

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



**“BIOESTRATIGRAFÍA, ANÁLISIS MICROFACIAL Y  
GEOQUÍMICO DE LA FORMACIÓN LA CASITA, JURÁSICO  
TARDÍO (KIMMERIDGIANO-TITHONIANO) EN POTRERO  
PRIETO GALEANA, NUEVO LEÓN, MÉXICO”.**

**TESIS**

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

**MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS**

**PRESENTA:  
JULIA ISABEL REGALET FIGUEROA**

**LINARES, NUEVO LEÓN**

**NOVIEMBRE DE 2011**

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

**LA TESIS**

**“BIOESTRATIGRAFÍA, ANÁLISIS MICROFACIAL Y  
GEOQUÍMICO DE LA FORMACIÓN LA CASITA, JURÁSICO  
TARDÍO (KIMMERIDGIANO-TITHONIANO) EN POTRERO  
PRIETO, GALEANA NUEVO LEÓN, MÉXICO”.**

**PRESENTA:**

**JULIA ISABEL REGALET FIGUEROA**

**HA SIDO ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS**

**Vo. Bo. DIRECTOR DE TESIS**

---

**Dr. José Guadalupe López Oliva**

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

**LA TESIS**

**“BIOESTRATIGRAFÍA, ANÁLISIS MICROFACIAL Y  
GEOQUÍMICO DE LA FORMACIÓN LA CASITA, JURÁSICO  
TARDÍO (KIMMERIDGIANO-TITHONIANO) EN POTRERO  
PRIETO, GALEANA NUEVO LEÓN, MÉXICO”.**

**PRESENTA:**

**JULIA ISABEL REGALET FIGUEROA**

**HA SIDO ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS**

**COMITÉ DE REVISIÓN**

**Vo. Bo.**

---

**Dr. José Guadalupe López Oliva  
Director de Tesis**

---

**Dr. Francisco Medina Barrera  
Co-Director de Tesis**

---

**Dr. Uwe Jenchen  
Co-Director de Tesis**

**Por este conducto declaro bajo protesta que este trabajo ha sido desarrollado personalmente con el apoyo del Comité de Titulación. Toda la información utilizada para este estudio ha sido citada debidamente.**

---

**Ing. Julia Isabel Regalet Figueroa**

**Noviembre de 2011, Linares, Nuevo León.**

“El Método Geológico no es Experimental, en esencia, es Histórico, La postura de un Geólogo, es la de un Médico, pues debe de operar en base a una serie de datos inmediatos, evitando experimentar con el paciente... Es por ello que la Geología, ciencia cada día más exacta, se convierte casi en un arte, en el cual el Geólogo, Médico o Historiador de la Tierra, ejerce un bello oficio...”

Dr. Jean Aubouin.

“La Geología esta encadenada inexorablemente a la Ingeniería, pero no es una Ingeniería, sus conocimientos parten del pensamiento filosófico, histórico, crítico, capaz de lograr la difícil síntesis de múltiples conocimientos... La Astronomía abandonó existencialmente al hombre en el espacio, la Física en la materia, la Biología en el Tiempo, pero la Geología con los pies bien puestos sobre la Tierra le obliga a pensar que ni las rocas están quietas, sólidas o fijas en su planeta mismo, todo se mueve y se moverá inexorablemente...”

Dra. Ma. Fernanda Campa-Uranga.

“La clave del éxito, está en la confianza de que se tendrá éxito”.

Napoleón Hill.

## **DEDICATORIA**

**A mi esposo Emigdio, Dios te premie por la paciencia que tuviste durante la maestría, y sobre todo por aquellos momentos en los que el estudio y trabajo ocuparon todo mi tiempo. Gracias por tu comprensión, confianza, fortaleza y por toda tu ayuda, además por ser parte importante en el logro de una más de mis metas profesionales. Pero sobre todo, porque viviste conmigo intensamente, cada momento etapa tras etapa de este trabajo de investigación. Y finalmente porque disfrutemos juntos con nuestros hijos este anhelado momento y sea motivo de orgullo e inspiración para que sean hombres de bien.**

**A mis adorados hijos, Briza, Winston Lennyn y a mi nuevo bebé Walter Geovannyn, a quienes siempre cuidaré para verlos hechos personas capaces y que sepan tomar retos en esta vida. Quiero dedicarles este trabajo como una recompensa por todas las horas que les quité para poder estudiar. Pero, quiero que sepan que en cada hora que no pasé a su lado, en mi corazón había ansiedad y deseo por estar con ustedes y disfrutar cada una de sus alegrías y logros.**

**A mis padres Francisco Regalet Delgado (q.e.p.d) y María Catalina Figueroa Torres, entre más pasa el tiempo, más te extraño, siempre estás en mis pensamientos. A ti mami gracias por ese apoyo incondicional, dedicación y amor que sólo una madre sabe dar a sus hijos.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Nuevo León, que me brindó la oportunidad, a través del programa CONACYT, para realizar mis estudios de maestría de la cual recibí un gran apoyo.

En primer lugar quiero expresar especial gratitud a mi director de tesis Dr. José Guadalupe López Oliva, que aún sin conocerme me brindó su confianza, paciencia, esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos en el campo de la investigación han sido imprescindibles para llevar a término el presente trabajo. Muchas Gracias Dr. López.

A los miembros del comité de revisión Dr. Francisco Medina Barrera y Dr. Uwe Jenchen les agradezco de una manera muy atenta sus valiosas aportaciones, ideas, conocimientos, sugerencias y por el tiempo que dedicaron en las correcciones para el desarrollo de este trabajo.

A todos mis profesores no sólo de la maestría sino de toda la vida, mil gracias porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy.

A mis compañeros y compañeras de clases, por el apoyo y motivación que de ellos he recibido.

Al personal docente del laboratorio de preparación, gracias por contribuir, en la elaboración y preparación de las muestras de campo, M.C. Pedro Rodríguez, M.C. Andrés Ramos, M.P. Victoriano Beraza.

Agradezco de una manera especial, el respeto, amistad que hacia mi tuvieron todas aquellas personas que de un modo u otro colaboraron conmigo.



## Contenido

Contenido .....	i
Lista de Figuras .....	iii
Lista de Tablas.....	v
Resumen.....	vi
Abstract .....	vii
1 Generalidades .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.1.1 Formación La Casita (Tithoniano–Berriasiano Inferior).....	1
1.2 Localización y vías de acceso .....	2
1.3 Trabajos Previos.....	3
1.4 Justificación .....	4
1.5 Hipótesis del Trabajo .....	5
1.6 Objetivos .....	5
1.7 Metas.....	5
1.8 Metodología .....	6
1.8.1 Trabajo de campo .....	6
1.8.2 Trabajo de laboratorio .....	6
1.8.3 Trabajo de gabinete .....	7
2 Geología Regional.....	8
2.1 Introducción .....	8
2.2 Evolución Geológica del Noreste de México .....	8
2.2.1 Paleozoico .....	8
2.2.2 Mesozoico .....	9
2.2.3 Cenozoico.....	14
2.3 Reconstrucción Paleogeográfica .....	14
2.3.1 Tierras positivas y negativas: elementos tectónicos del margen del Atlántico .....	14
2.3.2 Cretácico Temprano .....	16
2.3.3 Cretácico Tardío .....	21
2.4 Tectónica Regional del Noreste de México .....	22

2.4.1	Orogenia Laramide.....	22
2.4.2	Terrenos Tectonoestratigráficos.....	23
2.4.3	Terreno Sierra Madre.....	24
3	Geología Local.....	25
3.1	Secuencia Estratigráfica del Área de Estudio.....	26
3.1.1	Formación Zuloaga (Jz).....	26
3.1.2	Formación La Casita (Jlc).....	28
3.1.3	Formación Taraises (Ktr).....	30
3.1.4	Formación Tamaulipas Inferior (Kti).....	31
3.2	Descripción de la Carta Geológica realizada.....	33
3.3	Descripción de las Estructuras cartografiadas.....	33
3.3.1	Anticlinal Potrero Prieto.....	36
4	Análisis Bioestratigráfico.....	37
4.1	Introducción.....	37
4.1.1	Radiolarios.....	37
4.1.2	Espículas de Esponjas.....	38
4.1.3	Peletoides.....	39
4.1.4	Restos de Braquiópodos.....	40
4.1.5	Calpionélidos.....	41
4.2	Descripción Taxonómica de los Calpionélidos.....	43
4.3	Calpionélidos como indicadores del límite Jurásico-Cretácico.....	49
5	Análisis Microfacial.....	52
5.1	Introducción.....	52
5.1.1	El concepto: Facies y Microfacies.....	52
5.2	Características generales de los componentes de las Facies y Microfacies: Potero Prieto.....	53
5.3	Análisis Microfacial de la Sección.....	75
6	Análisis Geoquímico.....	78
6.1	Introducción.....	78
6.2	Definición de Roca Generadora.....	78
6.3	Valoración de % M.O. por combustión Húmeda y Titulación según Walkley/Black (modificado).....	79
6.4	Porcentaje de % M.O. y % C.O.....	79
7	Conclusiones y Recomendaciones.....	82
7.1	Conclusiones.....	82

7.2	Recomendaciones.....	83
8	Bibliografía.....	84
9	Anexos.....	93

## Lista de Figuras

Fig. 1-1:	Localización del área de estudio y vías de acceso coordenadas geográficas (GoogleEarth, 2008).....	3
Fig. 2-1:	Modelo Tectónico del Período Pérmico. (modificado de Scotese), 1997.....	9
Fig. 2-2:	a) Modelo tectónico para la evolución de la provincia Pacífico Oeste de México y este del Golfo de México. Para el Paleozoico Tardío. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).....	9
Fig. 2-3:	Modelo Tectónico del Período Triásico. (modificado de Scotese, 1997). ....	10
Fig. 2-4:	a) Modelo Tectónico para la evolución de la provincia Pacífica Oeste de México y este del Golfo de México. Para el Triásico-Jurásico. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).....	11
Fig. 2-5:	Modelo Tectónico del Período Jurásico. (modificado de Scotese, 1997). ....	12
Fig. 2-6:	a) Modelo Tectónico para la evolución de la provincia Pacífica Oeste de México y este del Golfo de México. Para el Jurásico Tardío. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).....	12
Fig. 2-7:	a) Modelo Tectónico para la evolución de la provincia Pacífica Oeste de México y este del Golfo de México. Para Cretácico Temprano. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).....	13
Fig. 2-8:	a) Modelo Tectónico para la evolución de la provincia Pacífica Oeste de México y este del Golfo de México. Para Cretácico Tardío. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).....	14
Fig. 2-9:	a) Distribución de evaporitas durante el Oxfordiano y elementos paleogeográficos: Península de Coahuila (1), Península y Archipiélago de Tamaulipas (2), Isla de Miquihuana (3), Cuenca del Centro de México (4) Cuenca de Sabinas (5) Ciudades: Tampico (T) Monterrey (M), Torreón (To), Veracruz (V), San Luís Potosí (SLP), Cubierta Volcánica actual de la SMO y Faja Volcánica Transversal. B) Distribución de facies litorles de plataforma externa durante el Tithoniano. Elementos paleogeográficos: Isla de Coahuila (1), Isla de Miquihuana (2), Isla de Picachos y Terán (3), Península de Tamaulipas (4), Cuenca de Chihuahua y Sabinas (5), Cuenca del centro de México (6). Extraído de Eguiluz et al. 2000.....	15
Fig. 2-10:	Paleogeografía del Noreste de México durante el Tithoniano (Compilado de Eguiluz de Antuñano, 2001; Michalzik y Schumann, 1994; Goldhammer y Johnson, 1999). ....	16
Fig. 2-11:	Paleogeografía del Noreste de México durante el Berriasiano (Compilado de Eguiluz de Antuñano, 2001; Goldhammer y Johnson, 2001; Ward, 1999; Padilla y Sánchez, 1986).....	17
Fig. 2-12:	Paleogeografía del Aptiano Inferior (modificado de Zwanzinger, 1987). ....	19
Fig. 2-13:	Paleogeografía del Aptiano Superior (modificado de Zwanzinger, 1987).....	20

Fig. 2-14: c) Paleogeografía durante el Barremiano: Formación La Virgen /Cuchillo (1), Formación Guaxcamá (2), Carbonatos: Arrecife Cupido y facies de laguna (3), Calizas pelágicas Tamaulipas Inferior (4), turbiditas (5) y clásticos costeros (6). d) Paleogeografía durante el Albiano, Calizas pelágicas (2), Turbiditas (3), Plataforma Valle-San Luís Potosí (V), Faja de Oro (F), Coahuila (C) y Comanche (Cm). Extraído de Eguiluz et al. 2000.....	21
Fig. 2-15: Plano Tectonoestratigráfico de la República Mexicana (Campa y Coney, 1983 ).	24
Fig. 3-1: Correlación de las columnas estratigráficas de Michalzik (1988) y Goldhammer y Johnson (2001) para el NE de México (modificado de Jenchen, 2007a, 2007b). LST: lowstand system tract, TST: transgressive system tract, MFS: maximum flooding surface, HST: highstand systems tract, LSW: lowstand wedge y SMW: shelf margin wedge (Ocampo Díaz et al., 2007).....	25
Fig. 3-2: Estratos de la Fm. Zuloaga, con espesores mayores a 1m, sin estratificación.	27
Fig. 3-3: Contactos Litológicos Fm. Zuloaga, Fm. La Casita, Fm. Taraises (Potrero Prieto; N.L.).....	27
Fig. 3-4: a) Lutitas fracturadas aspecto carbonoso y estratos de calizas de la Formación La Casita b) estratos de calcoareniscas del miembro superior de la Formación La Casita c) concreciones fosilíferas.....	29
Fig. 3-5: a) Estratos de la Formación Taraises b) Intercalación de lutitas laminares c) areniscas pardorrojizas, denominado “Miembro Galeana”.....	31
Fig. 3-6: a) Estratos masivos con intercalaciones de nódulos de perdenal de la Fm.Tamaulipas Inferior b) estructuras en echelon características de esta Formación .	32
Fig. 3-7: Leyenda para las Figuras 3.8 y 3.9 del plano Geológico.	34
Fig. 3-8: Mapa geológico realizado en el área de Potrero Prieto, Galeana, N.L.	35
Fig. 3-9: Sección geológica de Potrero Prieto.....	35
Fig. 4-1: Radiolarios en lámina delgada; muestra PP J163 Fotografía Tomada a 40x con N //.	38
Fig. 4-2: Espícula de esponjas; muestra PP J54, Fotografía Tomada a 5x con N //.	39
Fig. 4-3: Pellets de Favreina; muestra PP J47, Fotografía Tomada a 40x con N //.....	40
Fig. 4-4: Resto de braquiópodo; muestra PP J165, Fotografía Tomada a 20x con N //.....	41
Fig. 4-5: Morfología típica de un calpionélido ( <i>Tintinnopsella carpathica</i> ).	42
Fig. 4-6: Estructura de concha de calpionélidos donde se pueden observar las tres capas de cristales que constituyen la pared del organismo. La variación del espesor de la pared es de 4 – 6 $\mu$ (Modificado de Reháková & Michalik, 1993).	44
Fig. 4-7: Estructura calcítica recristalizada de la pared de los calpionélidos. El espesor de la pared varía de 4-7 $\mu$ m (modificado de Reháková & Michalik, 1993).	45
Fig. 4-8 <i>Crassicollaria parvula</i> ; muestra PP J135; escala = 100 $\mu$ .	46
Fig. 4-9: <i>Crassicollaria massutiniana</i> ; muestra PP J150; escala = 100 $\mu$ .	46
Fig. 4-10: a Secciones longitudinales de <i>Calpionella alpina</i> : a) forma grande y elongada, muestra PP J167 b) <i>C. alpina</i> forma intermedia, muestra PP J165; c) forma esférica y pequeña, muestra PP J168, escala = 100 $\mu$ .	47
Fig. 4-11: Sección longitudinal de <i>Calpionella</i> elíptica; muestra PP J161, escala = 100 $\mu$ .	48
Fig. 4-12: Sección axial de <i>Calpionellopsis simplex</i> ; muestra PP J167, escala = 100 $\mu$ .	48
Fig. 4-13: <i>Tintinnopsella carpathica</i> , mostrando un collar hacia fuera que forma un ángulo recto con respecto a las paredes; muestra PP J168, escala = 100 $\mu$ .	49

Fig. 4-14: Sucesión de calpionélidos de Remane (1985), considerada en el presente estudio. .... 50

Fig. 5-1: Análisis bioestratigráfico de Potrero Prieto con sus respectivas características litológicas. Resaltando (línea roja) límite bioestratigráfico J/K. .... 76

Fig. 5-2: Modelo Paleo deposicional propuestos para transición Zuloaga, La Casita/Taraises, en el área de Potreo Prieto, N.L. .... 77

Fig. 6-1: Análisis geoquímicos para el área de Potrero Prieto, (el rectángulo en morado resalta el mayor incremento de % M.O y % M.C)..... 81

## Lista de Tablas

Tabla 5-1: Resultado de la aplicación de las facies propuestas a las secciones delgadas, asignación de microfacies, ambiente, % de M.O y % C.O para el perfil “Potrero Prieto”. .... 54

Tabla 6-1: Índices para suelos calizos de zonas áridas y semiáridas. (Manual de Métodos químicos).. 79

Tabla 6-2: Valores de las muestras para el área de Potrero Prieto de % de M.O y C.O. .... 80

## Resumen

El presente trabajo de investigación, consistió en realizar un estudio bioestratigráfico, análisis microfacial y geoquímico de la Formación La Casita del Jurásico Tardío (Kimmeridgiano-Thithoniano). El área de trabajo se localiza al Sureste del Estado de Nuevo León, en Potrero Prieto N.L. El método consistió en el levantamiento de un perfil estratigráfico de 85 metros, a partir de la base de la Formación La Casita incluyendo la transición con la Formación Zuloaga, y la parte inferior de la Formación Taraises.

Los eventos principales de los calpionélidos que marcan el límite Jurásico-Cretácico, son la desaparición de *Crassicollaria massutiniana*, *Cr. intermedia*, *Cr. parvula*, la “explosión” y cambio de tamaño de *Calpionella alpina*, el cambio de tamaño de *Tintinnopsella carpathica* (Remane, 1985), (Blau & Grün, 1997). Bioestratigráficamente, se determina que el límite Jurásico/Cretácico, en esta zona, se localiza dentro de la Formación La Casita.

El estudio microfacial de la Formación La Casita incluyendo la transición con la Formación Zuloaga, y la parte Inferior de la Formación Taraises, así como los resultados de los análisis Geoquímicos, indican que sus características texturales, micropaleontológicas y microfaciales arrojan una evidencia de que la Formación La Casita en el área analizada se acumuló en un ambiente de cuenca profunda y estable con régimen de energía tranquilo.

## **Abstract**

This investigation work consists in doing a biostratigraphic study, microfacial and geochemical analysis for the La Casita Formation of the Late Jurassic (Kimmeridgian-Thithonian). The work area is located in the southeastern edge of Nuevo Leon, in Potrero Prieto, by Galeana N.L. The method consists in the uprising of a stratigraphic cross section of 85 metres from the base of La Casita Formation, including the transition to the Zuloaga Formation and the lower part of the Taraises Formation.

The main events of the calpionellids that indicate the Jurassic/Cretaceous boundary are the disappearance of *Crassicollaria massutiniana*, *Cr. intermedia*, *Cr. Parvula*, the “explosión” and the change in size of *Calpionella alpina*, the change in size of *Tintinnopsella carpathica* (Remane, 1985; Blau & Grün, 1997). Biostratigraphically it has been interpreted that the Jurassic/Cretaceous boundary in the studied area is located at the uppermost sediments of the La Casita Formation.

The microfacial analysis of the La Casita Formation, including the transition to the Zuloaga Formation and the lowermost part of the Taraises Formation, as well as the results of the geochemical analysis, suggest that the La Casita Formation of the studied area was accumulated in a deep stable basin with a low energy index.

# 1 Generalidades

## 1.1 Introducción

### 1.1.1 Formación La Casita (Tithoniano–Berriasiano Inferior)

Imlay (1936) definió la Formación La Casita, como una secuencia de lutitas de color gris oscuro a negro, con intercalaciones de estratos delgados de rocas calcáreas, areniscas carbonatadas y horizontes de fosforitas. Las variaciones en el espesor de la unidad son de 10 a 430m, las cuales están relacionadas con la distancia al área fuente, considerada como el Bloque de Coahuila (Fortunato, 1982; Fortunato y Ward, 1982; Michalzik, 1988; Michalzik y Schumann, 1994). En la región de Monterrey – Saltillo, la Formación La Casita ha sido subdividida en dos unidades estratigráficas (Humphrey, 1949): a) Formación La Casita unidad inferior (Miembro La Muralla) con un espesor aproximado de 330m. Este consiste en lutitas calcáreas de color negro y lutitas arenosas de color café oscuro; mientras que b) la unidad superior (Miembro San Pablo) consiste en capas de areniscas finas a gruesas intercaladas con lutitas calcáreas y numerosos horizontes conglomeráticos. Fortunato y Ward (1982) propusieron una subdivisión de la Formación La Casita en la misma área en tres subunidades litológicas: (i) Unidad 1, con un espesor aproximado de 137m de limolitas calcáreas; (ii) Unidad 2, con un espesor aproximado de 227m, predominantemente areniscas y conglomerados, y (iii) Unidad 3, con 84m de espesor que consiste predominantemente en limolitas y areniscas de grano fino.

La distribución de facies de la Formación La Casita en el área de Monterrey – Saltillo ha sido interpretada como la progradación de un extenso complejo de fan delta que tiene su origen en el Bloque de Coahuila (Fortunato y Ward, 1982; Michalzik, 1988; Michalzik y Schumann, 1994).

La Formación La Casita aflora en las inmediaciones de Galeana y en los alrededores del poblado de Potrero Prieto, dentro del Anticlinal Potrero Prieto–Iturbide. Esta infrayace a la Formación Taraises en forma concordante, y transicional, y sobreyace a las Formaciones Zuloaga y Minas Viejas con una transición gradual.

El presente trabajo realiza un estudio a detalle de la Fm La Casita, aplicando los análisis de micropaleontología para definir el límite bioestratigráfico J/K por medio de calpionélidos, análisis de

microfacies para identificar las características texturales y componentes, para interpretar el ambiente de depósito de la cuenca en estudio y determinar las variaciones de contenido de materia orgánica por medio de análisis geoquímicos.

Hasta la actualidad no se han efectuado estudios de la Formación La Casita en la zona de trabajo. Únicamente se han realizado estudios de la parte final o el techo de la Formación La Casita y la transición a la Formación Taraises en donde se encuentra el límite Jurásico-Cretácico.

## **1.2 Localización y vías de acceso**

El área de trabajo se localiza al Sureste del Estado de Nuevo León, dentro de la región fisiográfica denominada Sierra Madre Oriental, en Potrero Prieto N.L. Se ubica entre los paralelos 24° 49' de Latitud Norte y los meridianos 99° 59' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, dentro de la jurisdicción del municipio de Galeana, N.L.

El principal acceso del área de estudio se ubica partiendo de la Cd. de Linares hacia el SW, se toma la carretera Estatal No. 58, a la altura del km 53 se encuentra la desviación a Potrero Prieto a partir de la cual se desplaza 16 km al Norte hasta llegar al poblado de Potrero Prieto (Fig. 1.1).

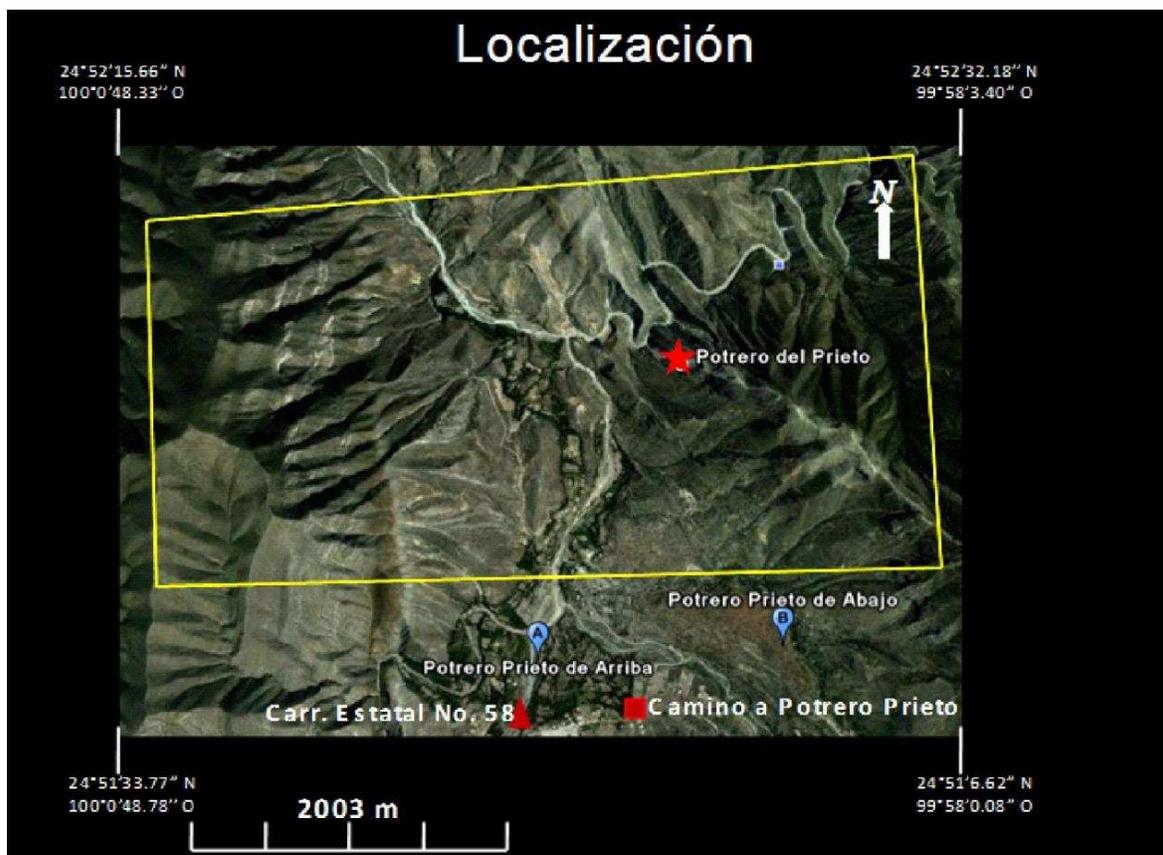


Fig. 1-1: Localización del área de estudio y vías de acceso coordenadas geográficas (Google Earth, 2008).

### 1.3 Trabajos Previos

**Imlay (1936)**, trabajó el Jurásico Superior en el noreste de México y en Texas. Sus correlaciones estratigráficas están hechas en base a amonites y de sus relaciones paleoecológicas con la fauna restante encontrada en las áreas que trabajó. Las aportaciones de sus trabajos de investigación son la descripción de las Formaciones Zuloaga, La Casita, La Caja y Taraises; siendo estas de gran importancia para la elaboración de este trabajo.

**López Oliva, (1989, 1992)**, hizo una zonación del Cretácico Basal en el Braquianticlinal sur de la Sierra del Fraile, N. L., por medio de calpionélidos, concluyendo que el límite litológico entre las Formaciones La Casita y Taraises no corresponde al límite estratigráfico Titoniano-Berriasiano.

