


Micrografía 20. Sección delgada LY-85 Cu. "Mudstone" con fragmentos de conchas de ostrácodos. (x 2.5)

Lámina 11



Micrografía 21. Sección delgada LY-86 Cu. "Mudstone" con biógenos, posibles microgalerías, además de manchas de óxido de hierro. (x 2.5)



Micrografía 22. Sección delgada LY-86 Cu. "Mudstone" con bioclastos envueltos en pelets. (x 2.5)

Unidad 8

(Secciones delgadas LY-89 Cu hasta LY-93 Cu)

Lámina: 12

Sección delgada LY-91 Cu. Micrografía: 23

Láminas: 12, 13

Sección delgada LY-92 Cu. Micrografías: 24, 25

Lámina: 13

Sección delgada LY-93 Cu. Micrografía: 26

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris claro que no muestran estructuras sedimentarias.

Estratificación: los espesores de los estratos son de 1.60 a 2.40 m.

Textura deposicional: unidad que se clasifica como "mudstone".

Biota: alto contenido de conchas de ostrácodos, en menor proporción radiolarios, espículas de esponja, briozoarios, foraminíferos y pelets.

Granos detríticos: como componentes detríticos se observan litoclastos y posibles microgalerías. Alto contenido de materia orgánica por lo cual es observable también a simple vista (ver sección delgada LY-91 Cu, micrografía 23).

Componentes mineralógicos: presencia de bandas y manchas de óxido de hierro.

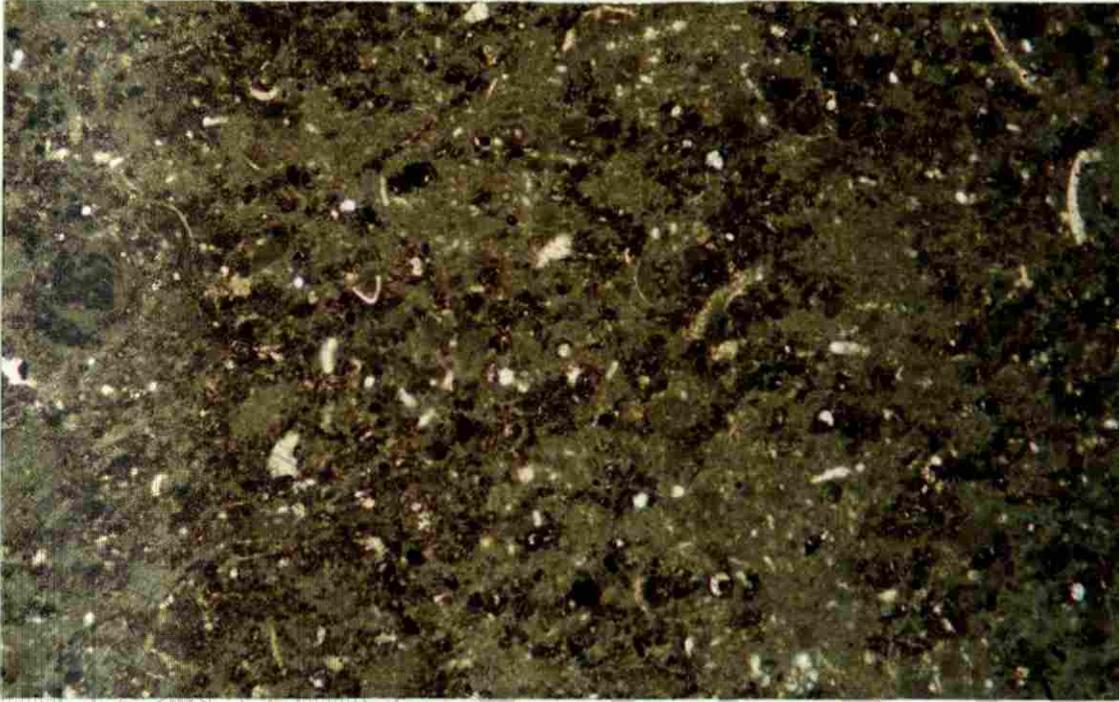
Zona de Facies: esta unidad equivale a la facies 1 a 2.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se puede colocar en sedimentos neríticos poco profundos con circulación abierta, bien oxigenados y probablemente tranquilos (tipo 9).

La sección delgada LY-93 Cu (ver micrografía 26) muestra cambios en la tasa de productividad.

Interpretación: la ubicación de esta unidad es más profunda que la anteriormente descrita, sin embargo no tan profundo como para impedir la actividad de los organismos, pues existe la evidencia de pelets. Se coloca en medio transicional de las facies 1 a 2.

Lámina 12



Micrografía 23. Sección delgada LY-91 Cu. "Mudstone" con foraminíferos, conchas de ostrácodos y pelets, se observa también materia orgánica. (x 2.5)

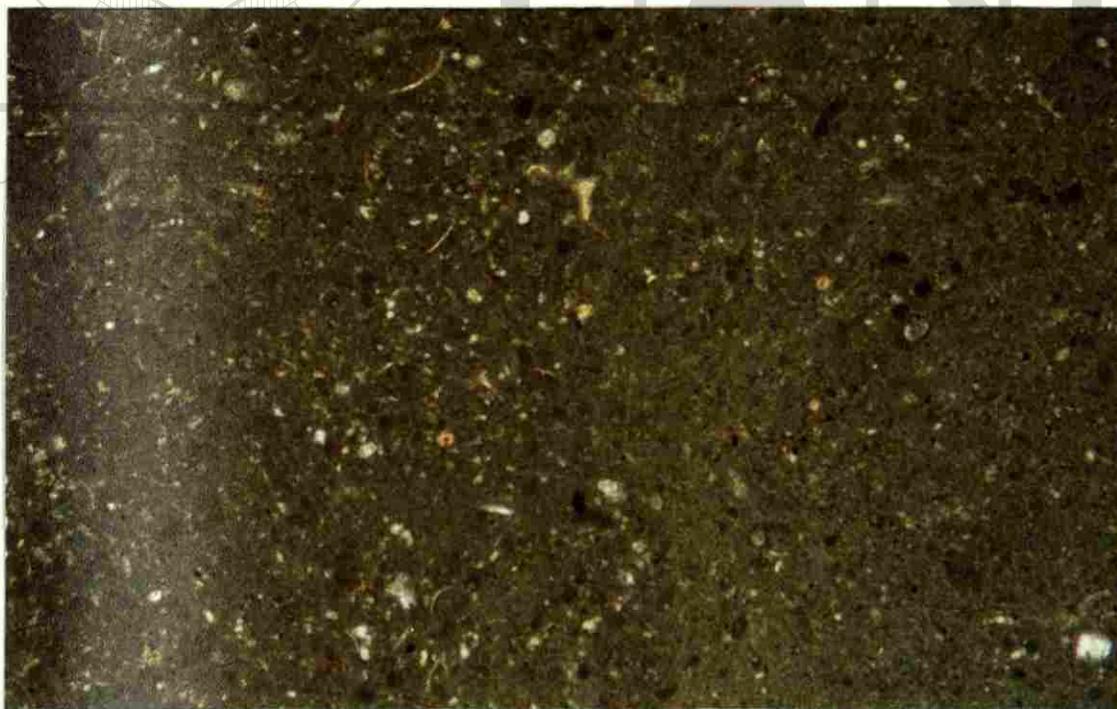


Micrografía 24. Sección delgada LY-92 Cu. "Mudstone" con fragmentos de bioclastos y pelets, así como bandas de óxido de hierro. (x 2.5)

Lámina 13



Micrografía 25. Sección delgada LY-92 Cu. "Mudstone" micrítico con radiolarios y conchas de ostrácodos. (x 2.5)



Micrografía 26. Sección delgada LY-93 Cu. "Mudstone"- "wackestone" donde se distingue diferente tasa de sedimentación. (x 2.5)

Unidad 9

(Sección delgada LY-94 Cu)

Láminas: 14, 15

Sección delgada LY-94 Cu. Micrografías: 27, 28, 29, 30

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris claro, sin estructuras sedimentarias.

Estratificación: la potencia del estrato es de 1.80 m.

Textura deposicional: unidad transicional cuyo porcentaje de granos se clasifica como "wackestone"- "packstone" pelágico.

Biota: gran abundancia de espículas de esponja y radiolarios, así como foraminíferos y conchas de ostrácodos.

Granos detríticos: presencia de litoclastos.

Componentes mineralógicos: dentro de los componentes mineralógicos el óxido de hierro es tan abundante que se observa a simple vista, al microscopio se ve como bandas o manchas.

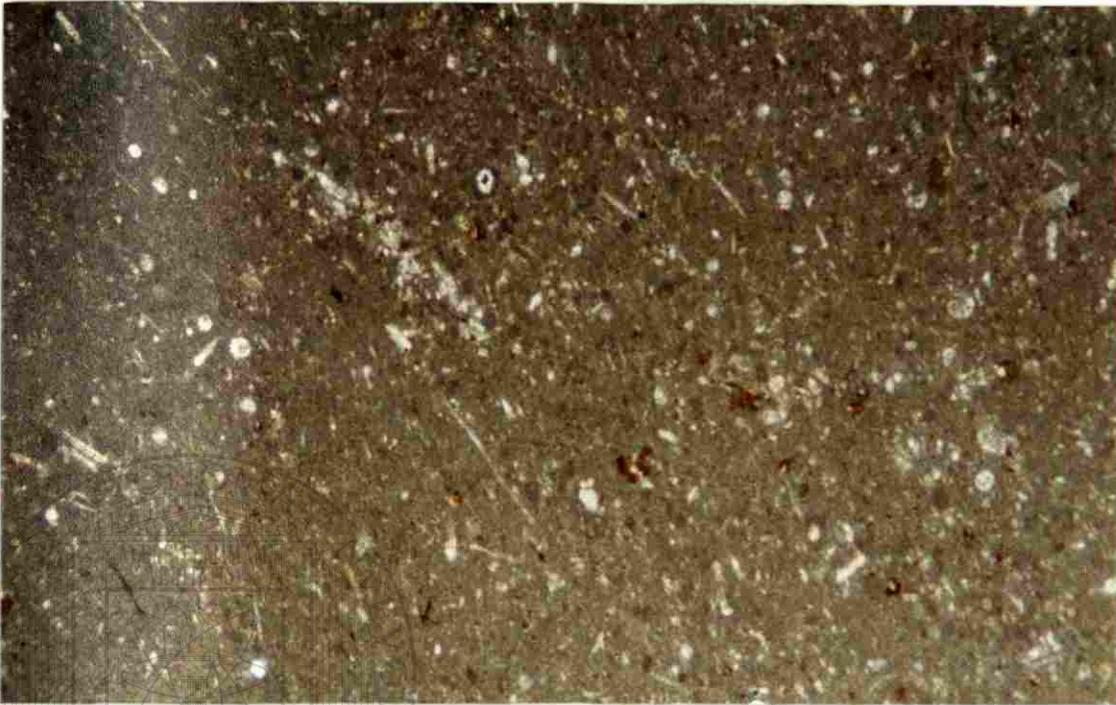
Zona de Facies: esta unidad equivale a la facies 1.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se ubica en un ambiente de cuenca, en aguas profundas (tipo 3).

Es importante hacer notar que la parte basal del estrato muestra características pelágicas con los organismos propios que definen a esta zona, en tanto hacia el techo del mismo, presenta la transición con bioclastos envueltos en pelets propios de la facies 2. Esta particularidad se observa en la sección delgada LY-94 Cu.

Interpretación: el nivel del agua desciende nuevamente situando a esta unidad en una facies un poco más profunda que la que le precede, básicamente la ubica en un ambiente por debajo del nivel de oxigenación pues carece de bioturbación y de fauna propia de talud o de arrecife (características de las facies 2 y 3). No obstante el techo de la unidad registra otro cambio significativo con la mezcla de fauna de una zona 2 de Wilson.

Lámina 14

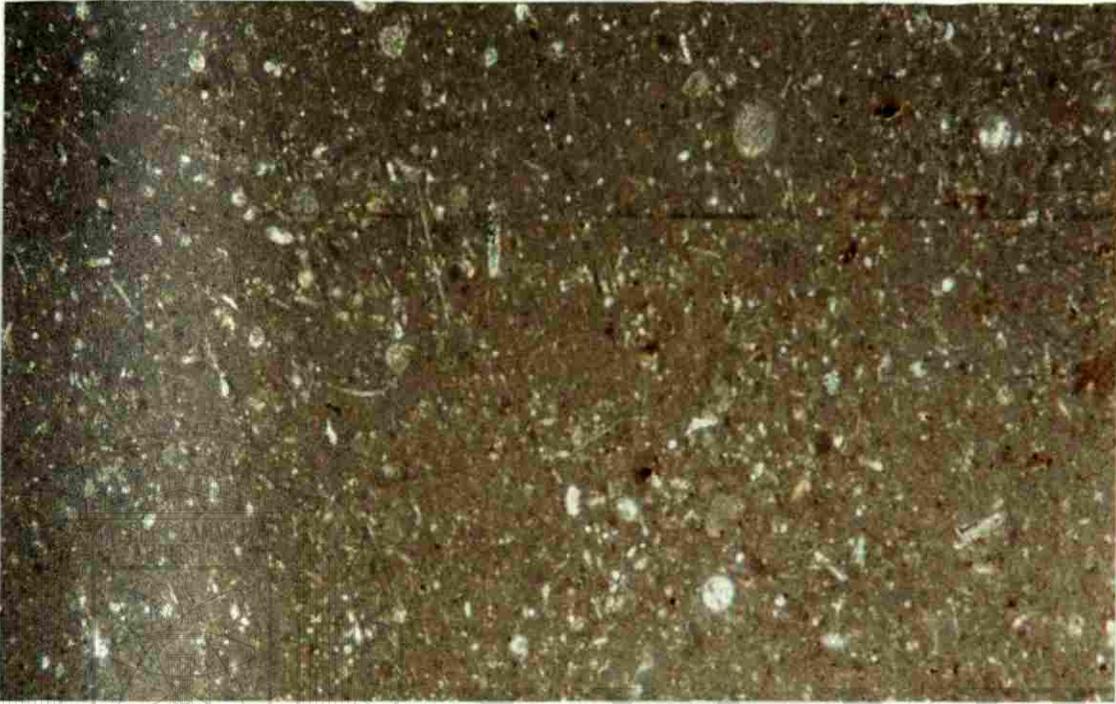


Micrografía 27. Sección delgada LY-94 Cu. "Wackestone"- "packstone" con fragmentos de bioclastos pelágicos. (x 2.5)

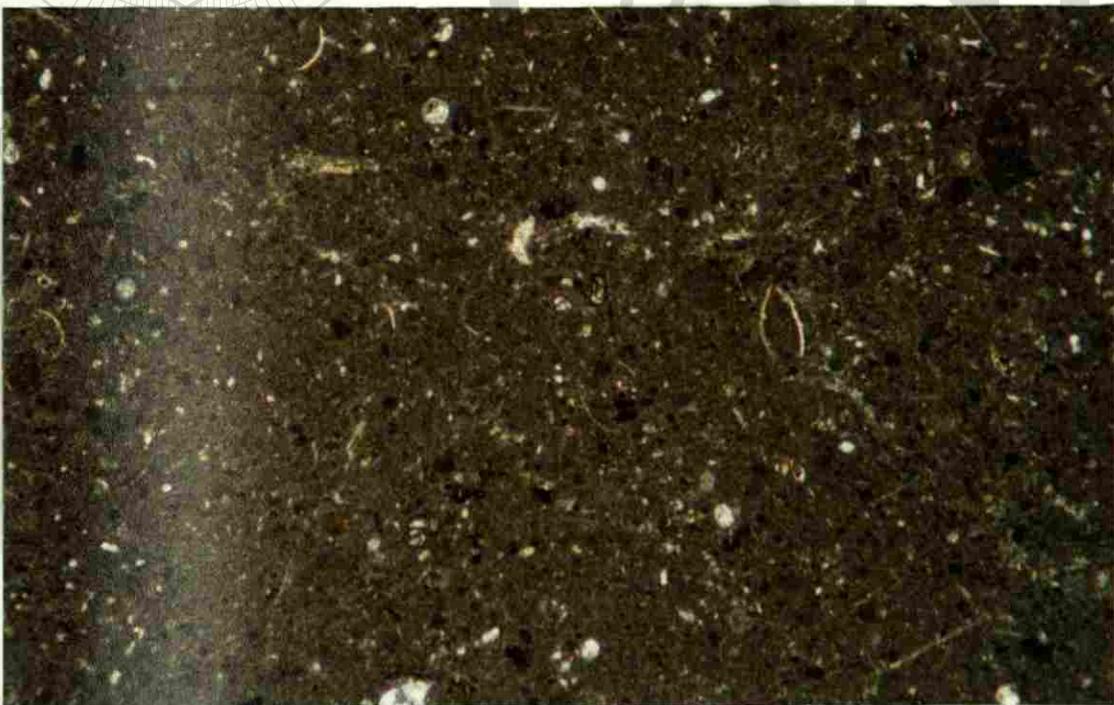


Micrografía 28. Sección delgada LY-94 Cu. "Wackestone"- "packstone" con radiolarios, espículas de esponjas y foraminíferos. (x 2.5)

Lámina 15

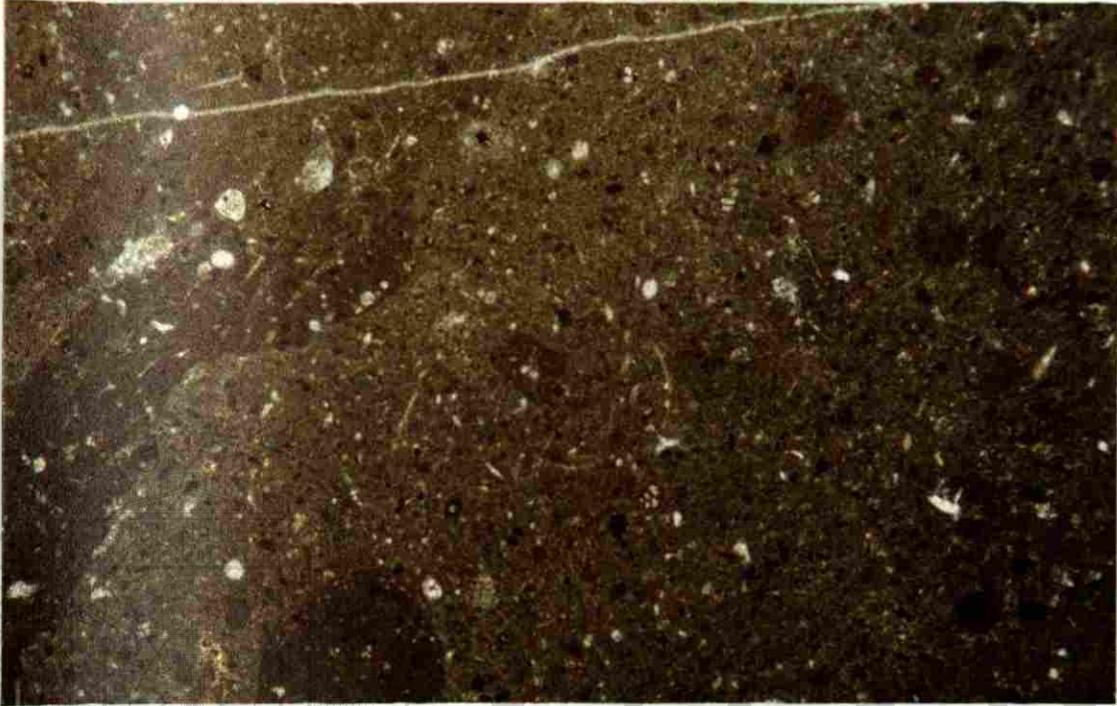


Micrografía 29. Sección delgada LY-94 Cu. "Wackestone"- "packstone" pelágico con abundantes radiolarios. (x 2.5)

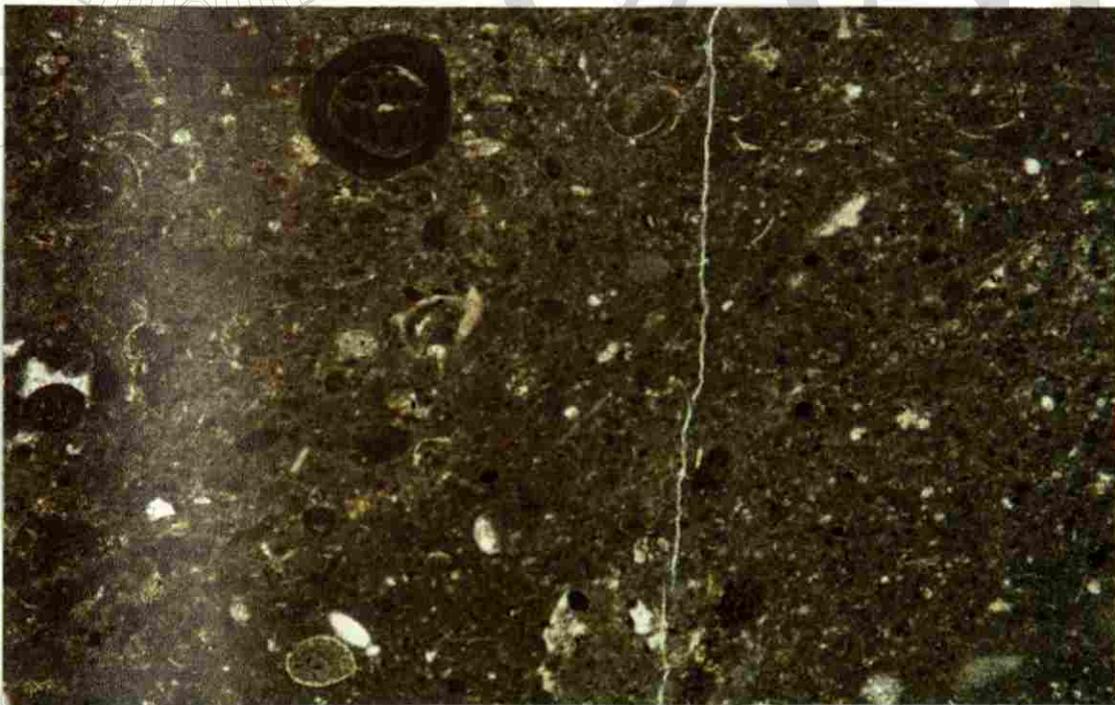


Micrografía 30. Sección delgada LY-94 Cu. "Wackestone"- "packstone" con restos de biógenos principalmente pelágico. (x 2.5)

Lámina 16



Micrografía 31. Sección delgada LY-96 Cu. "Wackestone" con radiolarios, foraminíferos, espículas de esponjas, pelets y posibles microgalerías. (x 2.5)



Micrografía 32. Sección delgada LY-97 Cu. "Wackestone" con conchas de ostrácodos, así como foraminíferos y radiolarios envueltos en pelets. (x 2.5)

Unidad 11

(Secciones delgadas LY-98 Cu hasta LY-100 Cu)

Láminas: 17, 18

Sección delgada LY-98 Cu. Micrografías: 34, 35

Láminas: 18, 19

Sección delgada LY-99 Cu. Micrografías: 36, 37

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris claro donde no se observan estructuras sedimentarias.

Estratificación: estratos que miden 1.90 hasta 3.20 m.

Textura deposicional: unidad que muestra un mayor porcentaje de granos e inclusive con características de grano sostenido, por lo cual se le considera como una fase de transición de "wackestone" a "packstone".

Biota: los biógenos de esta unidad son principalmente conchas de ostrácodos, radiolarios y pelets. En menor cantidad se encuentra briozoarios, foraminíferos planctónicos y bentónicos.

Granos detríticos: presencia de litoclastos, así como se observan posibles microgalerías en la sección delgada LY-99 Cu (ver micrografía 37).

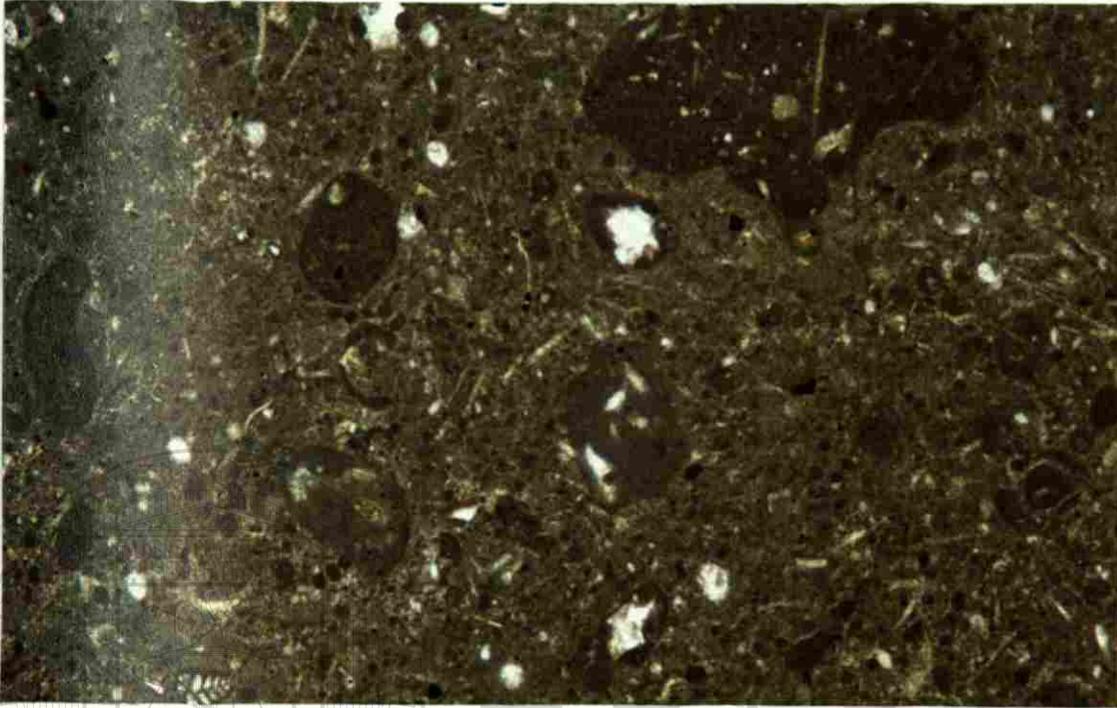
Componentes mineralógicos: observación tanto a simple vista como microscópicamente de óxido de hierro.

Zona de Facies: esta unidad equivale a una facies 1 – 2.

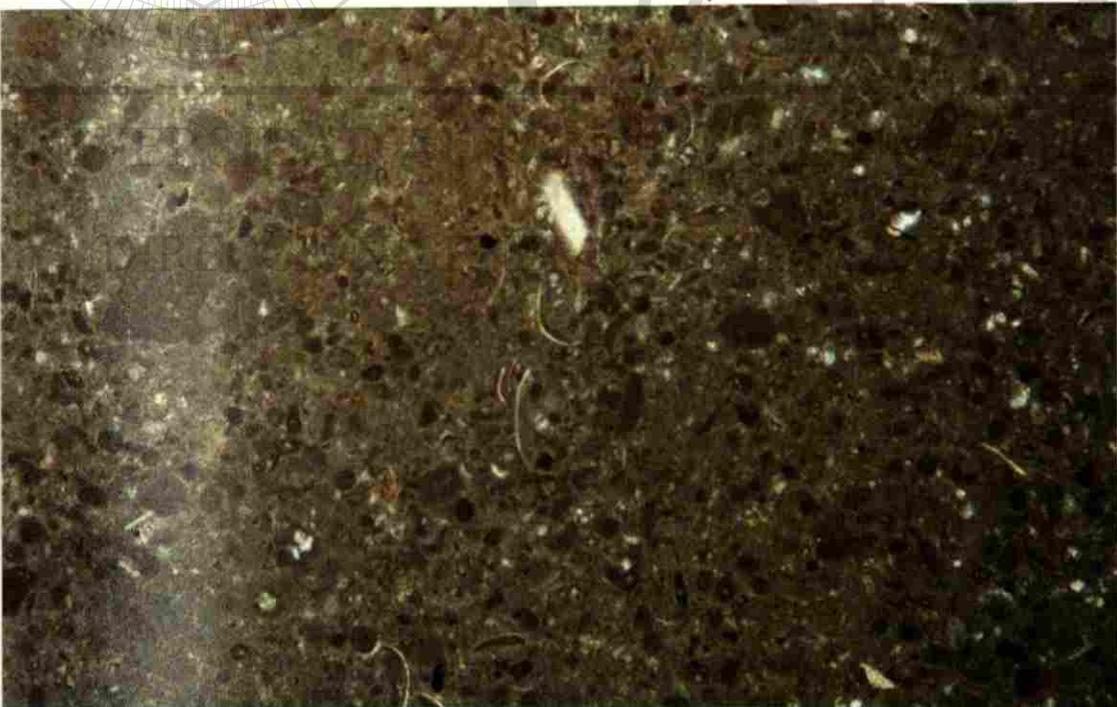
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se coloca en ambientes neríticos poco profundos, con circulación abierta, bien oxigenados y tranquilos, tipo 9.

Interpretación: pertenece a un ambiente subtidal poco profundo (posiblemente 100 m) con aguas bien oxigenadas, lo que favorece al desarrollo de la actividad de fauna bentónica, por esta razón existe un alto contenido en fragmentos de concha de ostrácodos. Estos sedimentos se colocan en zonas de baja energía. Esta unidad comparte características con la Unidad 8.

Lámina 17

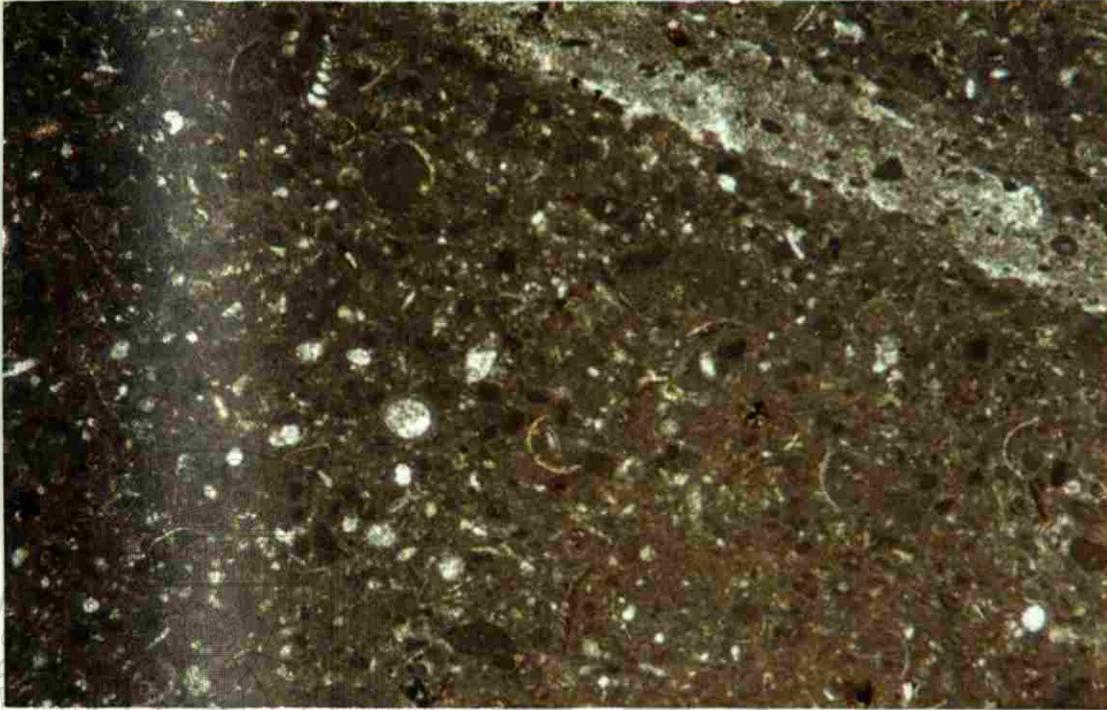


Micrografía 33. Sección delgada LY-97 Cu. "Wackestone"-"packstone" con abundantes foraminíferos, espículas de esponjas y conchas de ostrácodos. (x 2.5)

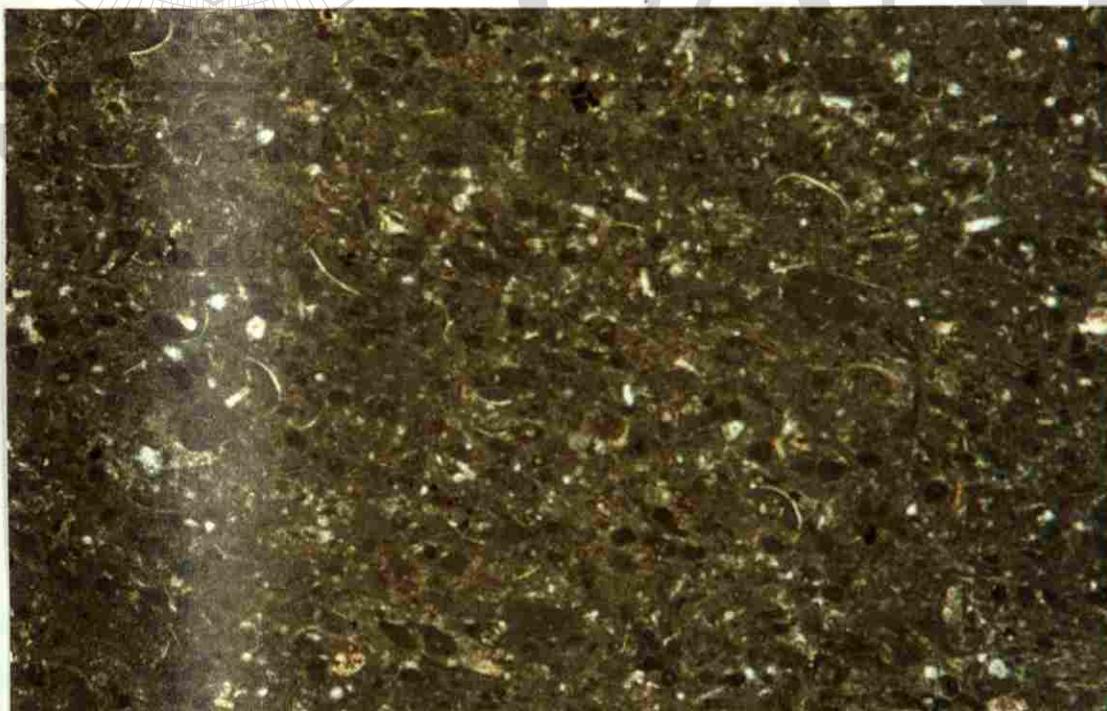


Micrografía 34. Sección delgada LY-98 Cu. "Wackestone" en donde los bioclastos presentan cierta laminación. (x 2.5)

Lámina 18



Micrografía 35. Sección delgada LY-98 Cu. "Wackestone"- "packstone" con fragmentos de radiolarios, foraminíferos y conchas de ostrácodos. (x 2.5)



Micrografía 36. Sección delgada LY-99 Cu. "Wackestone"- "packstone". Esta unidad se caracteriza por contener abundantes pelets y litoclastos. (x 2.5)

Unidad 12

(Láminas LY-101 Cu hasta LY-108 Cu)

Lámina: 19

Sección delgada LY-101 Cu. Micrografía: 38

Lámina: 20

Sección delgada LY-102 Cu. Micrografía: 39

Sección delgada LY-104 Cu. Micrografía: 40

Lámina: 21

Sección delgada LY-108 Cu. Micrografía: 41

Litología y estructuras sedimentarias. se observan concreciones de hierro en superficie, así como estilolitas. El resto de las capas no muestran estructuras sedimentarias.

Estratificación: estratos que miden 40 cm hasta 2.20 m.

Textura deposicional: "wackestone" pelágico.

Biota: radiolarios, espículas de esponjas, foraminíferos, conchas de ostrácodos y pelets conforman las partículas esqueléticas de esta unidad.

Granos detríticos: las secciones delgadas LY-102 Cu y LY-108 Cu (ver micrografías 39 y 41 respectivamente) muestran posibles microgalerías.

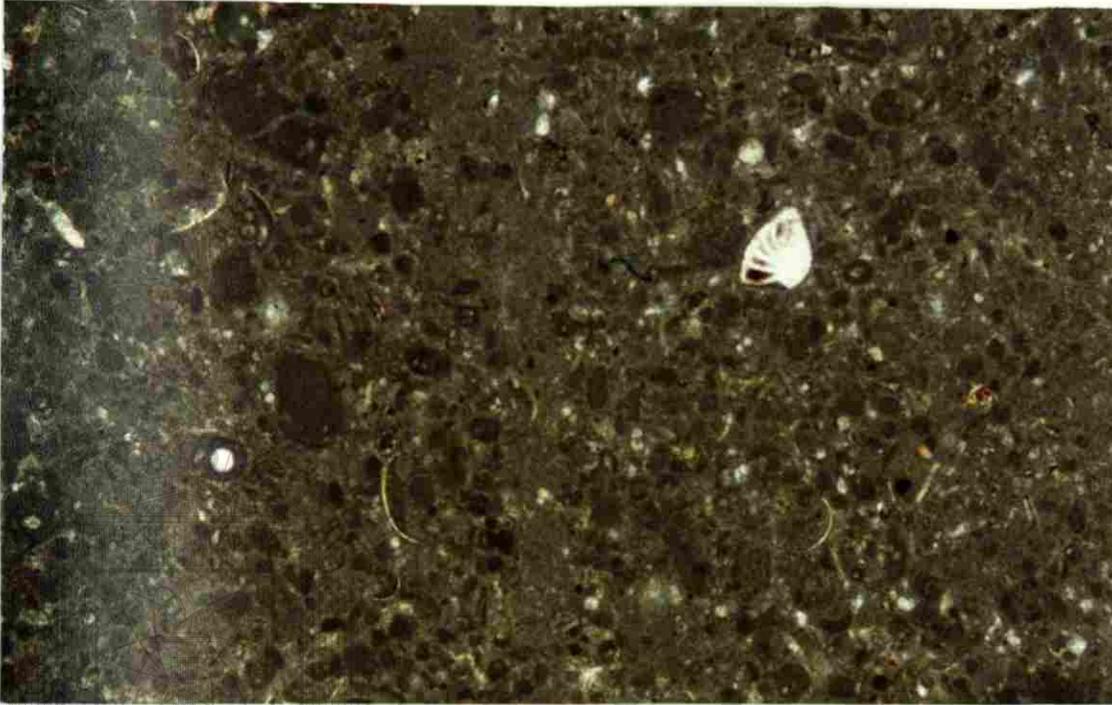
Componentes mineralógicos: en las secciones delgadas LY-101 Cu (ver micrografía 38) y LY-108 Cu (ver micrografía 41), el contenido de óxido de hierro es tan alto que puede ser visto tanto a simple vista como microscópicamente

Zona de Facies: esta unidad equivale a la facies 1 de Wilson.

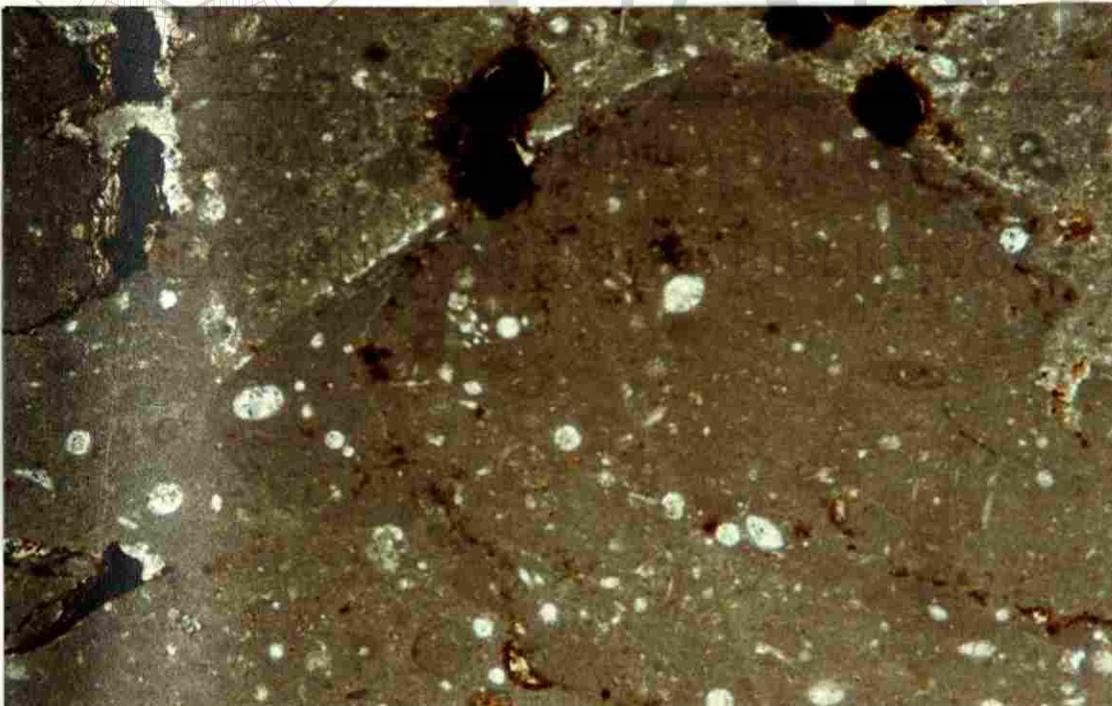
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se coloca en una cuenca, que indica un ambiente de agua profunda, tipo 3.

Interpretación: se sitúa en un escenario con buena oxigenación y corrientes a juzgar por las posibles microgalerías presentes en esta unidad. Por el alto contenido de óxido de hierro puede tratarse de una cuenca aislada con una profundidad no mayor de los 100 m. La unidad que le precede manifiesta una progradación hacia ésta facies pues comparten componentes pelágicos y bioturbación. Ambas se sitúan en fase transicional.

Lámina 19

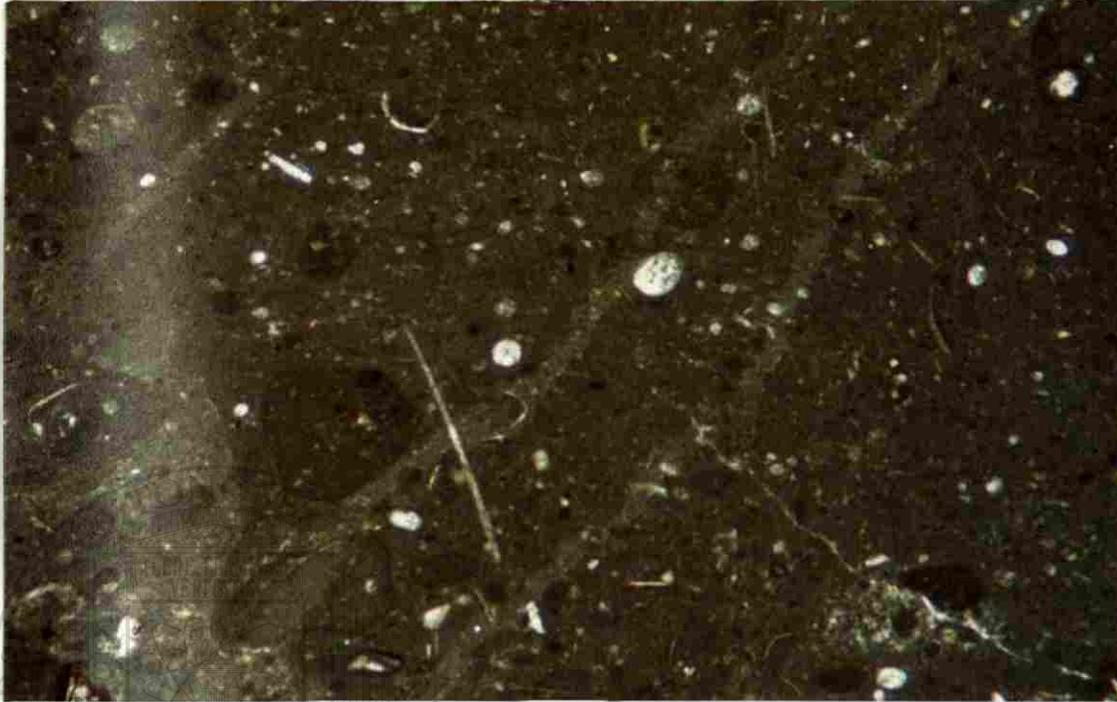


Micrografía 37. Sección delgada LY-99 Cu. "Wackestone"- "packstone" con conchas de ostrácodos, radiolarios, pelets y posibles microgalerías. (x 2.5)

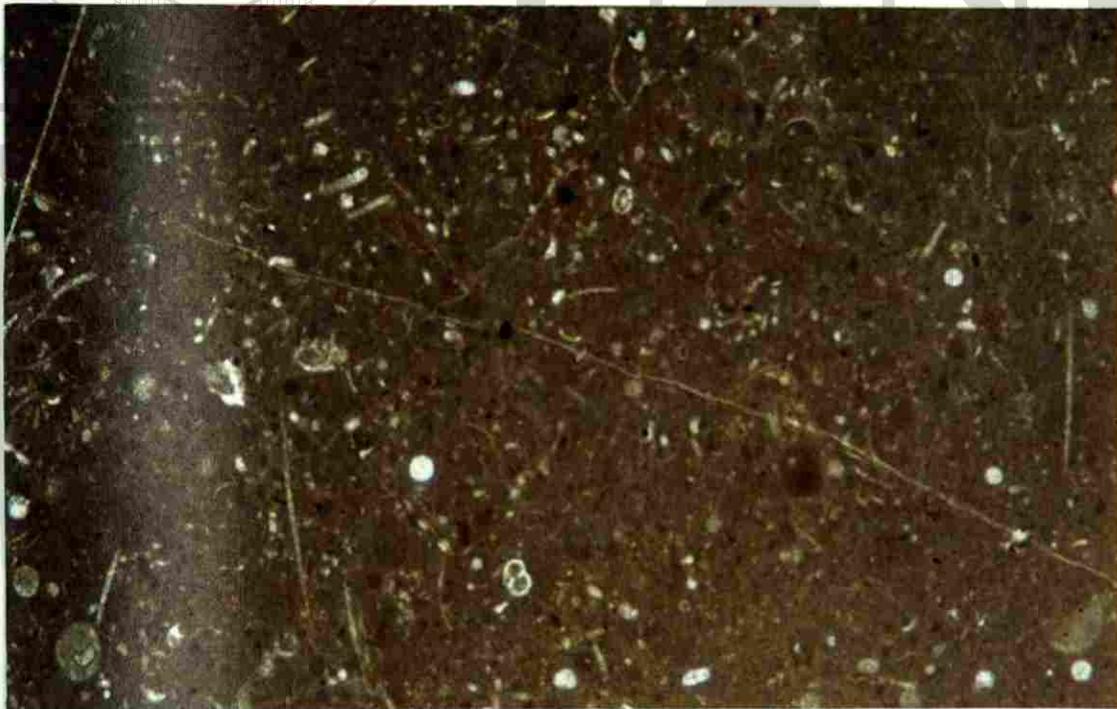


Micrografía 38. Sección delgada LY-101 Cu. "Wackestone" pelágico con abundantes radiolarios. Presencia de manchas y bandas de óxido de hierro. (x 2.5)

Lámina 20



Micrografía 39. Sección delgada LY-102 Cu. "Wackestone" pelágico con radiolarios, espículas de esponjas, conchas de ostrácodos y microgalerías. (x 2.5)



Micrografía 40. Sección delgada LY-104 Cu. "Wackestone" pelágico con diversidad de biógenos. (x 2.5)

Unidad 13

(Secciones delgadas LY-109 Cu hasta LY-119 Cu)

Lámina: 21

Sección delgada LY-109 Cu. Micrografía: 42

Lámina: 22

Sección delgada LY-110 Cu. Micrografía: 43

Sección delgada LY-115 Cu. Micrografía: 44

Lámina: 23

Sección delgada LY-116 Cu. Micrografía: 45

Litología y estructuras sedimentarias: las calizas de esta unidad son litológicamente margosas. Además contienen abundantes estilolitas.

Estratificación: la potencia de los estratos está entre los 30 cm hasta 3.70 m

Textura deposicional: "mudstone".

Biota: los componentes esqueléticos de esta sección son foraminíferos bentónicos (miliólidos) y planctónicos, espinas de equinodermos, briozoarios, espículas de esponjas, conchas de ostrácodos, radiolarios y pelets.

Granos detríticos: escasos litoclastos.

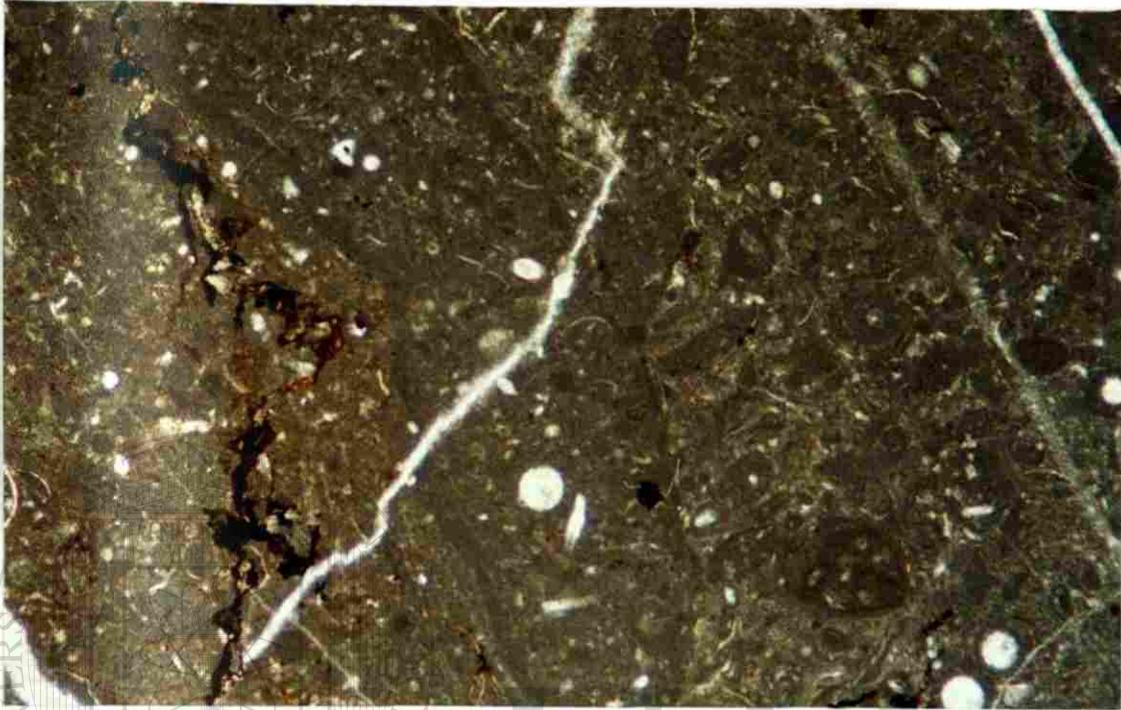
Componentes mineralógicos: escasas manchas de óxido de hierro.

Zona de Facies: corresponde al margen profundo de la plataforma, facies 3.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se ubica en un ambiente de pendiente suave, en donde la circulación del agua puede ser de baja hasta moderada, tipo 3.

Interpretación: los detritos bioclásticos encontrados en estas láminas son atribuibles a un medio ambiente de plataforma interna (zona batial) con aguas restringidas. Esta unidad se ubica en una zona más somera comparada con la sección anterior que pertenece a una facies 1 del cinturón de Wilson. Quizás las condiciones no eran estables en esta región, pues la biota no es abundante y diversa como las Unidades 1 y 3 con las que se compara.