**Michalzik y Schumann (1994)**, realizaron un análisis de la Formación La Casita entre Saltillo, Monterrey, San Roberto y Linares, como un sistema deltáico progradante cuyos sedimentos provenían de la paleoisla de Coahuila.

**Adatte et al (1992, 1993, 1994, 1996<sup>a</sup> y 1996<sup>b</sup>)**, realizaron correlaciones estratigráficas de varias secciones del centro y noreste de México, por medio de zonación de calpionélidos, correlacionaron sus resultados con zonación de amonites, se basaron también en la mineralogía y el análisis de isótopos estables.

**Goldhammer et al. (1991)**, analizaron la estratigrafía, la estratigrafía secuencial y la Cicloestratigrafía de la Sierra Madre Oriental y su tectónica, desde el Jurásico Medio hasta el Cretácico Temprano.

**Velasco Segura (2005)**, analizó litológica y estratigráficamente la Formación La Caja, así como también reconoció las condiciones paleoambientales e interpretó el origen y desarrollo de la unidad geológica con los macrofósiles (Vertebrados) en la Sierra el Jabalí, Saltillo, Coahuila, México.

**Olivares Ramos (2006)**, determinó el límite bioestratigráfico Jurásico/Cretácico por medio de zonación de calpionélidos, análisis microfacial de una sección estratigráfica de la parte Superior de la Formación La Casita y la parte Inferior de la Formación Taraises en la Sierra de la Silla, Nuevo León, México.

**Ocampo Díaz (2007)**, realizó un análisis sedimentológicos, petrográfico y de Miembro Arenoso Galeana en el área de Galeana, Potrero Prieto y Rayones.

**Ocampo Díaz et al. (2007)**, describieron la facies y sistemas de depósito del Miembro Arenoso Galeana en el área de Galeana, Potrero Prieto y Rayones.

**Ocampo Díaz (2011)**, amplió este análisis para las formaciones La Casita y Taraises en el área de la Curvatura de Monterrey y Cuenca de Sabinas.

## **1.4 Justificación**

Es importante el estudio de la Formación La Casita, como un análogo a la generación de Hidrocarburos. Se sabe que el Tithoniano ha sido generador en nuestro país en especial en el centro-

Sur. En esta zona se ha determinado la Fm. Pimienta como una de las más importantes en la generación de hidrocarburos.

Hasta la actualidad no se han efectuado estudios de la Formación La Casita en la zona de trabajo. Únicamente se han realizado estudios de la parte final o el techo de la Formación La Casita y la transición a la Fm. Taraises en donde se encuentra el límite Jurásico-Cretácico.

### **1.5 Hipótesis del Trabajo**

El Jurásico Tardío (Kimmeridgiano-Tithoniano), está presente en el Noreste de México?, (Adatte et al., 1996). Se ha propuesto por algunos investigadores que el límite Jurásico-Cretácico podría no estar presente en el Noreste de México.

Se puede pensar que la transición del límite Jurásico-Cretácico ha sido interrumpida en el Noreste de México debido a eventos de escala local o regional, como variaciones eustáticas del nivel del mar que pudieron haber erosionado los sedimentos limítrofes. También pudo haber un período de no depositación asociada a la apertura del Golfo de México y del Atlántico. Como consecuencia de esto es de suma importancia determinar si el Jurásico Tardío (Kimmeridgiano-Tithoniano) existe en el área de Potrero Prieto, y ubicar la Transición Jurásico/Cretácico.

### **1.6 Objetivos**

- a) Determinar el límite Zuloaga-Casita y el límite Casita-Taraises.
- b) Identificar la relación porcentual de las arcillas, limos, siliciclastos y de materia orgánica.
- c) Llevar a cabo el análisis bioestratigráfico, basado principalmente en microfauna.
- d) Realizar un análisis microfacial de la Formación La Casita (Jurásico Tardío).
- e) Realizar Análisis geoquímicos para observar variaciones de contenido de materia orgánica.
- f) Proponer un modelo paleo deposicional de la Formación La Casita basado en los análisis microfacial y microfaunístico.

### **1.7 Metas**

- a) Realizar una carta geológica en escala 1:10,000 en la cual quede incluida la zona de estudio (3km de longitud por 1.5km de ancho).

- b) Llevar a cabo un muestreo de la Formación la Casita con un intervalo de 50cm de la base al techo.
- c) Analizar las secciones delgadas, para determinar el contenido de componentes orgánicos e inorgánicos, así como la composición de la matriz y el tipo de textura, utilizando la clasificación de carbonatos de (Dunham, 1962) y el modelo Espectro de Texturas para rocas Carbonatadas (Folk, 1962) y las propuestas de Flügel, (1982, 2004).
- d) Realizar un análisis de microfacies para ubicar el ambiente de depósito utilizando el modelo “Microfacies Estándar” (Wilson, 1975).
- e) Desarrollar un modelo de paleodepositación y la reconstrucción de la zona dentro de la cuenca en estudio.

## **1.8 Metodología**

### **1.8.1 Trabajo de campo**

El procedimiento seguido para la realización de este trabajo comprende las siguientes etapas.

1. Se llevó a cabo la elaboración del mapeo geológico de un área total de 6 km<sup>2</sup> en escala: 1: 10,000.
2. Se realizó un muestreo de la Formación La Casita incluyendo la transición con la Fm. Zuloaga, así como el contacto transicional con la Fm. Taraises. Esto dio un espesor total de 85mts. Se recolectaron 171 muestras, con un intervalo de muestreo de 50cm entre cada una de ellas.

### **1.8.2 Trabajo de laboratorio**

1. De las muestras recolectadas se realizaron secciones delgadas en el laboratorio de preparación de la Facultad de Ciencias de la Tierra, (U.A.N.L.), para los análisis bioestratigráficos, micropaleontológicos y microfaciales. Para determinación de componentes y la clasificación de las rocas se utilizó la clasificación de carbonatos de (Dunham, 1962) y el modelo Espectro Textural para rocas Carbonatadas (Folk, 1962).
2. Además se uso la propuesta de Wilson (1975) para determinar los cinturones faciales (ZF) y las microfacies estándar propuestas por este autor.
3. Como complemento a la interpretación de las microfacies estándar se utilizó la propuesta de Flügel, (1982, 2004).

4. Del total de muestras se enviaron 13 al Laboratorio de Suelos y Nutrición de Bosques, de la Facultad de Ciencias Forestales, para analizar el porcentaje de materia orgánica y carbono total. Las muestras se prorrataron en una distancia de 130mts, lo que corresponde a una distancia de 10mts aproximadamente entre muestras.

### **1.8.3 Trabajo de gabinete**

1. Edición del mapa geológico-estructural con escala gráfica, incluyendo todas las unidades estratigráficas cartografiables presentes en el área, incluyendo una sección geológica.
2. Se elaboró una columna estratigráfica, donde se ubicó el límite litológico y bioestratigráfico de las Formaciones La Casita y Taraises.
3. Diseñar un modelo de paleodepositación para el área de estudio.
4. Redacción y escritura del trabajo de tesis.

## **2 Geología Regional**

### **2.1 Introducción**

Las cuencas y pilares, generados por la Orogenia Palizada del Triásico de tipo tensional, en un régimen tectónico de intraplaca, delimitaron la paleogeografía y zonas de sedimentación para el Triásico Tardío. Como una respuesta cortical a los esfuerzos compresionales originados por la Orogenia Maratón Oauchita Apalacheana del Permotriásico. En este tiempo se generaron topografías negativas y positivas gracias a esta extensión continental (Salvador, 1991; Goldhammer, 1999). Los altos estructurales controlaron la depositación de facies en las cuencas recién formadas durante el Jurásico y Cretácico (Wilson, 1990), de la misma manera jugaron un papel muy importante en la deformación Laramídica (Cretácico Tardío-Paleoceno-Eoceno), formando estructuras plegadas, dando así origen a la Sierra Madre Oriental (Padilla y Sánchez, 1982, 1986).

### **2.2 Evolución Geológica del Noreste de México**

#### **2.2.1 Paleozoico**

##### **2.2.1.1 Reconstrucción de Pangea**

Para el Pérmico Medio-Superior la sedimentación cambió a ambientes fluviales mixtos y continentales, depositándose sedimentos de origen terrígeno como limos intercalados con arcillas y arenas, posiblemente una melange característica de la Fm. Verde.

Para el Pérmico Superior se llevó a cabo la formación de Pangea (Fig. 2.1), debido a la colisión de Laurasia (Laurentia, Escandinavia, Liberia, Apulia), contra Gondwana (Sudamérica, África Occidental, India, Antártica). Además de la elevación de mesetas y la acreción de nuevos terrenos a los continentes, tales esfuerzos compresionales continuarían en el Mesozoico para finalizar en el Triásico Inferior-Medio. Sin embargo para este tiempo, el territorio Mexicano estaba ya emergido y formaba parte de un importante episodio del desarrollo de nuestro planeta Tierra, La Pangea (Fig. 2.2 a).

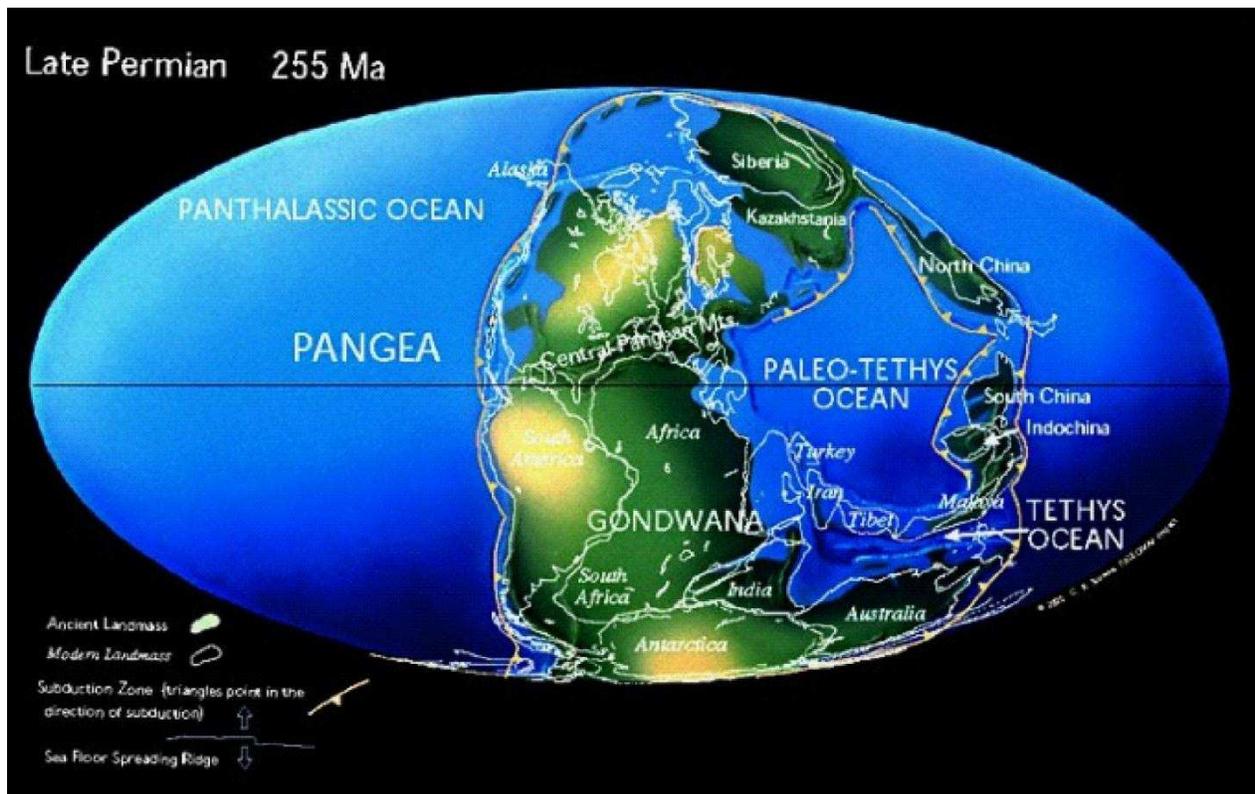


Fig. 2-1: Modelo Tectónico del Período Pérmico. (modificado de Scotese), 1997.



Fig. 2-2: a) Modelo tectónico para la evolución de la provincia Pacífico Oeste de México y este del Golfo de México. Para el Paleozoico Tardío. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).

## 2.2.2 Mesozoico

### 2.2.2.1 Triásico Tardío-Jurásico Medio: Ruptura Continental (etapa de rift)

Durante el Triásico Tardío, hubo una etapa de extensión conocida como rifting, este proceso aunado a la separación de Pangea (Fig. 2.3), trajo como consecuencia la formación del Golfo de México (Fig. 2.4 a). Esta etapa también generó un sistema de altos del basamento (Bloque de Coahuila, Archipiélago

de Tamaulipas, Isla de la Mula, Isla de Monclova e Isla Burro-Peyotes-Salado), y de bajos estructurales (Cuenca de Sabinas, Cuenca de Maverick, Cuenca Mexicana o Geosinclinal Mexicano, Cuenca de Magascatzin, Canal de Chihuahua y Canal de Monterrey). Estas cuencas están probablemente limitadas por fallas normales con desplazamientos laterales izquierdos (fallamiento oblicuo). Este rift culminó en el Oxfordiano Temprano (Goldhammer et al., 1991; Goldhammer, 1999).

Esta etapa inicial del rompimiento de Pangea, duró aproximadamente 50ma. (Triásico Tardío-Jurásico Temprano a Tardío). Muy probablemente para este tiempo ocurrieron las primeras rupturas dentro del terreno Coahuila que condujeron a la generación de fallas de basamento principales, como La Babia y San Marcos (Mckee et al., 1984; Padilla Y Sánchez, 1985; Mckee et al., 1990). Se estima que la deformación durante esta etapa de rift se caracterizó por ser puramente extensional en el área del Golfo de México y es considerada como la que inicia la traslación del Bloque de Yucatán hacia el SSE (Pindel, 1985; Buffler y Sawyer, 1985; Salvador, 1987).

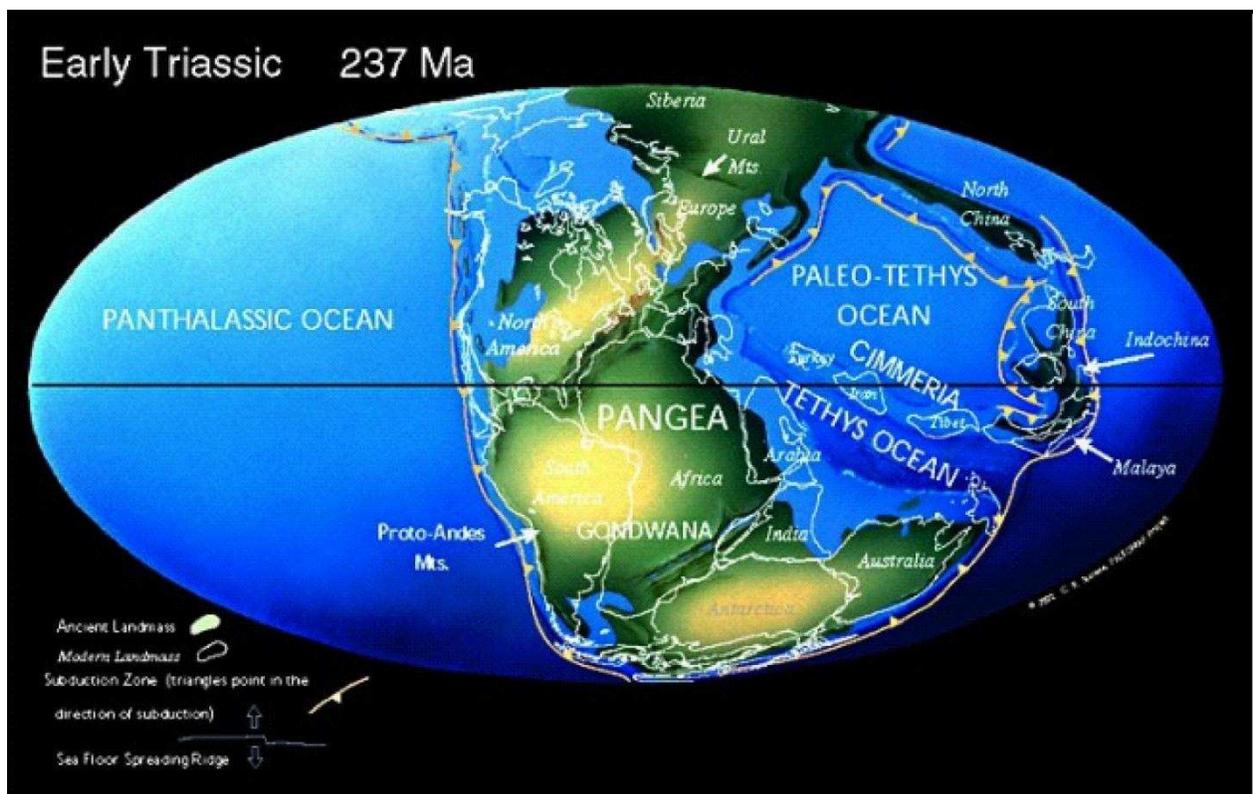
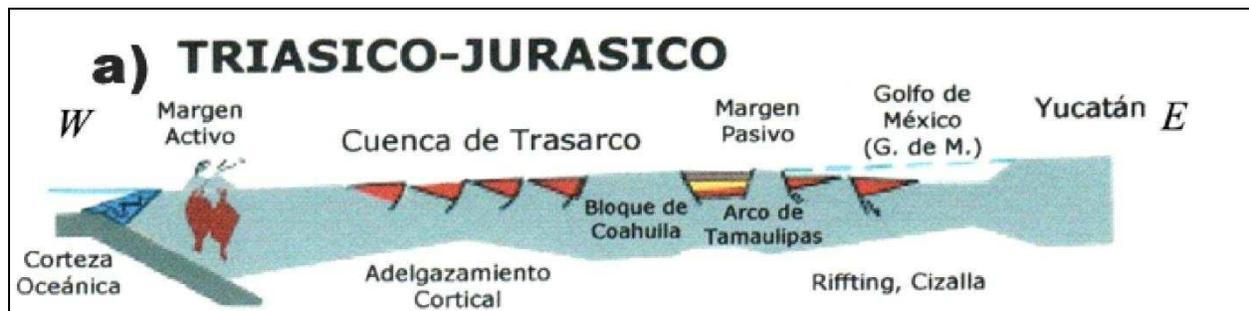


Fig. 2-3: Modelo Tectónico del Período Triásico. (modificado de Scotese, 1997).



**Fig. 2-4: a) Modelo Tectónico para la evolución de la provincia Pacífica Oeste de México y este del Golfo de México. Para el Triásico-Jurásico. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).**

### 2.2.2.2 Jurásico Tardío (etapa drift)

A inicios del Jurásico seguía el desarrollo paulatino de la apertura Atlántica (Fig. 2.5). La trasgresión marina oriental que con la apertura del Golfo de México, avanzó a partir del Jurásico Tardío, se vio favorecida por los efectos deformacionales del Megashear Mojave – Sonora y las fallas longitudinales como Texas, San Carlos, Padilla, Monclova y Sabinas. Que dislocaban las estructuras preexistentes apalachinas (Zwanzinger, 1990). Esto originó una cuenca intracratónica, limitada al Sur únicamente por el Megashear Mojave – Sonora y el naciente Mar Mexicano.

Después del evento extencional las zonas continentales de bajo relieve producto del rift (Fig. 2.6 a), experimentaron una trasgresión marina en el Jurásico Medio (Collavino), controlando la depositación de gruesas y extensas secuencias evaporíticas, de las Formaciones Minas Viejas y Olvido en las márgenes del Golfo de México y SE de USA (Salvador, 1987, 1991c; Goldhammer et al., 1993, 1999; Goldhammer y Johnson, 2001).

Al parecer, la corteza oceánica en el centro del Golfo de México se creó a partir de que la corteza continental alcanzó un adelgazamiento crítico, distinguiendo así el inicio de la etapa de drift. Con base a lo anterior el tiempo de operación de la dorsal oceánica en el Golfo de México fue entre el Jurásico Medio-Tardío. Esta etapa de drift fue el segundo mecanismo por el cual el Bloque de Yucatán limitado por una falla transformante derecha (Tamaulipas-Chiapas) en el este del Golfo y otra transformante izquierda (Escarpe de Florida) en el oeste, fue trasladado hacia el sur experimentando una rotación antihoraria (50°; Pindell, 1985; Salvador, 1987; Ross y Scotese, 1988; Pindell y Barret, 1990; Pindell, 1993; Marton y Buffer, 1994).

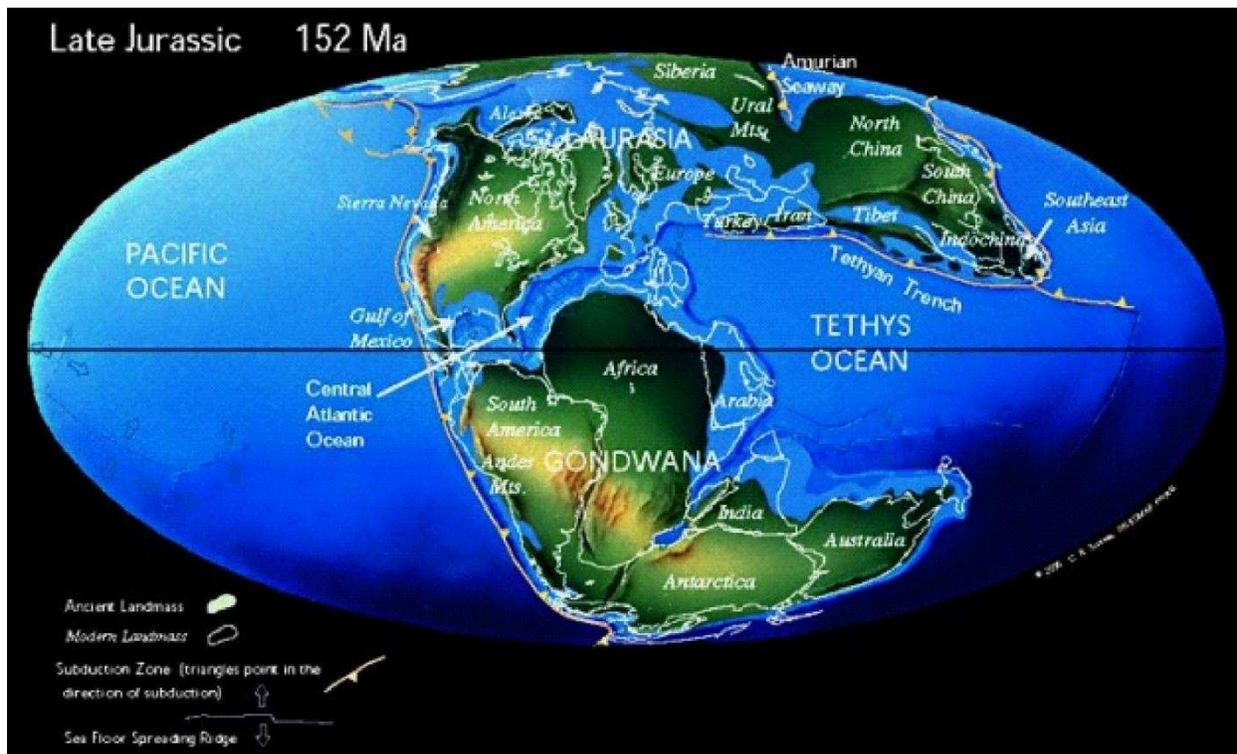


Fig. 2-5: Modelo Tectónico del Período Jurásico. (modificado de Scotese, 1997).



Fig. 2-6: a) Modelo Tectónico para la evolución de la provincia Pacífica Oeste de México y este del Golfo de México. Para el Jurásico Tardío. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).

### 2.2.2.3 Cretácico Temprano: etapa de enfriamiento (post-drift)

En el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano (Berriasiano), la apertura del Golfo de México disminuyó paulatinamente para posteriormente migrar hacia el este y dar origen al Océano Atlántico (Pindell, 1985; Goldhammer, 1999). Los movimientos asociados a la apertura del Golfo de México estaban completos para el Berriasiano.

El bloque de Coahuila permaneció como un alto estructural y controló la distribución y patrones de programación de facies carbonatadas y siliciclásticas a la cuenca de depositación (Goldhammer et al., 1991; Goldhammer, 1999). La apertura del Golfo de México se detuvo en el Berriasiano, comenzando así una etapa de estabilidad tectónica, disminución de la subsidencia y enfriamiento cortical (Fig. 7a) (Salvador, 1991; Goldhammer, 1999).

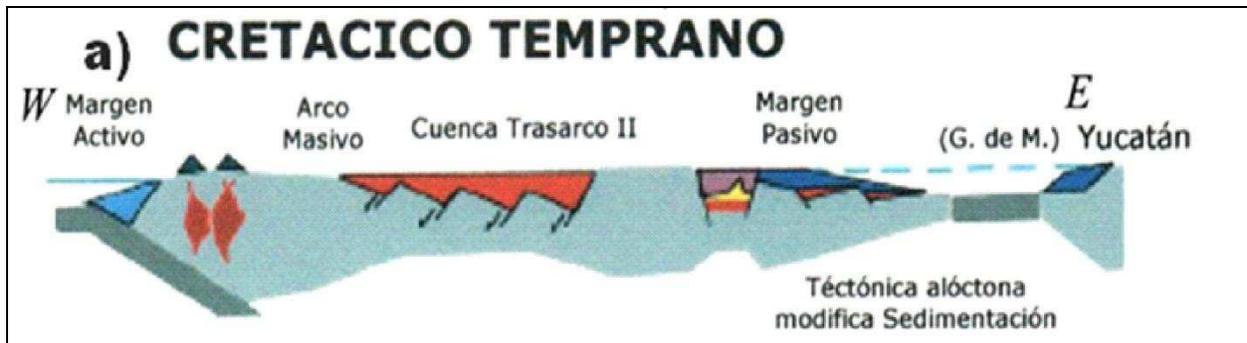


Fig. 2-7: a) Modelo Tectónico para la evolución de la provincia Pacífica Oeste de México y este del Golfo de México. Para Cretácico Temprano. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).

#### 2.2.2.4 Cretácico Tardío

Durante el Cretácico Tardío (Fig. 8a), continuó la subsidencia de la cuenca, volviéndose esta más profunda. Una transgresión marina cubre el área entera en el Cenomaniano-Turoniano. Esto se reflejó en un cambio en la sedimentación (de carbonatos a depósitos de tipo turbidítico). Predomina el ambiente marino y se deposita una secuencia de sedimentos arcillosos-carbonosos (Formación Agua Nueva) (Padilla y Sánchez, 1982, 1986). Para el Coniaciano-Santoniano, en esta época se marca el período de retroceso, de las aguas marinas depositándose una secuencia calcáreo-arcillosa con intercalaciones de sedimentos calcáreos finos (Formación San Felipe). Desde el Campaniano al Maastrichtiano, prevalecen condiciones de mar abierto y aguas profundas, con condiciones que propiciaron el depósito de una gran secuencia calcáreo-arcillosa, margosa (Formación Méndez) (Padilla y Sánchez, 1982).