Lámina 21

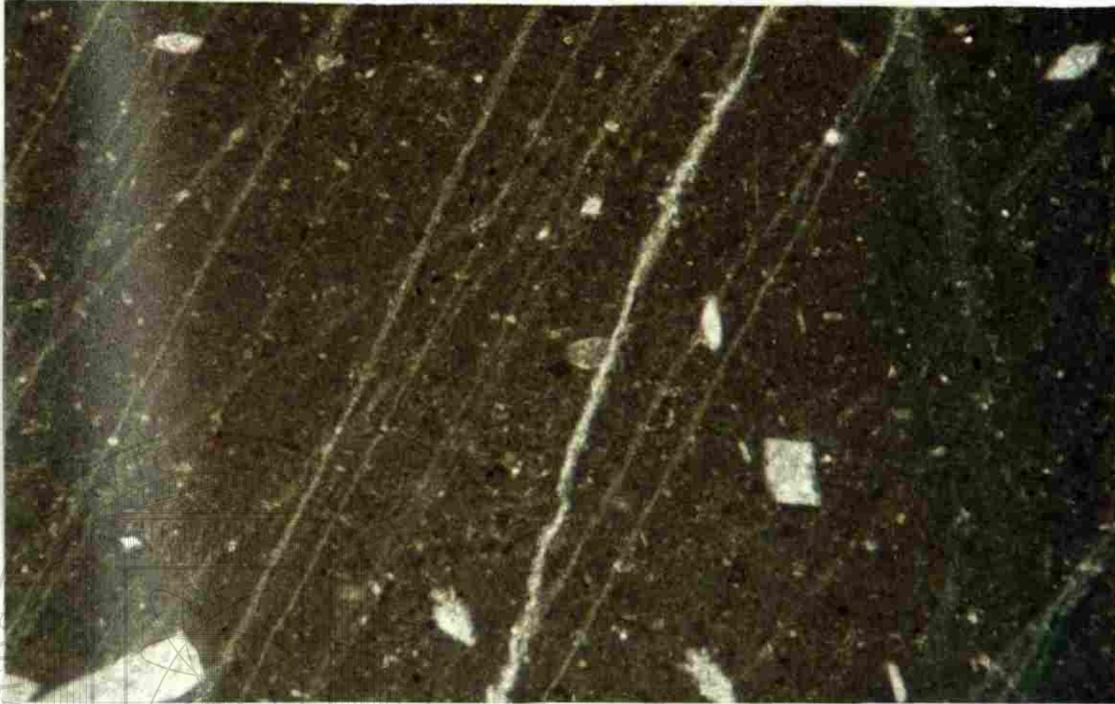


Micrografía 41. Sección delgada LY-108 Cu. "Wackestone" pelágico. Biógenos envueltos en pelets. Presencia de posibles microgalerías. (x 2.5)

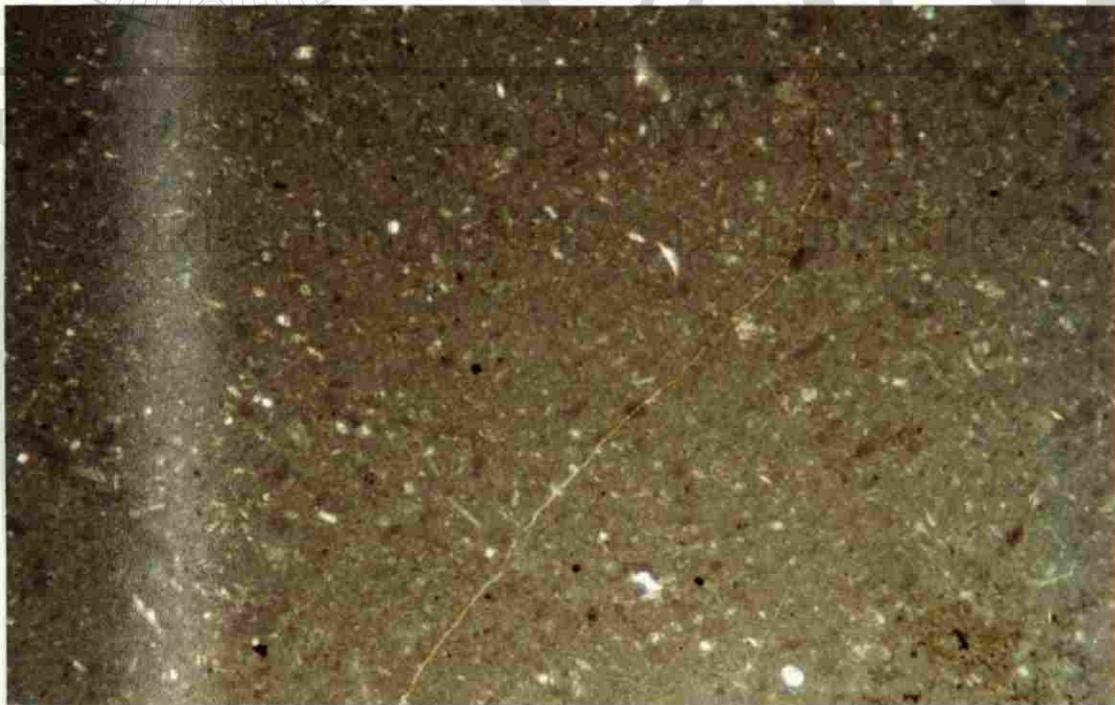


Micrografía 42. Sección delgada LY-109 Cu. "Mudstone". Presencia de escasas manchas de óxido de hierro. (x 2.5)

Lámina 22



Micrografía 43. Sección delgada LY-110 Cu. "Mudstone" con bioclastos recristalizados. Litológicamente esta unidad presenta abundantes estilolitas (x 2.5)



Micrografía 44. Sección delgada LY-115 Cu. "Mudstone" con biógenos, espículas de esponjas y radiolarios. (x 2.5)

Unidad 14

(Secciones delgadas LY-120 Cu hasta LY-125 Cu)

Lámina: 23

Sección delgada LY-120 Cu. Micrografía: 46

Lámina: 24

Sección delgada LY-121 Cu. Micrografía: 47

Sección delgada LY-125 Cu. Micrografía: 48

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris oscuro con ausencia de estructuras sedimentarias.

Estratificación: la potencia de los estratos esta entre los 50 cm hasta 1.30 m

Textura deposicional: "mudstone"- "wackestone".

Biota: los biógenos son fundamentalmente radiolarios, conchas de ostrácodos, espículas de esponjas, briozoarios y foraminíferos tanto bentónicos como planctónicos, así como escasos pelets.

Granos detríticos: en las secciones delgadas LY-124 Cu y LY-125 Cu (ver micrografía 48) se observan escasos litoclastos.

Componentes mineralógicos: escaso contenido de óxido de hierro.

Zona de Facies: esta sección equivale a la facies transicional 1 – 2.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se atribuye a ambientes neríticos poco profundos, con circulación abierta y bien oxigenada, tipo 9.

Interpretación: esta unidad difiere en el porcentaje de granos esqueléticos y el contenido de detritos bioclásticos comparada con la sección anterior.

Las Unidades 10, 11 y 12 representan las facies 2, 1-2 y 1 respectivamente del cinturón de Wilson, consideradas como secciones que progradan desde la plataforma abierta hacia la cuenca. La Unidad 13 registra un retroceso en el nivel del agua colocando a ésta es una zona más somera, después aumenta el nivel del agua y ubica a esta Unidad 14 en una facies transicional situada a mayor profundidad. La Unidad 11 comparte las mismas características con esta sección.

Lámina 23



Micrografía 45. Sección delgada LY-116 Cu. "Mudstone". En esta unidad se observan escasos biógenos. (x 2.5)

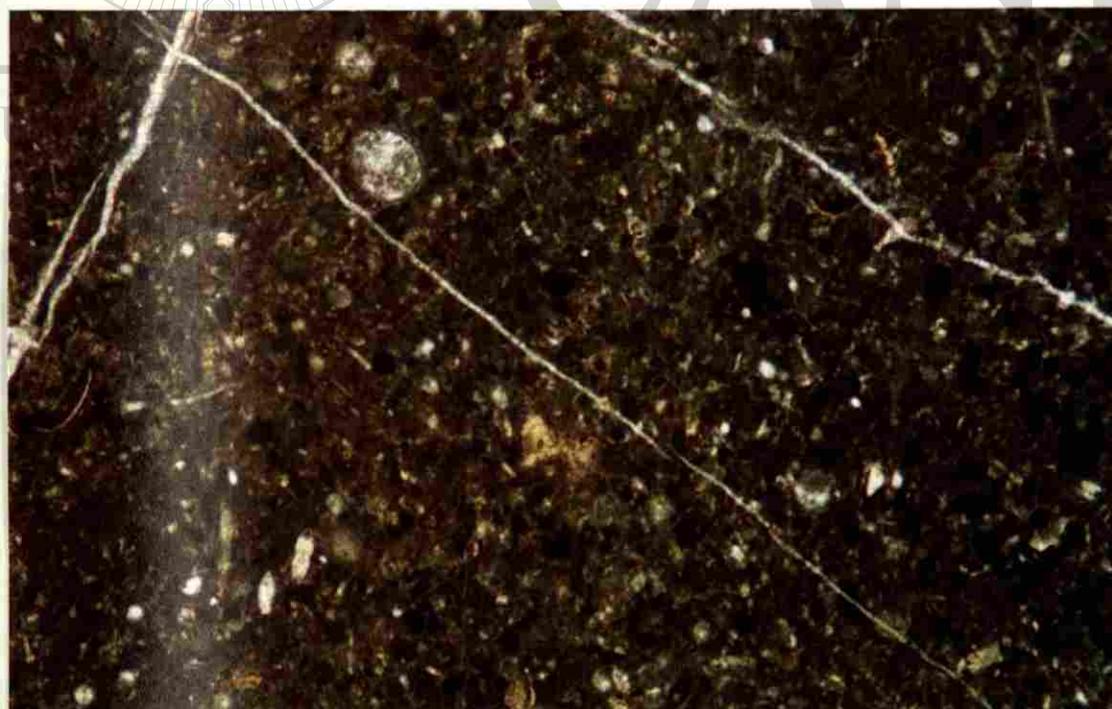


Micrografía 46. Sección delgada LY-120 Cu. "Mudstone" con bioclastos recristalizados. (x 2.5)

Lámina 24



Micrografía 47. Sección delgada LY-121 Cu. "Mudstone" con partículas recristalizadas. (x 2.5)



Micrografía 48. Sección delgada LY-125 Cu. "Mudstone" con biógenos recristalizados. Escasas manchas de óxido de hierro. (x 2.5)

Unidad 15

(Secciones delgadas LY-126 Cu hasta LY-127 Cu)

Lámina: 25

Sección delgada LY-126 Cu. Micrografía: 49

Láminas: 25, 26

Sección delgada LY-127 Cu. Micrografías: 50, 51

Litología y estructuras sedimentarias: estratos con abundantes estilolitas y nódulos de pedernal.

Estratificación: único estrato que mide 3.10 m.

Textura deposicional: "mudstone" - "wackestone" pelágico.

Biota: mayor cantidad de radiolarios y pelets, menor cantidad de fragmentos de conchas de ostrácodos, briozoarios y foraminíferos.

Granos detríticos: posibles microgalerías.

Componentes mineralógicos: alto contenido en óxido de hierro.

Zona de Facies: esta sección equivale a la facies 1.

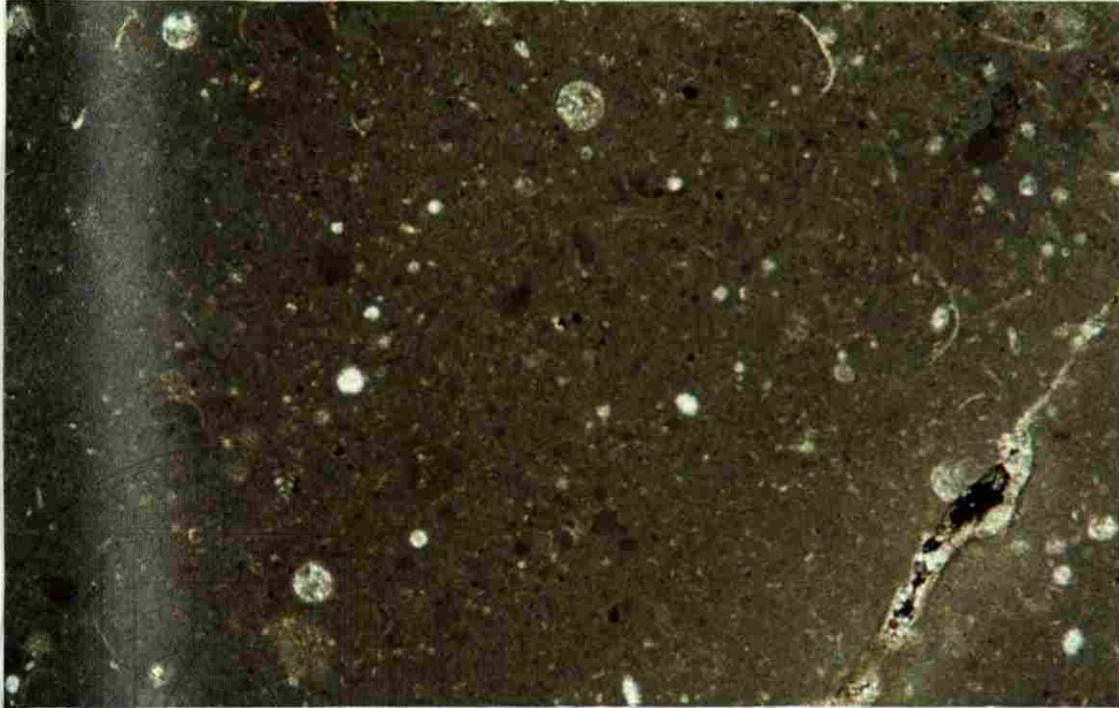
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): por las características deposicionales, esta unidad se ubica en una zona de cuenca, tipo 3.

La sección delgada LY-127 Cu (ver micrografía 50) muestra posible microgalerías y alto contenido en pelets que marcan una banda o línea que denota una diferencia en la tasa de sedimentación.

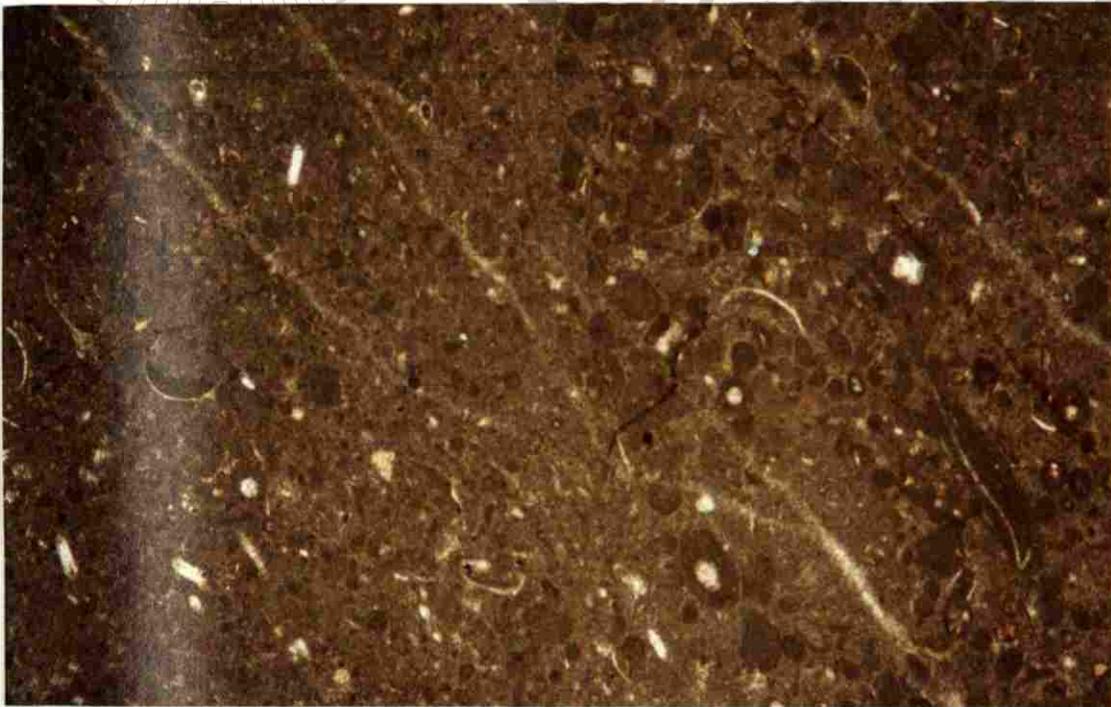
Interpretación: esta unidad coincide en la composición textural designada para la Unidad 12, por lo que se considera que estos sedimentos se depositaron en una cuenca aislada a estimar por el alto contenido de óxido de hierro.

Las características deposicionales de las secciones delgadas LY-126 Cu y LY-127 Cu (ver micrografía 49 y 50 respectivamente) pueden indicar una transición de una profundidad en la cuenca (100 m o más) por la variación en la biota que va desde pelágico a bentónico con presencia de bioturbación.

Lámina 25



Micrografía 49. Sección delgada LY-126 Cu. "Mudstone"- "wackestone" pelágico. Bandas de óxido de hierro. (x 2.5)



Micrografía 50. Sección delgada LY-127 Cu. "Mudstone"- "wackestone" pelágico con bioclastos envueltos en pelets y posibles microgalerías. Se distinguen dos bandas con diferentes tasas de sedimentación. (x 2.5)

Unidad 16 (Sección delgada LY-128 Cu)

Láminas: 26, 27

Sección delgada LY-128 Cu. Micrografías: 52, 53

Litología y estructuras sedimentarias: estrato que muestra estructuras de carga en la base.

Estratificación: único estrato que mide 50 cm.

Textura deposicional: "mudstone".

Biota: conchas de ostrácodos, foraminíferos, espículas de esponjas y briozoarios, así como escasos radiolarios, pelets y gasterópodos.

Granos detríticos: litoclastos subredondeados.

Componentes mineralógicos: se distingue escasas manchas de óxido de hierro.

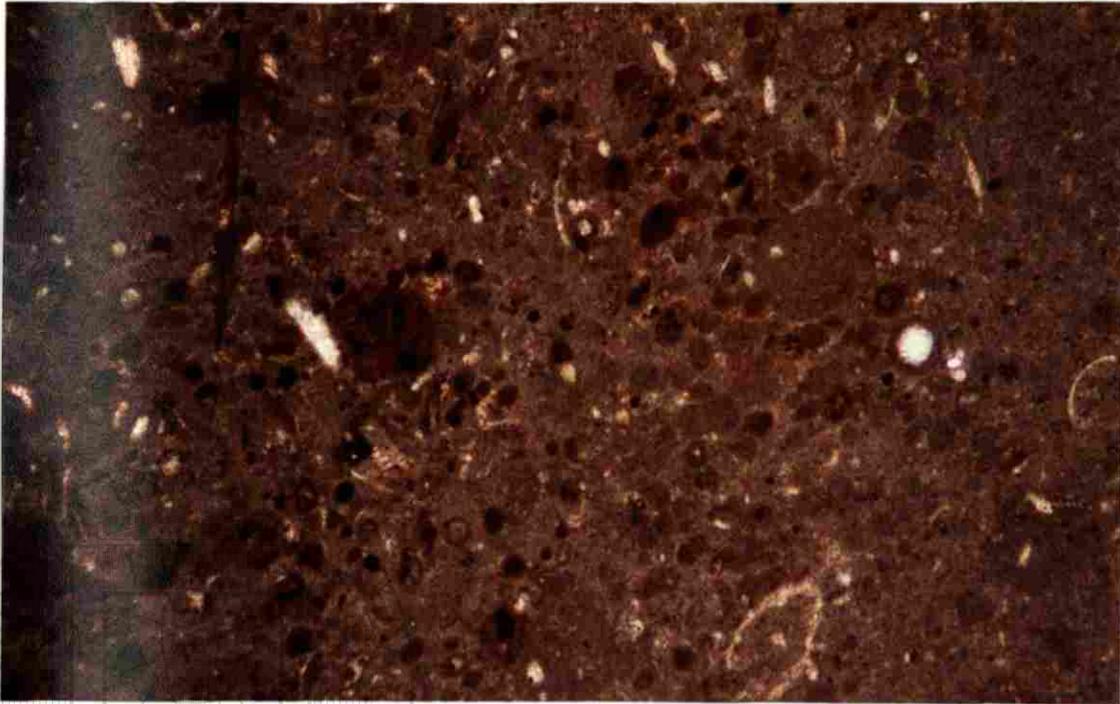
Zona de Facies: equivale a la facies 3.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se coloca en un ambiente de pendiente suave, tipo 3.

Interpretación: las unidades 14 (zona de transición 1-2) y 15 (zona 1) muestran las características de las facies que progradan hacia cuenca. En tanto esta unidad y la Unidad 13 se ubican en la zona de plataforma somera interna, en profundidades más someras que las anteriormente descritas, con condiciones de oxigenación y circulación normales que permiten la actividad de biota bentónica.

Esta sección expone clastos subredondeados característicos de estos ambientes los cuales son derivados de arriba de la pendiente.

Lámina 26



Micrografía 51. Sección delgada LY-127 Cu. "Mudstone"- "wackestone" con bioclastos envueltos en pellets. Alto contenido de óxido de hierro. (x 2.5)



Micrografía 52. Sección delgada LY-128 Cu. "Mudstone". Fragmentos de diversos bioclastos mezclados con litoclastos. (x 2.5)

Unidad 17

(Sección delgada LY-129 Cu)

Láminas: 27, 28

Sección delgada LY-129 Cu. Micrografías: 54, 55

Litología y estructuras sedimentarias: estrato con estructuras de carga.

Estratificación: único estrato que mide 2.50 m.

Textura deposicional: "packstone" con peloides y escasos bioclastos envueltos en pelets. Esta unidad muestra tendencia hacia el cemento esparítico.

Biota: restos principalmente de conchas de ostrácodos, posibles algas, radiolarios, briozoarios, foraminíferos bentónicos y planctónicos, además de pelets.

Granos detríticos: presencia de oncoides y clastos.

Componentes mineralógicos: ausencia de estos componentes.

Zona de Facies: se ubica en la ZF-6, es decir, la zona atrás de los arrecifes.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): puede ser considerada como SMF 16 caracterizada por aguas someras con moderada circulación del agua (F-7, F-8), como SMF 22 que determina un ambiente de agua tranquila y somera (F-6, backreef), o bien como SMF 11 perteneciente a áreas con constante acción de las olas.

Interpretación: esta sección se ubica aproximadamente a 215 m de distancia considerando los casi 100 m en donde no se realizó el muestreo (ver apartado 11.- PERFIL LITOLÓGICO)

Las características texturales y deposicionales difieren grandemente de todas las unidades que le preceden.

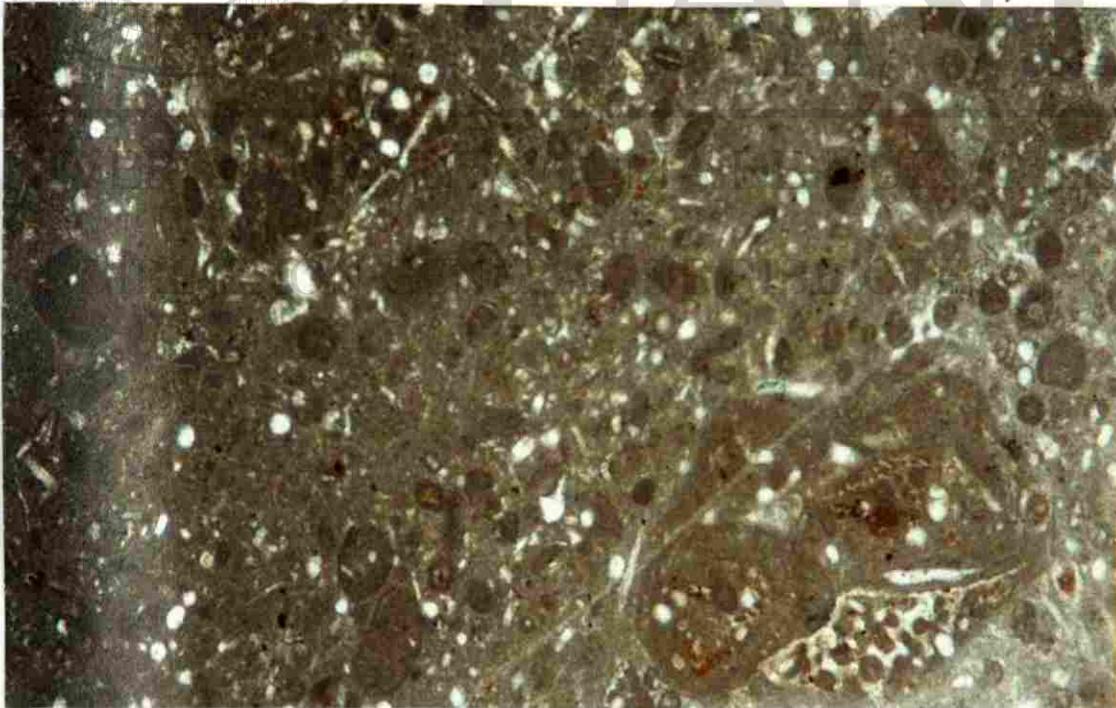
Estos capas se depositaron en aguas generalmente someras. La presencia de oncoides indica sedimentos de aguas quietas, encontrados típicamente en bordes de lagunas o en plataformas someras.

Comparando esta unidad con la que antecede indica un retroceso significativo en el nivel del mar de una facies del margen profundo de la plataforma o cuenca a una zona atrás del arrecife dentro del cinturón de facies estándar.

Lámina 27



Micrografía 53. Sección delgada LY-128 Cu. "Mudstone" con biógenos y clastos. (x 2.5)



Micrografía 54. Sección delgada LY -129 Cu. "Packstone" con bioclastos envueltos en pelets. (x 2.5)

Unidad 18

(Secciones delgadas LY-130 Cu hasta LY-132 Cu)

Láminas: 28, 29

Sección delgada LY-130 Cu. Micrografías: 56, 57

Láminas: 29, 30

Sección delgada LY-132 Cu. Micrografías: 58, 59

Litología y estructuras sedimentarias: presencia de pedernal de color negro, paralelo a la estratificación.

Estratificación: estratos que miden de 1.60 hasta 2.60 m.

Textura deposicional: "mudstone" con fragmentos de bioclastos.

Biota: esta representada por conchas de ostrácodos, radiolarios, espículas de esponja, briozoarios, pelets y foraminíferos.

Granos detríticos: el aporte de litoclastos se reduce drásticamente para esta unidad.

Componentes mineralógicos: escasas manchas de óxido de hierro.

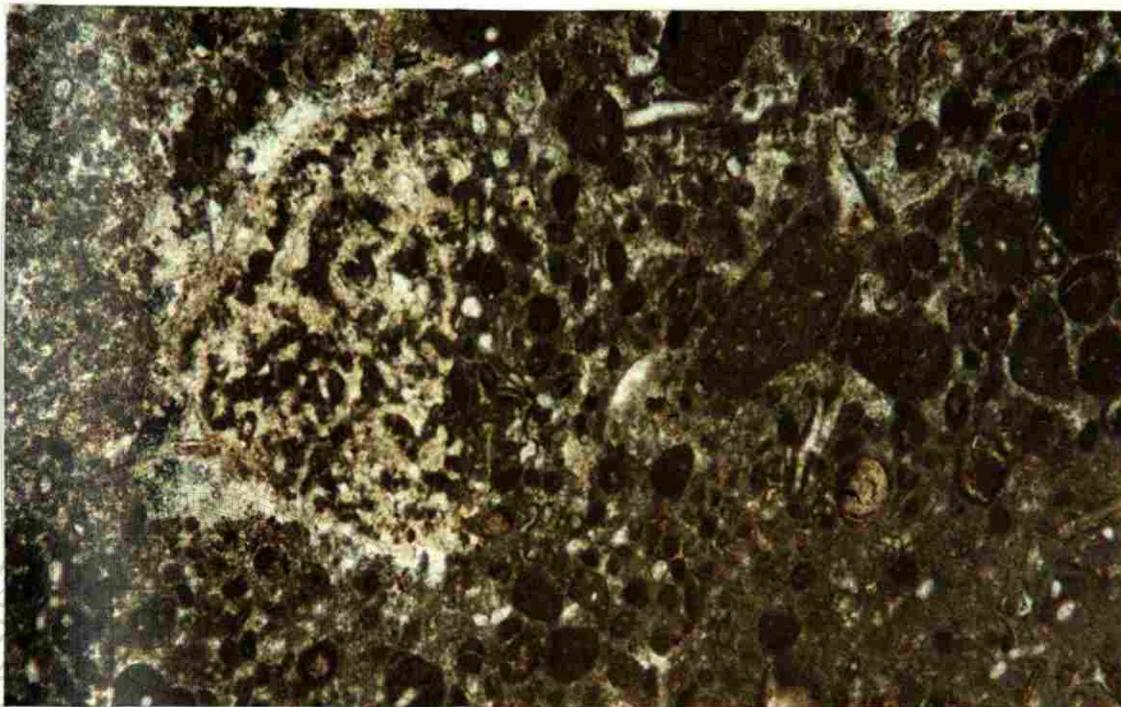
Zona de Facies: esta sección equivale a la facies 1 - 2.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se ubica en ambiente poco profundo, con circulación abierta y bien oxigenada, tipo 9.

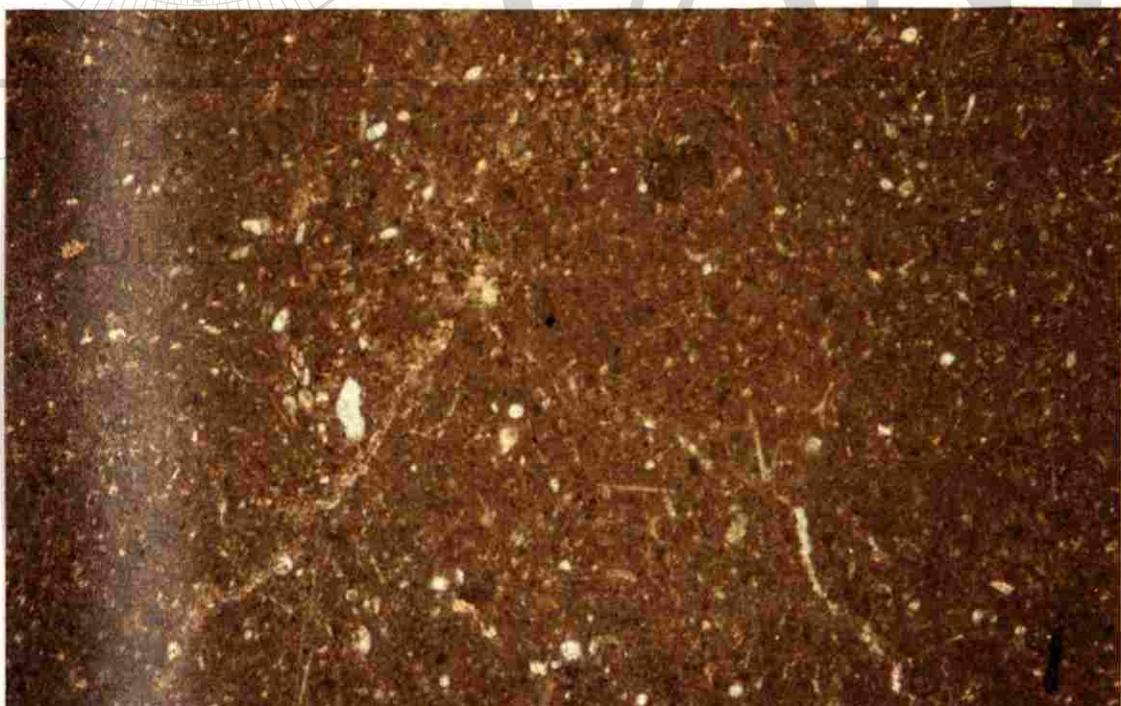
Interpretación: pertenece a una zona subtidal con transición de la facies 1 a la 2, determinada por la fragmentación de la biota, específicamente de conchas de ostrácodos que muestran una cierta orientación (ver sección delgada LY-132 Cu, micrografía 58) y el contenido en pelets como producto de la bioturbación. La orientación puede deberse a una posible paleocorriente.

Al compararse con la unidad anteriormente descrita, el contenido en bioclastos difiere en forma importante como resultado en el aumento del nivel del agua, ubicando a esta sección en una zona más profunda no más de los 100 m.

Lámina 28



Micrografía 55. Sección delgada LY-129 Cu. "Packstone" con abundantes pelets y peloides, partículas características de esta unidad. (x 2.5)



Micrografía 56. Sección delgada LY -130 Cu. "Mudstone" con bioclastos recristalizados. (x 2.5)

Lámina 29



Micrografía 57. Sección delgada LY-130 Cu. "Mudstone" con foraminíferos y radiolarios bien conservados. (x 2.5)



Micrografía 58. Sección delgada LY-132 Cu. "Mudstone". Foraminíferos, placas de briozoarios, conchas de ostrácodos y pelets. (x 2.5)

Unidad 19

(Secciones delgadas LY-133 Cu hasta LY-137 Cu)

Lámina: 30

Sección delgada LY-133 Cu. Micrografía: 60

Lámina: 31

Sección delgada LY-134 Cu. Micrografía: 61

Sección delgada LY-136 Cu. Micrografía: 62

Litología y estructuras sedimentarias: estratos con pedernal.

Estratificación: los estratos miden entre 85 cm hasta 4 m.

Textura deposicional: se clasifica como "mudstone"- "wackestone" pelágico.

Biota: restos de radiolarios, espículas de esponjas y conchas de ostrácodos, así como placas de briozoarios, gasterópodos, pelets y foraminíferos.

Granos detríticos: mayor cantidad de clastos y posibles microgalerías.

Componentes mineralógicos: escaso contenido de óxido de hierro.

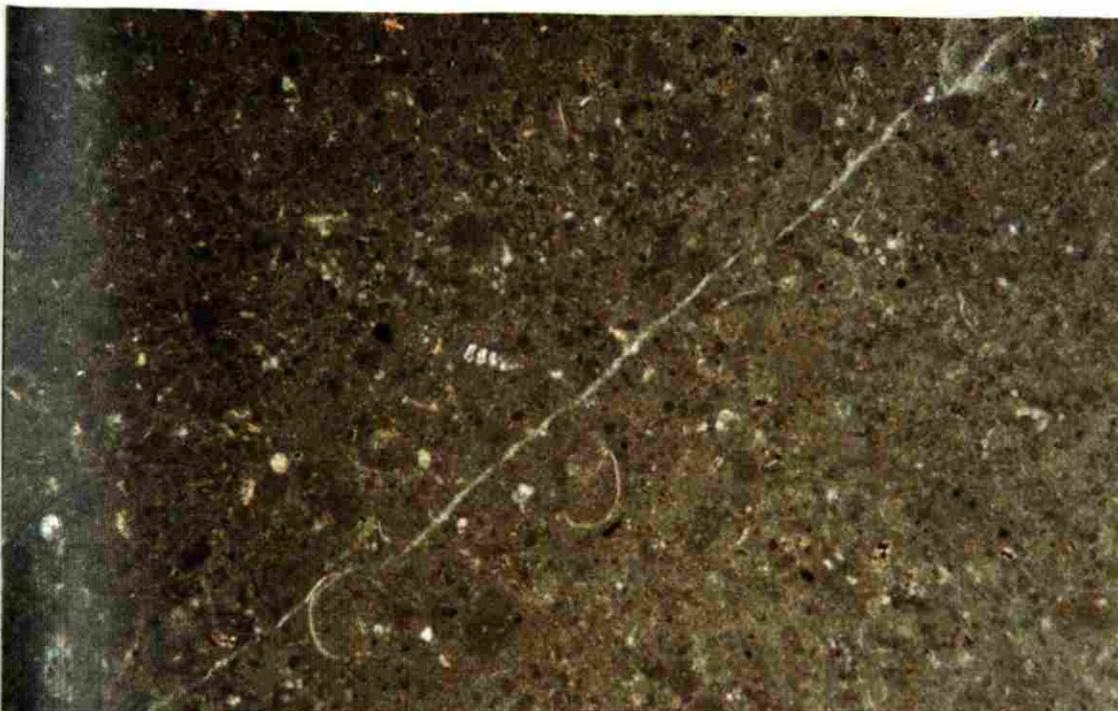
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se ubica en un ambiente de cuenca, tipo 3.

Zona de Facies: corresponde a una facies 1.

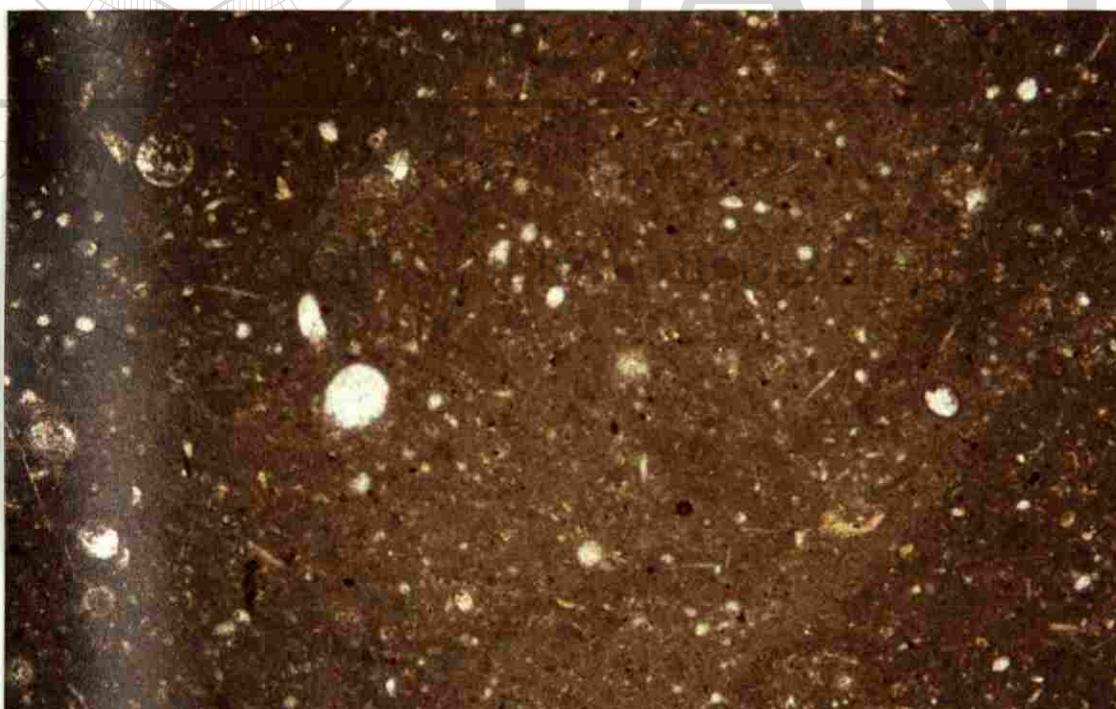
En la sección delgada LY-136 Cu (ver micrografía 62) se puede distinguir una diferencia en la tasa de sedimentación, que se manifiesta con la presencia de una banda constituida por componentes esqueléticos como radiolarios y espículas de esponjas, en tanto el resto de la lámina esta conformada por pelets.

Interpretación: esta unidad contiene microfósiles pelágicos como radiolarios que indican un ambiente de cuenca restringida sin circulación y sin oxígeno es decir euxínica, sin embargo hacia el techo de esta unidad (ver sección delgada LY-136 Cu, micrografía 62), los depósitos son de regiones más someras característicos de una facies transicional 1-2 perteneciente a la Unidad 18. Es importante mencionar que esta sección delgada comparte afinidad con la lámina LY-127 Cu (ver micrografía 50) que pertenece a la Unidad 15, por lo que se considera que se dieron en las mismas condiciones deposicionales.

Lámina 30

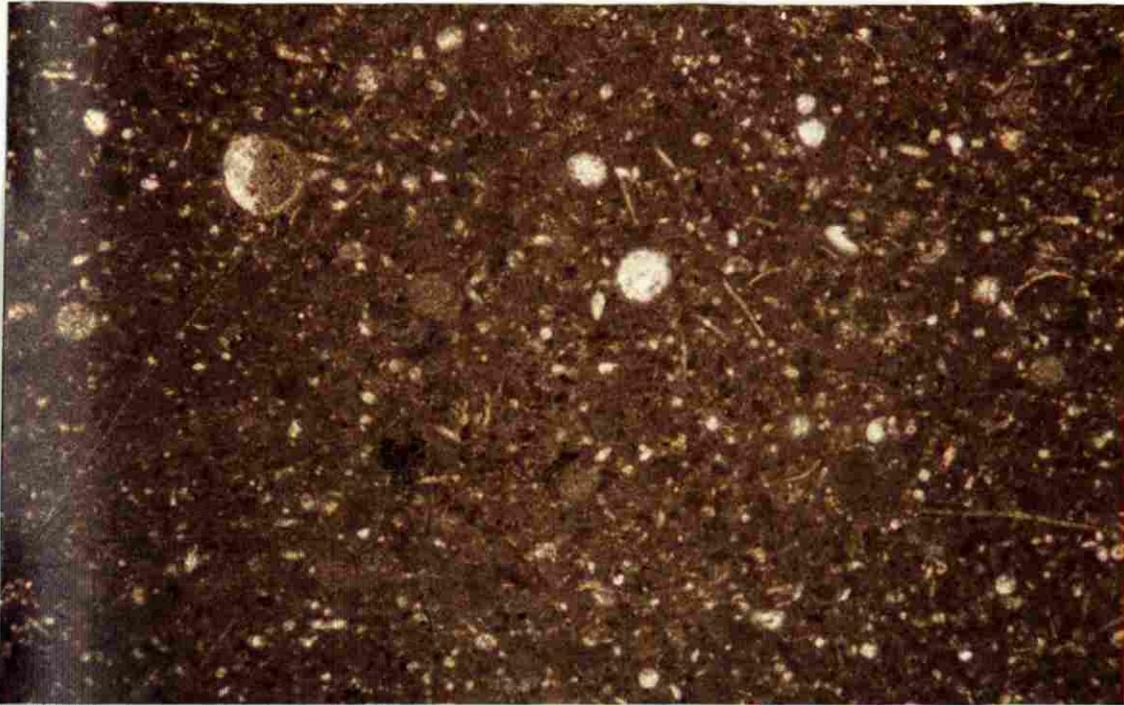


Micrografía 59. Sección delgada LY-132 Cu. "Mudstone" con escasos bioclastos.
(x2.5)



Micrografía 60. Sección delgada LY-133 Cu. "Mudstone"-"wackestone" pelágico.
(x2.5)

Lámina 31



Micrografía 61. Sección delgada LY-134 Cu. "Mudstone"- "wackestone" pelágico con abundantes radiolarios y espículas de esponjas. (x 2.5)



Micrografía 62. Sección delgada LY-136 Cu. "Mudstone"- "wackestone" donde se observa una diferencia en la tasa de sedimentación. (x 2.5)

Unidad 20

(Sección delgada LY-138 Cu hasta LY-140 Cu)

Lámina: 32

Sección delgada LY-138 Cu. Micrografía: 63

Láminas: 32, 33

Sección delgada LY-139 Cu. Micrografías: 64, 65

Lámina: 33

Sección delgada LY-140 Cu. Micrografía: 66

Litología y estructuras sedimentarias: estratos con gran cantidad de estilolitas y rellenos de calcita, así como pedernal.

Estratificación: los estratos fluctúan entre los 50 y 80 cm.

Textura deposicional: "mudstone".

Biota: mayor cantidad de conchas de ostrácodos, radiolarios y espículas de esponjas, en menor proporción placas de briozoarios, pelets y foraminíferos.

Granos detríticos: presencia de litoclastos.

Componentes mineralógicos: presencia de óxido de hierro.

Zona de Facies: esta sección corresponde a la facies 1-2.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se coloca de un ambiente profundo de cuenca a una zona más somera de plataforma.

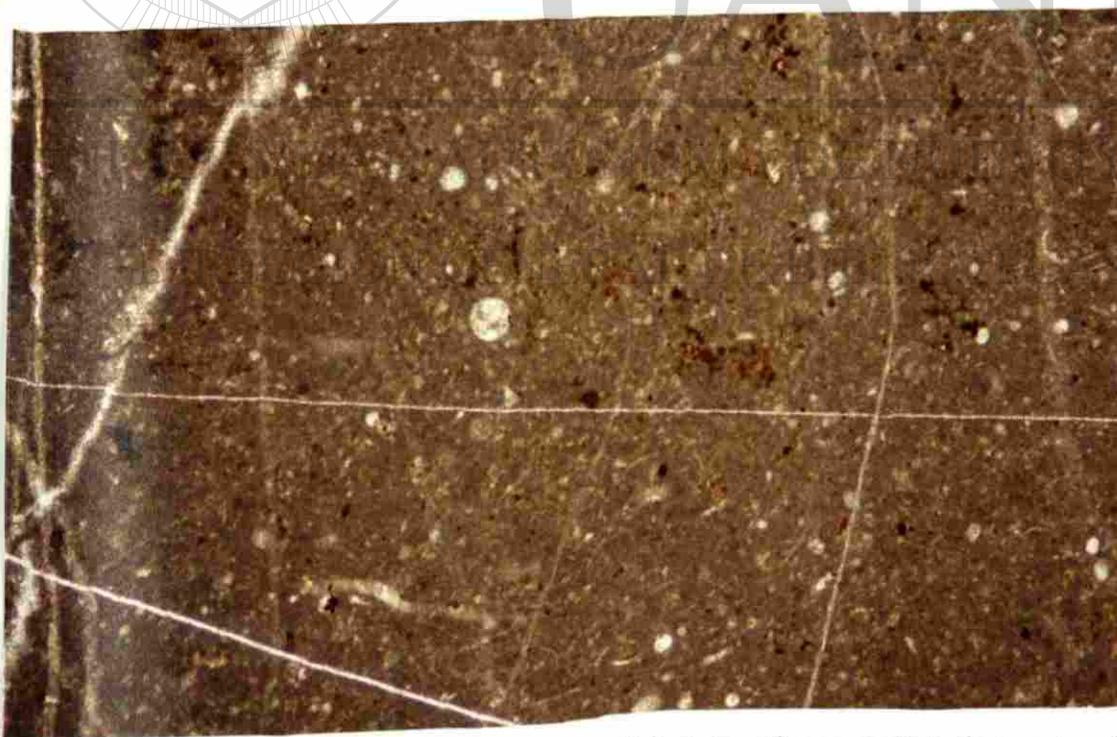
Interpretación: los componentes de la sección delgada LY-140 Cu (ver micrografía 66), contrastan con el resto de la biota de esta unidad en cuanto a tamaño, sin embargo presentan mezcla de organismos pelágicos y bentónicos, por lo que se juzga que se dieron en las mismas condiciones deposicionales referidas para las Unidades 14 y 18 previamente descritas y con las que se compara.

Los sedimentos de la Unidad 17 pertenecen a una ZF 6. La Unidad 18 corresponde a la ZF 1-2. En cuanto a la Unidad 19 considerada como facies 1. La secuencia de estos depósitos progresa hacia la cuenca.

Lámina 32

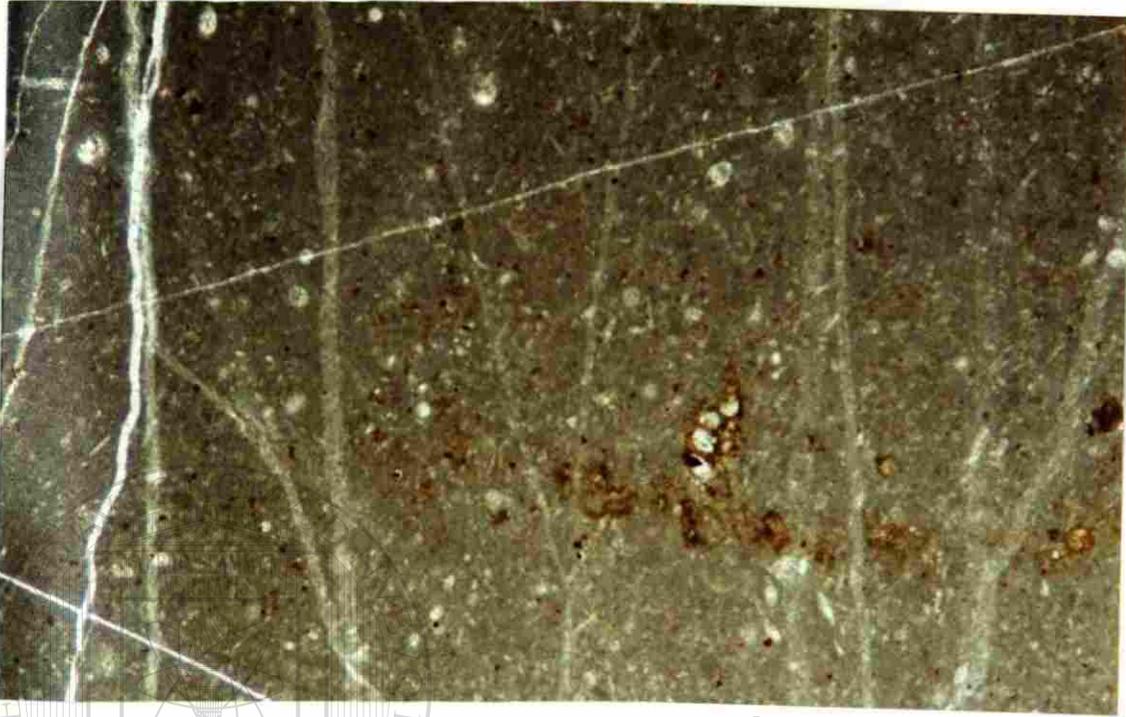


Micrografía 63. Sección delgada LY-138 Cu. "Mudstone" micrítico con biógenos, recristalizados. (x 2.5)

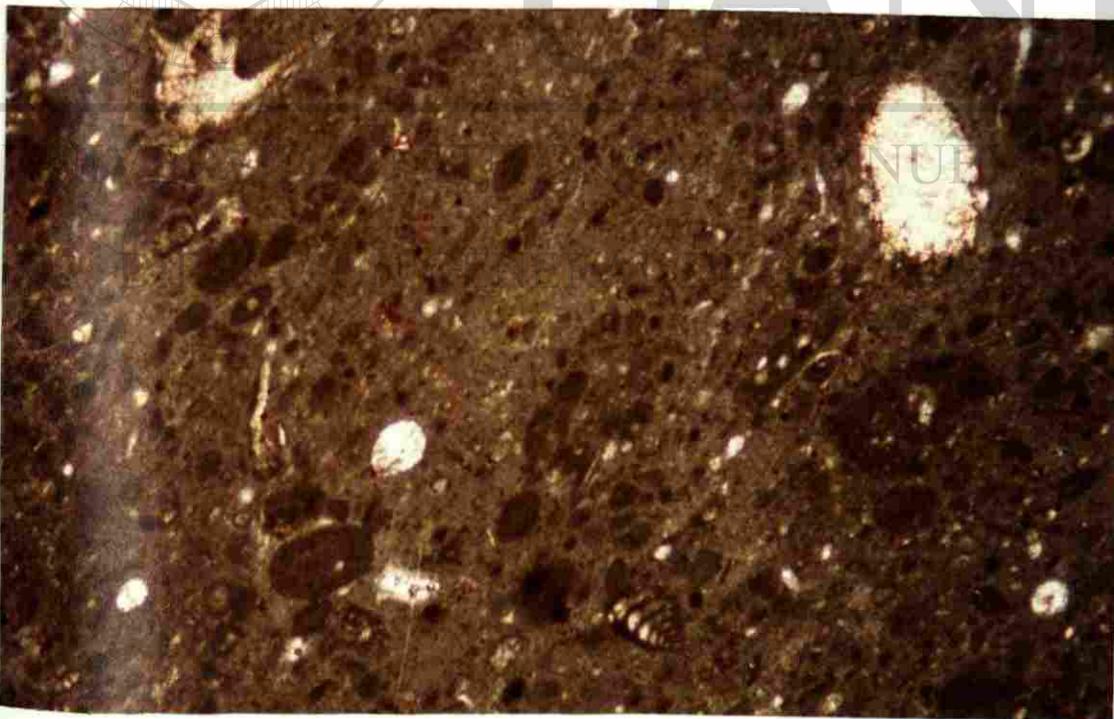


Micrografía 64. Sección delgada LY-139 Cu. "Mudstone" con radiolarios, además se observan manchas de óxido de hierro. (x 2.5)

Lámina 33



Micrografía 65. Sección delgada LY-139 Cu. "Mudstone" con radiolarios. (x 2.5)



Micrografía 66. Sección delgada LY-140 Cu. "Mudstone"-"wackestone" con bioclastos envueltos en pellets. Alto contenido de óxido de hierro. (x 2.5)

Unidad 21

(Secciones delgadas LY-141 Cu hasta LY-146 Cu)

Lámina: 34

Sección delgada LY-141 Cu. Micrografías: 67, 68

Lámina: 35

Sección delgada LY-146 Cu. Micrografía: 69

Litología y estructuras sedimentarias: estratos con estilolitas, rellenos de calcita, así como nódulos de pedernal en forma abundante. El estrato marcado como LY-142 Cu, contiene estructuras de carga en la base y es a partir de esta unidad donde se observa marcada reducción en la potencia de los estratos.

Estratificación: los estratos miden entre 25 cm y 2.20 m.

Textura deposicional: "mudstone".

Biota: los bioclastos de esta unidad son radiolarios, espículas de esponjas, conchas de ostrácodos, placas de briozoarios, espinas de equinodermos, gasterópodos y foraminíferos, además de pelets envueltos en bioclastos.

Granos detríticos: reducida cantidad de litoclastos.

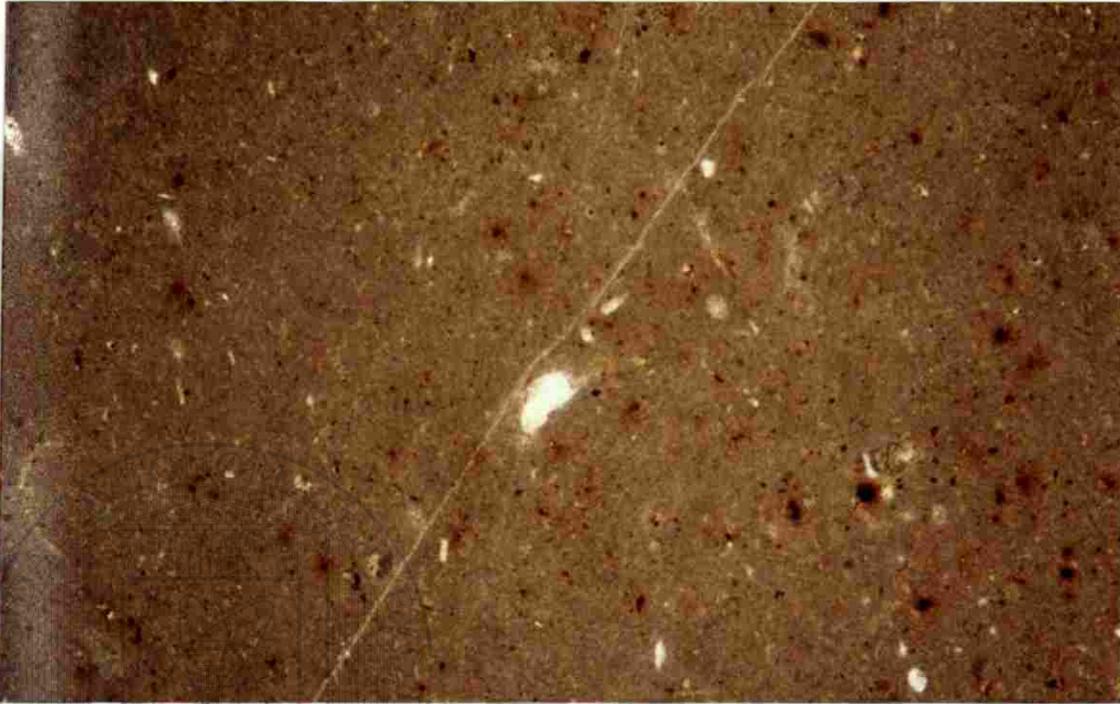
Componentes mineralógicos: observación tanto microscópicamente como a simple vista de óxido de hierro en forma de manchas.