Fig. 2-8: a) Modelo Tectónico para la evolución de la provincia Pacífica Oeste de México y este del Golfo de México. Para Cretácico Tardío. Sección esquemática orientada de oeste a este (de izquierda a derecha), sin escala. Modificado de Goldhammer (1999).

### 2.2.3 Cenozoico

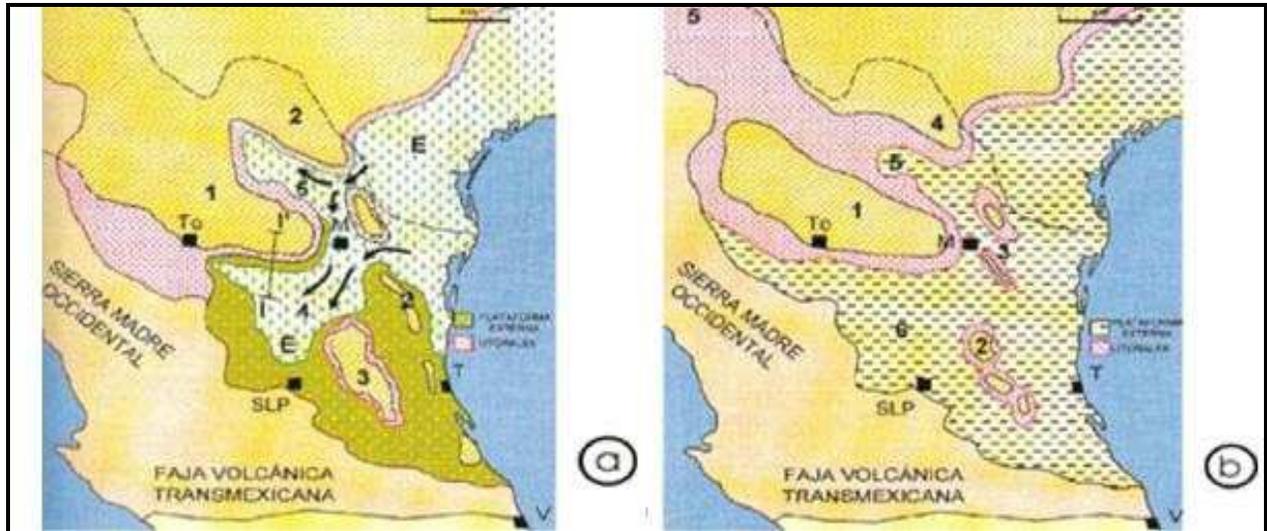
En el Terciario Temprano la secuencia mesozoica depositada en el noreste de México fue deformada por la Orogenia Laramide, retrocediendo los mares del cenozoico al este, dejando atrás una gruesa secuencia de siliciclásticos. (Padilla y Sánchez, 1982, 1986; Goldhammer, 1999). La Cuenca de Burgos del Terciario fue formada después de la Laramide y es considerada como la continuación hacia el sur de la bahía del Río Grande. Esta cuenca se relleno con sedimentos clásticos y terrígenos de los Grupos Midway y Wilcox (Paleoceno-Eoceno Temprano), que se depositaron en un sistema complejo de barras- barreras y deltas. Las cuales permitieron el desarrollo de secuencias de gran espesor de lutitas y arenas. Esta barrera deltáica se progradó hacia el este durante la era Cenozoica, favoreciendo la formación de numerosas fallas de crecimiento que constituyeron trampas favorables para la acumulación de gas (Echánove, 1976).

## 2.3 Reconstrucción Paleogeográfica

### 2.3.1 Tierras positivas y negativas: elementos tectónicos del margen del Atlántico

Los altos estructurales controlaron la depositación de facies en las cuencas recién formadas durante el Jurásico y Cretácico (Wilson, 1990), de la misma manera jugaron un papel muy importante en la deformación Laramídica. Las secuencias de limolitas fueron depositadas durante el Collavino-Oxfordiano en el noreste de México. La Formación Minas Viejas que sobreyace a las capas rojas de Huizachal o al basamento paleozoico marca el inicio de la incursión marina a las cuencas continentales anteriormente cerradas. Goldhammer, 1999, asigna a la secuencia de evaporitas de Minas Viejas una

edad Calloviana, mientras que designa el nombre de Evaporita Olvido para la secuencia evaporítica de edad Oxfordiana-Kimmeridgiana (Fig. 9a).



**Fig. 2-9:** a) Distribución de evaporitas durante el Oxfordiano y elementos paleogeográficos: Península de Coahuila (1), Península y Archipiélago de Tamaulipas (2), Isla de Miquihuana (3), Cuenca del Centro de México (4) Cuenca de Sabinas (5) Ciudades: Tampico (T) Monterrey (M), Torreón (To), Veracruz (V), San Luis Potosí (SLP), Cubierta Volcánica actual de la SMO y Faja Volcánica Transversal. B) Distribución de facies litorales de plataforma externa durante el Tithoniano. Elementos paleogeográficos: Isla de Coahuila (1), Isla de Miquihuana (2), Isla de Picachos y Terán (3), Península de Tamaulipas (4), Cuenca de Chihuahua y Sabinas (5), Cuenca del centro de México (6). Extraído de Eguiluz et al. 2000.

### 2.3.1.1 El Noreste de México durante el Tithoniano

El inicio de la apertura del océano atlántico trajo consigo continuas oscilaciones marinas que durante la rápida trasgresión del Jurásico Tardío (Tithoniano). (Fig.10), favorecería el depósito de los Sedimentos de La Formación La Casita, de aguas intermedias y someras. Para este tiempo a pesar de la trasgresión no todos los altos fueron cubiertos, el Bloque de Coahuila en particular pudo haber estado emergido para este punto. Como es indicado por una gran influencia de clásticos gruesos proximales a los bordes del bloque. Localmente en el noreste de México La Formación La Casita (Kimmeridgiano a Berriasiano) representa un período de una influencia clástica mayor (Fortunato 1982, Fortunato & ward, 1982, Michalzik & Shumann, 1994); variando en edad y espesor dependiendo de la proximidad con el Bloque de Coahuila de donde se derivó la mayor parte del material detrítico. En gran parte del noreste de México se depositaron lutitas y limolitas de La Formación La Caja y Pimienta como facies marinas más profundas que sobreyacen los altos del basamento preexistente.

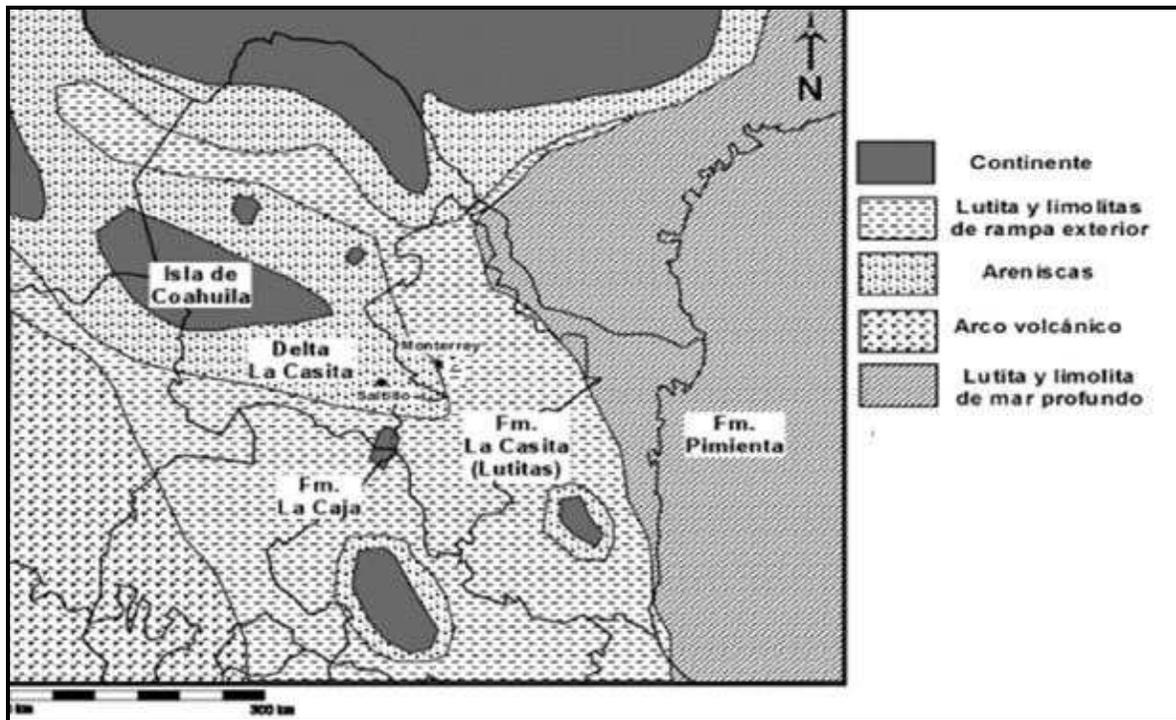


Fig. 2-10: Paleogeografía del Noreste de México durante el Tithoniano (Compilado de Eguluz de Antuñano, 2001; Michalzik y Schumann, 1994; Goldhammer y Johnson, 1999).

## 2.3.2 Cretácico Temprano

### 2.3.2.1 Neocomiano

La influencia del arco magmático cordillerano, que venía operando desde el Triásico Tardío, formando una gran estructura positiva al W, acrecionando a Norteamérica el Terreno Guerrero. Aunado a la apertura del Océano Atlántico, por el movimiento de Laurentia y Gondwana, daban como resultado mucha inestabilidad en los márgenes continentales. Caracterizado por frecuentes oscilaciones marinas, con depósitos de rango evaporítico hasta carbonatado, es así que para inicios del Neocomiano, la Formación Taraises (Berriasiano Medio Hauteriviano), representa las facies de cuenca equivalentes a las unidades media y superior de la Formación La Casita (Blauser, 1981; Fortunato & Ward, 1982). La Formación Taraises se adelgaza echado arriba, donde pocos metros de sección separan a La Casita de la Formación Cupido (Fortunato & Ward, 1982). Localmente se presenta una unidad calcárea, el “Lente San Juan”, el cual ocurre dentro de La Formación Taraises. Este depósito de caliza de mar abierto pierde su carácter hacia la plataforma donde la Formación Taraises cambia a facies de la Formación La Casita (Fig.2.11).



de tipo tensional, es así que los sedimentos marginales cambiaron a complejos arrecifales. Pues posiblemente en este período se debió haber registrado un corto pero rápido evento transgresivo, cuyo origen se remonta al nacimiento del Océano Atlántico y la profunda invasión de los mares provenientes del Golfo de México. Posteriormente con ligeras excepciones, se generó un leve hundimiento de origen arrecifal (Biostromas), posiblemente la transgresión rápida, aunada a un hundimiento regional, dió lugar a la invasión violenta del mar. Esta inundó las antiguas tierras costeras de sedimentos evaporítico – terrígenos y comenzó con la precipitación de carbonatos principalmente de origen biógeno, en un ambiente marino de tipo arrecifal, de moderada a alta energía, con bancos coralíferos, abundante luz y actividad biológica como ostreideos, oolitas y milólidos multicamerados, con batimetrías que no excedieron de los 8 mts; de profundidad, en un clima tropical tipo caribeño, una de las características peculiares de la Formación Cupido, deriva de su crecimiento progradante. Los sedimentos de cuenca que lo marginaban, prácticamente, se desarrollaron con la misma velocidad del arrecife tanto a la vertical como a la horizontal. Por ende, al llegar a su final el cordón arrecifal, los sedimentos que lo circundaban terminaron por cubrirlo. Su distribución paleogeográfica indica que el cordón arrecifal, se encontraba bordeando a la isla del Cuervo al NE, en dirección NW-SE; donde colindaba con la Paleoisla de Coahuila, y en los límites de los Estados Mexicanos de Durango y Coahuila. Cambiaba su dirección a E – W y finalmente al SE de Saltillo, ya en el Estado de Nuevo León su dirección varía a N-S y continúa hasta el estado norteamericano de Texas, Donde cambia su nombre a Siglo. (Fig. 2.12).

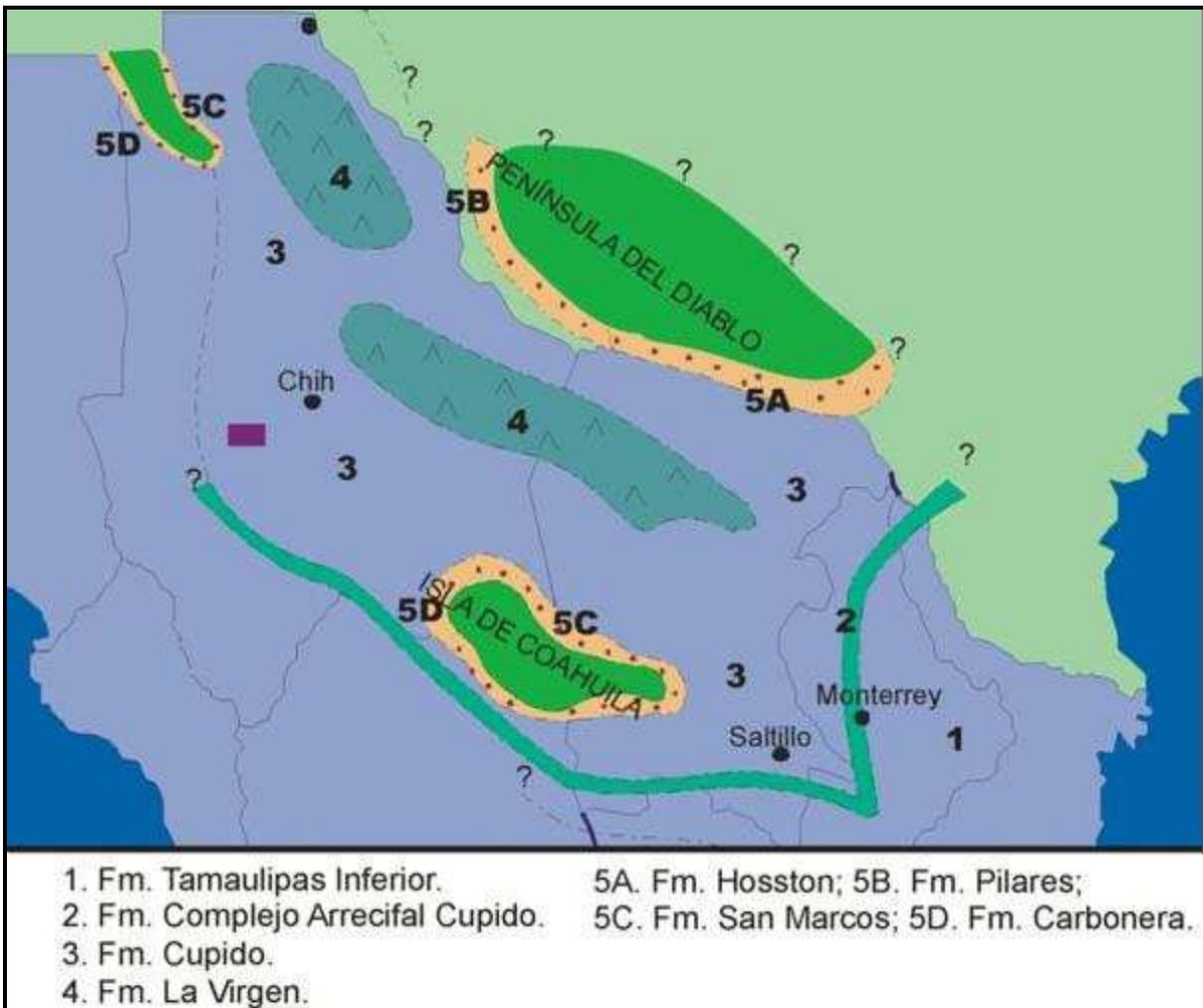


Fig. 2-12: Paleogeografía del Aptiano Inferior (modificado de Zwanzinger, 1987).

### 2.3.2.3 Aptiano Medio –Tardío

En el **Aptiano Superior**, se precipitaron sedimentos arcillo-carbonosos y ocasionalmente carbonatados, en un ambiente marino de plataforma, de moderada energía y actividad biológica. Para el Aptiano Tardío, el área completa fue cubierta por mares más profundos. El Bloque de Coahuila fue casi inundado y sus porciones sumergidas sirvieron para el depósito de carbonatos someros restringidos (Facies Las Uvas) (Padilla y Sánchez, 1986; Goldhammer, 1999). En el área de Monterrey-Saltillo, la Formación La Peña (Aptiano Tardío) cubre la Formación Cupido aparentemente siguiendo el antiguo relieve topográfico dejado por esta Formación; la Formación La Peña crece en espesor hacia la cuenca alcanzando inclusive 200 metros. Al sur y este cambia a su equivalente de cuenca profunda (Formación

Otates). (Tinker 1982, en Goldhammer, 1999). La Formación Otates señala la máxima trasgresión que cubrió todo el país a fines del Aptiano. (Fig.2.13).

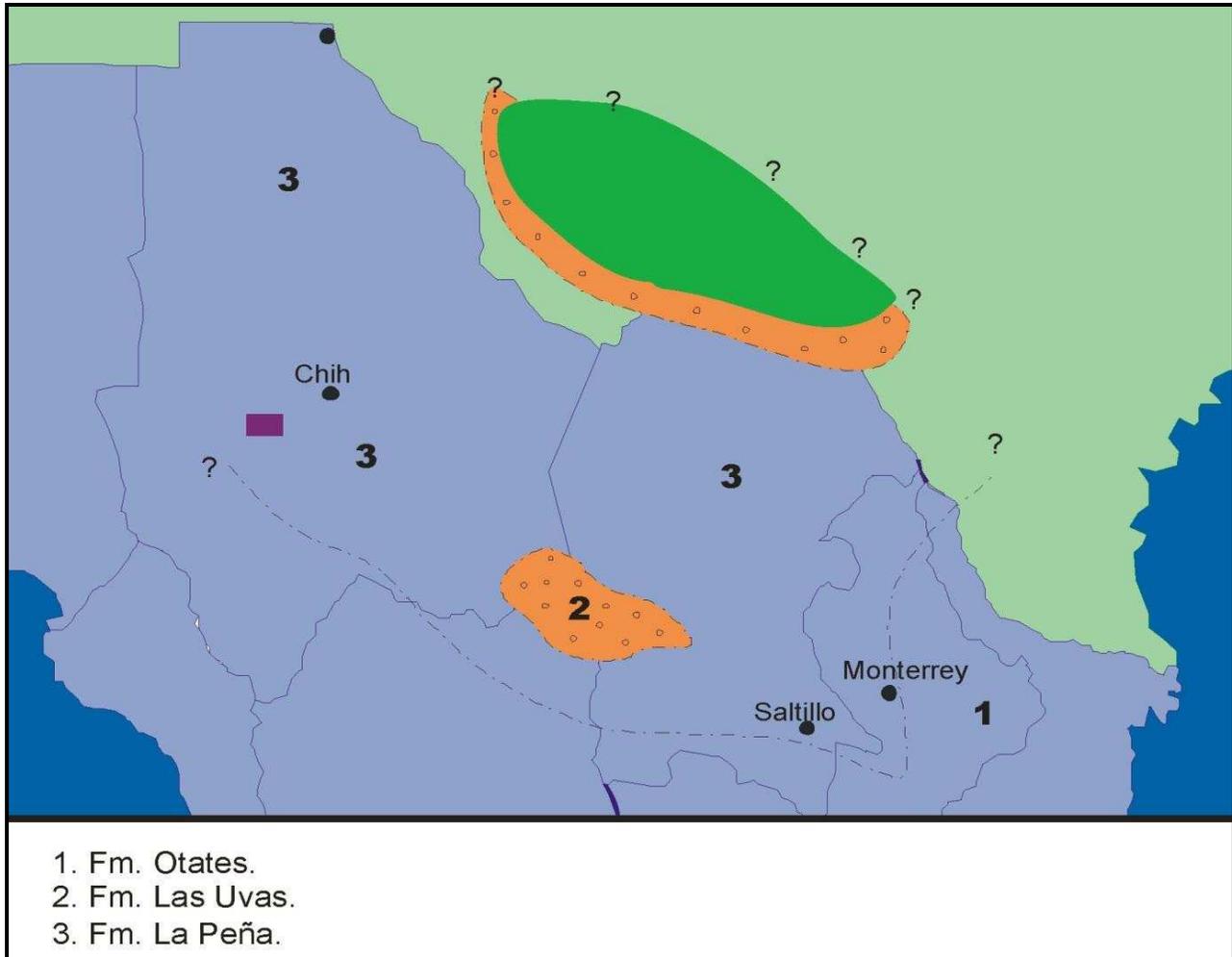


Fig. 2-13: Paleogeografía del Aptiano Superior (modificado de Zwanzinger, 1987).

#### 2.3.2.4 Albiano

En el **Albiano** se deposita la Formación Aurora la cual marca la segunda fase mayor de desarrollo de plataformas carbonatadas en el noreste de México (Wilson, 1975, Smith, 1981). La Formación Aurora así como su equivalente de cuenca la Formación Tamaulipas Superior, son de edad Albiano y fueron depositadas en una rampa carbonatada de bajo ángulo e inclinación suave que bordeaba al Bloque de Coahuila en el suroeste de la cuenca de Sabinas. Un banco prominente de rudistas marca el borde de la rampa. La Formación Aurora sobreyace a La Peña y es posiblemente discordante con la suprayacente Cuesta del Cura (Goldhammer et al., 1991; Goldhammer, 1999) (Fig. 2.14).

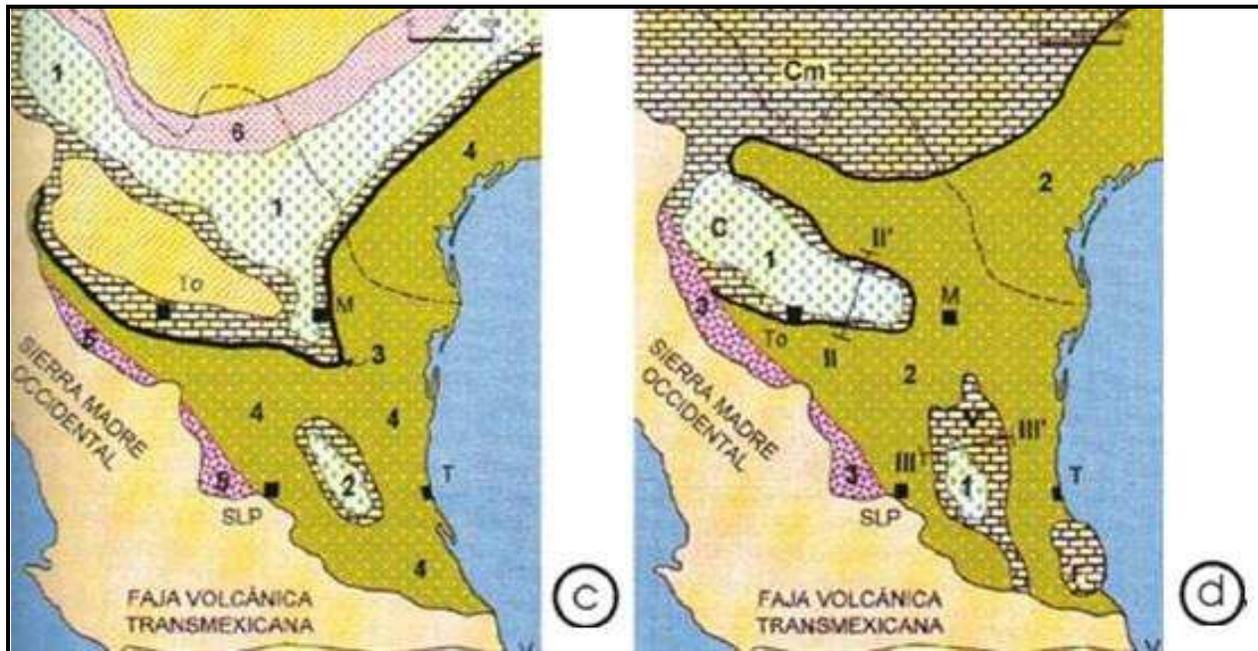


Fig. 2-14: c) Paleogeografía durante el Barremiano: Formación La Virgen /Cuchillo (1), Formación Guaxcamá (2), Carbonatos: Arrecife Cupido y facies de laguna (3), Calizas pelágicas Tamaulipas Inferior (4), turbiditas (5) y clásticos costeros (6). d) Paleogeografía durante el Albiano, Calizas pelágicas (2), Turbiditas (3), Plataforma Valle-San Luis Potosí (V), Faja de Oro (F), Coahuila (C) y Comanche (Cm). Extraído de Eguiluz et al. 2000.

### 2.3.3 Cretácico Tardío

#### 2.3.3.1 Cenomaniano

En el **Albiano** Superior e inicios del **Cenomaniano**, comenzaron los esfuerzos compresionales de la orogenia Laramide y con ello la presencia de continuas transgresiones y regresiones marinas que continuarían, hasta la regresión final, o retirada de las aguas del Golfo hacia el oriente.

Localmente en el noreste de México y sur de Texas, unas construcciones de “pinnacle” de edad Albiano Tardío - Cenomaniano Temprano se establecieron durante la trasgresión general de la región.

En el área de Monterrey-Saltillo, las facies de cuenca se asignan a la Formación Cuesta del Cura, que es del Albiano Tardío-Cenomaniano y consisten de carbonatos pelágicos de agua profunda y lutitas que se acumularon frente a plataformas arrecifales de agua somera. Estas bordeaban las plataformas Cretácicas (Goldhammer et al., 1991; Goldhammer, 1999).

### 2.3.3.2 Maastrichtiano

Desde el **Turoniano** hasta el **Maastrichtiano**, la situación se caracterizó por el continuo retroceso de las aguas marinas del Golfo de México hacia el oriente, debido al efecto de los esfuerzos compresionales de la orogenia Laramide. Esta se venía manifestando desde el Cenomaniano en el extremo Noroeste de México, generando emersión continental y plegamiento de los sedimentos anteriormente precipitados en las cuencas. Este proceso favoreció la denudación de las nuevas tierras emergidas y el continuo aporte de sedimentos a los lechos fluviales y que estos últimos llegaran a la costa. La carga sedimentaria era tan pesada que los sedimentos transportados se fueron precipitando en los puntos de su desembocadura. Incluso la baja energía con la que eran transportados y la suave topografía del área, terminaron por azolvar las desembocaduras de los ríos, obligando a estos a ramificarse en pequeños brazos para poder desembocar en el mar, formando deltas.

## 2.4 Tectónica Regional del Noreste de México

### 2.4.1 Orogenia Laramide

La Orogenia Laramide es un evento que se originó desde el Cretácico Tardío al Paleoceno-Eoceno (80-55 ma), la cual dio origen al cinturón plegado y las montañas Rocayosas (Canadá), la cordillera norteamericana y el cinturón plegado y cabalgado de la Sierra Madre Oriental (English, J. et al Johnston, 2004).

Existen propuestas que explican el origen de la Orogenia Laramide. Campa-Uranga & Coney 1985, proponen que esta se debió a la acreción de terrenos.

Otra de las causas teóricas es la subducción de la placa oceánica Farallón bajo el continente. (Dickison, y Coney 1979).