Zona de Facies: por las características deposicionales se considera ZF 1-2.

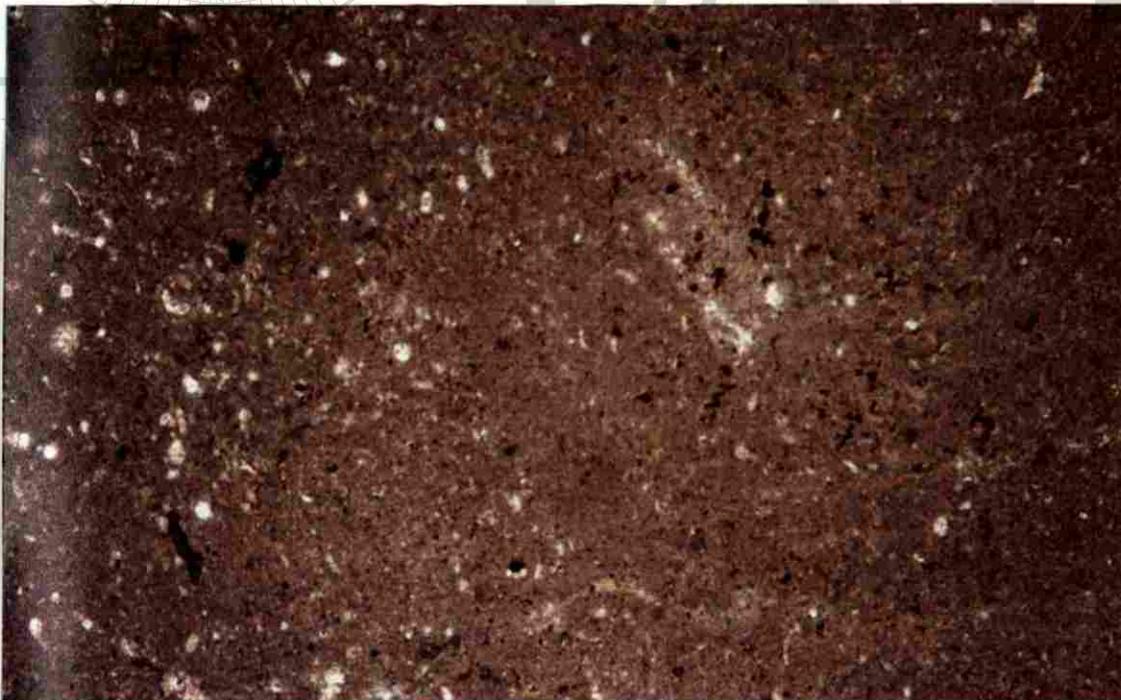
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se coloca al igual que la unidad anterior en un ambiente profundo de cuenca a una zona más somera de plataforma. Se considera como fase transicional, tipo 9.

Interpretación: debido a la textura deposicional y al tipo de componentes esqueléticos, esta unidad y la que le antecede se consideran iguales colocándolas en un ambiente subtidal somero con buena oxigenación evidenciada por la bioturbación que ambas unidades muestran hacia el techo. Por el alto contenido de óxido de hierro puede tratarse de una cuenca aislada.

Lámina 34



Micrografía 67. Sección delgada LY-141 Cu. "Mudstone" con alto contenido de óxido de hierro. (x 2.5)



Micrografía 68. Sección delgada LY-141 Cu. "Mudstone" con bioclastos recristalizados. Alto contenido de óxido de hierro. (x 10)

Unidad 22

(Secciones delgadas LY-147 Cu hasta LY-149 Cu)

Láminas: 35, 36

Sección delgada LY-148 Cu. Micrografías: 70, 71

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris oscuro en superficie cuyos estratos tienen estructuras de carga en la base.

Estratificación: los espesores de las capas son de 50 cm hasta 1.10 m

Textura deposicional: "mudstone".

Biota: está compuesta por escasos bioclastos como: radiolarios, conchas de ostrácodos, gasterópodos, briozoarios, foraminíferos, pelets, espinas de equinodermos y espículas de esponjas.

Granos detríticos: escasos litoclastos.

Componentes mineralógicos: escasa es la presencia de óxido de hierro.

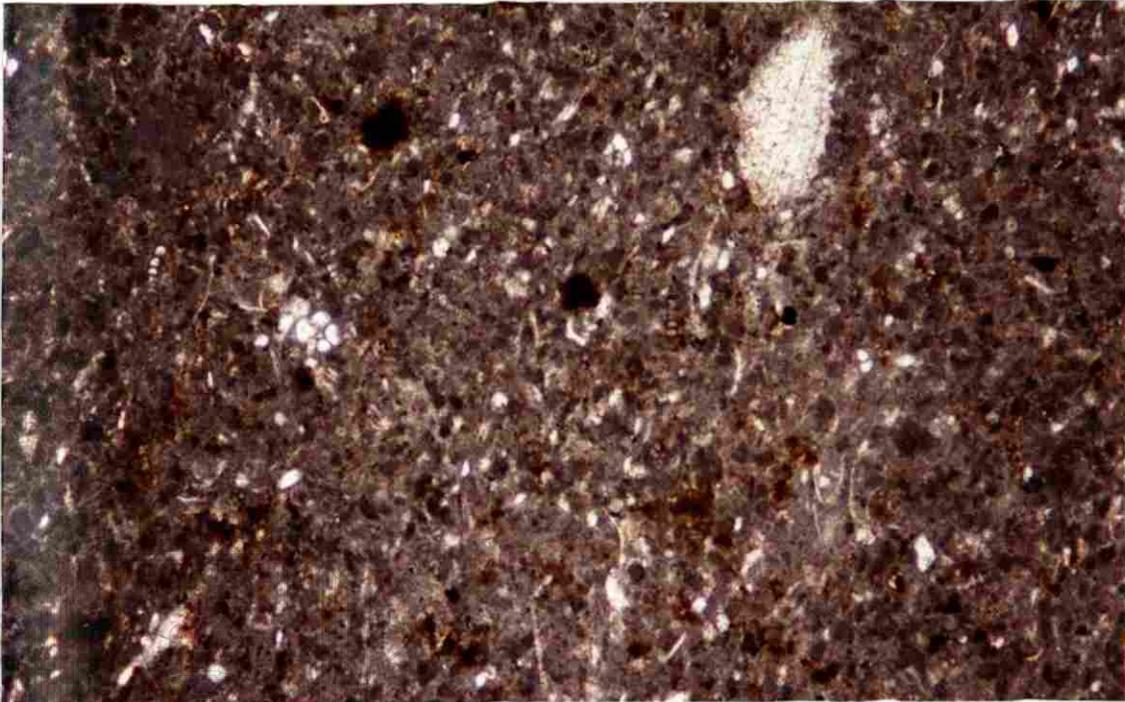
Zona de Facies: esta sección equivale a las ZF 6-7.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se puede considerar como un SMF 10 por contener bioclastos angulosos, es decir desgastados, se ubica en una ZF-7 e indica inversión textural, o bien SMF 9 definida como micrita bioclástica y corresponde a aguas someras con circulación abierta o justo debajo de la base de las olas.

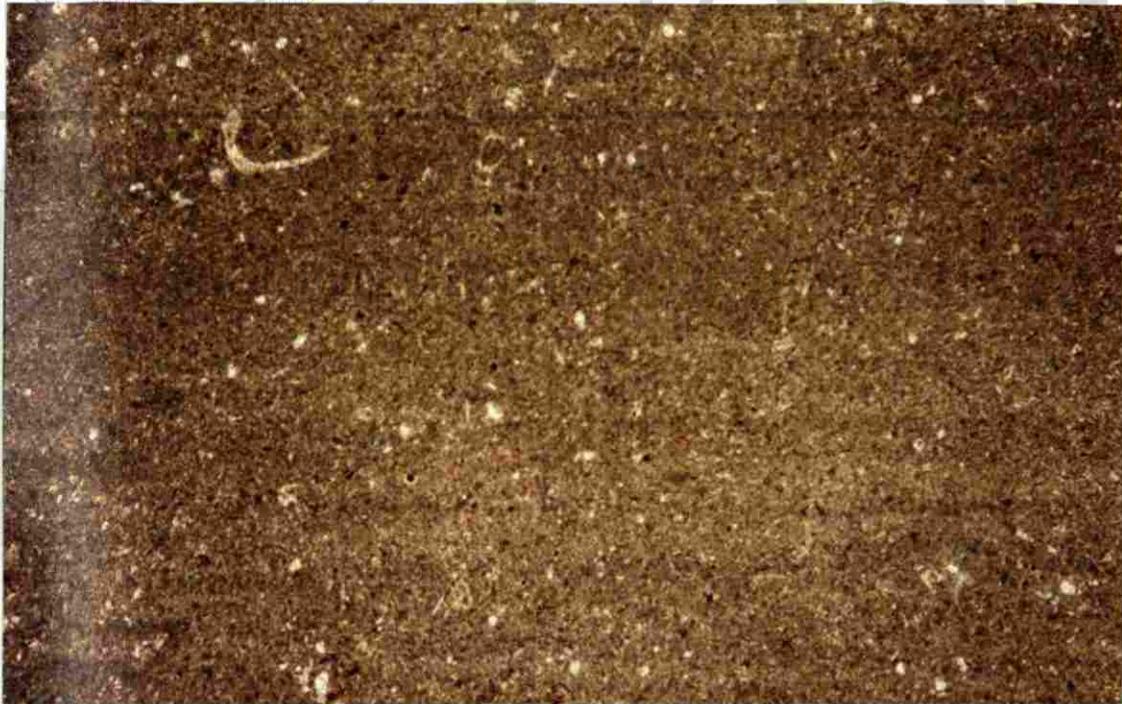
Interpretación: para ubicar a esta unidad en las ZF 6-7, se tomo en consideración los pocos bioclastos que existen en las secciones y la litología por lo que Wilson define a la facies 7 como aquella que contiene sedimentos de carbonatos variables y clásticos terrígenos.

Pero también se puede colocar en una facies de cuenca profunda (tipo 1) a varios cientos de metros o bien en áreas de la cuenca más restringidas con poco oxígeno y sin circulación.

Lámina 35



Micrografía 69. Sección delgada LY-146 Cu. "Mudstone" con diversidad en biógenos. Alto contenido en óxido de hierro. (x 2.5)



Micrografía 70. Sección delgada LY -148 Cu. "Mudstone" con alto contenido de litoclastos. (x 2.5)

Unidad 23

(Secciones delgadas LY-150 Cu hasta LY-158 Cu)

Láminas: 36, 37

Sección delgada LY-150 Cu. Micrografías: 72, 73

Lámina: 37

Sección delgada LY-155 Cu. Micrografía: 74

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris oscuro que presentan escasos nódulos de pedernal.

Estratificación: estratos que miden de 50 cm hasta 2.15 m.

Textura deposicional: "mudstone"- "wackestone".

Biota: bioclastos de conchas de ostrácodos, radiolarios, foraminíferos, espículas de esponjas y placas de briozoarios, además de pelets envolviendo bioclastos.

Granos detríticos: alto porcentaje de materia orgánica.

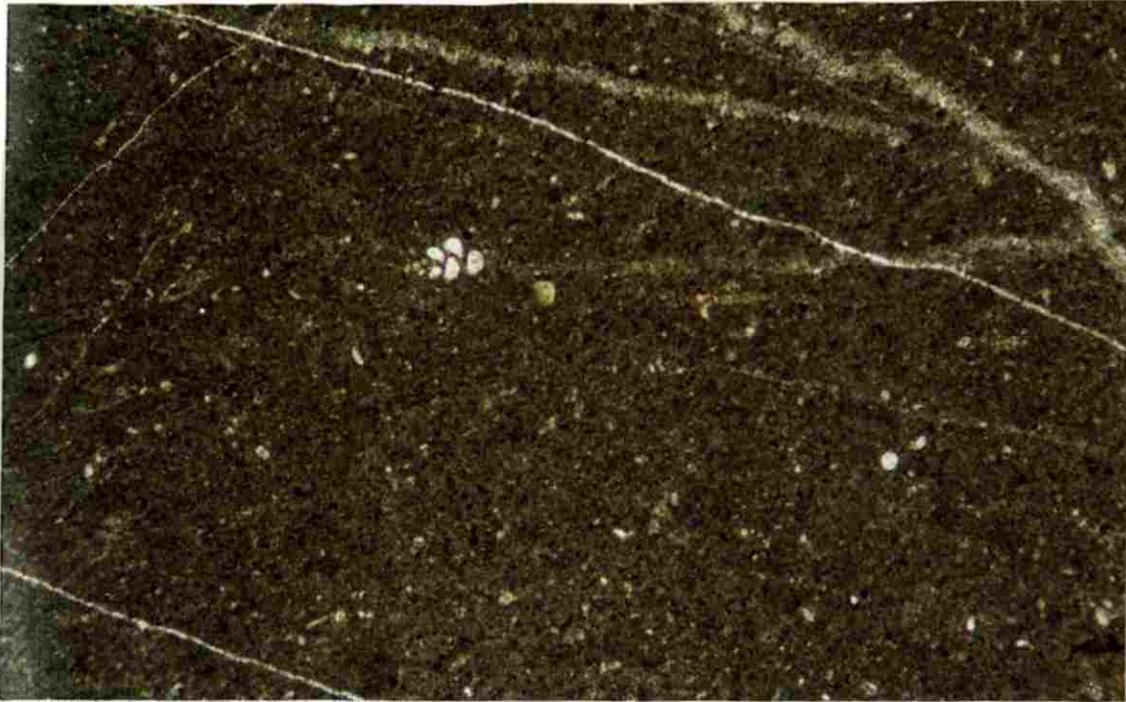
Componentes mineralógicos: escasa presencia de óxido de hierro en forma de manchas.

Zona de Facies: esta sección equivale a la facies 2.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se considera SMF 10, pues contiene bioclastos envueltos y corresponde a una zona nerítica profunda.

Interpretación: esta unidad muestra una diversidad en organismos, así como un alto contenido en pelets, por los que se considera que estos depósitos pertenecen a la plataforma marina abierta situada por encima del nivel de oxigenación igual que la Unidad 10.

Lámina 36

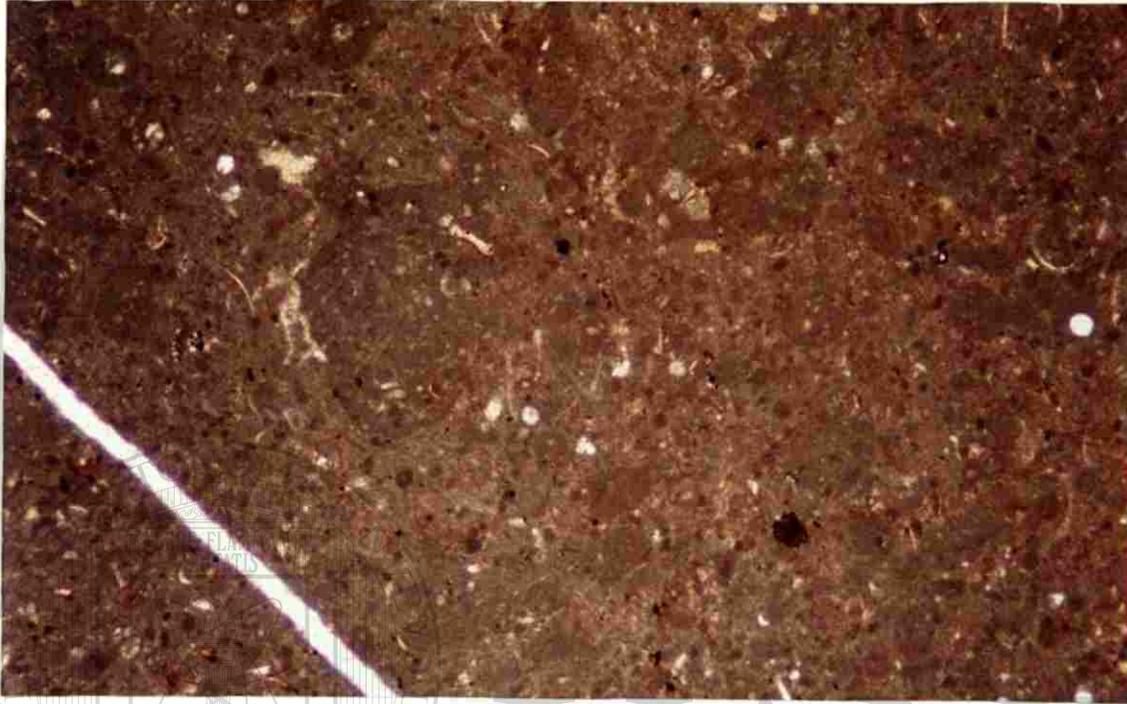


Micrografía 71. Sección delgada LY-148 Cu. "Mudstone" con bioclastos pequeños. Alto contenido en litoclastos. (x 2.5)

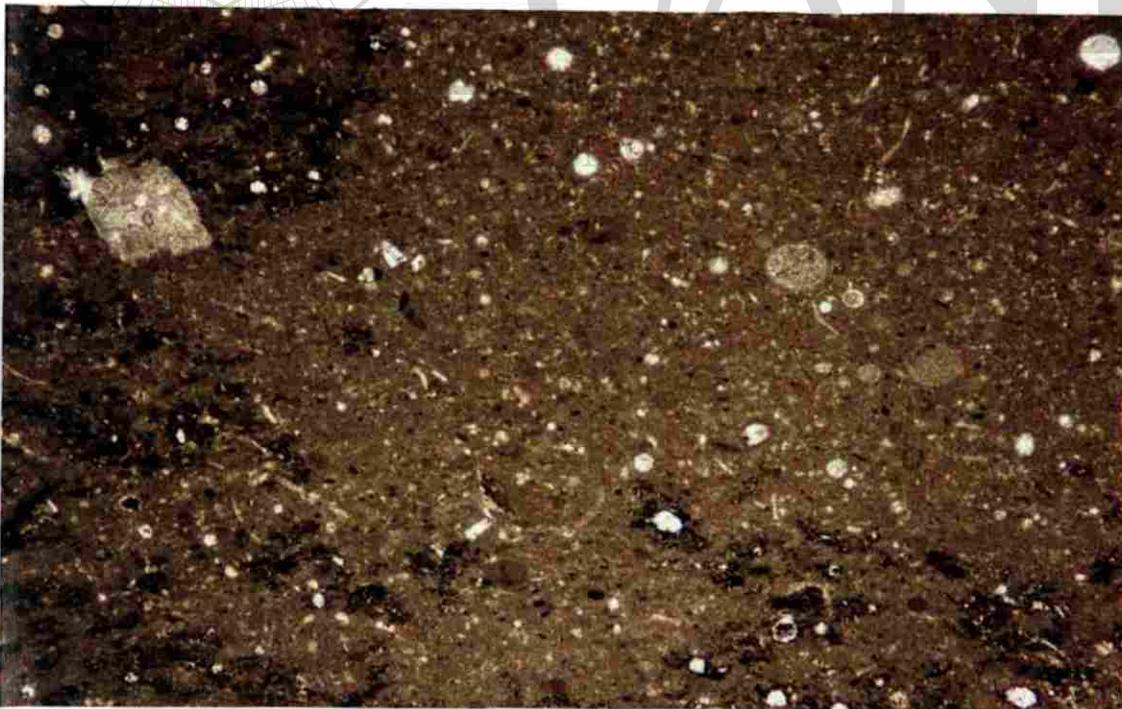


Micrografía 72. Sección delgada LY -150 Cu. "Wackestone" con conchas de ostrácodos y alto contenido en pelets. (x 2.5)

Lámina 37



Micrografía 73. Sección delgada LY-150 Cu. "Mudstone"- "wackestone" con alto contenido en pelets y peloides. (x 2.5)



Micrografía 74. Sección delgada LY-155 Cu. "Mudstone"- "wackestone" con microfósiles pelágicos: radiolarios y conchas de ostrácodos. Alto contenido en materia orgánica. (x 2.5)

Unidad 24 (Sección delgada LY-159 Cu)

Láminas: 38, 39

Sección delgada LY-159 Cu. Micrografías: 75, 76, 77

Litología y estructuras sedimentarias: estrato con abundantes estilolitas.

Estratificación: único estrato que mide 2.60 m. No obstante, dentro de este estrato cae también la sección delgada LY-160 Cu.

Textura deposicional: "packstone" con fragmentos de clastos densamente empaquetado.

Biota: foraminíferos, espinas de equinodermo, briozoarios y posibles algas.

Granos detríticos: abundantes litoclastos subredondeados de diferente granulometría.

Componentes mineralógicos: ausencia de óxido de hierro.

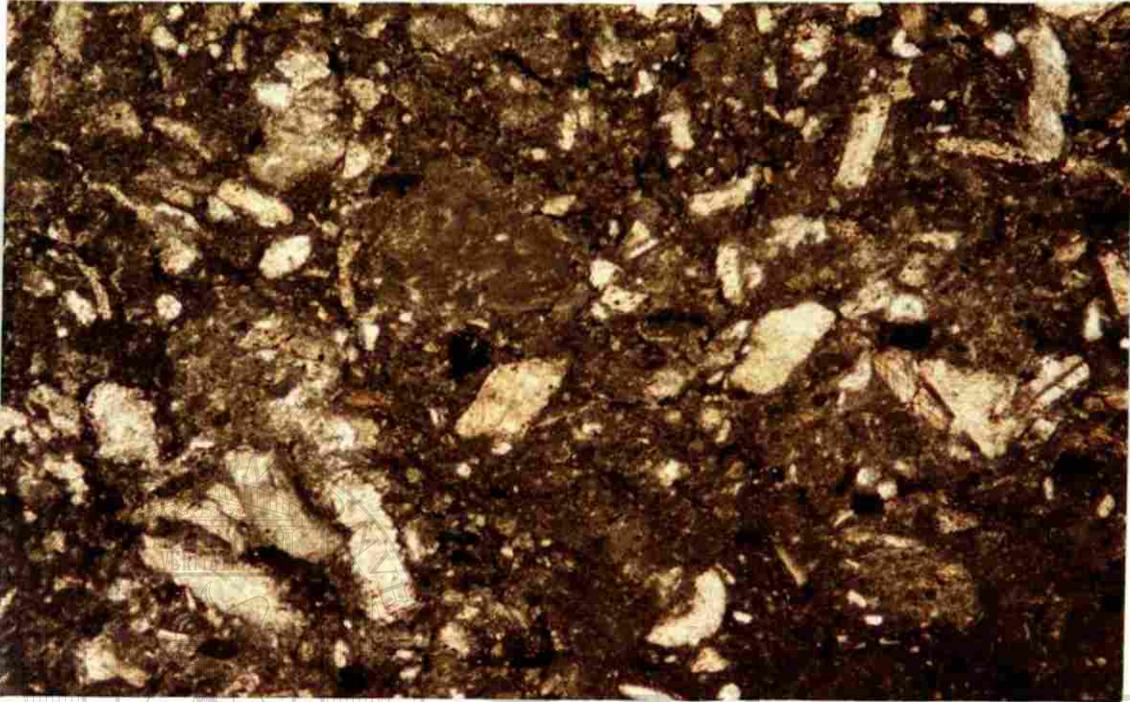
Zona de Facies: se considera una facies 4 perteneciente al talud de la plataforma.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): por contener bioclastos derivados de los habitantes y constructores arrecifales, se coloca a esta unidad en la facies del flanco arrecifal, tipo 5.

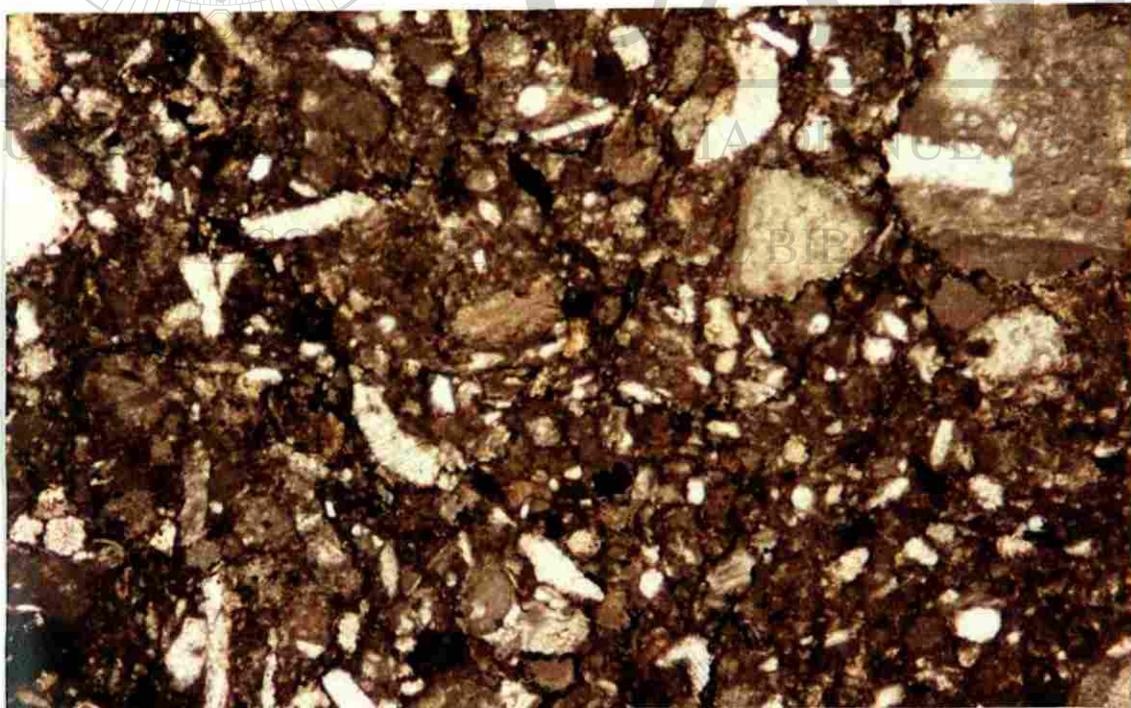
Es significativo mencionar que la sección delgada LY-159 Cu (ver micrografía 75), fue tomada en la base del estrato y los aspectos texturales y biota difieren grandemente de la sección delgada LY-160 Cu (ver Unidad 25, micrografía 78) que se tomó hacia el techo del mismo, por lo que determina dos unidades totalmente diferentes.