Desde fines del Triásico y hasta principios del Cenozoico, prevalece en toda la margen occidental del continente americano una zona de convergencia entre las placas de Farallón y de Norteamérica, que dio lugar a un sistema de subducción de tipo andino. Esto generó plutones graníticos que intrusieron a todas las rocas persistentes. Hace aproximadamente 80 m.a. La magnitud de los vectores de convergencia entre ambas placas aumentó de normal (6-7 cms/año) hasta 15 cms/año, lo que se tradujo en una disminución en el ángulo de inclinación de la placa en subducción a menos de 10°, dando lugar

a casi un paralelismo entre la placa cabalgante y la cabalgada. Esto causó que el magmatismo y la deformación asociados a la subducción, migraran hacia el oriente y dieran inicio al evento que se conoce como “Orogenia Laramide” (Dickison, y Coney 1979).

La edad de la deformación Laramide ha sido delimitada en la cordillera norteamericana entre 75 y 35 Ma. (Dickinson et al., 1988; Bird, 1998). Con un máximo de deformación en el Eoceno en el frente orogénico de la Sierra Madre Oriental (Eguiluz de Antuñano et al., 2000).

#### **2.4.2 Terrenos Tectonoestratigráficos**

La República Mexicana está subdividida por terrenos tectonoestratigráficos (Campa y Coney, 1983; Ortega-Gutiérrez 1998;), que se encuentran limitados por grandes fallas, las cuales están compuestas por una secuencia vertical de conjuntos protectónicos y están reunidas por una historia que difiere de los terrenos adyacentes. El terreno y sus límites quedan definidos y mapeados mediante la distribución de uno o más ensambles o conjuntos tectónicos y las fallas conocidas o inferidas lo separan de los terrenos adyacentes. Se han definido terrenos de basamento, con sus características propias y terrenos suprayacentes, o conjuntos de traslape los cuales agrupan secuencias sedimentarias más jóvenes depositadas sobre y cortando los márgenes de los terrenos basales más antiguos.



Fig. 2-15: Plano Tectonoestratigráfico de la República Mexicana (Campa y Coney, 1983).

### 2.4.3 Terreno Sierra Madre

La Sierra Madre Oriental es principalmente una secuencia de calizas, lutitas y areniscas plegadas e imbricadas por fallas de empuje del Mesozoico Superior de la secuencia transgresiva superyacente del Golfo de México, deformada durante La Orogenia Laramide de finales del Cretácico-principios del Terciario (De Cserna y et al, 1977; Tardy 1980; De Cserna 1956).

La Sierra Madre tiene una orientación preferencial norte noroeste-sur sureste, sin embargo, cambia su tren estructural de una dirección este-oeste, cerca de Saltillo, a una dirección noreste, al noreste de Saltillo; y una dirección este-oeste, cerca de Monterrey, a una dirección sureste, al oeste de Linares (Padilla y Sánchez, 1985).

El Terreno Sierra Madre, está compuesto por una parte del basamento precámbrico con una cubierta paleozoica, tal vez desplazada desde el terreno de Chihuahua, y un alóctono paleozoico que tal vez sea parte de los terrenos Coahuila-Maya. En realidad este terreno es difícil de interpretar y su límite Oeste es muy dudoso. Es posible que los terrenos Sierra madre y maya, fueran desplazados al Sureste por medio del “megashear” Mojave-Sonora o sea la discontinuidad Sonora-Monterrey, durante el Jurásico.

### 3 Geología Local

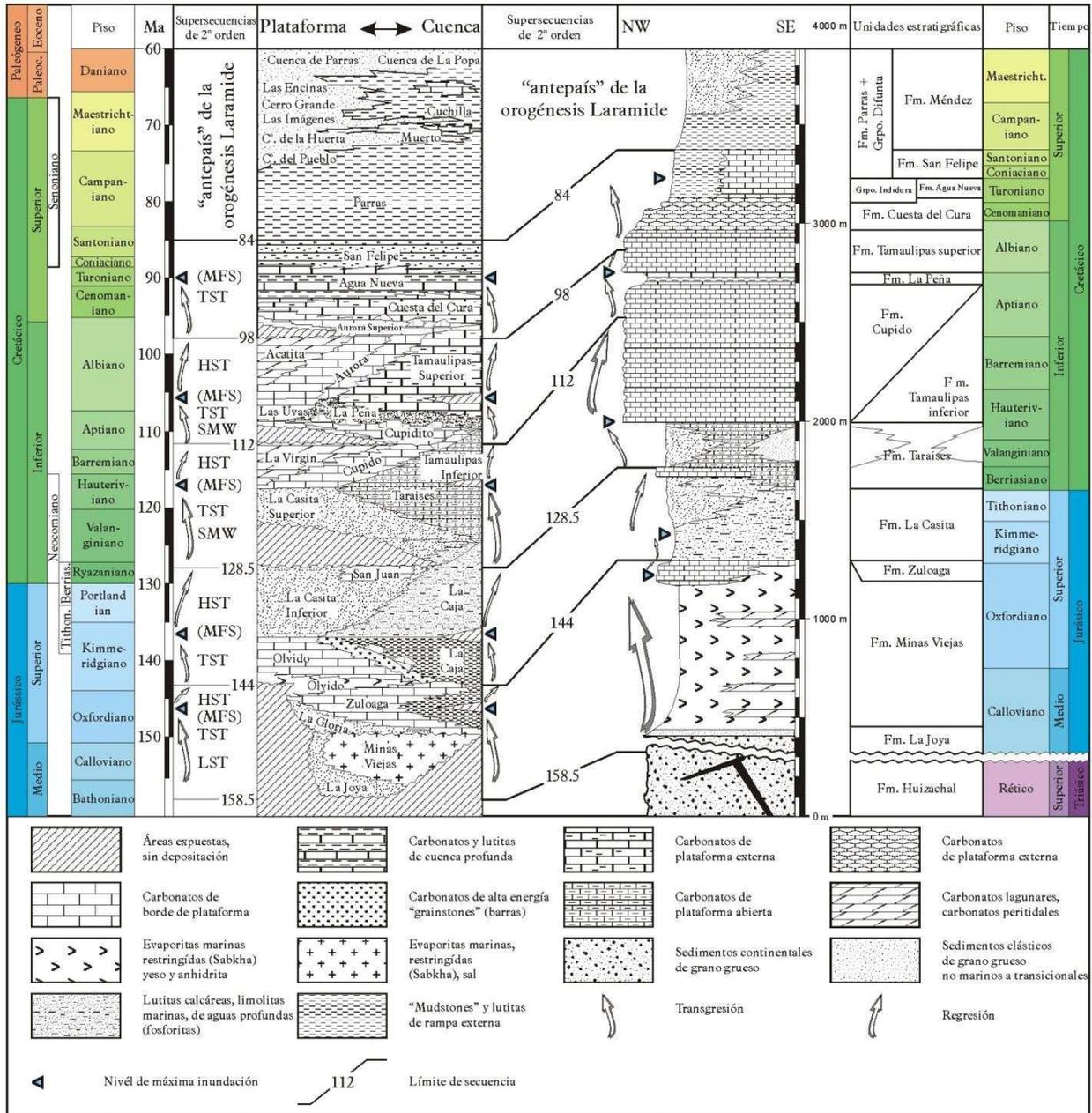


Fig. 3-1: Correlación de las columnas estratigráficas de Michalzik (1988) y Goldhammer y Johnson (2001) para el NE de México (modificado de Jenchen, 2007a, 2007b). LST: lowstand system tract, TST: transgressive system tract, MFS: maximum flooding surface, HST: highstand systems tract, LSW: lowstand wedge y SMW: shelf margin wedge (Ocampo Díaz et al., 2007).

### 3.1 Secuencia Estratigráfica del Área de Estudio

Las unidades litoestratigráficas, comprendidas dentro de área de estudio, involucran afloramientos de secuencias derivadas de la precipitación de sedimentos en diferentes ambientes. Comprende rocas del Jurásico Superior, correspondiendo a calizas y sedimentos lutíticos. Durante el Cretácico Temprano predominaron los carbonatos, además de depósitos cuaternarios.

#### 3.1.1 Formación Zuloaga (Jz)

**Definición:** Burckhardt (1910) fue el primero en estudiar esta unidad. Böse, 1923, le asignó el término de “Calizas con Nerineas”. El mismo Burckhardt, 1930, la volvió a estudiar afinando el alcance estratigráfico. Imlay, 1938, la denominó “Calizas Zuloaga”.

La Formación Zuloaga se ubica en La Sierra de Sombrerillo, Coahuila., al norte del poblado de Melchor Ocampo, Zacatecas., en donde aflora con un espesor incompleto de 600m.

**Litología:** En general consiste de calizas, calizas dolomíticas y dolomías de color gris claro y gris acero, en estratos medianos gruesos y masivos, con algunas intercalaciones de calcarenitas. En algunas zonas se le puede observar nódulos de pedernal negro. Esta Formación se hace más terrígena hacia la porción Suroriental de su distribución. Es común encontrar oolitas, pellets y bioclastos, así como carpetas de algas.

Localmente las características litológicas de La Fm. Zuloaga se componen de caliza wackestone color gris oscuro, estratos con espesores mayores a 1m. (Fig. 3.2), sin estratificación, irregulares fuertemente carstificados, con ooides, pedernal y estilolitas recristalizadas.



Fig. 3-2: Estratos de la Fm. Zuloaga, con espesores mayores a 1m, sin estratificación.

**Distribución y espesor:** Se distribuye en los Estados de Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luís Potosí, en el área de estudio se encuentra aflorando en la porción poniente constituyendo el núcleo del Anticlinal de Potrero Prieto. El espesor de la unidad expuesta es de aproximadamente 100m.

**Relación Estratigráfica:** Su contacto inferior es discordante con las Formaciones Huizachal, La Joya y Minas Viejas. Su contacto superior concordante y transicional con las Formaciones Olvido, La Caja y Casita.

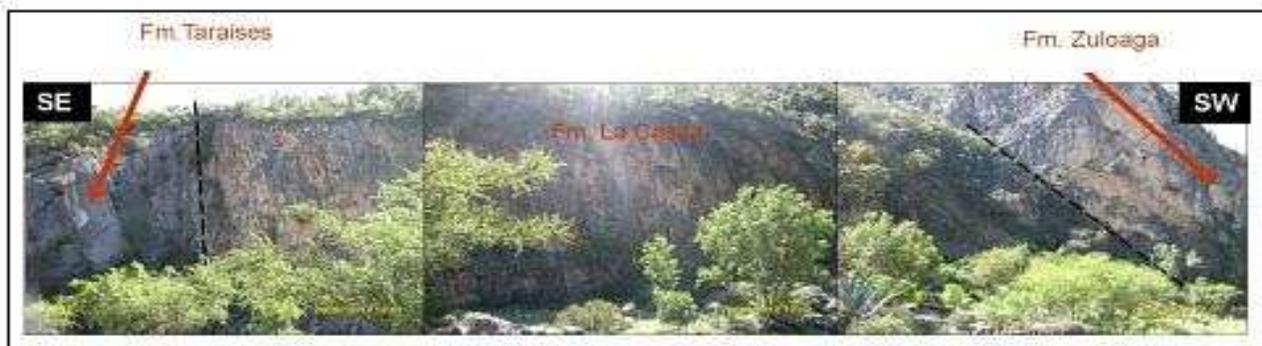


Fig. 3-3: Contactos Litológicos Fm. Zuloaga, Fm. La Casita, Fm. Taraises (Potrero Prieto; N.L).

**Ambiente de Depósito:** Considerando las características litológicas de la unidad, se infiere un ambiente de depósito de Plataforma Interna, Lagunar y Costero.

**Edad:** Se le atribuye una edad relativa por su posición estratigráfica del Oxfordiano Tardío (Michalzik, 1899). Estudios de Humprey (1956), demuestran una edad del Oxfordiano Tardío-Kimmeridgiano Temprano y Padilla y Sánchez (1982), sitúa a esta Formación en el pre-Kimmeridgiano Tardío.

### 3.1.2 Formación La Casita (Jlc)

Imlay (1936) definió como Formación La Casita al conjunto de terrígenos y en menor proporción de carbonatos, que se encuentran entre las Formaciones La Gloria (abajo) y Taraises (arriba). Un año después Imlay, vuelve a estudiar esta secuencia.

De acuerdo a Padilla y Sánchez (1982), esta Formación consiste principalmente, de la base a la cima, de conglomerados gruesos con fragmentos redondeados de cuarzo, esquistos y granito, en una matriz de arenisca de grano grueso.

Esta litología cambia transicionalmente hacia arriba, a areniscas de grano más fino con intercalaciones de limolitas para finalizar, en su parte más alta, con lutitas y limolitas muy fosilíferas. Esta unidad está compuesta generalmente por sedimentos clásticos que presentan las facies características de un delta, desde planicie deltaica hasta plataforma interdeltaica (Fan delta complex) (Michalzik, 1988).

**Localidad Tipo:** Se ubica en el Cañón de La Casita, que se encuentra a 16km aproximadamente al sur de General Cepeda, Coahuila, o bien, a 50km al sureste de Saltillo, Coahuila, en la Sierra El Mimbre.

**Litología:** Localmente consiste de una serie de lutitas de color negro a la intemperie y pardo oscuro en muestra fresca, de grano fino, subredondeado, buena esfericidad, de distribución uniforme, duro, bien cementado, de abundante material carbonoso, estratificación paralela, de baja a nula hidrotermalización, fuertemente alteradas por efectos de intemperismo. Además, por referencias bibliográficas se encuentran algunos estratos de calizas oscuras. Cabe mencionar, la presencia de amonites, como la *Kosmatia* sp., *Durangites* sp., de edad Kimmeridgiano-Tithoniano (véase columna estratigráfica).

**Distribución y espesor:** En la República Mexicana se distribuye ampliamente en todo el norte del país, desde el cañón de San Roberto, en Iturbide N.L. hasta la región de Chihuahua. En el subsuelo, se ha reportado en todo el norte del país e incluso en el noreste y Sierra Madre Oriental. En el área de estudio, aflora en el sector poniente, principalmente en los cauces de los arroyos, en los caminos, debido al material por el cual está constituida, se encuentra cubierta por sedimentos cuaternarios. Posiblemente sea una de las Formaciones litoestratigráficas, de mayor distribución en México (véase plano geológico y sección geológica). Su espesor promedio es de 80 a 400mts.

**Relación Estratigráfica:** Su contacto inferior es concordante y nítido con las Formaciones La Gloria y Zuloaga. Su contacto superior es de igual forma con las Formaciones Taraises y Tamaulipas Inferior.

**Ambiente de Depósito:** Los ambientes de depósito de la Formación

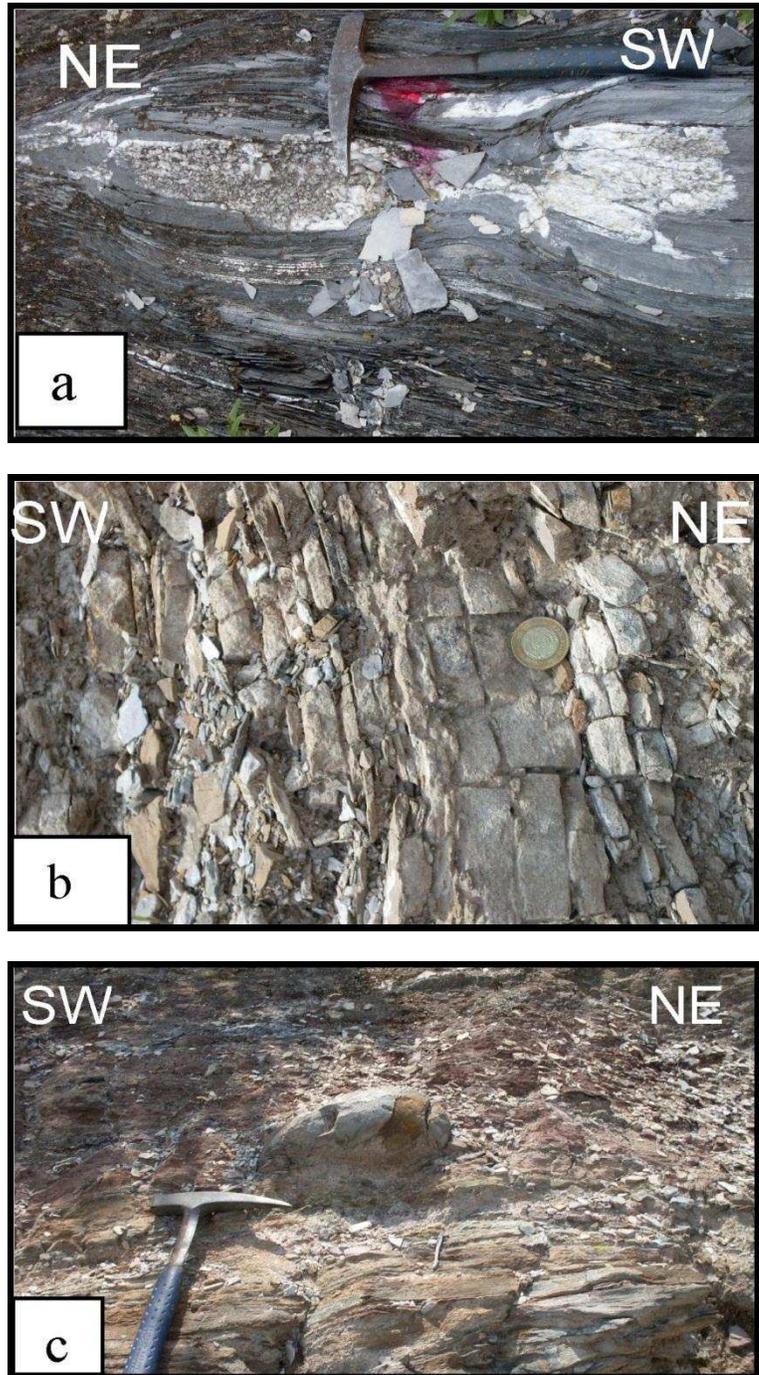


Fig. 3-4: a) Lutitas fracturadas aspecto carbonoso y estratos de calizas de la Formación La Casita b) estratos de calcoareniscas del miembro superior de la Formación La Casita c) concreciones fosilíferas.

La Casita, son considerados marinos, con aporte de terrígenos y menor aporte de químicos, se considera, una profundización paulatina de los tirantes de agua marinos, pero con cambios de facies laterales, de acuerdo, a los elementos paleogeográficos de ese tiempo.

**Edad:** Padilla y Sánchez (1982) y Michalzik (1988), le asignan una edad Kimmeridgiano Temprano-Tithoniano Tardío. Trabajos más recientes de López-Oliva (1989) y Adate et al. (1992), sugieren que los límites de la Formación La Casita van del Kimmeridgiano al Berriasiano Temprano.

### 3.1.3 Formación Taraises (Ktr)

**Definición:** Imlay, 1936 aplicó el término “Formación Taraises”, a una secuencia de rocas que se encuentran en la Sierra de Parras, entre las Formaciones La Casita (abajo) y las Vigas (arriba), perteneciente al Grupo Durango utilizado por Humprey y Díaz en 1956.

**Localidad Tipo:** Se ubica en el Cañón Taraises en La Sierra de Taraises al oeste de Parras.

**Litología:** En general está constituida por calizas de color gris oscuras, en capas delgadas y laminares, con intercalaciones de calizas arcillosas y margas nodulares de color café amarillento. En menor proporción presenta lutitas y limolitas con escaso pedernal.

Por otro lado en el área de Galeana, Díaz González (1951) reportó, en la base de la unidad, la presencia de 15m de areniscas pardo-rojizas, denominándola “Miembro Galeana”. En el área de estudio esta Formación está constituida por calizas que presentan un color de intemperismo gris claro, aunque en muestra fresca su color es de oscuro a negro, con espesores de estratos que van de 10cm a 90cm. Presenta capas y nódulos de pedernal; en la parte superior se observan intercalaciones de capas muy delgadas de lutitas.

**Distribución y espesor:** Se distribuye ampliamente en los Estados de: N.L., Oeste de Tamaulipas, Noreste de S.L.P y Sur de Coahuila. En el área de estudio se encuentra aflorando con un espesor promedio aproximado de 100m.

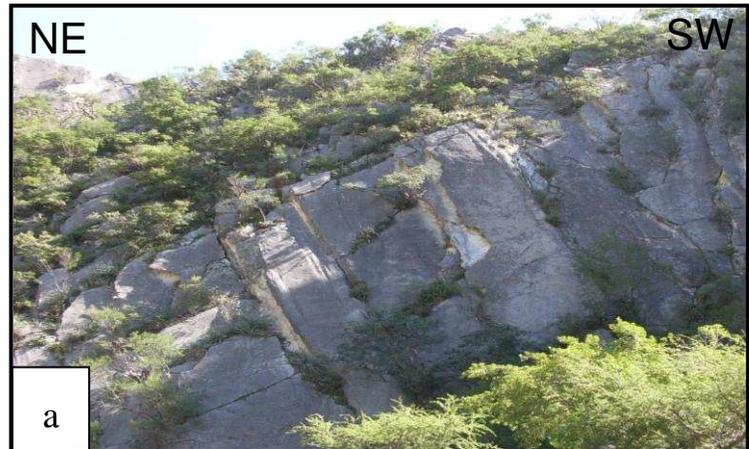
**Relación Estratigráfica:** Su contacto inferior es transicional y concordante con las Formaciones La Casita y La Caja. Su contacto superior es de igual forma con las Formaciones Tamaulipas Inferior y Cupido.

**Ambiente de Depósito:** De acuerdo a las características Litológicas y Paleontológicas la Formación Taraises se depositó en facies de plataforma externa con abundante aporte de terrígenos de grano fino. De acuerdo a Goldhammer (1999), La Formación Taraises se depósito en un ambiente de mar abierto profundo a cuenca, mientras que Padilla y Sánchez (1982) sugiere un ambiente de depósito de agua somera.

**Edad:** Por su posición estratigráfica y por el contenido faunístico, se le asigna una edad del Barriasiano-Hauteriviano Temprano (Padilla y Sánchez, 1982), sin embargo Michalzik (1988) y López Oliva (1989) concluyen una edad de Berriasiano Temprano al Valanginiano Tardío.

### 3.1.4 Formación Tamaulipas Inferior (Kti)

**Definición:** El término “Calizas Tamaulipas” fue utilizado por Stephenson, en 1921. Sin embargo, Belt, 1925 publicó un artículo que tuvo más difusión. Posteriormente Muir, 1936 hace una redefinición y una división tripartita. Humprey y Díaz,



**Fig. 3-5:** a) Estratos de la Formación Taraises b) Intercalación de lutitas laminares c) areniscas pardo-rojizas, denominado “Miembro Galeana”.

1956 restringen el término sólo a la parte superior.

**Localidad Tipo:** Se ubica en el cañón de la Borrega, en la Sierra de Tamaulipas, en el Estado de Tamaulipas, al este de la estación de Zaragoza.

**Litología:** Litológicamente esta unidad está constituida por una caliza tipo mudstone, de color gris oscuro a gris claro, en capas de medianas a gruesas. Presenta lentes y nódulos de pedernal negro, con una gran cantidad de estilolitas paralelas a la estratificación.

**Distribución y espesor:** Se distribuye ampliamente en los estados de: S.L.P., Tamaulipas, Hidalgo. Al norte de Puebla y Veracruz. En el área de estudio se distribuye ampliamente en la porción oriente incrementando su espesor el cual se infiere de 800m.

**Relación Estratigráfica:** Su contacto inferior es concordante y transicional con las Formaciones Taraises y Pimienta. Su contacto superior es normal y en forma brusca con las Formaciones La Peña y Otates, aunque en el subsuelo de la Planicie Costera del Golfo de México le cubren en forma discordante sedimentos del Oligoceno Medio.

**Ambiente de depósito:** De acuerdo a las características Litológicas y Paleontológicas La Formación Tamaulipas Inferior se depositó en facies de plataforma externa y talud de baja pendiente.

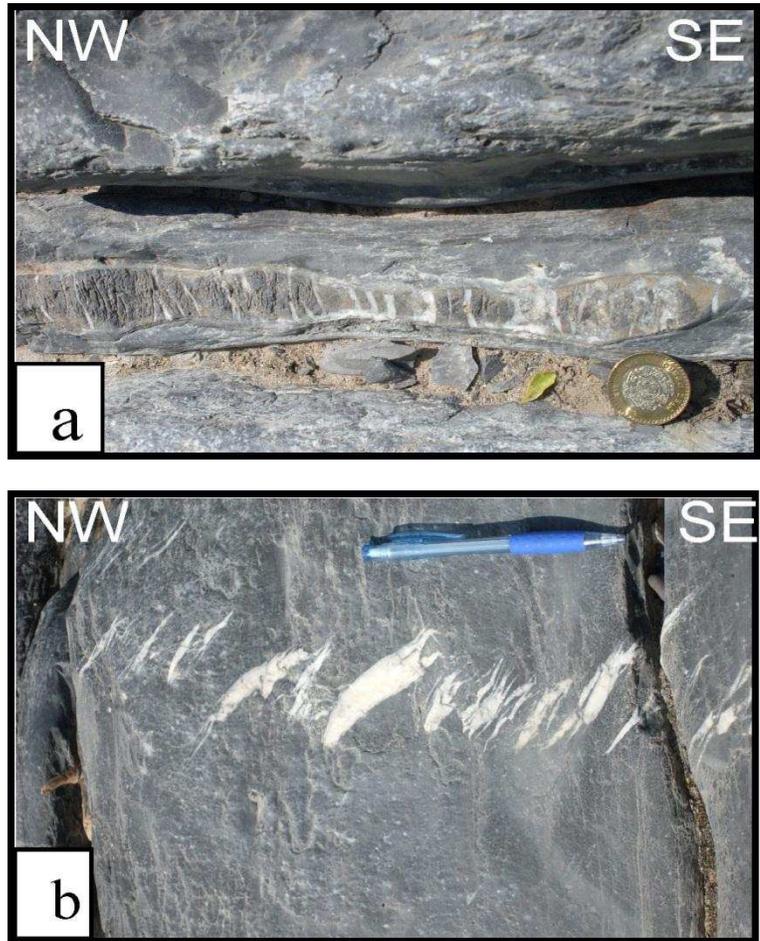


Fig. 3-6: a) Estratos masivos con intercalaciones de nódulos de pedernal de la Fm. Tamaulipas Inferior b) estructuras en echelon características de esta Formación.

**Edad:** Por su contenido faunístico (foraminíferos planctónicos, tintinidos y nanocónidos, *Caucasella hauterivica*, *Globigerinelloides ferreolensis*, *Tintinnopsella carpathica*, *Calpionellopsis oblonga*, *Calpionella alpina*, *Calpionella elliptica*) se le asigna una edad del Berriasiano – Barremiano.

1956 restringen el término sólo a la parte superior.

### **3.2 Descripción de la Carta Geológica realizada**

La Geología Estructural, constituye una herramienta valiosa dentro de la cartografía porque representa la posición final en el espacio de la estructura geológica incluyendo forma y disposición, además al indicar el grado de deformación, determina el tipo de actividad tectónica involucrada. Es por ello que su importancia dentro de la Cartografía Geológica, auxiliada de valiosas herramientas como las fotografías aéreas e imágenes de Satélite, radica en su estrecha relación con la evolución neodinámica del área estudiada y como indicador de posibles estructuras de importancia económica.

Los rasgos geomorfológicos presentes en la porción oriente del área en estudio, se deben principalmente a las diferentes deformaciones sufridas por los materiales rocosos a lo largo de su historia geológica. Donde su intensidad de deformación varía de acuerdo a las características petrofísicas de las rocas, según la deformación tipo que puede ser elásticaviscosa, viscoelástica y plástica, con comportamiento frágil, dúctil o ambos. Esto origina relieves muy característicos asociados profundamente con el desarrollo de las estructuras geológicas, y constituyen una valiosa herramienta al analizar la evolución estructural, actualmente dominada y asociada en el noreste de México por la Orogenia Laramide del Cretácico Tardío y Terciario Temprano, formadas por esfuerzos compresionales que plegaron a toda la cubierta sedimentaria del área, en pliegues asimétricos de radio de curvatura alta cuando estuvo sometida a esfuerzos compresionales.

### **3.3 Descripción de las Estructuras cartografiadas**

Se procedió a la elaboración del mapeo geológico con escala 1:10,000 (Fig.3.8) incluyendo una sección geológica del área en estudio ubicada en el mapa (Fig.3.9), para comprender de una manera más sencilla La Estratigrafía, La Geología Estructural más evidente, gracias a la observación de campo. La mayoría de las estructuras como lo son anticlinales, fallas normales, fracturas se deben de considerar con gran importancia porque dan cuenta de la deformación sufrida de cada estructura (ver anexo 1).

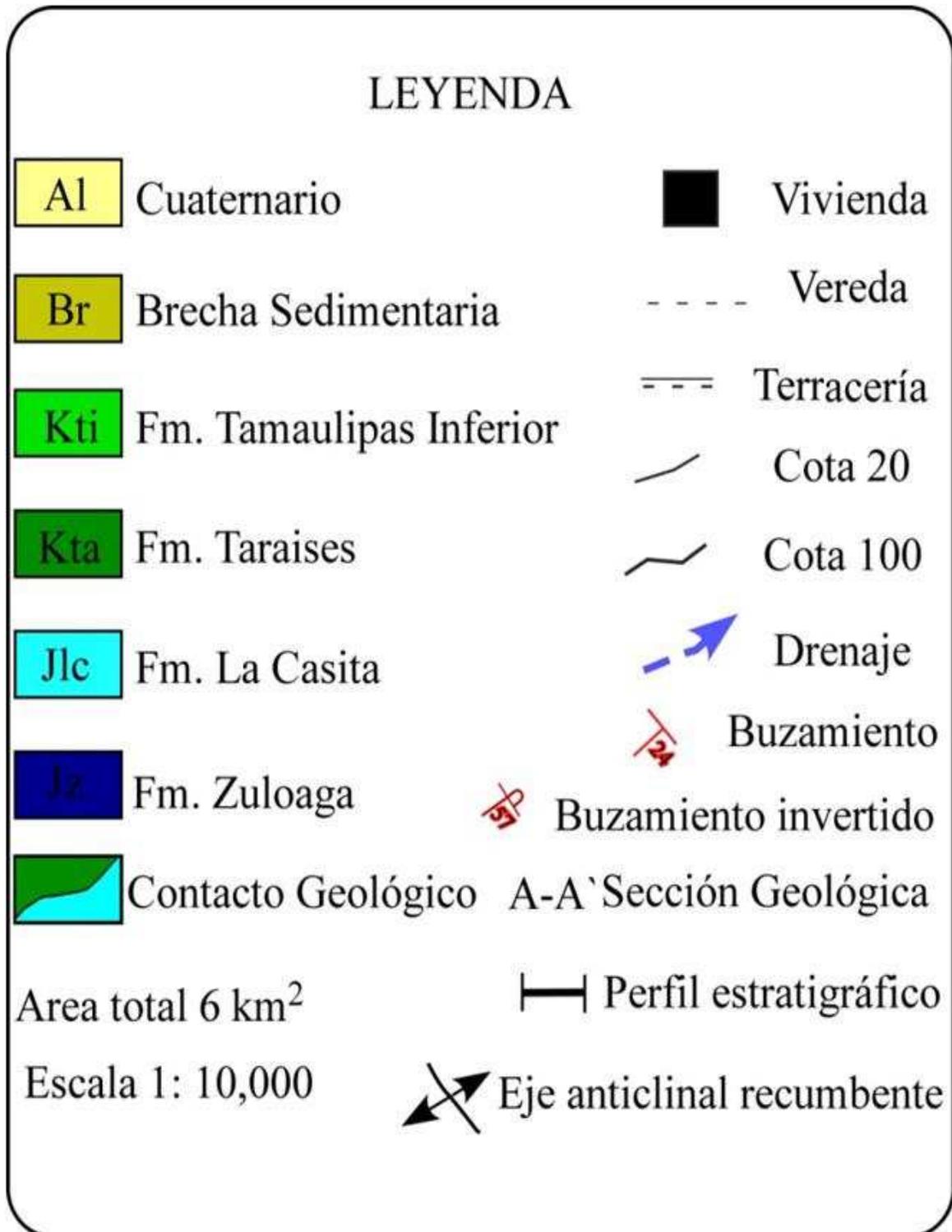


Fig. 3-6: Leyenda para las Figuras 3.8 y 3.9 del plano Geológico.

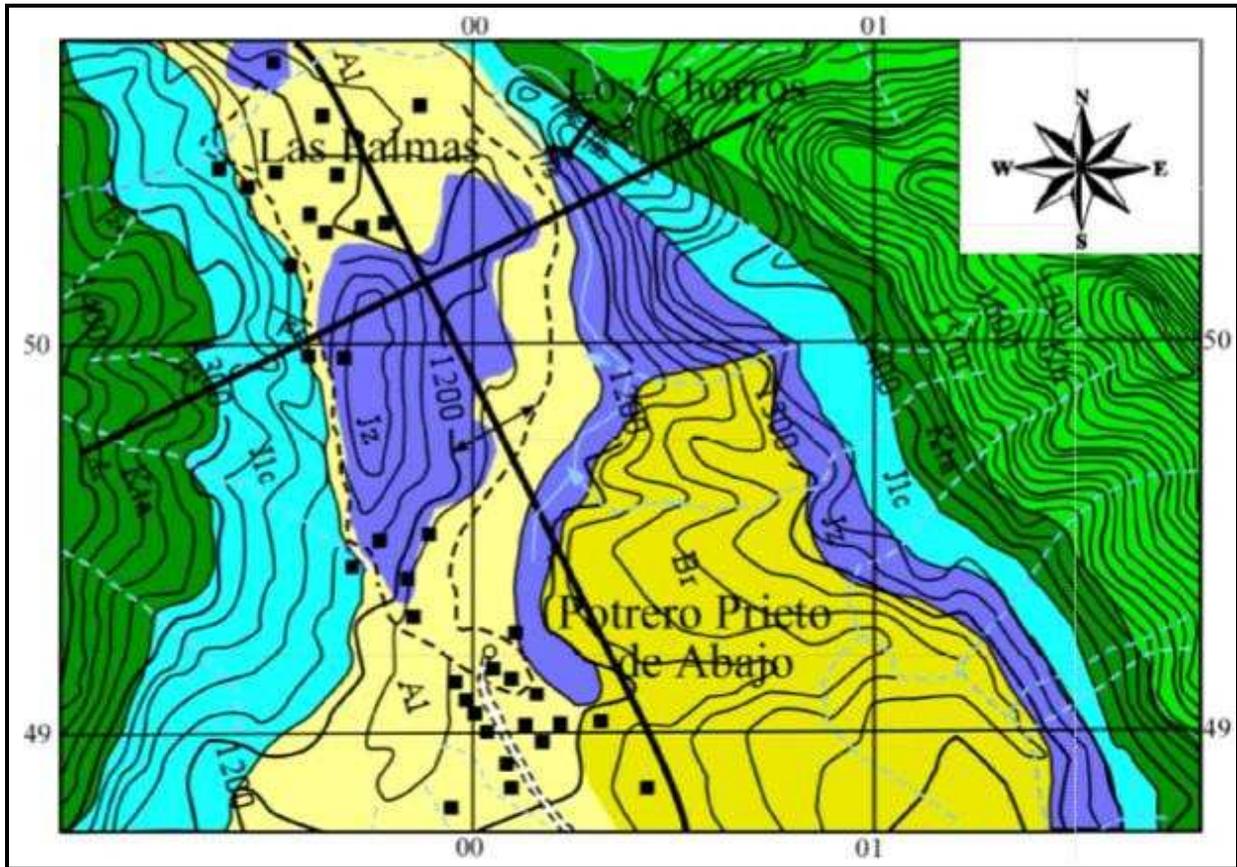


Fig. 3-7: Mapa geológico realizado en el área de Potrero Prieto, Galeana, N.L.

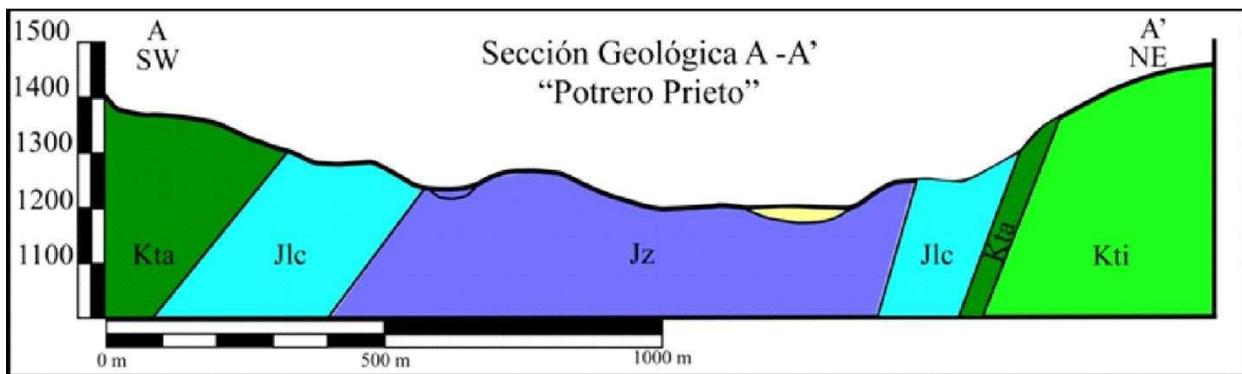


Fig. 3-8: Sección geológica de Potrero Prieto.

### 3.3.1 Anticlinal Potrero Prieto

**Expresión Topográfica:** Topográficamente corresponde a la sierra del mismo nombre, formado por grandes escarpes y lomeríos, por depósitos y sedimentos de edad Mesozoico y cuaternarios, la cual tiene un rumbo Noroeste, su elevación máxima es de 1700 m.s.n.m, con una orientación predominante característica de todas las Sierras del Estado de Nuevo León NNW – SSE.

**Dimensiones:** En este pliegue se encuentra aflorando el centro del anticlinal constituido por la Formación Zuloaga. El núcleo tiene una longitud de 4.5 km y una amplitud de 7.5 km aproximadamente, su mayor altitud es de 1200 m.

**Simetría:** La estructura se trata de un anticlinal asimétrico, en el plano geométrico y concéntrico dentro del plano genético.

**Orientación:** Tiene una orientación predominante SW 30° NE con una vergencia hacia el NE, en donde el flanco noreste se encuentra invertido.

**Sedimentos Aflorantes:** Los sedimentos que afloran en su parte axial corresponden a la Formación Zuloaga. Hacia la cima afloran las Formaciones más competentes como lo son: Fm. Taraises y Tamaulipas Inferior, también se observa que hacia los flancos del anticlinal se encuentran aflorando sedimentos no competentes (materiales lutíticos), característicos de la Fm. La Casita y debido a su baja resistencia al intemperismo esta se encuentra cubierta por sedimentos cuaternarios, como se puede observar en la sección geológica mencionada.

**Echados:** Los echados encontrados en el área de Potrero Prieto, varían desde 24° hasta 75°.

**Estructuras Primarias y Secundarias:** Las estructuras primarias encontradas en el área de Potrero Prieto son: Los planos de estratificación y estructuras extensionales en el sistema ortogonal de fracturas. Las estructuras secundarias, consisten del plegamiento laramídico, la disolución de la caliza por los efectos del agua, el fracturamiento y por cizalla.

## **4 Análisis Bioestratigráfico**

### **4.1 Introducción**

En este capítulo se presenta la bioestratigrafía, la cual es una disciplina geológica que utiliza los fósiles como una herramienta poderosa para poder definir las edades relativas de los estratos y poder correlacionarlos a nivel local, regional o intercontinental. En los siguientes cinco subtemas se describirán los microorganismos más representativos de este trabajo.

#### **4.1.1 Radiolarios**

Los radiolarios son organismos protozoos unicelulares planctónicos marinos que poseen un esqueleto de sílice amorfo compuesto por una serie de elementos arquitectónicos (espículas radiales, barras internas, espinas externas) que se unen para formar estructuras verticales muy regulares y simétricas. La concha tiene un tamaño por lo general menor a los 2mm entre 100 y 250µm. El cuerpo unicelular está dividido por una membrana interna, una parte interna y una parte externa que rodea el citoplasma. Los radiolarios pueden vivir en forma individual o en colonias. Morfológicamente la concha es altamente variable, pero típica que corresponde a una esfera hueca o forma de florero o algunas barras que se interceptan en el interior. Los radiolarios son una subclase de la clase Actinopoda que pertenecen al subfilum Sarcodina y al filum Protista. Los radiolarios modernos se clasifican usando los rasgos del esqueleto y sus partes suaves. La clasificación tiene que ser establecida para el Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico.

Los radiolarios son usualmente estudiados por técnicas de separación pero también en secciones delgadas. Los fósiles son estudiados bajo el microscopio de barrido y catodoluminiscencia. (Flügel, 2004).



**Fig. 4-1: Radiolarios en lámina delgada; muestra PP J163 Fotografía Tomada a 40x con N //.**

#### **4.1.2 Espículas de Esponjas**

El registro fósil de algunos grupos de esponjas son particularmente esponjas silíceas, que consisten particularmente de espículas, las cuales son estudiadas en muestras estándar micropaleontológicas, pero algunas veces también pueden ser en secciones delgadas. (Keupp et al. 1989).

La composición y estructura general de las espículas son utilizadas para establecer clases de esponjas. La forma de las espículas y la manera en la cual se combinan para la construcción de la estructura de su esqueleto son las bases para una subdivisión sistemática adicional.

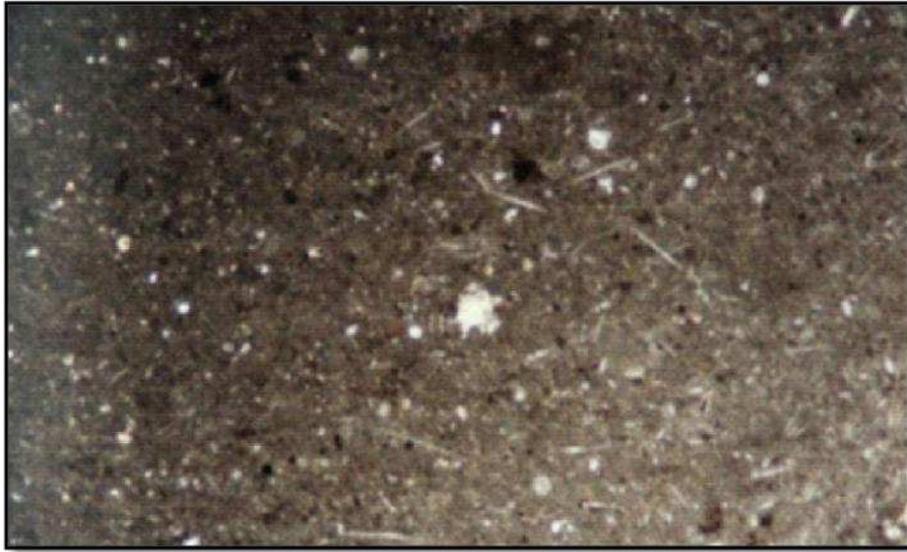


Fig. 4-2: Espícula de esponjas; muestra PP J54, Fotografía Tomada a 5x con N //.

### 4.1.3 Peletoides

Es una de las microestructuras que se caracterizan por formar pequeños cuerpos de micrita en forma ovoide. Se encuentran en calizas marinas someras del mesozoico y corresponden a micro-coprolitos. Son en realidad identificados como **heces fecales** de cangrejos decápodos o de gusanos anélidos. Presentan características formas tubulares de proyecciones de las paredes del intestino. La forma, disposición y tamaño de los tubos rellenos de calcita se utilizan para la diferenciación taxonómica. Estos micro coprolitos fósiles de decápodos son identificados como Favreina. (Flügel, 2004).

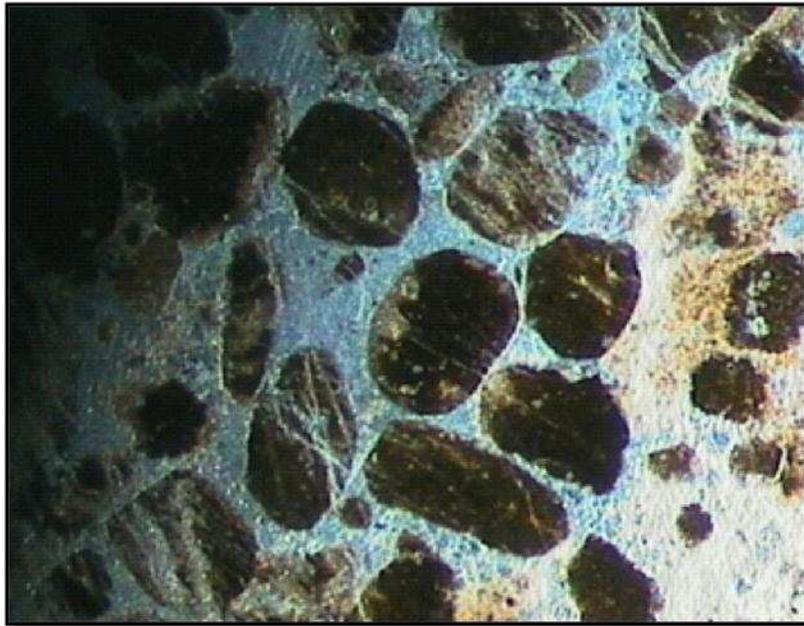


Fig. 4-3: Pellets de Favreina; muestra PP J47, Fotografía Tomada a 40x con N //.

#### 4.1.4 Restos de Braquiópodos

Los braquiópodos son organismos sésiles marinos de simetría bilateral, con una concha externa que consiste en dos valvas diferentes, pero equivalentes. Los braquiópodos son los principales generadores de los contenidos bioclásticos para las calizas marinas de poca profundidad particularmente en el Paleozoico.

Los braquiópodos tradicionalmente se han dividido en dos grupos principales, **Inarticulata** y **Articulata**. Los **Inarticulata** dominaron durante en el Cámbrico y el Ordovícico. Sus conchas están compuestas de capas alternadas de fosfato de calcio y quitina. Los **Articulata** tienen articulaciones y conchas cálcicas.

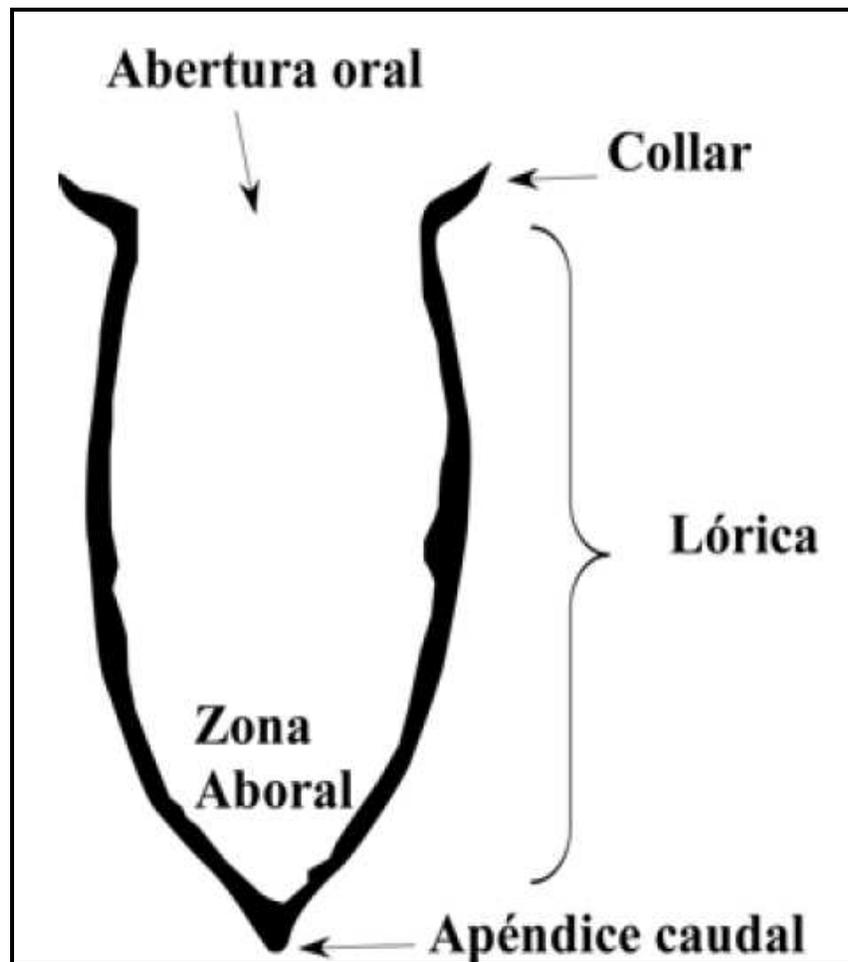
Los braquiópodos aparecen en el Cámbrico, abundaron en el Paleozoico, y tuvieron una mayor diversidad en el Devónico. Tuvieron una disminución en el número de taxones seguido del evento de extinción del Pérmico Triásico, pero los braquiópodos continuaron siendo parte de las faunas calcáreas en el Mesozoico.



**Fig. 4-4: Resto de braquiópodo; muestra PP J165, Fotografía Tomada a 20x con N //.**

#### **4.1.5 Calpionélidos**

Los **calpionélidos** eran protozoarios pelágicos de simetría axial cuyos principales rasgos morfológicos en las especies fósiles son el collar, la lórica, apertura oral y la zona aboral, esta última termina en algunos casos en un apéndice caudal (Fig.4.5); generalmente se encuentran en calizas micríticas, o calizas margosas ricas en faunas pelágicas (radiolarios, nanoplancton y foraminíferos planctónicos; Remane, 1985).



**Fig. 4-5: Morfología típica de un calpionélido (*Tintinnopsella carpathica*).**

Los calpionélidos aparecen bruscamente a finales del Jurásico Tardío (Tithoniano), posiblemente a partir de una forma ancestral del Tithoniano Medio (*Chitinoidea boneti*) (Dobson, 1962). Generalmente son muy abundantes, y son considerados como fósiles guías debido a su amplia y rápida distribución paleogeográfica. Además, constituyen un elemento esencial del microplacton marino. Se les encuentra en rocas pelágicas del Jurásico Superior (Tithoniano Superior) al Cretácico Inferior (Hauteriviano Inferior). Geográficamente se distribuían dentro de la provincia del antiguo Mar del Tethys (Blau & Grün, 1997) alcanzando desde el Este de México hasta el Este de la India (Reháková & Michalík, 1993).

## 4.2 Descripción Taxonómica de los Calpionélidos

De acuerdo a Remane (1978), los calpionélidos se mantienen como un grupo de posición sistemática desconocida o, más comúnmente, son atribuidos a los tintínidos actuales, en base a que tienen fuertes similitudes morfológicas, dimensionales y ecológicas, pero existe una diferencia en el material usado para construir las lóricas. Las lóricas de los calpionélidos son rígidas (calcitas) mientras que los tintínidos son quitinosas, flexibles y aglutinadas (Flügel, 2004). Sin embargo, contrario a diversas opiniones (Colom, 1948; Bonet, 1956; Tappan & Loeblich, 1968; Borza, 1969; Trejo, 1976), Remane (1969, 1971, 1978) coloca a la superfamilia Calpionellidea Bonet 1956, bajo el grupo Protozoa Incertae sedis.

En este apartado se describe taxonómicamente cada uno de los géneros para cada Familia, (Calpionellidae) que se encontraron en las muestras analizadas.

<b>Protozoa Incertae sedis</b>
<b>Superfamilia Calpionellidea BONET, 1956</b>
<b>Familia Chitinoidellidae GRÜN &amp; BLAU, 1997</b>

El género Chitinoidella, con sus diversas especies se observan con la pared sombreada bajo la luz transmitida (Doben, 1962). Por esta razón se propuso que su pared estaba constituida de material quitinoso.

En la actualidad, se agrupan en esta Familia los calpionélidos que poseen una concha formada por tres capas; dos zonas exteriores de cristales escalenoédricos de calcita orientados perpendicularmente con respecto a la lórica (Fig. 4.6), (Reháková, 2002) y una zona central oscura que consiste de pequeños cristales de calcita romboédricos orientados transversalmente con restos de sustancias orgánicas.

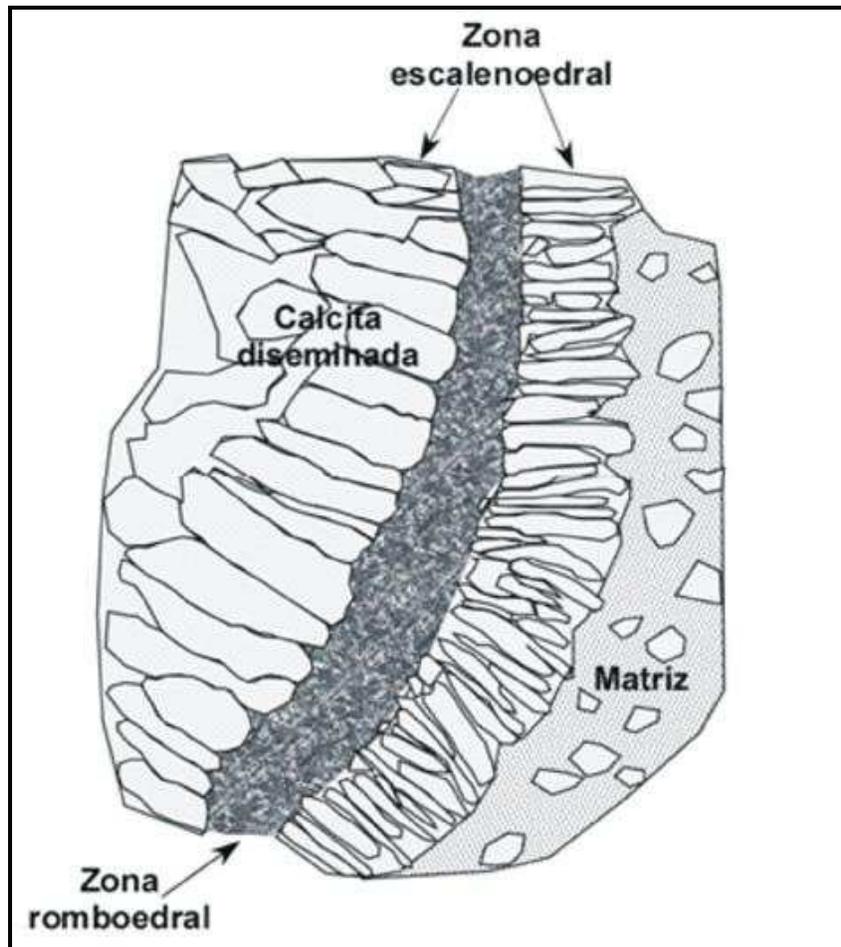


Fig. 4-6: Estructura de concha de calpionélidos donde se pueden observar las tres capas de cristales que constituyen la pared del organismo. La variación del espesor de la pared es de 4 – 6  $\mu$  (Modificado de Reháková & Michalik, 1993).