Interpretación: por los cambios observados en los granos, los sedimentos de esta unidad posiblemente se depositaron en una zona de alta energía, más somera que la unidad anteriormente referida, básicamente por debajo de la base normal de las olas. Esto queda evidenciado por la desigualdad del tamaño en los clastos y lo sub-redondeado de su aspecto.

Lámina 36



Micrografía 75. Sección delgada LY-159 Cu. "Packstone" con alto contenido en litoclastos en cemento esparítico. (x 2.5)



Micrografía 76. Sección delgada LY-159 Cu. "Packstone" con fragmentos de clastos densamente empaquetados. (x 2.5)

Unidad 25

(Secciones delgadas LY-160 Cu hasta LY-161 Cu)

Lámina: 39

Sección delgada LY-160 Cu. Micrografía: 78

Lámina: 40

Sección delgada LY-161 Cu. Micrografías: 79, 80

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris oscuro con abundantes estilolitas y pedernal paralelos a la estratificación.

Estratificación: estratos que miden entre 1.10 y 2.60 m.

Es importante recordar que las secciones delgadas LY-159 Cu y LY-160 Cu, caen dentro del mismo estrato que mide 2.60 m.

Textura deposicional: esta unidad se clasifica como "wackestone" pelágico.

Biota: mayor cantidad de radiolarios y espículas de esponjas, menor cantidad de conchas de ostrácodos, foraminíferos, pelets y posibles microgalerías.

Granos detriticos: alto contenido en clastos, sin embargo el tamaño es notablemente menor que en la unidad anteriormente descrita.

Componentes mineralógicos: se observan manchas de óxido de hierro.

Zona de Facies: esta sección equivale a la facies 1 de cuenca.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): zona de cuenca tipo 3.

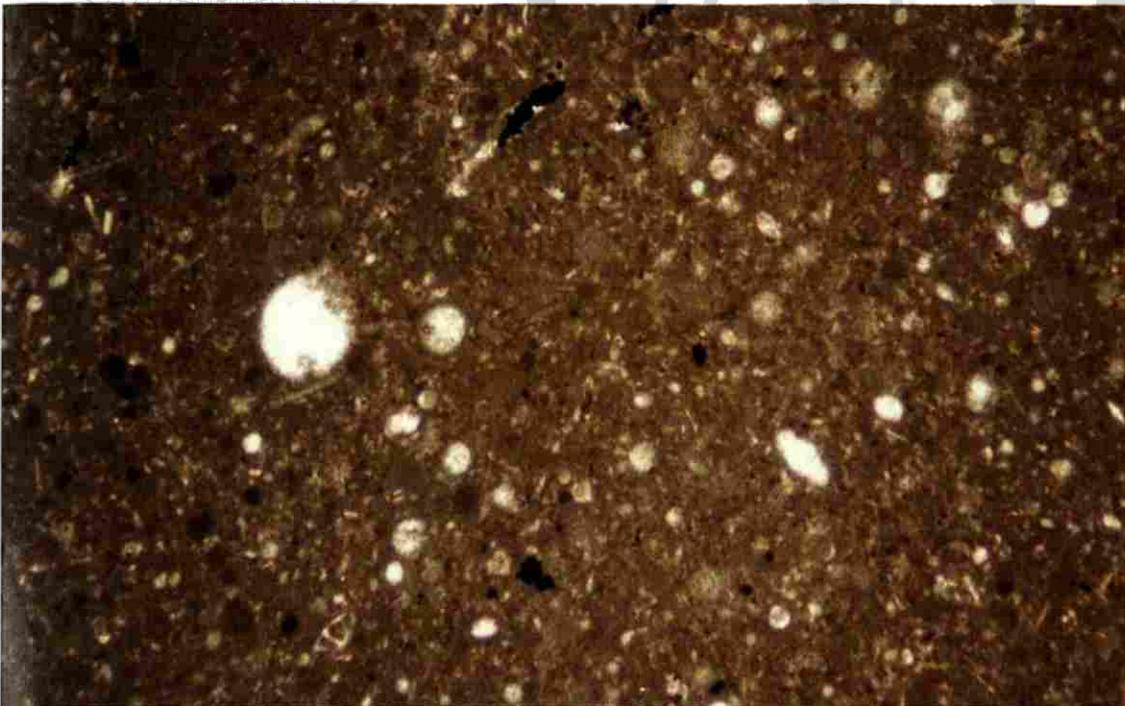
Interpretación: los depósitos de radiolarios son encontrados por debajo del nivel de compensación del oxígeno donde tienden a acumularse. Sin embargo la evidencia de pelets y posibles madrigueras o microgalerías como actividad de fauna bentónica sugiere que esta unidad puede situarse en una fase más somera quizás por debajo de los 100 m.

La Unidad 23 representa una ZF-2, la Unidad 24 una ZF-4 y la unidad analizada una ZF-1, por consiguiente son innegables los cambios del nivel del mar que se marcan con la diferencia de sedimentos. Se considera que esta secuencia determina en primera instancia una disminución del nivel del mar de las Unidades 23 a la 24 y posteriormente una segunda fase señalada por un ascenso en el nivel del mar de las Unidades 24 a la 25.

Lámina 39

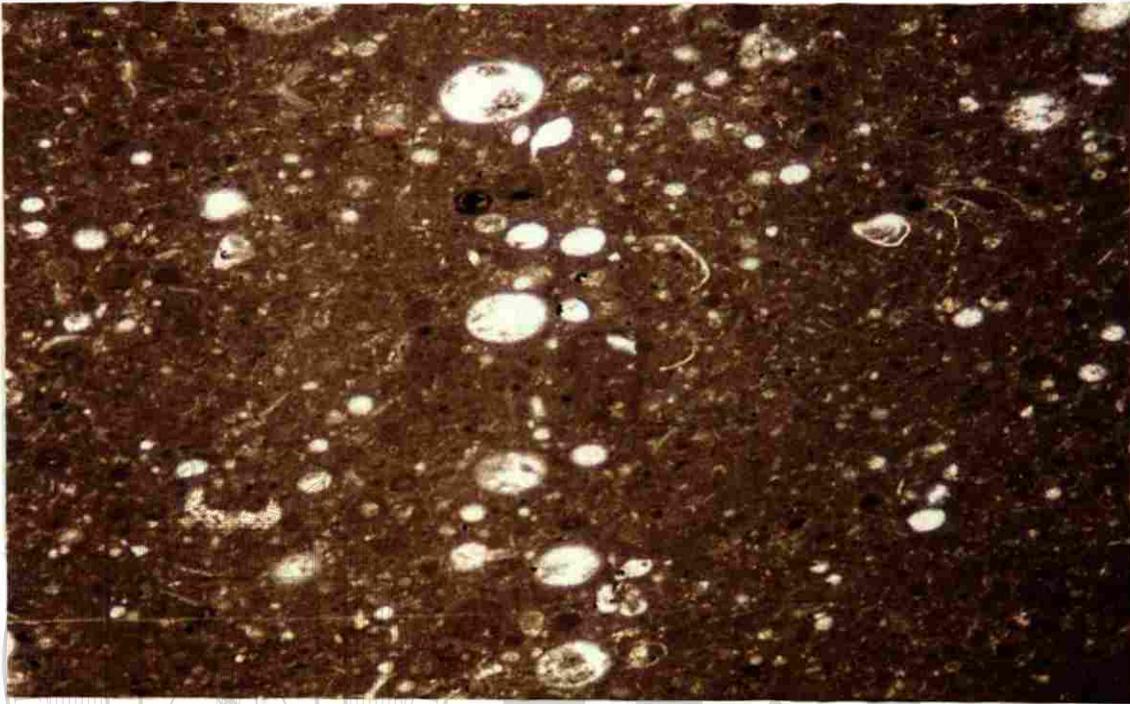


Micrografía 77. Sección delgada LY-159 Cu. "Packstone" con fragmentos de diversos organismos mezclados con litoclastos. (x 2.5)

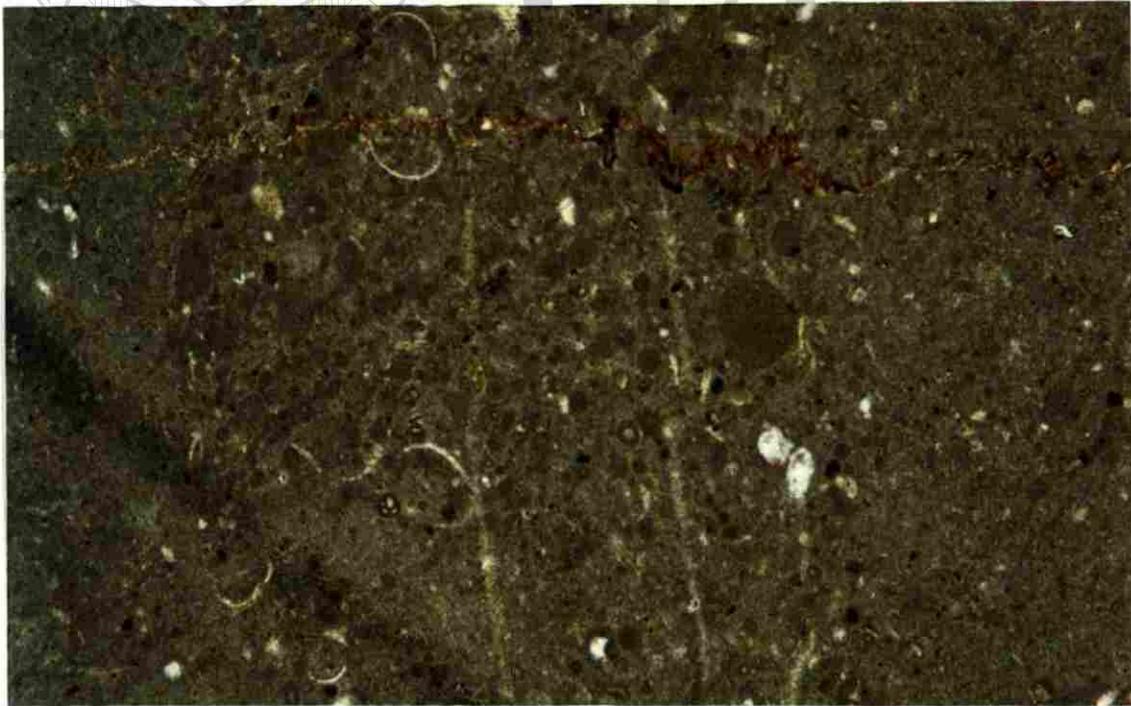


Micrografía 78. Sección delgada LY -160 Cu. "Wackestone" pelágico con gran contenido en radiolarios y espículas de esponjas, además de bandas de óxido de hierro. (x 2.5)

Lámina 40



Micrografía 79. Sección delgada LY-161 Cu. "Wackestone" pelágico. Alto contenido de radiolarios. (x 2.5)



Micrografía 80. Sección delgada LY-161 Cu. "Wackestone" pelágico. Los biógenos de esta unidad son básicamente radiolarios, conchas de ostrácodos y foraminíferos, además de posibles microgalerías. (x 2.5)

Unidad 26

(Secciones delgadas LY-162 Cu hasta LY-163 Cu)

Lámina: 41

Sección delgada LY-162 Cu. Micrografía: 81

Sección delgada LY-163 Cu. Micrografía: 82

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris oscuro con abundantes estilolitas.

Estratificación: único estrato que mide 5 m y donde caen las secciones delgadas LY-162 Cu hasta LY-164 Cu.

Textura deposicional: "wackestone"- "packstone" con gran abundancia de pelets envolviendo bioclastos.

Biota: se observan radiolarios, conchas de ostrácodos, foraminíferos planctónicos y bentónicos, placas de briozoarios y escasas espículas de esponjas.

Granos detríticos: materia orgánica, peloides y litoclastos.

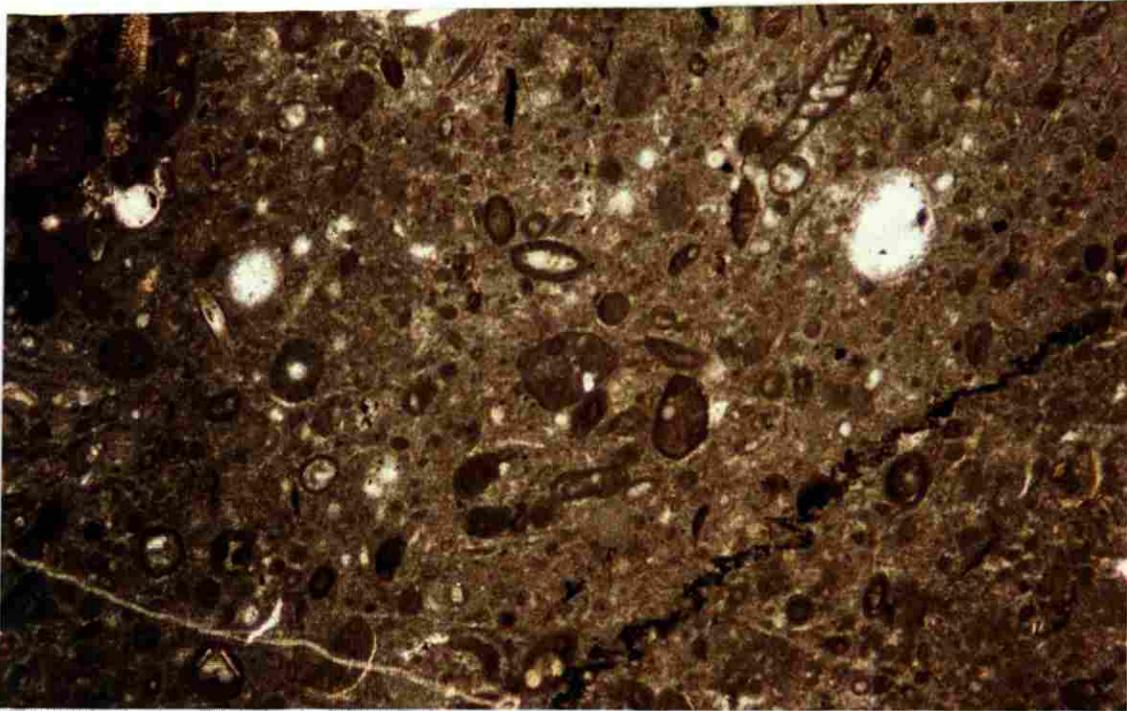
Componentes mineralógicos: escasas bandas de óxido de hierro.

Zona de Facies: pertenece a una facies de plataforma marina abierta, ZF 2.

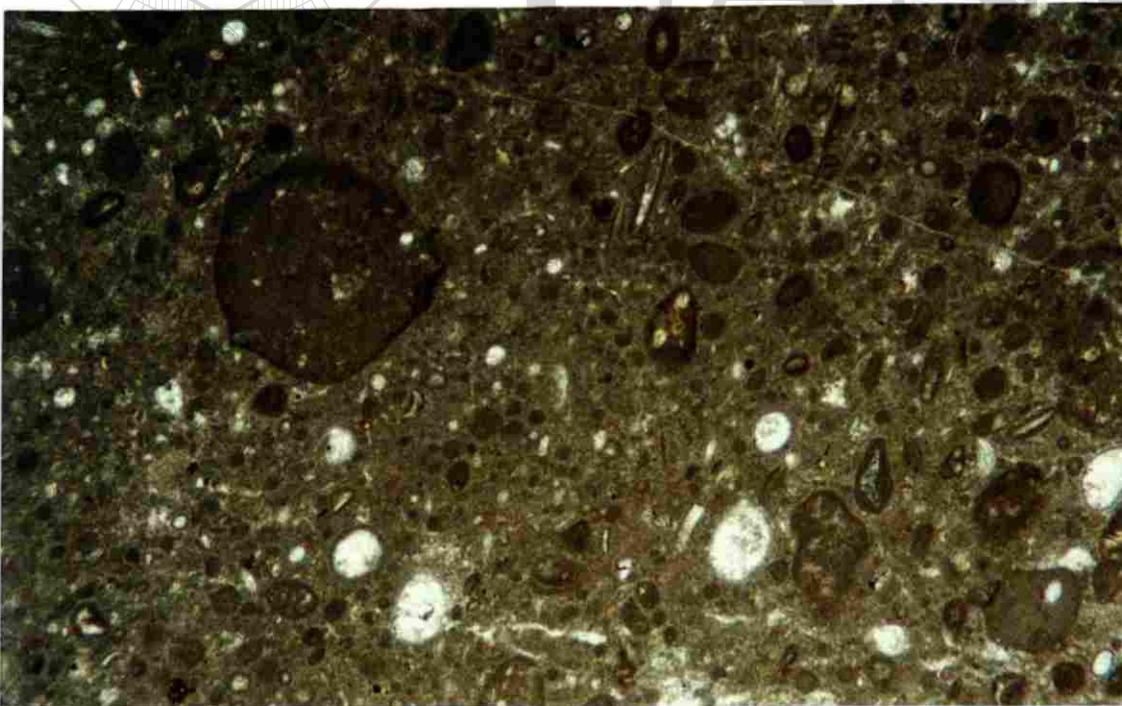
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se considera como un ambiente nerítico poco profundo, justo debajo de la base de las olas, tipo 9.

Interpretación: la unidad previamente descrita se ubica en un nivel más profundo de la cuenca, a decir por la microfauna pelágica; pero la presencia de pelets y microgralerías determinan una fase transicional más superficial. Es por esta razón que ésta unidad se considera más somera, dentro de una plataforma marina abierta con gran actividad de fauna bentónica determinada por la distribución irregular de los organismos. Esta sección comparte características con la Unidad 10.

Lámina 41



Micrografía 81. Sección delgada LY-162 Cu. "Wackestone"- "packstone". Unidad que muestra fragmentos de diversos bioclastos envueltos en pelets. (x 2.5)



Micrografía 82. Sección delgada LY-163 Cu. "Wackestone"- "packstone" con radiolarios y peloides. (x 2.5)

Unidad 27

(Sección delgada LY-164 Cu)

Láminas: 42, 43

Sección delgada LY-164 Cu. Micrografías: 83, 84, 85

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris oscuro con abundantes estilolitas.

Estratificación: único estrato que mide 5 m y donde caen también las secciones delgadas LY-162 Cu y LY-163 Cu, que corresponden a la Unidad 26.

Textura deposicional: sección que indica un cambio en la textura deposicional clasificándose como "packstone" esparítico.

Biota: alto porcentaje de pelets. Escasos fragmentos de briozoarios, foraminíferos, posibles algas y conchas de bivalvos.

Granos detríticos: reducida cantidad de oncoides.

Componentes mineralógicos: ausencia de estos componentes.

Zona de Facies: corresponde a un ambiente atrás de los arrecifes ZF-6.

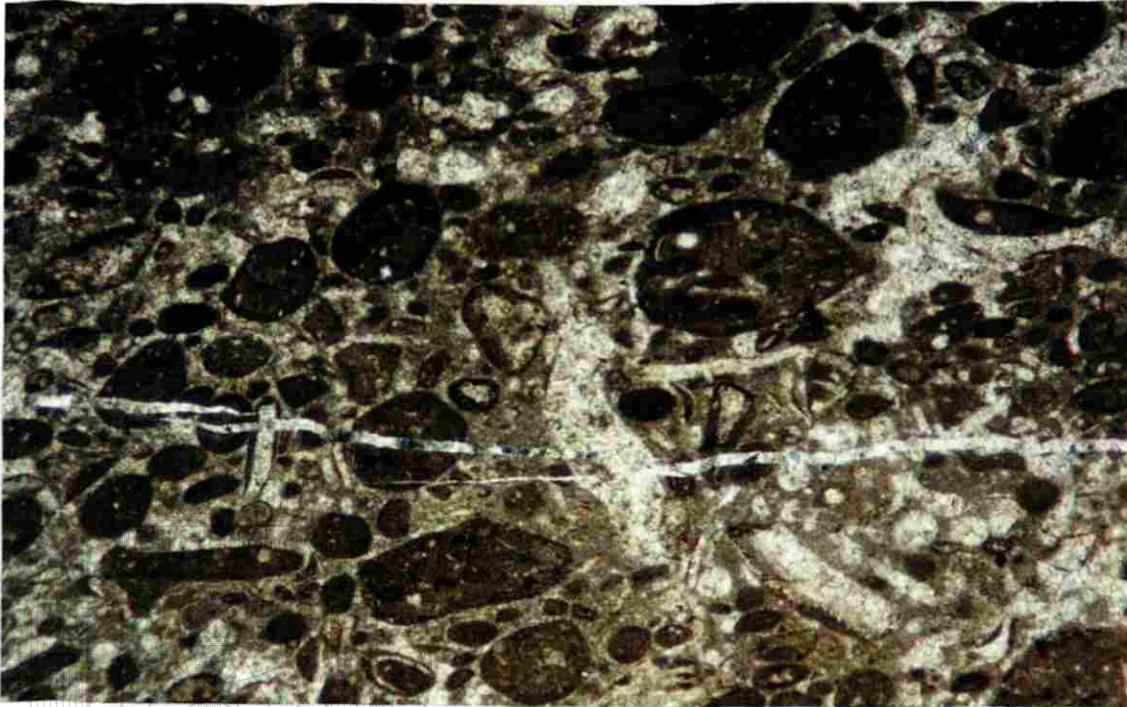
Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): por contener bioclastos envueltos en cemento esparítico, se ubica en el margen de la plataforma, en áreas con constante acción de las olas, tipo 11.

Interpretación: el tipo de organismos disponibles indica una relativa profundidad del agua. Los componentes son de aspecto subredondeado y de diferente granulometría. La presencia de oncoides determina corrientes lentas y variables en intensidad.

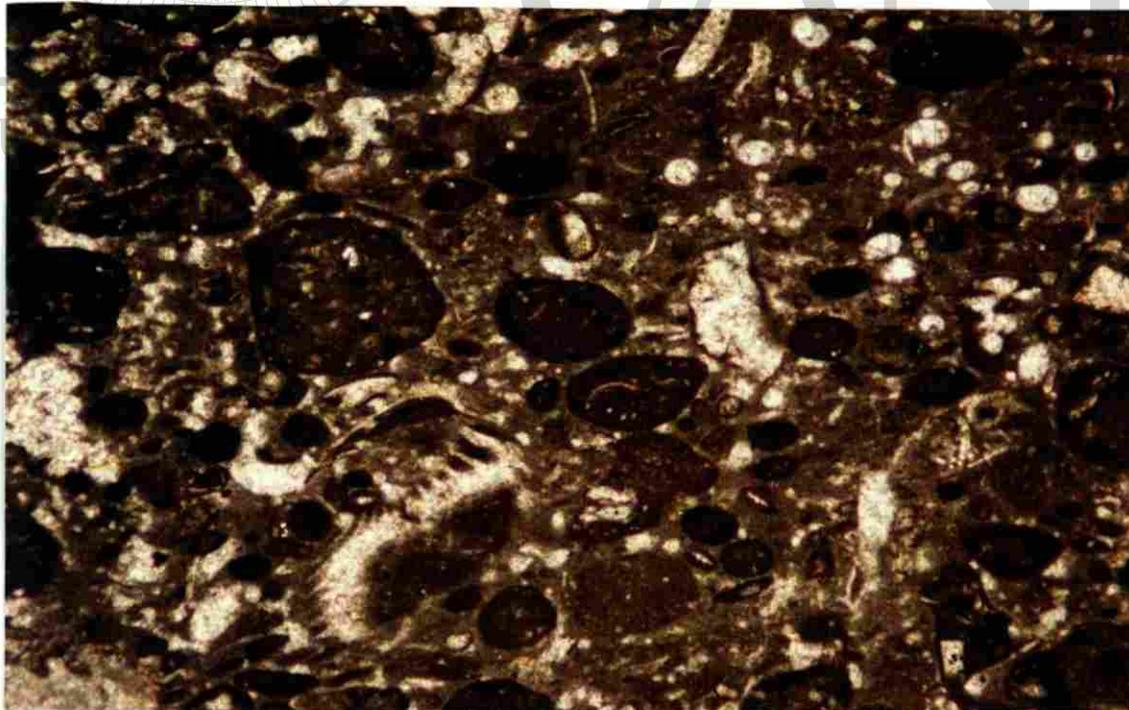
A partir de la Unidad 25 (ZF-1), los tipos de sedimentación determinan una progradación hacia la línea de costa.

Esta sección está colocada aproximadamente a 53 m de distancia de la Unidad 17 con la que comparte las mismas condiciones deposicionales.

Lámina 42



Micrografía 83. Sección delgada. LY-164 Cu. "Packstone" con peloides incluidos en un cemento esparítico. (x 2.5)



Micrografía 84. Sección delgada LY-164 Cu. "Packstone" esparítico con biógenos, radiolarios y conchas de ostrácodos, además de pelets. (x 2.5)

Unidad 28

(Secciones delgadas LY-165 Cu hasta LY-169 Cu)

Láminas: 43, 44

Sección delgada LY-166 Cu. Micrografías: 86, 87

Láminas: 44, 45

Sección delgada LY-168 Cu. Micrografías: 88, 89

Litología y estructuras sedimentarias: calizas de color gris oscuros con abundantes estilolitas.

Estratificación: estratos que miden entre 30 cm hasta 1.90 m.

Textura deposicional: "mudstone".

Biota: las partículas de esta unidad son foraminíferos, radiolarios, espículas de esponjas, así como de briozoarios.

Granos detríticos: alto contenido de clastos subredondeados.

Componentes mineralógicos: escasas manchas de óxido de hierro.

La sección delgada LY-168 Cu (ver micrografía 89) se distingue un cambio en el aporte de sedimentación a manera de banda donde se encuentran escasos bioclastos.

Zona de Facies: equivale a la ZF 3.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982): se relaciona a un ambiente de pendiente suave, tipo 3.