**Familia Calpionellidae BONET, 1956**

Comprende todos los calpionélidos con una pared completamente calcítica, con una concha formada por sustancias hialinas compactas, constituidas por cristales irregulares, largos y radialmente orientados de calcita. Las lóricas de estos calpionélidos fueron originalmente más delgadas y contenían elementos de calcita más abundantes (Reháková & Michalik, 1993), es decir, depósitos secundarios de este mineral engruesan la pared de estos organismos (Fig.4.7, Trejo, 1975).

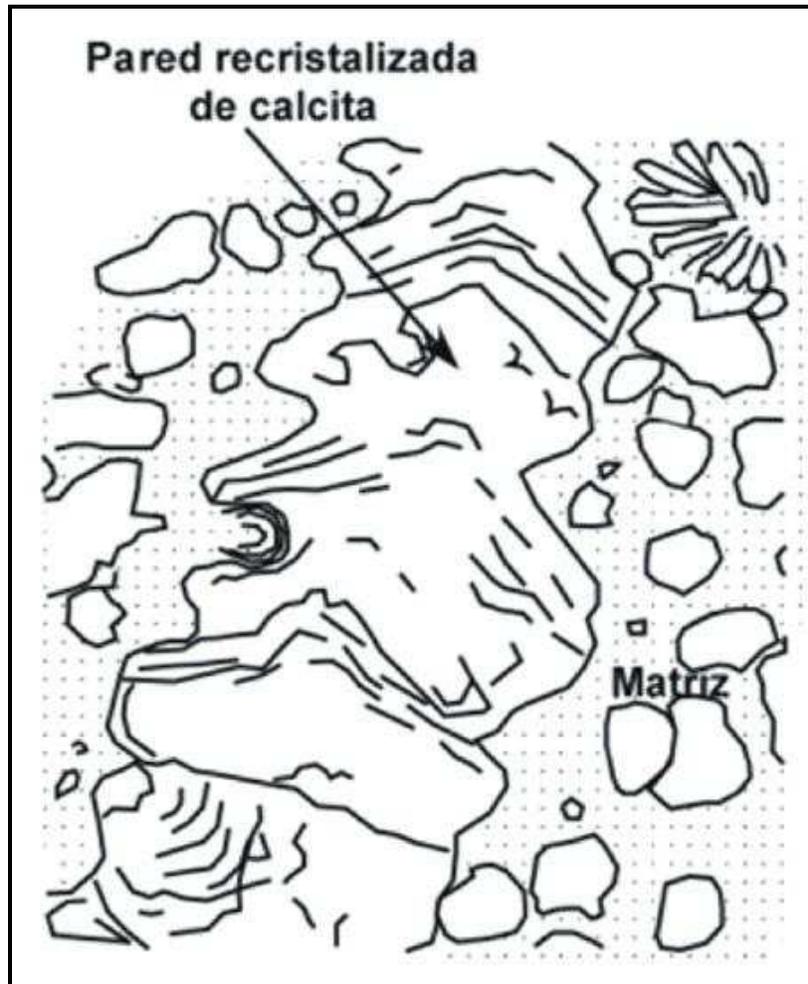


Fig. 4-7: Estructura calcítica recristalizada de la pared de los calpionélidos. El espesor de la pared varía de 4-7 $\mu$ m (modificado de Reháková & Michalik, 1993).

**Crassicollaria parvula Remane, 1962**

Su lórica es cónica, el collar es recto y corto, engrosamiento en la base del collar y polo aboral agudo (Fig. 4.8).

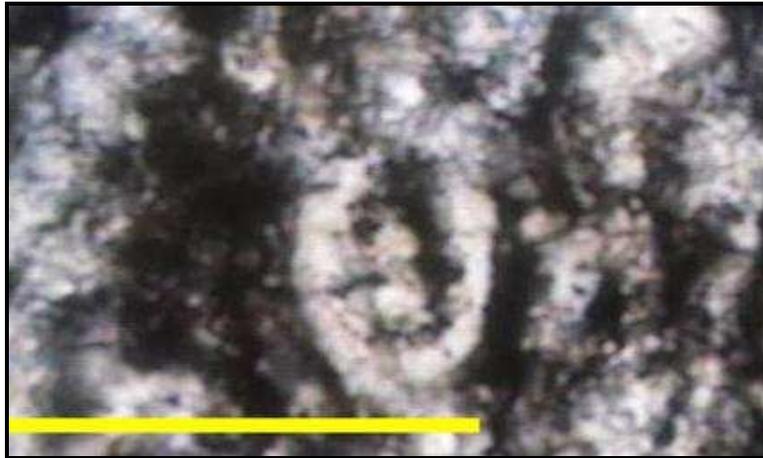


Fig. 4-8 *Crassicollaria parvula*; muestra PP J135; escala = 100  $\mu$ .

***Crassicollaria massutiniana***

Del genero *Crassicollaria* esta es la especie que tiene la lórica más grande (hasta 0.10mm) (Fig. 4.9), ya que el resto de las especies tienen una longitud promedio de 0.05 mm, esta es cilíndrica y llega a medir de longitud el doble de su ancho, sus paredes son subparalelas. El collar, al igual que en *Cr. parvula* es recto, pero su base no está tan definida por el abultamiento típico, ya que este no se presenta. El polo aboral se encuentra redondeado.

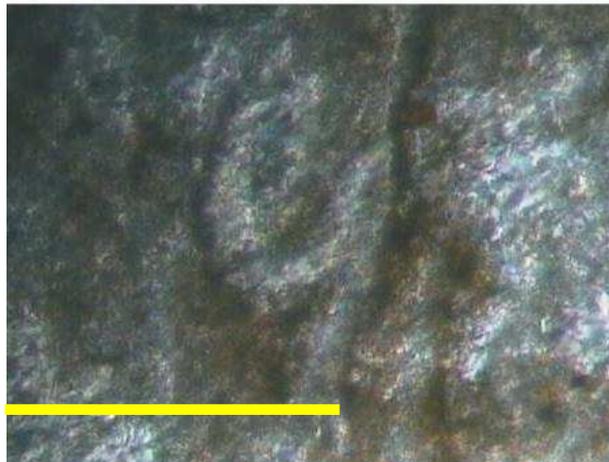


Fig. 4-9: *Crassicollaria massutiniana*; muestra PP J150; escala = 100  $\mu$ .

**Género Calpionella (Lorenz, 1902)**

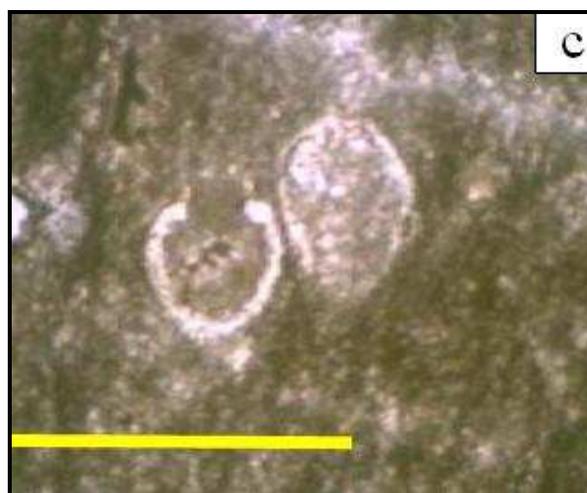
El género *Calpionella* se caracteriza por tener un collar cilíndrico corto, más estrecho que su lórica. La base del collar está bien definida y un “hombro” muy típico aparece abajo del collar en todas las secciones (Remane, 1985). Existen dos especies para este género: *Calpionella alpina* (Lorenz 1902) y *Calpionella elliptica* (Cadisch 1932) (Remane, 1985).

***Calpionella alpina* Lorenz, 1902**

Lórica esférica a subsférica; extremidad aboral redondeada sin terminar en apéndice caudal; el collar es cilíndrico y recto, en su base presenta el “hombro” típico que distingue al género. *C. alpina* se presenta durante toda la transición Tithoniano-Berriasiano, a pesar de esto, esta especie es de gran importancia para la bioestratigrafía. Se distinguen tres formas en el transcurso evolutivo de la especie: forma larga y elongada; forma intermedia cercanamente esférica y finalmente una forma esférica pequeña (Fig. 4.10).

***Calpionella elliptica* Cadisch 1932**

Presenta una lórica más grande que *C. alpina*, en forma cilíndrica y alargada, collar recto y corto (Fig.4.11), zona aboral redondeada, carece de apéndice caudal. Cabe mencionar que el rango estratigráfico de *C. elliptica* es mucho más restringido que *C. alpina*, ya que al contrario de esta



**Fig. 4-10:** a Secciones longitudinales de *Calpionella alpina*: a) forma grande y elongada, muestra PP J167 b) *C. alpina* forma intermedia, muestra PP J165; c) forma esférica y pequeña, muestra PP J168, escala = 100  $\mu$ .

última, *C. elliptica* surge en el Berriasiano Temprano y se restringe a este.

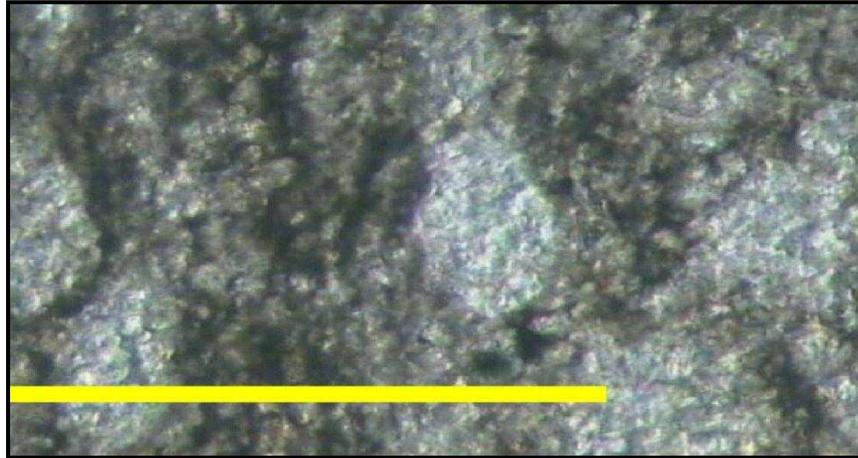


Fig. 4-11: Sección longitudinal de *Calpionella elliptica*; muestra PP J161, escala = 100  $\mu$ .

***Calpionellopsis simplex* Colom, 1939**

Presenta lórica de forma cilíndrica, las paredes laterales son paralelas a ligeramente abultadas, el collar es característico del género, ya que está separado de la lórica, su zona aboral es redondeada (Fig.4.12 ).



Fig. 4-12: Sección axial de *Calpionellopsis simplex*; muestra PP J167, escala = 100  $\mu$ .

**Tintinnopsella carpathica Murgeanu & Filipescu, 1933**

La especie principal es *Tintinnopsella carpathica*, se caracterizada por una lórica ovoide con paredes delgadas. La apertura oral es más grande que los límites de su lórica. El collar tiende hacia afuera (Fig.4.14), formando un ángulo recto con respecto al hombro y su región aboral termina en un apéndice caudal muy bien definido. Al igual que *C. alpina*, el rango estratigráfico de *T. carpathica* es muy amplio, ya que equivale al de la familia completa Calpionellidae (Thitoniano Tardío-Valanginiano). *T. carpathica* es sin embargo de interés bioestratigráfico debido a variaciones significantes en su tamaño. Primero aparece una variedad pequeña, seguida por una forma intermedia y por último una forma grande, en el Berriasiano Temprano.



**Fig. 4-13:** *Tintinnopsella carpathica*, mostrando un collar hacia fuera que forma un ángulo recto con respecto a las paredes; muestra PP J168, escala = 100  $\mu$ .

### 4.3 Calpionélidos como indicadores del límite Jurásico-Cretácico

El análisis bioestratigráfico de calpionélidos elaborado en el perfil de Potrero Prieto permite ubicar y determinar con acierto la transición del Jurásico Tardío/Cretácico Temprano. La fauna observada en este perfil presenta todas las zonas propuestas por Remane (1985); esta zonación es válida utilizarla para el Noreste de México (Fig.4.14). A continuación se clasifican las especies encontradas.

La asociación de calpionélidos dentro de la base de la Formación La Casita a inicios del Thitoniano, se representa por la zona de *Crassicollaria intermedia*, *Crassicollaria brevis* y *Crassicollaria parvula*. Por otra parte, algunos autores (Adatte et al. 1996 a, b) sugieren que el rango de *Crassicollaria parvula*

puede extenderse un poco arriba del Berriasiano Temprano, como se puede observar en este estudio desaparece justo con la aparición de *Calpionella elliptica*.

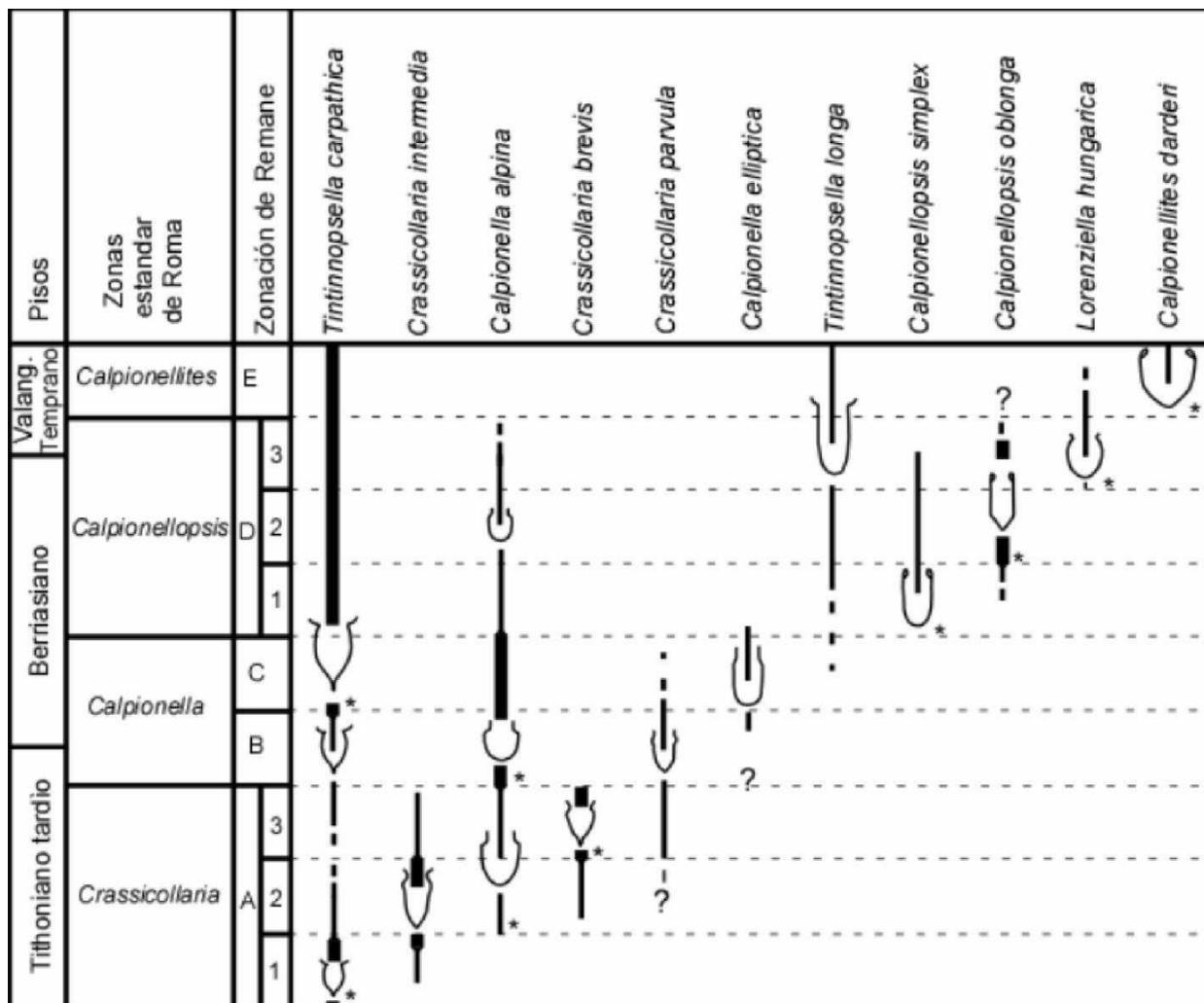


Fig. 4-14: Sucesión de calpionélidos de Remane (1985), considerada en el presente estudio.

En la base del Berriasiano Inferior en el área de Potrero Prieto se marca la primera ocurrencia de *Calpionella elliptica*, la cual determina la parte más temprana del Berriasiano. En el Berriasiano se presenta la primera ocurrencia de *Calpionellopsis simplex* representando el inicio de la zona *Calpionellopsis*, ya dentro de la Formación Taraises.

*Calpionella alpina* se manifestó en toda la secuencia del perfil, pero no se pueden determinar con exactitud por la mala preservación del collar, además de la abundancia de terrígenos y materia orgánica en el Tithoniano. Se reconocieron algunos cambios de tamaños en la Formación La Casita, pero debido

a que estas variaciones ocurren juntas *Calpionella alpina* no es un indicador para determinar correctamente el límite bioestratigráfico J/K. Cuando *Calpionella alpina* cambia de tamaño a una forma esférica ocurre una “explosión” de dicha especie, representando el calpionélido más preeminente.

*Tintinnopsella carpathica* dentro de la Formación La Casita no fue posible observarla, ya que en el Thitoniano Tardío esta especie se presenta de manera esporádica. Sin embargo se aprecia bien definida y constante en la parte inferior de la Formación Taraises.

## **5 Análisis Microfacial**

### **5.1 Introducción**

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad realizar un estudio microfacial completo y detallado de la parte basal de la Formación La Casita y la parte inferior de la Formación Taraises, en Potrero Prieto, N.L. La parte basal de la Formación La Casita está representado por lutitas arcillosas de aspecto carbonoso en contacto transicional con calizas gris claras de estratos medianos a gruesos de la Formación Taraises.

#### **5.1.1 El concepto: Facies y Microfacies**

La facies sedimentaria puede definirse como la suma de todos los rasgos primarios de un tramo de la sección estratigráfica local, cuya formación es el resultado de los fenómenos de depositación propios de un ambiente y de los diversos procesos que los caracterizan. (Spalletti,1979). Por lo tanto, se deduce que una facies sedimentaria ha de estar constituida por uno o varios tipos o cuerpos de rocas sedimentarias que se relacionan tanto en sentido lateral como vertical de una manera ordenada, en respuesta a variaciones experimentadas areal y temporalmente en los procesos ambientales (Collinson, 1972).

El término microfacies engloba todas las características sedimentarias y paleontológicas que pueden ser observadas, descritas y clasificadas en una lámina delgada con ayuda del microscopio (Flügel, 2004).

El análisis de microfacies, o evaluación microscópica y sistemática de todos los componentes paleontológicos y sedimentológicos que conforman las facies sedimentarias, representan una de las herramientas más útiles en la interpretación y reconstrucción de los ambientes sedimentarios que prevalecieron en el pasado geológico. De esta forma, el estudio detallado de las facies carbonatadas en lámina delgada con la ayuda de un microscopio petrográfico, produce las bases para una interpretación paleogeológica en cualquier evaluación estratigráfica, además sirven para determinar el tipo de ambiente de depósito y la reconstrucción de las condiciones de la cuenca en cuestión. Estos estudios

nos permiten realizar correlaciones paleogeográficas y bioestratigráficas, locales, regionales y globales (Wilson, 1975).

## **5.2 Características generales de los componentes de las Facies y Microfacies: Potero Prieto**

Este capítulo muestra los resultados de facies y microfacies construidos en base a las observaciones macroscópicas y microscópicas en el perfil Potrero Prieto, utilizando las propuestas de Dunham (1962) y la de Folk (1962). Además, empleando las Facies Estándar (ZF) propuestas por Wilson (1975), y (SMF) propuestas por Flügel, (1982, 2004).

La Sección del perfil “Potrero Prieto” tiene un espesor de 85m, de los cuales 1.5m pertenecen a la zona transicional de la Formación Zuloaga, y 77m pertenecen a la Formación La Casita y 6.5m de la parte inferior de la Formación Taraises. Este perfil contiene las siguientes características:

Las microfacies estándar (SMF) observadas en la sección estudiada pertenecen a las zonas de facies FZ1, FZ3 y FZ8.

La parte superior de la Formación Zuloaga presenta las microfacies SMF 16 y FZ8. La parte basal de la Formación la Casita muestra las microfacies SMF 1, 2 y 3; FZ1 y FZ2. Mientras que la parte inferior de la Formación Taraises muestra solamente un tipo de microfacies, SMF 3 y FZ3.

**Las zonas de Facies FZ1, FZ2 y FZ3;** son definidas como facies de cuenca por sus características y asociaciones de microfauna de ambientes pelágicos de cuenca. Las rocas se clasificaron de un Mudstone / Wackestone con una matriz micrítica de poca a regular fauna que sugiere un ambiente de aguas profundas con sedimentación lenta y una buena estabilidad de la cuenca. Esta se caracteriza por mostrar principalmente una cantidad abundante de materia orgánica y una cantidad considerable de espículas de esponjas. Presenta también microfósiles pelágicos radiolarios recristalizados, calpionélidos, fragmentos de conchas, los componentes son principalmente cristales de cuarzo angulosos a subredondeados, sorteo de regular a bueno, abundante pirita, hematita y goetita.

**Las Facies F8;** son de ambientes de aguas muy someras laguna costera por la presencia de pellets tipo (*Favreina* sp)). Y el desarrollo de filamentos algales orientados entre sí (muestra PP Jc 47) y ausencia de radiolarios.

La Tabla 5.1 muestra la descripción simplificada y detallada, de las características específicas que contiene cada una de las microfacies y zonas de facies, así como los resultados obtenidos de % M.O y % C.O. en cada una de las muestras obtenidas dentro de perfil analizado.

**Tabla 5-1: Resultado de la aplicación de las facies propuestas a las secciones delgadas, asignación de microfacies, ambiente, % de M.O y % C.O para el perfil “Potrero Prieto”.**