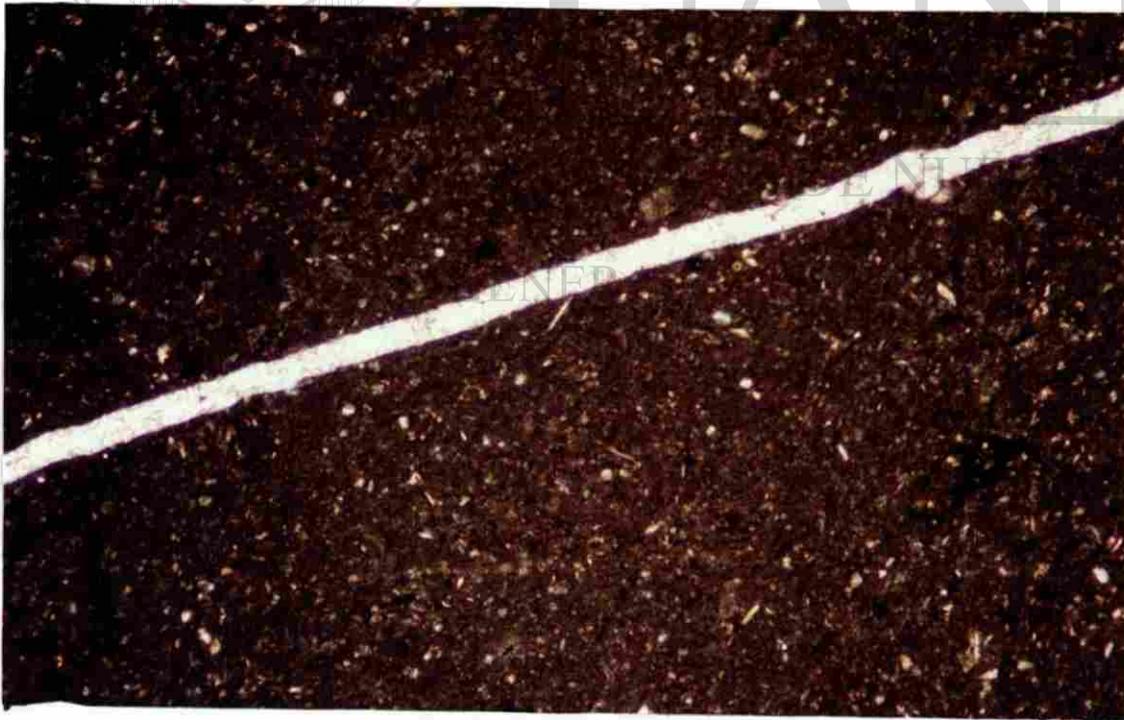
Interpretación: por el tipo de bioclastos, se considera que esta unidad se ubica en un ambiente del margen profundo de la plataforma dentro de la zona batial.

La intercalación de sedimento que muestra la sección delgada LY-168 Cu, (ver micrografía 89) difiere del resto de la unidad. Esta condición puede atribuirse a una posible paleocorriente que arrastrara sedimento más fino, o bien que corresponda a un ciclo bajo de productividad, sin embargo existieron condiciones estables que permitieron la presencia de pelets como producto de bioturbación.

Lámina 43

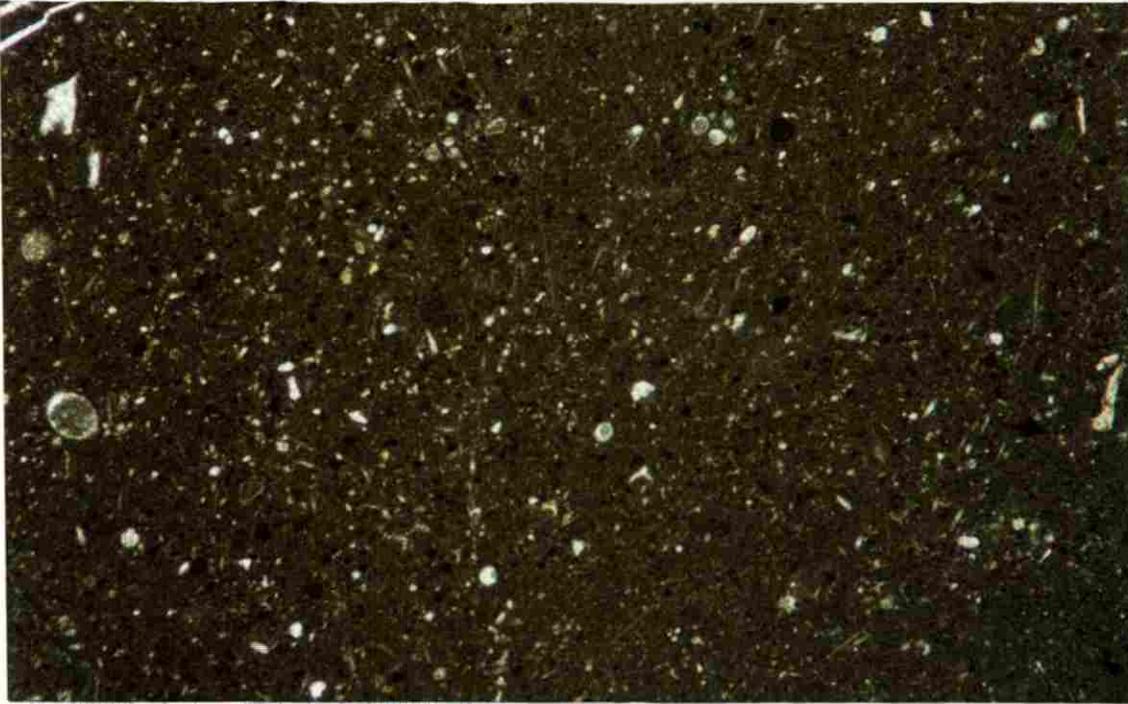


Micrografía 85. Sección delgada LY-164 Cu. "Packstone" con bioclastos subredondeados. (x 2.5)



Micrografía 86. Sección delgada. LY -166 Cu. "Mudstone" micrítico con litoclastos. (x 2.5)

Lámina 44



Micrografía 87. Sección delgada LY-166 Cu. "Mudstone" con fragmentos de radiolarios y espículas de esponjas. (x 2.5)



Micrografía 88. Sección delgada LY-168 Cu. "Mudstone" con bioclastos recristalizados. (x 2.5)

Unidad 29

(Secciones delgadas LY-170 Cu hasta LY-174 Cu)

Lámina: 45

Sección delgada LY-170 Cu. Micrografía: 90

Lámina: 46

Sección delgada LY-171 Cu. Micrografía: 91

Lámina: 46, 47

Sección delgada LY-174 Cu. Micrografías: 92, 93

Litología y estructuras sedimentarias: cambio importante en la litología de los estratos de caliza a caliza-marga. Los espesores de los estratos cambian notablemente por lo que se considera que esta puede ser la parte transicional de la Formación Cupido hacia la Formación La Peña, dado que aproximadamente a 3 m del estrato marcado como LY-174 Cu que mide 80 cm se encuentran estratos de lutitas alternando con calizas margosas.

Estratificación: estratos que miden de 20 a 80 cm.

Textura deposicional: unidad que se considera como "mudstone".

Biota: foraminíferos, radiolarios y conchas de ostrácodos. En la sección delgada LY-161 Cu (ver micrografía, 91) se observan posibles pelets.

Granos detríticos: abundantes litoclastos.

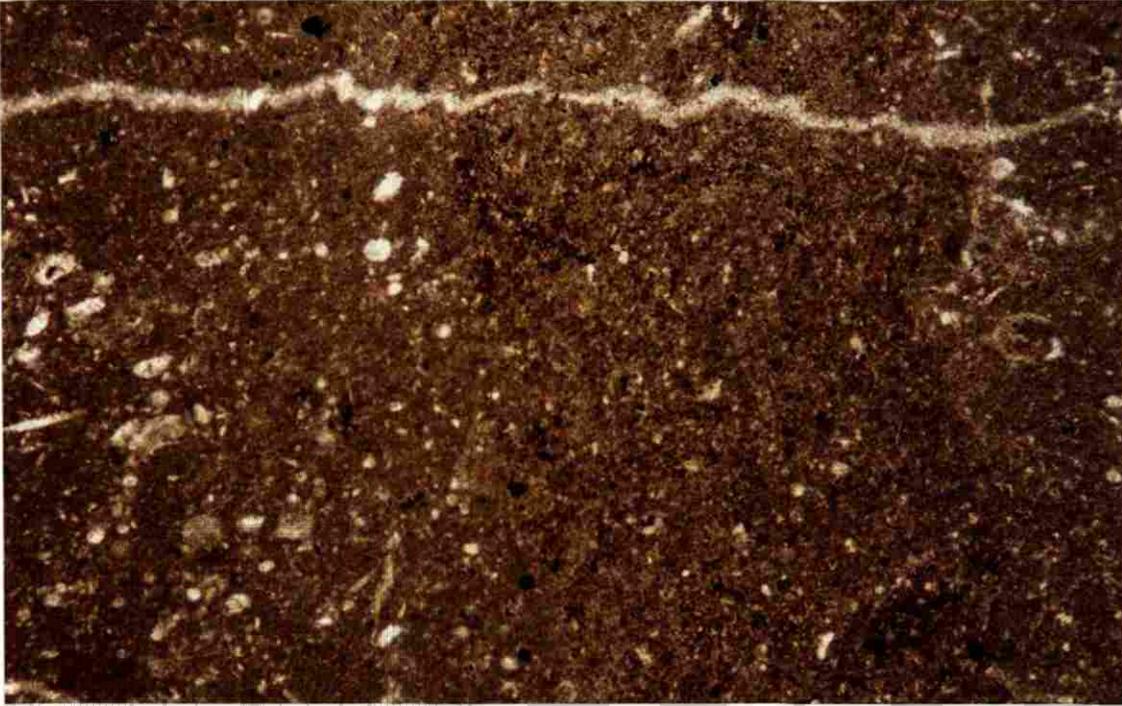
Componentes mineralógicos: granos de cuarzo y manchas de óxido de hierro.

Zona de Facies: esta sección equivale a la facies 6-7.

Tipo de Microfacies Estándar SMF (Flügel, 1982):

Interpretación: el aporte terrígeno es considerablemente alto comparado con las unidades que le anteceden, existe clara evidencia de granos de cuarzo. Por el tipo de sedimento, se considera dentro de una zona de plataforma externa.

Lámina 45

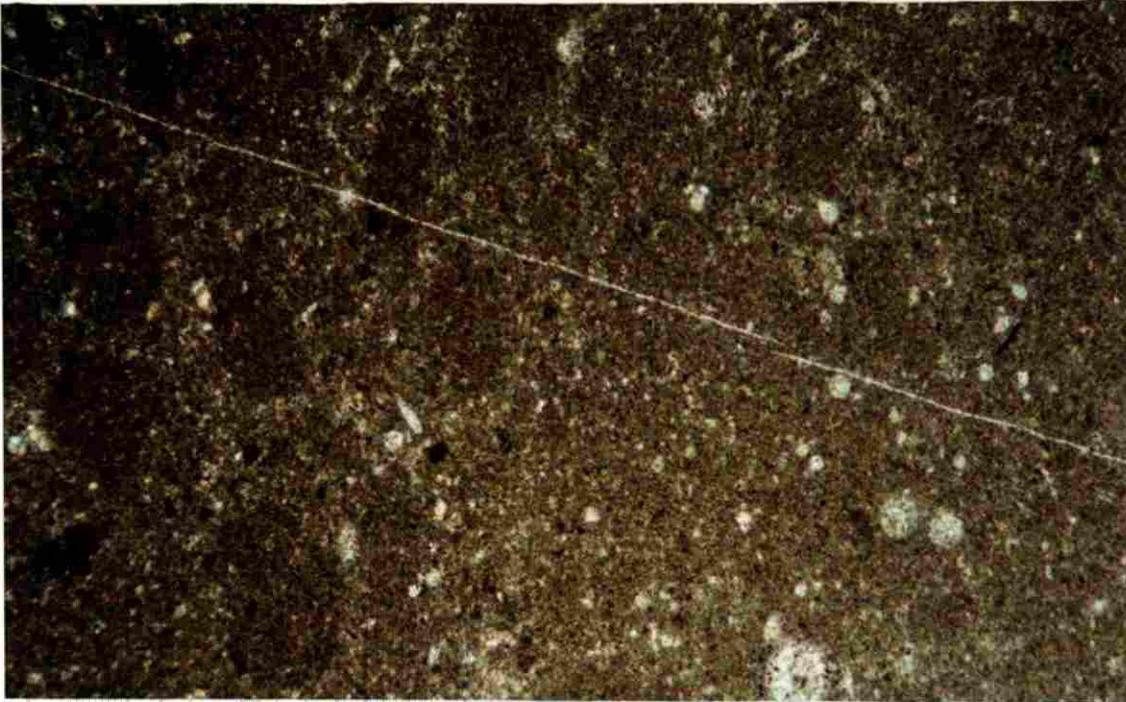


Micrografía 89. Sección delgada LY-168 Cu. "Mudstone" que muestra diferencia en la tasa de sedimentación. (x 2.5)



Micrografía 90. Sección delgada LY -170 Cu. "Mudstone" con gran cantidad de material terrígeno. (x 2.5)

Lámina 46



Micrografía 91. Sección delgada LY-171 Cu. "Mudstone" con bioclastos recristalizados y posibles pelets. (x 2.5)



Micrografía 92. Sección delgada LY-174 Cu. "Mudstone" con importante cantidad de material terrígeno. (x 2.5)

Lámina 47



Micrografía 93. Sección delgada LY-174 Cu. "Mudstone" con bioclastos y litoclastos. (x 2.5)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

13.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

La sección medida en el área de estudio comprende básicamente cinco zonas del "Cinturón de Facies Estándar". Estos ambientes fluctúan en rangos desde la ZF-1 hasta ZF-6 con zonas transicionales.

La interpretación de estas facies indican variaciones importantes en el nivel del agua durante la depositación de las capas de la Formación Cupido, estas variaciones suelen presentarse en forma cíclica a través de todo el perfil (ver Anexo 2).

La sección está compuesta en su mayoría de calizas "mudstone" a "wackestone" pelágico o "packstone" con bioclastos como radiolarios, espículas de esponjas, foraminíferos, conchas de ostrácodos y pelets, escasas espinas de equinodermos y litoclastos. Esta sección tiene cierta similitud en el contenido microfósil con aquellas facies de mar abierto o cuenca, descritas para algunas regiones del noreste mexicano para la misma Formación.

Debido a que las unidades presentes muestran una tendencia cíclica, éstas pueden ser simplificadas dentro de siete asociaciones (A-G), (Fig. 16). A continuación se describen las características texturales, los componentes bioclástico, así como los aspectos litológicos y estratigráficos de cada una de las asociaciones. De igual manera se asigna cada una de estas a una zona del "Cinturón de Facies Estándar" propuesta por Wilson (1975).

A) Zona pelágica, ZF-1

"Wackestone" pelágico con abundantes restos de radiolarios, espículas de esponjas y conchas de ostrácodos, además de foraminíferos planctónicos (cf. *Heterohelix* y cf. *Hedbergella*), espinas de equinodermos y braquiópodos. Se observa materia orgánica y óxido de hierro, este último es inclusive observado a simple vista. Litológicamente las calizas son de color gris claro a oscuro en superficie y gris oscuro en muestra fresca, contienen estilolitas y nódulos de pedernal que aumentan en cantidad en las Unidades 15, 19 y 25. La estratificación varía entre los 40 cm hasta 4 m.

Las unidades que presentan estas características son:

- Unidad 2 (Secciones delgadas LY-58 Cu hasta LY-60 Cu).
- Unidad 4 (Secciones delgadas LY-66 Cu hasta LY-68 Cu).
- Unidad 5 (Secciones delgadas LY-69 Cu hasta LY-73 Cu).
- Unidad 9 (Sección delgada LY-94 Cu).
- Unidad 12 (Secciones delgadas LY-101 Cu hasta LY-108 Cu).
- Unidad 15 (Secciones delgadas LY-126 Cu hasta LY-127 Cu).
- Unidad 19 (Secciones delgadas LY-133 Cu hasta LY-137 Cu).
- Unidad 25 (Secciones delgadas LY-160 Cu hasta LY-161 Cu).

B) Zona subtidal, ZF transicional 1-2

“Mudstone” y “mudstone”-“wackestone”. Estas secciones delgadas están representadas por un mayor número de fragmentos de conchas de ostrácodos y pelets. Radiolarios, foraminíferos, espículas de esponjas y litoclastos, son las partículas que se encuentran en menor proporción. Esta asociación contiene alta concentración de materia orgánica, sin embargo es escasa la presencia de manchas de óxido de hierro y posibles microgalerías. La litología característica de estas unidades está representada por calizas de color gris claro a oscuro en superficie y gris oscuro en muestra fresca, con presencia de estilolitas y escaso pedernal. La estratificación varía entre los 50 cm hasta 3.20 m.

Las unidades que presentan estas características son:

- Unidad 8 (Secciones delgadas LY-89 Cu hasta LY-93 Cu).
- Unidad 11 (Secciones delgadas LY-98 Cu hasta LY-100 Cu).
- Unidad 14 (Secciones delgadas LY-120 Cu hasta LY-125 Cu).
- Unidad 18 (Secciones delgadas LY-130 Cu hasta LY-132 Cu).
- Unidad 20 (Secciones delgadas LY-138 Cu hasta LY-140 Cu).
- Unidad 21 (Secciones delgadas LY-141 Cu hasta LY-146 Cu).

C) Zona nerítica profunda, ZF-2

“Mudstone”-“wackestone” con bioclastos envueltos por pelets. Alto contenido de peloides y pelets, en menor cantidad se encuentran foraminíferos

planctónicos (cf. *Heterohelix* y cf. *Hedbergella*) y bentónicos (cf. *Textularia*), conchas de ostrácodos, espículas de esponjas y espinas de equinodermos. Presencia de microgalerías y ooides, así como de materia orgánica y óxido de hierro. Litológicamente las calizas intemperizan de color gris claro a oscuro, en tanto la muestra fresca exhiben un color gris oscuro, contienen estilolitas y nódulos de pedernal. La estratificación varía entre los 50 cm hasta 5 m.

Las unidades que presentan estas características son:

- Unidad 7 (Secciones delgadas LY-81 Cu hasta LY-88 Cu).
- Unidad 10 (Secciones delgadas LY-95 Cu hasta LY-97 Cu).
- Unidad 23 (Secciones delgadas LY-150 Cu hasta LY-158 Cu).
- Unidad 26 (Secciones delgadas LY-162 Cu hasta LY-163 Cu).

D) Plataforma marina interna, ZF-3

"Mudstone" y "mudstone"- "wackestone". Restos principalmente de foraminíferos planctónicos (cf. *Heterohelix* y *Hedbergella*) y bentónicos (cf. *Textularia*), radiolarios y conchas de ostrácodos. En menor cantidad hay espículas de esponjas, espinas de equinodermos y pellets, así como ooides. Escasa presencia de materia orgánica y óxido de hierro en forma de manchas. Esta asociación presenta unidades con cierto paralelismo entre litoclastos y bioclastos. Litológicamente las calizas son de color gris claro en superficie y gris oscuro en muestra fresca, en algunas unidades las calizas son ligeramente arcillosa-margosa. Los estratos exhiben escasas estilolitas, así como huellas de carga en la base. La estratificación varía entre los 30 cm hasta 3.70 m.

Las unidades que presentan estas características son:

- Unidad 1 (Secciones delgadas LY-53 Cu hasta LY-57 Cu).
- Unidad 3 (Secciones delgadas LY-61 Cu hasta LY-65 Cu).
- Unidad 6 (Secciones delgadas LY-74 Cu hasta LY-80 Cu).
- Unidad 13 (Secciones delgadas LY-109 Cu hasta LY-119 Cu).
- Unidad 16 (Sección delgada LY-128 Cu).
- Unidad 28 (Secciones delgadas LY-165 Cu hasta LY-169 Cu).

E) Facies de talud de la plataforma, ZF-4

“Packstone” con bioclastos derivados de los habitantes arrecifales. La biota esta constituida por foraminíferos, espinas de equinodermos, posibles corales y algas. Alto porcentaje en litoclastos subredondeados mezclados con bioclastos. En campo las calizas son de color oscuro en corte y muestra fresca, con abundantes estilolitas. Único estrato que mide 2.60 m.

La unidad que presenta estas características es:

Unidad 24 (Sección delgada LY-159 Cu).

F) Zona atrás de los arrecifes, ZF-6

“Packstone” con bioclastos envueltos en cemento esparítico. Restos de conchas de ostrácodos, foraminíferos planctónicos y bentónicos, radiolarios, briozoarios y posibles algas. Presencia de oncoides y peloides. Ausencia de componentes mineralógicos. Litológicamente las calizas son de color gris oscuro en superficie y en muestra fresca, con estructuras de carga en la base y abundantes estilolitas. La estratificación varia entre los 2.50 hasta 5 m.

Las unidades que presentan estas características son:

Unidad 17 (Sección delgada LY-129 Cu).

Unidad 27 (Sección delgada LY-164 Cu).

G) Margen de la plataforma y laguna abierta, ZF 6-7

“Mudstone” con aporte terrígeno. Restos de microfósiles como radiolarios, conchas de ostrácodos, espículas de esponjas y foraminíferos. Mayor cantidad de litoclastos. Escasas manchas de óxido de hierro. Litológicamente son calizas margosas de color gris oscuro en superficie y muestra fresca, con estructuras de carga en la base. La estratificación varia entre los 20 cm hasta 1.10 m.

Las unidades que presentan estas características son:

Unidad 22 (Secciones delgadas LY-147 Cu hasta LY-149 Cu).

Unidad 29 (Secciones delgadas LY-170 Cu hasta LY-174 Cu).

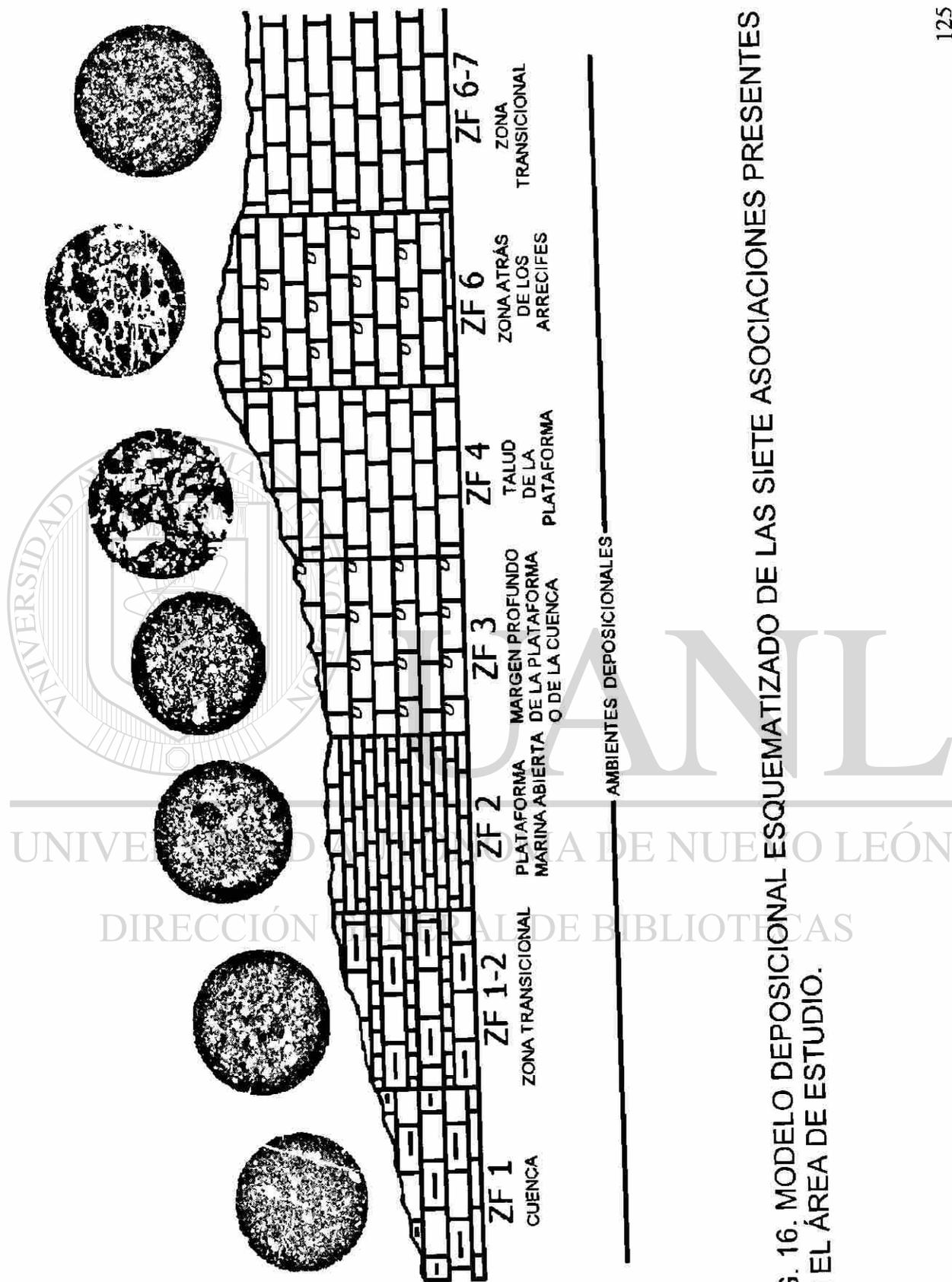


FIG. 16. MODELO DEPOSICIONAL ESQUEMATIZADO DE LAS SIETE ASOCIACIONES PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Los sedimentos de cuenca o ZF-1, son considerados como ambientes abisales, pues se encuentran a profundidades de varios cientos de metros, bajo condiciones anóxicas y sin circulación del agua, por lo cual la ausencia de epifauna calcárea y de bioturbación es la particularidad de esta zona.

La orientación preferencial que muestran los bioclastos pelágicos en algunas unidades puede ser el resultado de una sedimentación lenta y gradual, o bien que puede indicar que estos sedimentos se vieron afectados por paleocorrientes.

Sin embargo, como estas características sedimentarias pueden variar en función del grado de circulación y profundidad del agua, por ejemplo dentro de esta misma ZF-1 se localizan los sedimentos caracterizados por wackestone bioturbados, es decir que muestran una gran cantidad de pelets y posibles microgalerías como producto de esta actividad. Estos depósitos se sitúan a profundidades de aproximadamente 100 m siendo entonces más someros que los anteriormente mencionados.

Es importante mencionar que algunas secciones delgadas presentan cambios en el contenido y la cantidad de material bioclástico, por lo que se deduce que se debe a una diferencia en la tasa de sedimentación, es decir que existieron ciclos de alta y baja productividad determinados por cambios bruscos que afectaron la deposición.

En ambos ambientes se observa alto contenido de óxido de hierro. La presencia de este componente mineralógico define la característica de cuenca aislada.

La facies transicional de ZF-1 a ZF-2, se considera como un ambiente subtidal, y se caracteriza por presentar una fase intermedia de ambas zonas, pues muestra alto contenido de fragmentos de conchas de ostrácodos y pelets mezclados con bioclastos pelágicos.

De acuerdo a la clasificación de Flügel (1982), estos sedimentos contienen fragmentos de diversos organismos que han sido texturalmente homogeneizados a través de la bioturbación.

Esta facies se deposita en cuencas estancadas, bien oxigenadas y poco profundas sobreyaciendo los 100 m.

La facies de plataforma marina abierta o ZF-2, se considera como una zona nerítica profunda. Estos sedimentos se identifican por el alto contenido de pelets y peloides envolviendo bioclastos. Esta facies se encuentra situada por encima del nivel de oxigenación.

Flügel (1982), menciona que la presencia de bioclastos desgastados y envueltos, indican inversión textural y las partículas dominantes son de ambientes de alta energía y tuvieron movimiento hacia las pendientes bajas en donde se depositaron.

La facies de margen profundo de la plataforma o de la cuenca (ZF-3) se caracteriza por la dominancia de miliólidos, peloides y pelets. Algunas secciones delgadas contienen bioclastos burdos y ooides, esto puede denotar posibles paleocorrientes. El porcentaje de partículas es variable lo que indica que las condiciones quizás no eran estables y esto se deduce por el paralelismo que existe entre litoclastos y granos esqueléticos. Estos depósitos se ubican en aguas marinas restringidas y/o protegidas, bien oxigenadas y de baja energía.

La facies de talud de la plataforma o ZF-4, esta definida por el contenido bioclástico, el cual procede de los habitantes y constructores arrecifales, es decir que es material que se deriva de la plataforma. La Unidad 24, es la que se ubica en esta facies y se coloca en un ambiente de alta energía a decir por el aspecto subredondeado de los clastos.

Este es el único registro de ambiente más próximo a la facies arrecifal o bien al margen de plataforma de arrecife en toda la sección medida.

La zona atrás de los arrecifes o ZF-6, así como su fase transicional ZF-6 a ZF-7, corresponden a áreas con constante acción de las olas o bajo la base de las

olas, por ello las unidades que se ubican en estas zonas, contienen escasos oncoideos lo cual sugiere corrientes lentas y variables en intensidad.

Es importante hacer notar que las unidades que se sitúan en esta zona, podrían corresponder a una ZF-1, si se considera la disminución significativa de material bentónico y el notable aumento de material terrígeno que muestran las secciones delgadas. Estas características podrían marcar el inicio de la depositación de la Formación La Peña, la cual registra facies de aguas más profundas, no obstante la presencia de oncoideos determina una ZF-6.

Asumiendo que existen diferencias batimétricas a lo largo de toda la sección medida, la alternancia de facies someras y profundas (ver Anexo 2) pueden darse de forma gradual (establecidos por fases transicionales) o repentinas, sin embargo la secuencia de estos cambios indica una tendencia de progradación hacia la cuenca.

La secuencia estratigráfica del Cretácico Inferior, básicamente para los periodos Barremiano-Aptiano, está dominada por depósitos de ambientes marinos someros constituidos por el desarrollo de bancos arrecifales de rudistas.

Durante este tiempo, la plataforma Cupido constituye el elemento paleogeográfico dominante en el noreste del país. Sin embargo, los sedimentos carbonatados de la Formación Cupido con facies de cuenca, arrecife y plataforma, son reemplazados rápidamente por ambientes de aguas más profundas de la Formación La Peña.

Las capas del Cerro de Labradores en Galeana, Nuevo León, han sido interpretadas como depósitos de la facies arrecifal. De hecho, Conklin & Moor, (1977) mencionan que esta facies se extiende desde el norte de Monterrey hasta el sur de Galeana.

Con base en la interpretación de fotos satelitales, Wilson (1999) define que el Cerro de Labradores está conectado a la tendencia arrecifal del margen de la plataforma y no es una construcción aislada; además menciona que en el Cerro de Labradores abundan los rudistas.

Estos fósiles son encontrados en la porción norte del cerro, en una zona delimitada, lo cual indica que existía una somerización relativa del nivel del mar y

esto favoreció el desarrollo de este grupo, que son habitantes de aguas con ciertas condiciones de temperatura y profundidad. Sin embargo en el área de estudio se ha identificado la facies de cuenca, determinada por el análisis microfacial y la ausencia de rudistas, por lo que se propone un cambio litológico lateral para esta Formación, que denota claramente dos medios de sedimentación distintos.

Paleogeográficamente el desarrollo de plataformas carbonatadas a través del Cretácico Inferior fue controlado por las fluctuaciones del nivel del mar. Los mecanismos de estos eventos eustáticos son atribuidos principalmente a los movimientos geotectónicos.

En la interpretación del análisis de microfacies de la porción sur del cerro, son claramente observables estas variaciones del nivel del mar. Estos eventos pueden darse en forma gradual o repentina y se dan en diferentes niveles dentro de la columna estratigráfica (ver Anexo 2).

Se concluye que el ambiente deposicional en el área de estudio con facies ricas en componentes pelágicos, está relacionada paleogeográficamente a sedimentos de cuenca restringida con profundidades variables en rangos de más de 100 m (cuenca anóxica de baja energía), a cuencas más someras quizás en los 100 m (con oxigenación normal y buenas corrientes), lo cual es definido por la diversidad de la biota. Esta zona de facies se sitúa en la parte externa de una plataforma o rampa carbonatada.

Existen eventuales registros de ambientes someros determinados por el tipo de sedimento, sin embargo la predominancia de material pelágico que denota un ambiente profundo muestra la progradación de la Plataforma Cupido hacia la cuenca.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilar-Pérez, J., Pichardo-Barrón, Y. & López-Oliva, J. G., 1999, *Amphitriscoelus waringi* from the Lower Aptian of the Cupido Formation at "Cerro de Labradores" Galeana, Nuevo Leon, Mexico, *in* Höfling, R. & Steuber, T., eds. Fifth International Congress on Rudists: Abstracts and Field Trip Guides. Erlanger Geologische Abhandlungen. Sonderband 3. 147 p.
- Aguilar-Pérez, J., 2002, Rudistas Caprinidos en el Cerro de Labradores, de Galeana, Nuevo León, México: Tesis para optar por el Título de Maestro en Ciencias Geológicas. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares. En proceso.
- Alencáster, G., 1990, Los Rudistas: Origen, Diversificación, Provincialismo en Eurasia y en América y Extinción: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología. v. 3, No. 1, p. 47-65.
- Bishop, B. A., 1970, Stratigraphy of Sierra de Picachos and Vicinity, Nuevo Leon, Mexico: American Association of Petroleum Geologist, Bulletin. v. 54, No. 7, p. 1245-1270.
- Bishop, B. A., 1972, Petrography and Origin of Cretaceous Limestones, Sierra de Picachos and Vicinity, Nuevo Leon, Mexico: Journal of Sedimentary Petrology. v. 42, No. 2, p. 270-286.
- Conklin, J. & Moore, C., 1977, Paleoenvironmental Analysis of the Lower Cretaceous Cupido Formation, Northeast Mexico, *in* Bebout, D. G. & Loucks, R. G., eds. Cretaceous Carbonates of Texas and Mexico: The University of Texas Bureau of Economic Geology, Report of Investigations. No. 89, p. 302-323.
- Charleston S., 1974, Stratigraphy, Tectonics, and Hydrocarbon Potential of the Lower Cretaceous, Coahuila Series, Coahuila, Mexico (Ph. D. Thesis). University of Michigan, Ann Arbor. 268 p.
- De Cserna, Z., 1956, Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey: XX Congreso Geológico Internacional, México. 87 p.

De Cserna, Z., 1970, Mesozoic Sedimentation, Magmatic Activity and Deformation in Northern Mexico, *in* Seewald, K. & Sundeen, D., eds. The Geologic Framework of the Chihuahua Tectonic Belt, Texas: West Texas Geological Society. p. 99-117.

De León, G. A., 1991, Mapeo Geológico en el Área de Galeana, Nuevo León y el Desarrollo Facial de la Formación Cupido: Tesis para optar por el Título de Ingeniero Geólogo. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares. 122 p.

Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), 1978, Carta Geológica 1: 50 000, Hoja G14C56 "Galeana", 1ra. Edición.

Dunham, R. J., 1962, Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture, *in* Classification of Carbonate Rocks: A Symposium, Bulletin American Association of Petroleum Geologists, Memoir. No. 1, p. 108-121.

Eguiluz De Antuñano, S., 1991, Discordancia Cenomaniana sobre la Plataforma de Coahuila: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. v. 41, No. 1, p. 1-17.

Enos, P., 1983, Late Mesozoic Paleogeography of Mexico, *in* Reynolds, M. W. & Dolly, E. D., eds. Mesozoic Paleogeography of the West-Central United State: Rocky Mountain Paleogeography Symposium 2, Society of Economic Paleontologists Mineralogists Rocky Mountain Section. p. 133-157.

Flügel, E., 1982, Microfacies Analysis of Limestone. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg, New York. 633 p.

Folk, R. L., 1962, Spectral Subdivision of Limestone Types, *in* Ham, E. W., ed. Classification of Carbonate Rocks: The American Association of Petroleum Geologist. Tulsa, Oklahoma, U. S. A. p. 62-84.

Frankes, L. A., 1979, Climates throughout Geologic Time. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. 310 p.

García, G., 1971, Reconocimiento Geológico del Área General Cepeda, Coahuila y Concepción del Oro, Zacatecas: Informe Geológico NE-M-1182. Inédito.

Goldhammer, R. K., Lehmann, P. J., Todd, R. G., Wilson, J. L., Ward, W. C. & Johnson, C. R., 1991, Sequence Stratigraphy and Cyclostratigraphy of the Mesozoic of the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico, A field Guidebook: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Gulf Coast Section. 85 p.

Goldhammer, R. K., 1999, Mesozoic Sequence Stratigraphy and Paleogeography Evolution on Northeast Mexico, *in* Bartolini, C., Wilson, J. L. & Lawton, T. E., eds. Mesozoic Sedimentary and Tectonic History of North-Central Mexico: Geological Society of America Special Paper 340. Boulder, Colorado. p. 1-58.

Götte, M., 1988, Estudio Geológico-Estructural de Galeana, N. L. (México) y sus Alrededores: Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares. v. 3, p. 61-87.

Hancock, P. L., 1985, Brittle Microtectonics: Principles and Practice: Journal of Structural Geology. v. 7, p. 437-458.

Hernández, A. H., 1966, Geología de una parte de la Sierra Madre Oriental entre Linares y Galeana Estado de Nuevo León, México: Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. 49 p.

Humphrey, W. E., 1949, Geology of Northern Mexico: Geological Society of America Bulletin. v. 60, p. 89-176.

Humphrey, W. E. & Díaz, T., 1956, Jurassic and Lower Cretaceous Stratigraphy and Tectonics of Northeast Mexico: Petróleos Mexicanos. Informes varios. No. NE-M. 799 (No publicado).

Imlay, R. W., 1937, Geology of the Middle part of the Sierra de Parras, Coahuila, Mexico: Geological Society of America Bulletin. v. 48, p. 587-630.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1986, Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. México. 170 p.

- Jonhson, C. C., 1984, Paleocology, Carbonate Petrology and Depositional Environments of Lagoonal Facies, Cupido and El Abra Formations, Northeastern Mexico: Thesis Master of Science. University of Colorado. 104 p.
- Lehmann, C., Osleger, D. A. & Montañez, I. P., 1998, Controls on Cyclostratigraphy of Lower Cretaceous Carbonates and Evaporites, Cupido and Coahuila Platforms, Northeast Mexico: *Journal of Sedimentary Research*. v. 68, No. 6, p. 1109-1130.
- Lehmann, C., Osleger, D. A., Montañez, I. P., Sliter, W., Arnaud-Anneau, A. & Banner, J., 1999, Evolution of Cupido and Coahuila Carbonate Platforms, Early Cretaceous, Northeastern Mexico: *Geological Society of America Bulletin*. v. 111, No. 7, p. 1010-1029.
- Longoria, J. F., 1998, The Mesozoic of the Mexican Cordillera in Nuevo Leon, NE Mexico, *in* Longoria, J. F., Krutad, P. R. & Gamper, M. A., eds. *Geologic Studies in Nuevo Leon, NE Mexico*: Sociedad Mexicana de Paleontología A. C., Forams '98. 117 p.
- Meiburg, P., 1987, Paleogeografía y Desarrollo Estructural del Cretácico de la Sierra Madre Oriental Septentrional, México: *Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León, Linares*. No. 2, p. 197-199.
- Michalzik, D., 1986 a, Stratigraphy and Paleogeography of the Northeast Sierra Madre Oriental, Mexico (Triassic-Lower-most Cretaceous).- *Zbl Geology Paleontology, Teil I*, 1985 (9110). p. 1161-1169.
- Michalzik, D., 1986 b, Procedencia y Parámetros ambientales de los lechos rojos Huizachal en el área de Galeana, Nuevo León, México: *Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares*. v. 1, p. 23-41.
- Michalzik, D., 1987, Sedimentación y Sucesión de Facies en un Margen Continental Pasivo del Triásico al Cretácico Temprano del Noreste de la Sierra Madre Oriental, México: *Actas de la Facultad de Ciencias de la*

- Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares. Symposium El Cretácico de México y América Central. No. 1, p. 23-41.
- Michalzik, D., 1988, Trias bis Tiefste Unter-Kreide Nordöstlichen Sierra Madre Oriental, Mexiko. Fazielle Entwicklung eines Passiven Kontinentalrandes. Diss. TH. Darmstadt. 247 p.
- Moor, A., 1980, Stratigraphy and Structure of Potosi Anticline, Nuevo Leon, Mexico. M. A. Thesis, University of Texas at Austin. 115 p.
- Padilla y Sánchez, R. J., 1978, Bosquejo Geológico-Estructural de la Sierra Madre Oriental en el Área Linares-Galeana-San Roberto Estado de Nuevo León: Revista de la Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. v. 2, No. 1, p. 45-54.
- Padilla y Sánchez, R. J., 1982, Geologic Evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción del Oro, Saltillo and Monterrey, Mexico. Ph. D. Tesis University of Texas at Austin. 217 p.
- Philip, J., 1982, Paléogéographie des Rudistes et Géodynamiques des Marges Mésogéennes au Crétacé Supérieur : Bull. Soc. Géol. France. Ser. 7, 24 (5-6), p. 995-1006.
- Sarg, J. F., 1988, Carbonate Sequence Stratigraphy, Part II Sea Level Changes and Sequence Stratigraphy, *in* Wilgus, C. K., et al., eds. Sea Level Changes: An Integrated Approach, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication. No. 42, p. 155-274.
- Schumann, D. & Steuber, T., 1997, Rudisten-Erfolgreiche Siedler und Riffbauer der Kreide-Zeit, *in* Steininger, F. F. & Maronde, D., eds. Städte unter Wasser-2 Milliarden Jahre, Kleine Senckenbergreihe. v. 24, p. 117-122.
- Smith, C. I., 1981, Review of the Geologic Setting, Stratigraphy and Facies Distribution of the Lower Cretaceous in Northern Mexico, *in* Smith, C. I., ed. Field Trip Guidebook, Lower Cretaceous Stratigraphy and Structure, Northern Mexico: West Texas Geological Society Publication. v. 81, No. 74, p. 1-27.

Suter, M., 1987, Structural Traverse across the Sierra Madre Oriental Fold-Thrust Belt in East-Central Mexico: Geological Society of America Bulletin. v. 98, p. 249-264.

Tavera-Amezcu, E., 1960, Yacimientos de Barita en el Distrito de Galeana, Nuevo León: Consejo de Recursos Naturales, No Renovables. Boletín 55, 70 p.

Vail, P. R., Mitchum, Jr., R. M. & Thompson, III. S., 1977, Seismic Stratigraphy and Global Sea Level Changes, Part 3: American Association of Petroleum Geologist. Memoir 26, p. 63-82.

Wilson, J. L., 1975, Carbonate Facies in Geologic History, Chapter I. Principles of Carbonate Sedimentation. Springer-Verlag, New York. 471 p.

Wilson, J. L. & Pialli, G., 1977, A Lower Cretaceous Shelf Margin in Northern Mexico, *in* Bebout, D. G. & Loucks, R. G., eds. Cretaceous Carbonates of Texas and Mexico: Bureau of Economic Geology. Applications to Subsurface Exploration. Austin, Texas, The University of Texas at Austin. p. 286-294.

Wilson, J. L., 1981, Lower Cretaceous Stratigraphy in the Monterrey-Salttillo Area, *in* Smith, C. I., ed. Field Trip Guidebook, Lower Cretaceous Stratigraphy and Structure, Northern Mexico: West Texas Geological Society Publication.

No. 81, 74 p.

Wilson, J. L., 1990, Basement Structural Controls on Mesozoic Carbonate Facies in Northeastern Mexico - a review, *in* Tucker, M. E., Wilson, J. L., Crevello, P. D., Sarg, J. F. & Read, J. F., eds. Carbonate Platforms, Facies, Sequences and Evolution: International Association of Sedimentologists. Special Publication 9, p. 235-256.

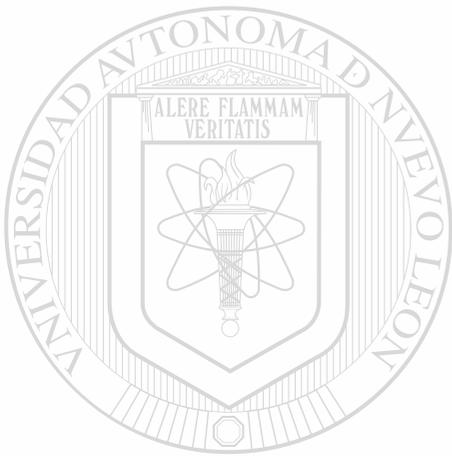
Wilson, J. L. & Ward, W. C., 1993, Early Cretaceous Carbonate Platforms of Northeastern and East-Central Mexico, *in* Simo, J. A., Scott, R. W. & Masse, J-P., eds. Cretaceous Carbonate Platforms: American Association of Petroleum Geologists. Memoir 56, p. 35-50.

Wilson, J. L., 1999, Controls on the Wandering Path of the Cupido Reef Trend in Northeastern Mexico, *in* Bartolini, C., Wilson, J. L. & Lawton, T. E., eds.

Mesozoic Sedimentary and Tectonic History of North-Central Mexico:
Geological Society of America Special Paper 340. Boulder, Colorado. p .
135-143.

Zwanziger, J. A., 1971, Prospecto Burgos, Tamaulipas; Boquillas del Carmen,
Coahuila; Litofacies e Isopacas de las Formaciones de Jurásico Superior y
Cretácico. Informe Geológico NE-M-1228. Inédito.

Zwanziger, J. A., 1978, Geología Regional del Sistema Sedimentario Cupido:
Boletín de la Asociación de Geólogos Petroleros. v. 30, No. 1-2, p. 1-55

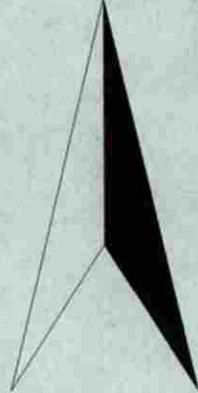


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



L
LEÓN®

93

45

44

57°

60°

61°

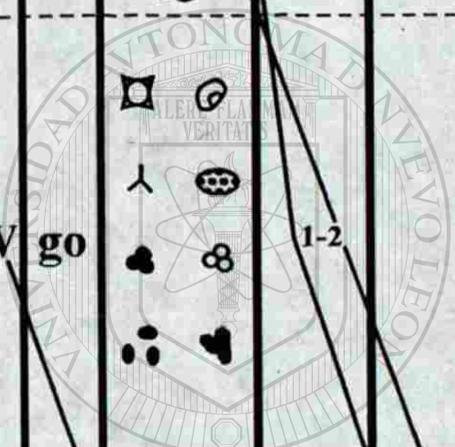
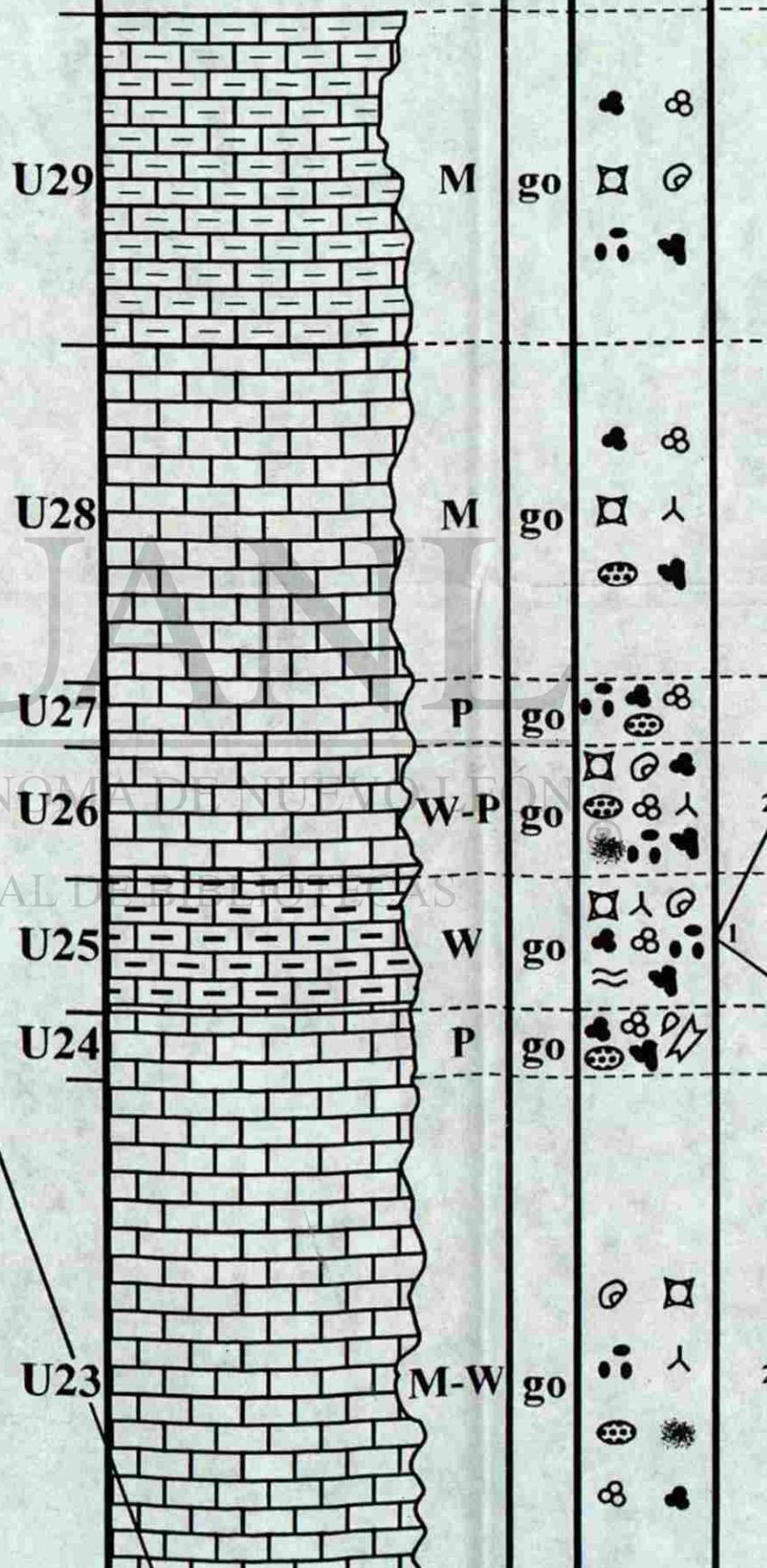
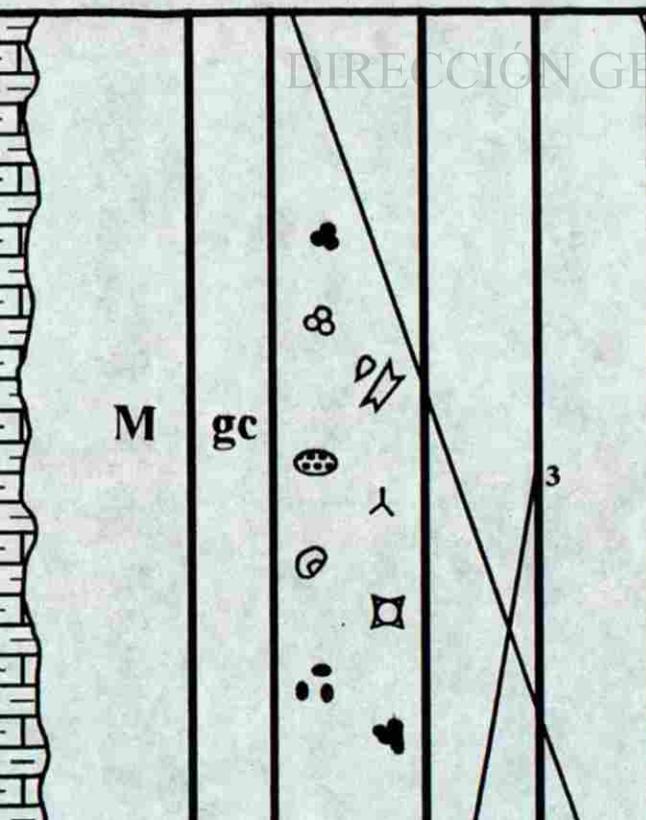
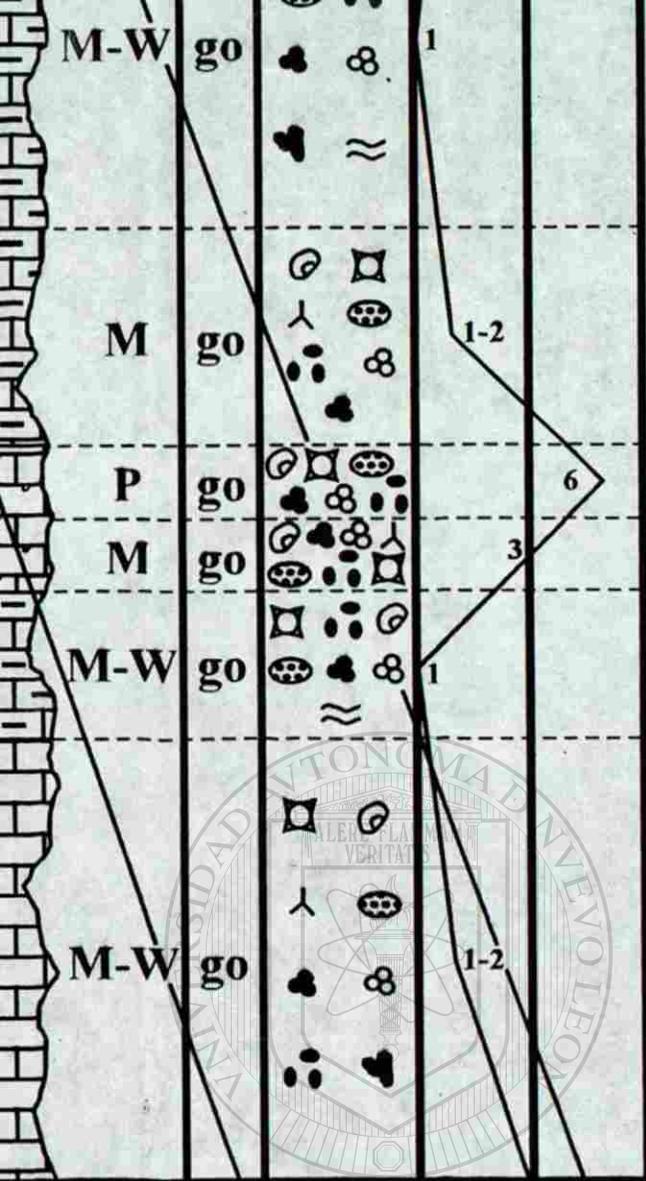
2743000N

43

Brownsville

1

2



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES