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc 001	Biomicrocristal/Wackestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, fragmentos de conchas de molusco, materia orgánica, cuarzo anguloso a subangulo, sorteo regular a bueno, recristalización de la pirita, goetita.	3	1	Cuenca	
PP Jc 002	Intraesparita-microcristal/Floatstone con escasos radiolarios, esporádicas espículas, fragmentos de conchas, cristales de cuarzo angulosos a subangulosos, sorteo regular a bueno, pirita.	3	1	Cuenca	
PP Jc 003	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica, cuarzo subangulosos a subredondeados, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-1	Biomicrocristal/Mudstone con escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica, zonas ligeramente esparitizadas, abundante cuarzo redondeado a subredondeados, sorteo bueno, alto contenido de pirita, cristales de hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-2	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, alto contenido materia orgánica, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-3	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita	1	1	Cuenca	
PP Jc-4	Biomicrocristal/Mudstone: sedimentos laminares bien definidos, escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
GEOQ PP Jc-5	Bioesparita/Floatstone con escasos radiolarios, materia orgánica, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	0,6625 0,3843
PP Jc-6	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, esporádicos radiolarios y espículas, abundante materia orgánica, zonas ligeramente esparitizadas, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-7	Biomicrocristal/Mudstone con esporádicos radiolarios y espículas, alto contenido de materia orgánica, fracturas rellenas de esparita, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-8	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con esporádicos radiolarios y espículas, alto contenido de materia orgánica, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-9	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con esporádicos radiolarios y espículas, alto contenido de materia orgánica, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-10	Bioesparita/Floatstone con escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica, fracturas remplazadas por esparita, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	
PP Jc-11	Biomicrocristal/Wackestone sedimentos laminares bien definidos, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, fragmentos de conchas de molusco, alto contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subangulo, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-12	Biomicrocristal/Mudstone laminación bien definida, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, alto contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo bueno, abundante pirita, goetita, hematita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-13	Biomicrorita/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con esporádicos radiolarios y espículas, presencia de materia orgánica, zonas ligeramente esparitizadas, cuarzo subangulo a subredondeado, sorteo bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-14	Biomicrorita/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con esporádicos radiolarios y espículas, presencia de materia orgánica, cuarzo subangulo a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
<b>GEOQ PP Jc-15</b>	<b>Biomicrorita/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, presencia de materia orgánica, cuarzo subangulo a subangular, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.</b>	1	1	Cuenca	<b>2,5965 1,5061</b>
PP Jc-16	Biomicrorita/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, abundantes radiolarios, abundantes espículas, presencia de materia orgánica, cuarzo subangulo a subangular, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-17	Biomicrorita/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, presencia de materia orgánica, cuarzo subangulo a subredondeado, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-18	Biomicrorita/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, presencia de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-19	Biomicrorita/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica, cristales de cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	
PP Jc-20	Biomicrorita/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, presencia de materia orgánica, cristales de cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-21	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con esporádicos radiolarios y espículas, presencia de materia orgánica, abundante cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-22	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con esporádicos radiolarios y espículas, presencia materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-23	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con esporádicos radiolarios y espículas, presencia materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-24	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminares definidos, esporádicas espículas, presencia de materia orgánica, abundante cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-25	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con esporádicos radiolarios y espículas, presencia de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, cristales de pirita.	1	1	Cuenca	
GEO Q PP Jc-26	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con esporádicos radiolarios y espículas, fracturas de materia orgánica, cristales de cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, cristales de pirita.	1	1	Cuenca	0,6625 0,3843
PP Jc-27	Biomicrota/Mudstone sedimentos ondulados, escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo malo, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-28	Biomicrota/Mudstone sedimentos ondulados, escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica, cristales de esparita, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo malo, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-29	Biomicrocristal/Mudstone los minerales están orientados sin una laminación visible, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, alto contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc 30	Biomicrocristal/Mudstone los minerales están orientados sin una laminación visible, con esporádicos radiolarios y espículas, alta concentración de materia orgánica, cristales de cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc 31	Biomicrocristal/Mudstone los minerales están orientados sin una laminación visible, escasos radiolarios, abundantes espículas, alta concentración de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc 32	Biomicrocristal/Mudstone los minerales están orientados sin una laminación visible, escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc 33	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos ondulados, abundantes radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cristales de cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc 34	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
GEO Q PP Jc 35	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, alto contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	2,7218 1,5788
PP Jc 36	Biomicrocristal/Mudstone los minerales están orientados sin una laminación visible, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, alta concentración de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-37	Biomicrorita/Mudstone los minerales están orientados sin una laminación visible, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, alta concentración de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-38	Biomicrorita/Mudstone los minerales están orientados una laminación visible, con escasos radiolarios, abundantes espículas, alta concentración de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-39	Biomicrorita/Mudstone los minerales están orientados sin una laminación visible, con escasos radiolarios, abundantes espículas, alta concentración de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-40	Biomicrorita/Mudstone los minerales están orientados una laminación visible, con escasos radiolarios, abundantes espículas, alta concentración de materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-41	Biomicrorita/Mudstone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cuarzo subanguloso a subredondeado, sorteo regular abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-42	Biomicrorita/Mudstone sedimentos laminados bien definidos, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, alto contenido de materia orgánica, cuarzo subangular a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-43	Biomicrorita/Mudstone los minerales se encuentran orientados sin una laminación visible, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, alta concentración de materia orgánica, abundante cuarzo subangular a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-44	Biomicrorita/Mudstone los minerales se encuentran orientados sin una laminación visible, con escasos radiolarios, abundantes espículas, fracturas rellenas de materia orgánica, cuarzo subangular a subredondeado, sorteo malo, pirita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
GEO Q PP Jc-45	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminados, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, moderada materia orgánica, cristales de cuarzo orientados a la laminación, subangular a subredondeados, sorteo regular a bueno, pirita no muy abundante	1	1	Cuenca	2,2383 1,2983
PP Jc-46	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminados, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, alta concentración de materia orgánica, cristales de cuarzo orientados a la laminación, subangular a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita. (Organismos de clase incierta)?.	1	1	Cuenca	
PP Jc-47	Grainstone con pellets tipo (favreina sp)/Pelsparita desarrollo de filamentos algales orientados entre sí, cristales de cuarzo subangulosos a subredondeados, sorteo regular a malo, pirita no muy abundante.	16	8	Laguna Costera	
PP Jc-48	Biomicrota/Mudstone con escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica visible, zonas ligeramente esparitizadas, cuarzo subangular a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-49	Biomicrota/Mudstone laminación planar bien definida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cristales de cuarzo, subangular a subredondeado, sorteo regular a malo, minerales opacos, cristales de pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-50	Biomicrota/Mudstone laminación planar bien definida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, alto contenido de materia orgánica, cristales de cuarzo, anguloso a subredondeado, sorteo regular, pirita no muy abundante.	1	1	Cuenca	
PP Jc-51	Biomicrota/Mudstone laminación indefinida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo malo, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-52	Biomicrota/Mudstone laminación indefinida, con escasos radiolarios, escasas espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-53	Biomicrota/Mudstone los minerales se encuentran orientados sin una laminación bien definida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	
PP Jc-54	Biomicrota/Mudstone: laminación indefinida, escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
<b>GEO Q</b> <b>PP Jc-55</b>	<b>Biomicrota/Mudstone no hay una laminación bien definida, los componentes se encuentran orientados, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular, abundante pirita.</b>	1	1	Cuenca	<b>4,0827</b> <b>2,3682</b>
PP Jc-56	Biomicrota/Mudstone laminación indefinida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-57	Biomicrota/Mudstone laminación indefinida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-58	Biomicrota/Mudstone laminación indefinida, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo malo, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-59	Biomicrota/Mudstone laminación indefinida, escasos radiolarios, abundantes espículas, ostrácodos, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-60	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminares planares bien definidos, escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-61	Biomicrocristal/Mudstone laminación indefinida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo malo, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-62	Biomicrocristal/Mudstone laminación planar bien definida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	
PP Jc-63	Biomicrocristal/Mudstone laminación indefinida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-64	Biomicrocristal/Mudstone laminación indefinida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
GEO Q PP Jc-65	Biomicrocristal/Mudstone laminación indefinida, los componentes se encuentran orientados, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	3,2501 1,8852
PP Jc-66	Biomicrocristal/Mudstone laminación ondulada, escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-67	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	
PP Jc-68	Biomicrocristal/Mudstone laminación indefinida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo malo, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-69	Biomicrocristal/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, esporádicos radiolarios y espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo malo, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-70	Biomicro/Mudstone sedimentos laminares definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-71	Biomicro/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, fragmentos de moluscos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular, abundante pirita, hematita	2	1	Cuenca	
PP Jc-72	Biomicro/Mudstone: sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo malo, pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-73	Biomicro/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo malo, pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-74	Biomicro/Mudstone laminación ondulada, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
<b>GEO Q</b> <b>PP Jc-75</b>	Biomicro/Mudstone laminación ondulada, con escasos radiolarios, abundantes espículas, escasa materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita, hematita.	1	1	Cuenca	<b>1,7459</b> <b>1,0127</b>
PP Jc-76	Biomicro/Mudstone sedimentos laminares bien definidos, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-77	Biomicro/Mudstone laminación ondulada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc 78	Biomicrocristal/Mudstone laminación indefinida, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular, abundante pirita, hematita,	1	1	Cuenca	
PP Jc 79	Biomicrocristal/Wackestone laminación finamente laminada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calcionélidos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso, sorteo regular, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc 80	Biomicrocristal/Mudstone laminación finamente laminada, con escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, escasos cristales de cuarzo, pirita hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-81	Biomicrocristal/Mudstone transicional wackestone laminación ondulada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calcionélidos, abundante materia orgánica, cristales de cuarzo angulosos, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-82	Biomicrocristal/Mudstone laminación finamente laminada, con escasos radiolarios, espículas, materia orgánica visible, cristales de cuarzo angulosos, sorteo regular, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-83	Biomicrocristal/Mudstone los componentes se encuentran orientados, no hay una laminación definida, con escasos radiolarios, espículas, materia orgánica visible, cristales de cuarzo anguloso, sorteo bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-84	Biomicrocristal/Mudstone: componentes orientados, con escasos radiolarios, abundantes espículas, escasa materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
GEO Q PP Jc-85	Biomicrocristal/Mudstone laminación ondulada, componentes orientados, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	1,9697 1,1425
PP Jc-86	Biomicrocristal/Wackestone laminación ondulada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calcionélidos, alto contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subangulo, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-87	Biomicrorita/Mudstone los componentes se encuentran orientados, con escasos radiolarios, abundantes espículas, moderado contenido de materia orgánica, cristales de cuarzo anguloso, sorteo bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-88	Biomicrorita/Mudstone transicional wackestone sedimentos laminados, los componentes se encuentran orientados, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, moderada materia orgánica, cristales de cuarzo finos y angulosos, sorteo bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-89	Biomicrorita/Wackestone laminación indefinida, una orientación de los componentes, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, alto contenido de materia orgánica, cristales de cuarzo anguloso a subangulo, sorteamiento regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-90	Biomicrorita/Mudstone los componentes se encuentran orientados, con escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante contenido de materia orgánica, cristales de cuarzo anguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	
PP Jc-91	Biomicrorita/Mudstone transicional wackestone los componentes se encuentran orientados, con abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, calpionélidos, moderada materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-92	Biomicrorita/Mudstone laminación ondulada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, escaso contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-93	Biomicrorita/Mudstone escasos radiolarios, abundantes espículas, escaso contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
GEO Q PP Jc-94	Biomicrocristal/Mudstone laminación ondulada, los componentes están orientados, abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, presencia de calcipionélidos pero no se pueden determinar por la mala preservación del collar, escaso contenido de materia orgánica, cristales de cuarzo angulosos, sorteo malo, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	1,6832 0,9763
PP Jc-95	Bioesparita/Floustone con escasas espículas, resto de organismos calciesferulos, cuarzo muy fino anguloso a subanguloso, se observan minerales pesados (zircón)? presencia de arcilla (micas), sorteo bueno, abundante pirita, hematita.	1	3	Cuenca	
PP Jc-96	Bioesparita/Floustone con escasas espículas, resto de organismos calciesferulos, cuarzo muy fino anguloso a subanguloso, se observan minerales pesados (zircón)? presencia de arcilla (micas), sorteo bueno, abundante pirita, hematita	1	3	Cuenca	
PP Jc-97	Biomicrocristal/Mudstone laminación indefinida, con abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, escasa materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-98	Biomicrocristal/Mudstone laminación indefinida, escasos radiolarios recristalizados, abundantes espículas, escasa materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-99	Biomicrocristal/Mudstone con esporádicos radiolarios y espículas, materia orgánica, cuarzo muy fino anguloso a subanguloso, sorteo malo, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-100	Biomicrocristal/Mudstone laminación indefinida, esporádicos radiolarios y espículas, materia orgánica, cuarzo muy fino anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-101	Biomicrocristal/Mudstone laminación ondulada, abundantes radiolarios, abundantes espículas, alto contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteamiento regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-102	Biomicrota/Mudstone laminación indefinida con esporádicos radiolarios y espículas, materia orgánica, cuarzo muy fino anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-103	Biomicrota/Mudstone laminación indefinida con escasos radiolarios recristalizados, abundantes espículas, materia orgánica, cuarzo muy fino anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-104	Biomicrota/Mudstone escasos radiolarios recristalizados, abundantes espículas, alto contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
GEO Q PP Jc-105	Biomicrota/Mudstone transicional a Wackestone abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, se observan calpionélidos en los cuales el collar está muy mal preservado, por lo tanto no se logran identificar, alto contenido de materia orgánica, cristales de cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	1,1818 0,6855
PP Jc-106	Biomicrota/Mudstone transicional a Wackestone laminación ondulada, los componentes se encuentran orientados, abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, se observa una gran cantidad de calpionélidos, pero no es posible identificarlos el collar está muy mal preservado, el cual se encuentra totalmente recristalizado, cristales de cuarzo muy fino, sorteo bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-107	Biomicrota/Mudstone laminación ondulada, con esporádicos radiolarios y espículas, calpionélidos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-108	Biomicrota/Wackestone laminación ondulada, con escasos radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, fragmentos de moluscos, visible contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-109	Biomicrorita/Mudstone con escasos radiolarios, espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-110	Biomicrorita/Mudstone escasos radiolarios, espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-111	Biomicrorita/Mudstone escasos radiolarios, espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-112	Biomicrorita/Wackestone laminación ondulada, abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, fragmentos de moluscos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subangulo, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-113	Biomicrorita/Wackestone laminación ondulada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, fragmentos de moluscos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo malo, pirita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-114	Biomicrorita/Wackestone laminación ondulada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, fragmentos de moluscos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subangulo, sorteo malo, pirita.	2	1	Cuenca	
<b>GEO Q PP Jc-115</b>	<b>Biomicrorita/Mudstone: laminación ondulada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, escasa materia orgánica, cuarzo anguloso, sorteo regular, abundante pirita, hematita.</b>	1	1		<b>1,1102 0,6440</b>
PP Jc-116	Biomicrorita/Wackestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular, abundante pirita.	1	1	cuenca	
PP Jc-117	Biomicrorita/Wackestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, alto contenido de materia orgánica, abundante cuarzo anguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-118	Biomicrota/Wackestone laminación ondulada, escasos radiolarios, espículas, calpionélidos alto contenido de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	
PP Jc-119	Bioesparita/Floatstone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-120	Biomicrota/Mudstone sedimentos laminares, escasos radiolarios, esporádicas espículas, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-121	Bioesparita-Floatstone laminación ondulada, escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc 122	Bioesparita-Floatstone laminación ondulada, escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc 123	Bioesparita-Floatstone laminación ondulada, escasos radiolarios, esporádicas espículas, materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc 124	Biomicrota/Mudstone se observa una pseudolaminación, los componentes tienden una orientación, abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, materia orgánica visible, cristales de cuarzo muy fino anguloso, sorteo bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
GEO Q PP Jc-125	Biomicrota/Mudstone laminación finamente laminada, abundantes radiolarios, abundantes espículas, ostrácodos, materia orgánica visible, cristales de cuarzo muy fino anguloso, sorteo bueno, escaso contenido de materia orgánica, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	2,3100 1,3399
PP Jc-126	Biomicrota/Mudstone con abundantes espículas, abundantes cristales de cuarzo anguloso a subredondeados, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-127	Biomicrocristal/Mudstone laminación ondulada, escasos radiolarios, abundantes espículas, materia orgánica visible, cristales de cuarzo anguloso a subredondeados, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-128	Biomicrocristal-Mudstone laminación ondulada, abundantes radiolarios, abundantes espículas, presencia de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-129	Biomicrocristal/Mudstone los componentes se encuentran orientados, abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, alto contenido de materia orgánica, cristales de cuarzo muy fino, anguloso, sorteo bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-130	Biomicrocristal/Wackestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calcipionélidos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-131	Biomicrocristal/Mudstone, abundantes radiolarios, abundantes espículas, presencia de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-132	Biomicrocristal-Mudstone con escasos radiolarios, esporádicas espículas, abundante materia orgánica, escasos cristales de cuarzo anguloso, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	
PP Jc-133	Biomicrocristal parcialmente esparitizada/Mudstone escasos radiolarios recristalizados, abundantes espículas, fragmentos de espinas de equinodermos, abundante materia orgánica, cristales de cuarzo anguloso, pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-134	Biomicrocristal/Mudstone componentes orientados, escasos radiolarios, abundantes espículas, abundante materia orgánica, escasos cristales de cuarzo, abundante pirita, hematita	1	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-135	Biomicrocristal/Wackestone los componentes están orientados, abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, se encuentra la fauna muy mal preservada difícil de identificar, cristales de esparita, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-136	Biomicrocristal/Wackestone laminación ondulada, con escasos radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, fragmentos de moluscos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, pirita.	3	1	Cuenca	
PP Jc-137	Biomicrocristal/Wackestone laminación ondulada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, fragmentos de moluscos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso, sorteo bueno, pirita	3	1	Cuenca	
PP Jc-138	Biomicrocristal/Mudstone con escasos radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-139	Biomicrocristal/Wackestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteamiento regular a bueno, abundante pirita, hematita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-140	Biomicrocristal/Wackestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-141	Biomicrocristal/Wackestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo regular a bueno, abundante pirita, hematita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-142	Biomicrocristal/Wackestone: orientación de los componentes, abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, calpionélidos, presencia de materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteamiento regular, minerales opacos, pirita, hematita.	2	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-143	Biomicrocristal/Wackestone orientación de los componentes con abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, calpionélidos, presencia de materia orgánica, cuarzo anguloso, sorteo regular, pirita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-144	Biomicrocristal/Mudstone con escasos radiolarios, esporádicas espículas, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo malo, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-145	Biomicrocristal/Mudstone con escasos radiolarios, esporádicas espículas, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo malo, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-146	Biomicrocristal/Mudstone con escasos radiolarios, esporádicas espículas, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo malo, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-147	Biomicrocristal/Mudstone con escasos radiolarios, abundantes espículas, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo malo, abundante pirita.	1	1	Cuenca	
PP Jc-148	Biomicrocristal/Wackestone laminación ondulada, con escasos radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, ostrácodos, cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo malo, abundante pirita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-149	Biomicrocristal/Wackestone laminación ondulada, con escasos radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, fragmentos conchas de moluscos mal conservadas, cristales de cuarzo, sorteo malo, abundante pirita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-150	Biomicrocristal/Wackestone abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, presencia de materia orgánica, cristales de cuarzo, sorteo malo, pirita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-151	Biomicrocristal/Wackestone se observa orientación de los componentes, con abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, calpionélidos, ostrácodos, foraminíferos planctónicos, (saccocoma s.p) materia orgánica visible, cristales de cuarzo anguloso a subanguloso, sorteo malo, no muy abundante, pirita.	3	1	Cuenca	
PP Jc-152	Biomicrocristal/Mudstone la materia se encuentra dispersa, con abundantes radiolarios recristalizados, espículas, calpionélidos, cuarzo anguloso a subanguloso sorteo malo, pirita.	3	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-153	Biomicrorita/Wackestone con escasos radiolarios, esporádicas espículas, calpionélidos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subanguloso sorteo malo, abundante pirita.	3	1	Cuenca	
PP Jc-154	Biomicrorita/Wackestone: se observa orientación de los componentes, abundantes radiolarios, abundantes espículas, los organismos microfósiles están muy mal preservados se observa calpionélidos, ostrácodos pero no están bien definidos, cuarzo anguloso a subanguloso sorteo malo, pirita.	3	1	Cuenca	
PP Jc-155	Biomicrorita/Wackestone se observa orientación de los componentes, no hay una laminación visible, con abundantes radiolarios recristalizados, abundantes espículas, los organismos microfósiles están muy mal preservados se observa calpionélidos, ostrácodos pero no están bien definidos, foraminíferos planctónicos, cuarzo anguloso a subanguloso sorteo malo, pirita, hematita.	3	1	Cuenca	
PP Jc-156	Biomicrorita/Mudstone con escasos radiolario, esporádicas espículas, calpionélidos, cuarzo anguloso a subanguloso sorteo malo, pirita.	2	1	Cuenca	
PP Jc-157	Biomicrorita/Wackestone laminación ondulada, los componentes están orientados, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno, pirita.	3	1	Cuenca	
PP Jc-158	Biomicrorita/Mudstone los componentes se encuentran orientados, no hay una laminación visible, escasos radiolarios, esporádicas espículas, cuarzo anguloso a subredondeado sorteo regular a bueno.	3	1	Cuenca	
PP Jc-159	Biomicrorita esparitizada/Mudstone parcialmente esparitizado, la laminación indica una esparitización temprana, con escasos radiolarios, esporádicas espículas, escasos calpionélidos, abundante materia orgánica, escaso cuarzo.	3	1	Cuenca	

Análisis Microfacial

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-160	Biomicrota esparitizada/Wackestone parcialmente esparitizada, la laminación indica una esparitización temprana, abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso, sorteo bueno, abundante pirita, abundante.	3	1	Cuenca	
PP Jc-161	Biomicrota/Wackestone orientación de los componentes a formar una pseudolaminación, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, abundante materia orgánica, cuarzo anguloso a subredondeados, sorteo bueno.	3	1	Cuenca	
PP Jc-162	Biomicrota/Mudstone orientación de los componentes a formar una pseudolaminación, con escasos radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno.	3	1	Cuenca	
PP Jc-163	Biomicrota/Wackestone laminación ondulada, con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, abundante materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular a bueno.	3	1	Cuenca	
PP Jc-164	Biomicrota/Wackestone con escasos radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado, sorteo regular.	3	1	Cuenca	
PP Jc-165	Biomicrota/Wackestone con escasos radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado sorteo regular a bueno.	3	1	Cuenca	
PP Jc-166	Biomicrota/Wackestone o Packestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, abundantes cristales de dolomita, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado sorteo regular a bueno.	3	1	Cuenca	
PP Jc-167	Biomicrota/Wackestone o Packestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, ostrácodos, materia orgánica visible, cuarzo anguloso a subredondeado sorteo regular a bueno.	3	1	Cuenca	

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS	SMF	ZF	AMBIENTE	% M.O % C.O
PP Jc-168	Biomicrocristalino/Wackestone o Packestone con abundantes radiolarios, abundantes espículas, calpionélidos, fragmentos de conchas de moluscos, cuarzo anguloso a subanguloso sorteo regular a bueno.	3	1	Cuenca	

### 5.3 Análisis Microfacial de la Sección

Se analizaron un total de 171 muestras, asignándoles su textura, y se clasificaron los cinturones faciales (ZF) y las microfacies estándar (SMF) propuestas para el presente estudio, los resultados están presentados en la tabla 5.1.

Las muestra de la transición de la Formación Zuloaga arrojan una matriz oscura, las partículas presentan una orientación, los componentes principales son cristales de dolomía romboédrica, óxido de hierro, cuarzo subangulos, se observa conchas delgadas, radiolarios y espículas.

Las muestras analizadas de la Formación La Casita tienen una matriz oscura (color café), sedimentos laminares bien definidos, además la presencia de arcillas dentro de esta misma Formación. Los componentes principales son: el cuarzo, el cual se presenta anguloso a subangulosos, lo cual sugiere que estos se depositaron en un ambiente de aguas tranquilas y profundas, y por su grado de subredondez estos no sufrieron mucho transporte. Además la presencia de abundantes espículas y radiolarios los cuales son más abundantes en esta Formación y aparecen en todo el perfil. Los minerales opacos y los minerales de hierro son más comunes en esta Formación, la pirita se restringe exclusivamente a La Formación La Casita.

Dentro del análisis del intervalo completo del perfil no existen variaciones de los componentes. Sin embargo, si fue posible distinguir variaciones de tamaño, ornamenta, y abundancia en ellos.

Los calpionélidos se manifiestan en toda la secuencia en este perfil, en ocasiones no fue posible determinar con exactitud por la mala preservación del collar y por la abundancia de materia orgánica, sin embargo se observaron algunos cambios morfológicos en estos organismos principalmente. C. alpina muestra 3 morfologías, esta inicia en la Formación La Casita, en la subzona B (subzona de C.

alpina), en donde surge una “explosión” de esta, llegando a ser la especie más abundante. (Ver Fig. 5.1 y anexo 2).

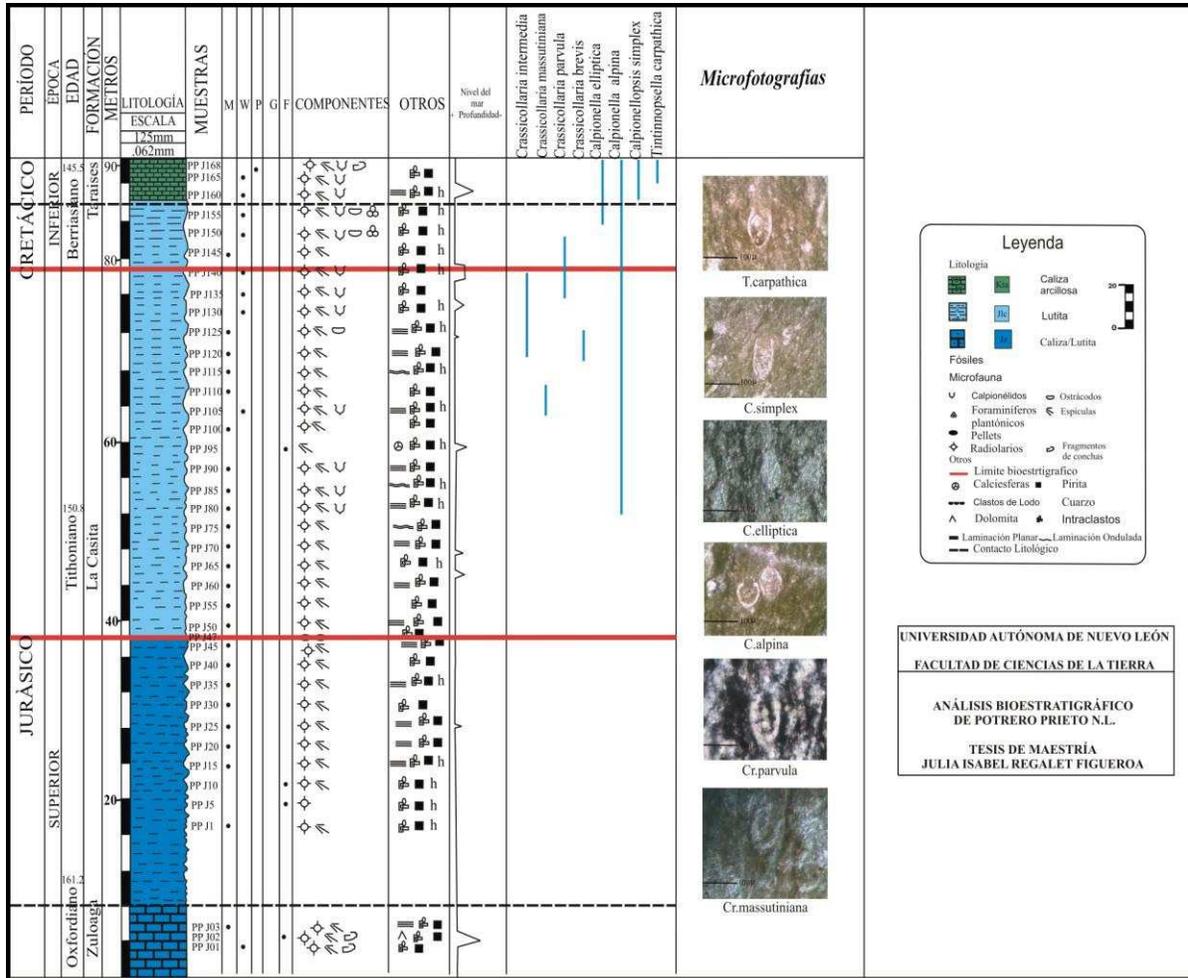


Fig. 5-1: Análisis bioestratigráfico de Potrero Prieto con sus respectivas características litológicas. Resaltando (línea roja) límite bioestratigráfico J/K.

Sin embargo en la transición La Casita/Taraises es aquí donde ocurre una secuencia pura de carbonatos, las muestras de la Formación Taraises constituyen los depósitos de mar abierto un poco más somero, las muestras analizadas exhiben un color claro, donde se identifican con más claridad la presencia de organismos planctónicos, abundancia de calpionélidos, foraminíferos planctónicos y radiolarios.

Con los resultados obtenidos de los análisis de campo y de secciones delgadas, es posible llegar a una reconstrucción del ambiente de depósito el cual se desarrolló en las Formaciones Zuloaga, La Casita/ Taraises.

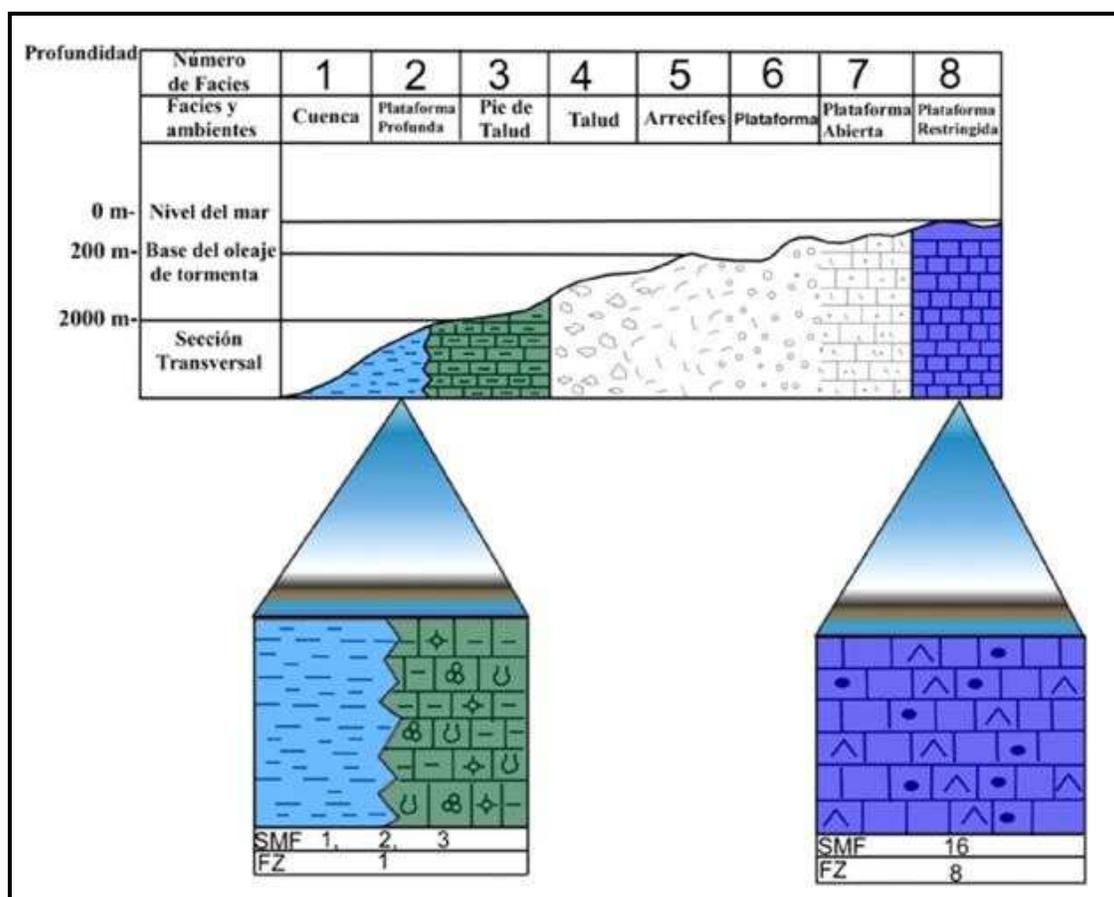


Fig. 5-2: Modelo Paleo deposicional propuestos para transición Zuloaga, La Casita/Taraises, en el área de Potreo Prieto, N.L.

Con base a las características texturales, micropaleontológicas y microfaciales realizadas en el presente análisis, se interpreta que las rocas se depositaron en un ambiente de cuenca profunda (euxinica). De esta manera los sedimentos consisten principalmente en arcillas y carbonatos laminados. Las cuencas de ambientes de mar profundo, se caracterizan por contener sedimentos pelágicos. Los sedimentos pelágicos carbonatados se originan por la acumulación de restos de esqueletos de organismos planctónicos en suspensión.

En el área de estudio el estado de preservación del collar de los calpionélidos de la Formación La Casita es limitado, los microorganismos presentan recristalizaciones y no se pueden determinar con exactitud. Dentro de la Formación Taraises se observa un aumento de los calpionélidos, además de foraminíferos plactónicos, con un estado de conservación mejor.

## **6 Análisis Geoquímico**

### **6.1 Introducción**

A lo largo de los últimos decenios la utilización de la geoquímica orgánica en la exploración y producción de petróleo ha sufrido un fuerte avance y transformación. En una primera fase el interés de la geoquímica se centró, fundamentalmente, en la caracterización de la roca madre, la relación con el medio sedimentario, el conocimiento de la composición orgánica y su grado de transformación diagenética o maduración.

### **6.2 Definición de Roca Generadora**

Es aquella roca sedimentaria que sea capaz de generar y liberar hidrocarburos para dar lugar a acumulaciones comerciales de gas o aceites, (Hunt, 1995).

Algunas de las características básicas de la roca generadora que se deben de considerar son las siguientes: Cantidad de materia orgánica (expresada como carbono orgánico total, TOC), Calidad de la materia orgánica (alta o baja en hidrógeno), maduración termal (inmadura, madura o postmadura) con respecto al kerógeno, calidad de la materia orgánica (alta o baja en hidrógeno) maduración termal (inmadura, madura o postmadura) con respecto al kerógeno, aunque también es influenciada desde su origen; por los ambientes de depósito que propiciaron el desarrollo y la acumulación de una gran cantidad de materia orgánica precursora (clima cálido en una plataforma calcárea de condiciones restringidas), los nutrientes de esos organismos marinos contenidos en los sedimentos (Jurásico Medio-Superior) tipo calcáreo evaporítico con altos contenidos de sulfatos, haluros y carbonatos.

El petróleo se forma por la descomposición de la materia orgánica contenida en este tipo de rocas. El factor principal que transforma la materia orgánica concentrada (kerógeno), es la temperatura, varios periodos geológicos que tuvieron las condiciones para acumular y preservar grandes cantidades de materia orgánica, los ambientes sedimentarios de esos tiempos que propiciaron el desarrollo de los organismos precursores y de sus organismos degradadores, los procesos de generación, expulsión,

migración y almacenamiento de los hidrocarburos, así mismo su sincronía y los procesos geológicos estructurales, así como los procesos diagenéticos que las rocas acumuladoras hayan experimentado.

### 6.3 Valoración de % M.O. por combustión Húmeda y Titulación según Walkley/Black (modificado).

% C Orgánico en:	Suelos Arenosos	Suelos Francos	Suelos Arcillosos
Muy escaso	≤0.25	≤0.50	≤0.75
Escaso	0.25-0.50	0.50-0.75	0.75-1.00
Mediano	0.50-0.75	0.75-1.50	1.00-2.00
Alto	0.75-1.50	1.50-2.50	2.00-4.00
Muy Alto	≥1.50	≥2.50	≥

Tabla 6-1: Índices para suelos calizos de zonas áridas y semiáridas. (Manual de Métodos químicos).

### 6.4 Porcentaje de % M.O. y % C.O.

Del total de muestras se enviaron 13 al Laboratorio de Suelos y Nutrición de Bosques, de la Facultad de Ciencias Forestales, para analizar el porcentaje de materia orgánica y carbono total. Las muestras se prorrataron en una distancia de 130mts, lo que corresponde a una distancia de 10mts, aproximadamente entre muestras.

Nombre de mta.	No. Laboratorio	% M.O	% C.O	Valoración
PP Jc 5	1-86-08	0,6625	0,3843	Muy Escaso
PP Jc 15	1-87-08	2,5965	1,5061	Mediano
PP Jc 26	1-88-08	0,6625	0,3843	Muy Escaso
PP Jc 35	1-89-08	2,7218	1,5788	Mediano
PP Jc 45	1-90-08	2,2383	1,2983	Mediano
PP Jc 55	1-91-08	4,0827	2,3682	Alto

Nombre de mta.	No. Laboratorio	% M.O	% C.O	Valoración
PP Jc 65	1-92-08	3,2501	1,8852	Mediano
PP Jc 75	1-93-08	1,7459	1,0127	Mediano
PP Jc 85	1-94-08	1,9697	1,1425	Mediano
PP Jc 94	1-95-08	1,6832	0,9763	Escaso
PP Jc 105	1-96-08	1,1818	0,6855	Muy Escaso
PP Jc 115	1-97-08	1,1102	0,6440	Muy Escaso
PP Jc 125	1-98-08	2,3100	1,3399	Mediano

**Tabla 6-2: Valores de las muestras para el área de Potrero Prieto de % de M.O y C.O.**

De acuerdo a los análisis Geoquímicos, en el perfil de Potrero Prieto, se observa un incremento de materia orgánica y de carbono total en las muestras PPJ 35 Y PPJ 75, como se observa en la Fig. 6.1.(ver anexo 2).

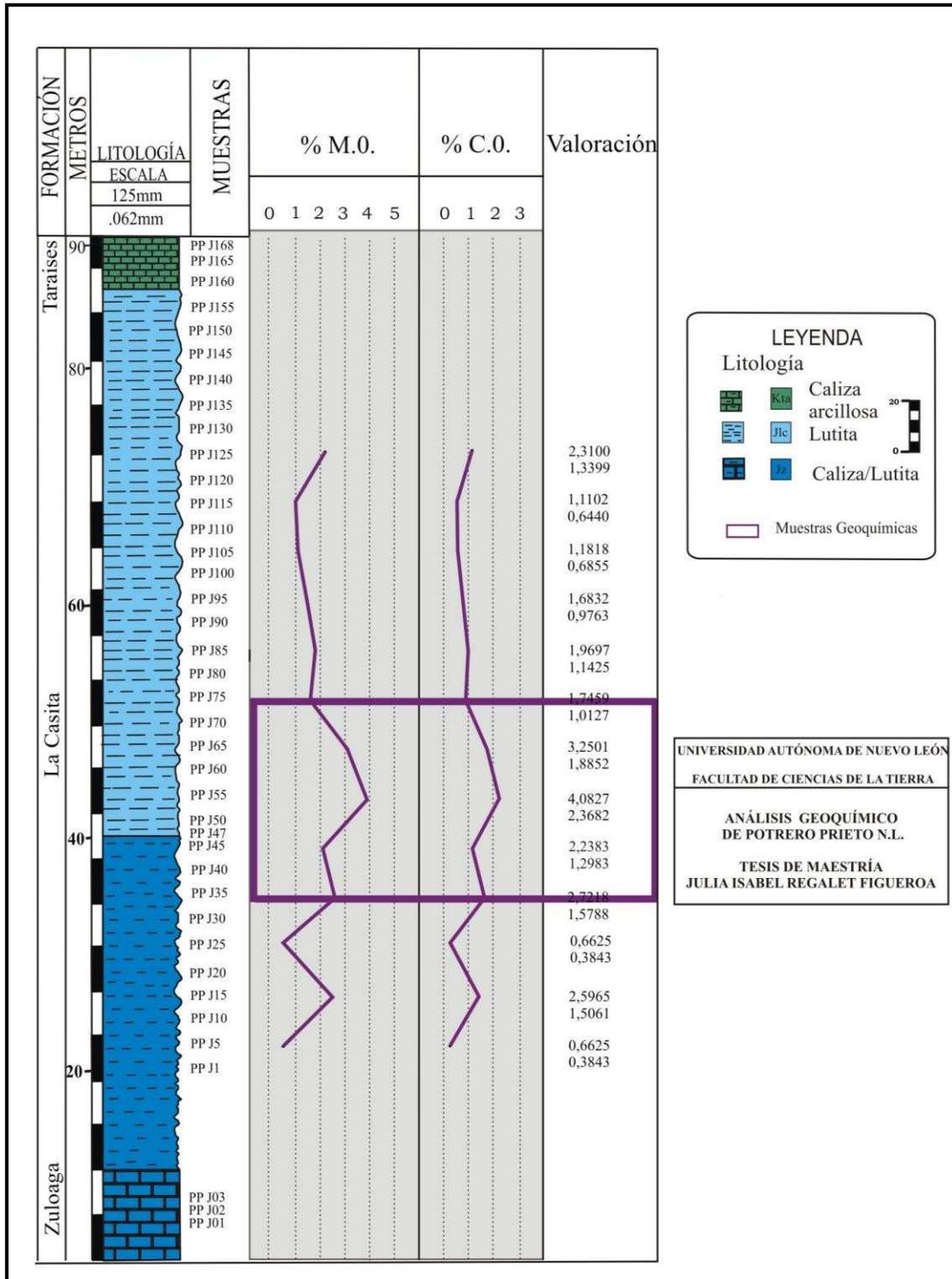


Fig. 6-1: Análisis geoquímicos para el área de Potrero Prieto, (el rectángulo en morado resalta el mayor incremento de % M.O y % M.C).

## 7 Conclusiones y Recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

- ❖ Se realizó un estudio a detalle de la parte basal de la Formación La Casita incluyendo la transición con la Formación Zuloaga, así como el contacto transicional con la Formación Taraises, en una sección dentro del anticlinal de Potrero Prieto, al sureste del municipio de Galeana. El trabajo de investigación comprendió análisis micropaleontológicos, bioestratigráficos, microfaciales y geoquímicos.
- ❖ Con base en las características texturales, micropaleontológicas y microfaciales se concluye que la Formación La Casita en el área analizada, se acumuló en un ambiente de cuenca profunda y estable con régimen de energía tranquilo.
- ❖ Los calpionélidos observados dentro de la Formación La Casita presentan una mala preservación del collar debido al proceso de recristalización, por lo tanto no es posible determinar algunas especies con toda certeza. En la parte inferior de La Formación Taraises, se observa un incremento de calpionélidos con un estado de conservación bueno, el cual permite identificar la especie.
- ❖ Se aplicaron las zonaciones de calpionélidos propuestas por Remane, 1985, ubicando el límite bioestratigráfico, dentro de la parte superior de la Formación La Casita. Esto es indicado por: 1) La desaparición de **Crassicollaria massutiniana**, **C. intermedia** y **C. parvula**. 2) Los cambios morfológicos de **Calpionella alpina** y **Tintinnopsela carpathica**. 3) La aparición de **Calpionella** elíptica. Así como la presencia inmediata posterior de **Calpionellopsis simplex**.
- ❖ La bioestratigrafía de los calpionélidos indica que, el límite litológico no coincide con el bioestratigráfico. Este límite del J/K, se ubica 14 metros por debajo del litológico.
- ❖ El límite bioestratigráfico entre las Formaciones Zuloaga-Casita se definió por la presencia de pellets tipo (*Favreina* sp).
- ❖ En base a los estudios geoquímicos, se concluye que entre las muestras PPJ35 y PPJ75 el contenido de materia orgánica y de carbón orgánico se incrementó notoriamente.

## 7.2 Recomendaciones

- ❖ Se recomienda realizar más estudios sobre la sucesión de calcionélidos y análisis de microfacies. Hasta la actualidad no se han efectuado estudios de la Formación La Casita en la zona de trabajo. Únicamente se han realizado estudios de la parte final o el techo de la Formación La Casita y la transición a la Fm. Taraises en donde se encuentra el límite Jurásico-Cretácico.
- ❖ Correlacionar bioestratigráficamente perfiles geológicos para tener una sucesión más regional y determinar si existen variaciones lateralmente del límite J/K.
- ❖ Analizar geoquímicamente muestras de perfiles principalmente en la Formación La Casita ya que contiene un alto porcentaje de materia orgánica, para ver si es factible su utilización en la industria petrolera.
- ❖ Se recomienda utilizar otro tipo de procedimientos para realizar secciones delgadas en rocas deslencables.

## 8 Bibliografía

- Adate, T., Stinnesbeck, W., Hubberten, H. & Remane, J., 1992**, The Jurassic – Cretaceous boundary in Northeastern and Central Mexico – a multistratigraphical approach, VIII Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca 1992, Actas Tomo 4, p. 23-29.
- Adate, T., Stinnesbeck, W., Hubberten, H. & Remane, J., 1993**, Nuevos datos sobre el límite Jurásico-Cretácico en el noreste y centro de México, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LII, No.1, p. 11-14.
- Adate, T., Stinnesbeck, W. & Remane, J., 1994**, The Jurassic-Cretaceous boundary in Northeastern Mexico. Confrontation and correlations by microfacies, clay minerals mineralogy, calpionellids and ammonites, GEOBIOS, M.S., No. 17, p. 37-56.
- Adate, T., Stinnesbeck, W., Remane, J. & Hubberten, H., 1996<sup>a</sup>**, Paleooceanographic changes at the Jurassic-Cretaceous boundary in the Western Tethys, northeastern Mexico, Cretaceous Research, Vol. 17, p. 671-689.
- Adate, T., Stinnesbeck, W., Remane, J. & Hubberten, H., 1996<sup>b</sup>**, Paleogeographic setting of Center-East Mexico at the Jurassic/Cretaceous boundary, correlation with NE-Mexico, Mitt. Geol-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, Vol 77, p. 379-393.
- Adate, T., Stinnesbeck, W., Remane, J., Hubberten, H. & López-Oliva, 2001**, Correlation of a Valanginian stable isotopic excursion in Northeastern Mexico with the European Tethys, in: Bartolini, C., Buffler, R. T. & Catú-Chapa, A. (ed.), The Western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins and petroleum systems: AAPG Memoir 75, p. 371-388.
- Bird, C., 1998**, Kinematic history of the Laramide orogeny in latitudes 35°-49° N, Western United States: Tectonics, 17, 780-801 p.
- Blau, J. & Grün, B., 1997**, Late Jurassic/Early Cretaceous revised calpionellid zonal and subzonal division and correlation with ammonite and absolute time scales, Mineralia Slovaca, 29, p. 297-300.

- Blauser, W.H., 1981**, The stratigraphy of the Taraises Formation, Lower cretaceous, Mexico, en C.I. Smith, ed., Lower Cretaceous stratigraphy and structure, northern Mexico: West Texas Geologic Society Publication 81-74, p. 37-42.
- Bonet, F., 1956**, Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del este de México, Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. VIII, No. 7 y 8, p. 389-488.
- Borza, K., 1969**, Die Mikrofazies und Mikrofossilien des Oberjuras und der Unterkreide der Klippenzone der Westkarpaten, Verl. Slow. Akad. Wiss., Bratislava, 302 p.
- Böse, E. 1923**, Algunas Faunas Cretácicas de Zacatecas, Durango y Guerrero. Boletín del Instituto Geológico de México v. 42, 1-219 p.
- Buffler, R.T. & Sawyer, D.S., 1985**, Distribution of crust and early history, Gulf of Mexico Basin, Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, Vol.35,p. 333-344.
- Burckhardt, C., 1910**, Estudio geológico de la región de San Pedro del Gallo (Durango): Instituto Geológico de México, Parergones tomo III, v.6, 30-357 p.
- Cadisch, J., 1932**, Ein Beitrag zum Calpionellenproblem, Geol. Rdsch., Vol. 23p. 241-257.
- Campa-Uranga, M.F., & P. Coney, 1983**, Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico: Canadian Journal Of Earth Sciences, v. 20, p. 1040-1051.
- Campa-Uranga & P. Coney, 1985**, The Mexican thrust belt, in D.G. Howell, ed., Tectonostratigraphic terranes of the circum-pacific region, circum pacific council for Energy and Mineral Resources Earth Science series, n.1, 199-213 p.
- Collinson, P., 1972**, Late Cretaceous-Early Tertiary sedimentation in a semi-arid foreland basin(Neuquén Basin, Western Argentina) Sedimentary Geology, Volumen 66, Lssues 3-4, March 1990, 255-275 p.
- Colom, G., 1939**, Tintínidos fósiles (Infusorios Oligotricos), Las Ciencias, Vol. 4, p. 815- 825.
- Colom, G., 1948**, Fossil tintinnids: loricated infusoria of the order of the Oligotricha, J. Paleontol., Vol. 22, p. 233-263.
- Coney P.J. 1979**, Tertiary evolution of Cordilleran metamorphic core complexes, in Armentrout, J.M., cole, M.R., and Terbest, H., Jr., eds., Cenozoic paleogeography of western United States: Society

of, Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacif section, Pacif Coast Paleogeography symposium 315-28 p.

**De Cserna, Z., 1956**, Tectónica de la sierra madre oriental de México entre Torreón y Monterrey.- Cong. Geol. Intern., monografía: p. 1-60.

**De Cserna, Z., 1977**, Bosquejo geológico de la región circundante de la planta hidroeléctrica "El Caracol", Estado de Guerrero México, D.F., Comision Federal de Electricidad.

**Díaz González, T., 1951**, Sección geológica a través de la Sierra Madre Oriental entre Linares y Galeana, N.L., México, D.F., PEMEX, Reporte interno, No. 358.

**Dickinson, W.R & Snyder, W.S., 1979**, Plate tectonics of the Laramide Orogeny, en V. Matthews, ed. Laramide folding associated with basament block faulting in the Western United States, Geological Society of America Mem. 151, p.355-366.

**Dickinson, W.R.1988**, Provenence and sediment dispersal to paleotectonics and paleogeography of sedimentary basin in K.L. Kleinspehn and C. Paola, eds., New perspectives in basin analysis: Springer-Verlag, New York.

**Doben, K., 1962**, Paläontologisch-stratigraphische und fazielle Untersuchungen an der Jura/Kreide-Grenze in den bayrischen Kalkalpen zwischen Inn und Salzach, Univ. München, p. 1-97.

**Dunham, R.J., 1962**, Classification of carbonate rocks according to depositional textura, in: am, W.E. (ed), Classification of carbonate rocks, A symposium, American Association of Petroleum Geologist Mem. 1.p. 108-171.

**Echánove, E. O., 1976**, Geología del Paleoceno-Eoceno, Cuenca de Burgos, in: III Symposium de Geología del Subsuelo, Zona Noreste, PEMEX, Reynosa, p. 254-271.

**Eguiluz de Antuñano, S., Aranda-García, 2000**, Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. LIII, p.1-26.

**Eguiluz de Antuñano, S., 2001**, Geologic evolution and gas resources of the Sabinas Basin in Northeastern Mexico, en Bartolini, C., Buffler, R.T., Cantú-Chapa, A. (eds.), The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 75, p. 241-270.

- English, J., Johnston, S. & Wang, K., 2004**, Thermal modeling of the Laramide orogeny: testing the flat-slab subduction hypothesis, *Earth and Planetary Science Letters* 214, p. 619-632.
- Flügel, E., 1982**, *Microfacies Analysis of Limestones*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 633 p.
- Flügel, E., 2004**, *Microfacies of Carbonates Rocks: Analysis, Interpretation and application*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, p. 976.
- Folk, R.L., 1962**, Spectral Subdivision of limestone types, in: Ham, W.E. (ed.), *Classification of carbonate rocks, A symposium*, American Association of Petroleum Geologist Mem. 1 62-84 p.
- Fortunato, K.S., & Ward, W.C., 1982**, Upper Jurassic-Lower Cretaceous fan delta complex, La Casita Formation of the Saltillo area, Coahuila, Mexico: *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, v. 32, p. 473-482.
- Fortunato, K.S., 1982**, Depositional framework of the La Casita Formation (Upper Jurassic- Lower Cretaceous) near Saltillo, Coahuila, Mexico, Tesis de Maestria, University of New Orleans, 198 p.
- Goldhammer, R.K. 1999**, Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of Northeast Mexico, *Geological Society of America Special Paper* 340, p.1-58.
- Goldhammer, R.K. & Johnson, C.A., 1999**, Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of Northeast Mexico, in: Bartolini, C., Wilson, J.L. & Lawton, T.F. (ed.), *Mesozoic sedimentary and tectonic history of North-Central Mexico*, *Geological Society of America Special Paper* 340, p.1-58.
- 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: Gulf Coast Section, Society for Sedimentary Geology (SEPM), p. 85.
- Goldhammer, R.K. & Johnson, C.A., 2001**, Middle Jurassic-Upper Cretaceous paleogeographic evolution and sequence-stratigraphic framework of Northwest Gulf of Mexico rim, in: Bartolini, C., Buffler, R. T. & Catú-Chapa, A. (ed.), *The Western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins and petroleum systems: AAPG Memoir* 75, pp.45-81.

**Grün, B. & Blau, J., 1997**, New aspects of calpionellid biochronology: proposal for a revised calpionellid zonal and subzonal division, *Revue Paléobiol.*, Genève, Vol.16, No. 1, p. 197-214.

**Google Earth Software 2007**, <http://earth.google.com>.

**Humphrey, W., 1949**, Geology of the Sierra de los Muertos Area, Mexico (with descriptions of Aptian Cephalopods from the La Peña Formation), *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 60, p. 89-176.

**Humphrey, W.& Diaz, T., 1956**, Estratigrafia del Mesozoico de Monterrey a Torreon, Congreso Geologico Internacional, Mexico, p. 18-22.

**Humphrey, W.E., 1956**, Tectonic framework of the northeast Mexico, *Transactions Gulf Coast Association of Geological Society*, Vol. 6, p.25-35.

**Hunt, J.M., 1995**, *Petroleum Geochemistry and Geology* second Edition, Freeman and company 743 p.

**Imlay, R.W., 1936**, Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico, Part IV, geology of the Western part of the Sierra de Parras, *Geological Society of American Bulletin*, Vol. 47, p.1091-1152.

**Imlay, R.W., 1938**, Studies of the Mexican Geosyncline, *Geological Society of American Bulletin*, Vol. 49, p. 1651-1694.

**INEGI, Carta Topográfica escala 1:50,000, G14C57.**

**Jenchen, U., 2007a**, Análisis sedimentológico, petrográfico y geoquímico de sedimentos clásticos en el Noreste de México, Reporte técnico anual (inédito), Proyecto CT 1377-06: Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnología (PAICYT), UANL, 24 p.

**Jenchen, U., 2007b**, La Popa Basin, NE Mexico: an analog for near salt deformation and hydrocarbon trapping: Guide Book edited for Force – Field Trip to the La Popa Basin (October 24 – 28, 2007), 60 p.

**Keupp et al. 1989**, Kieselschwämme ( Hexactinellida and “Lithistida”) aus den Cipt-Kalken der Cassianer Schichten (Karn, Südtirol). *Berliner geowiss. Abh.*, Berlin A 106 221-241 p.

**López Oliva, J.G., 1989**, Biostratigraphie des Ober- Jura und der Unter- Kreide in der Sierra del Fraile, Nuevo León, Mexiko, Tesis de Maestría, Universidad de Hamburgo. p.123 (Sinpublicar).

- López Oliva, J.G., 1992**, Zonacion del Cretácico basal en el branquianticlinal sur de la Sierra del Fraile. N.L., por medio de calpionélidos. *Revista de la Sociedad Paleontológica Mexicana*. Vol. 4, p.43-55.
- Lorenz, T., 1902**, Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Fazies II, Der südliche Rhätikon, Ber. Natf. Ges. Freiburg/Br., Vol. 12,p. 35-95.
- Marton G. Buffler, R.T 1994**, Jurassic reconstruction of the Gulf of Mexico Basin *International Geology Review* 36: 973-986 p.
- Mckee, J.W., Jones, N.W. & Long, L.E., 1984**, History of recurrent activiyy along a major fault in northeastern Mexico, *Geology*, Vol. 12, p. 103-197.
- Mckee, J.W., Jones, N.W. & Long, L.E., 1990**, Stratigraphy and provenance of strata along the San Marcos fault, central Coahuila, Mexico, *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 102, p. 593-614.
- Michalzik, D. & Schumann, D, 1994**, Lithofacies relations and paleoecology of a Late Jurassic to Early Cretaceous fan delta to shelf depositional system in the Sierra Madre Oriental of northeast México, *Sedimentology*, Vol. 41, p. 463-477.
- Michalzik, D., 1988**, Trias bis tiefste Unter- Kreide der Nordostlichen Sierra Madre Oriental, Mexiko- Fazielle Entwicklung einges passiven Kontinental randes, Tesis Doctoral, Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Alemania, p. 247.
- Muir, J.M., 1936**, Geology of the Tampico Region Mexico, *American Association of Petroleum Geologists*, Tulsa, Okla., p. 280.
- Murgeanu, G. & Filipescu, M.G., 1933**, *Calpionella carpathica* n.sp. dans les Carpathes roumaines, *Notat. Biol.*, Vol. 1, p. 63-64.
- Ocampo Díaz, Y.Z.E., 2007**, Evolución sedimentológica y geoquímica del Miembro Arenoso Galeana: Linares, N.L., México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, tesis de Maestría, 301 p.
- Ocampo Díaz, Y.Z.E., 2011**, Implicaciones tectosedimentarias de las intercalaciones clásticas en el límite Jurásico-Cretácico en las cuencas de Parras, Sabinas y Fosa de Monterrey, NE de México,

Tesis para obtener el título de Doctor en Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL., 275 p.

**Ocampo-Díaz, Y.Z.E., Jenchen, U. & Guerrero-Suastegui, M., 2007**, Facies y sistemas de depósito del Miembro Arenoso Galeana (Formación Taraises, Cretácico Inferior, NE de México), *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 25, núm. 3, 2008, p. 438-464.

**Olivares Ramos, D., 2006**, Zonación de Calpionélidos y análisis microfacial de la transición Tithoniano-Berriasiano, Sierra de la Silla, Nuevo León, México, Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Tesis de Licenciatura, p. 99.

**Ortega-Gutiérrez, F., 1998**, Terrenology and Tectonostratigraphic Terranes in Mexico, 15 years after. Resumen XIV Convencion Geologica Nacional, U.N.A.M, CD. México D.F. p. 184.

**Padilla y Sánchez, R., 1982**, Implicaciones estructurales de los arrecifes en el desarrollo de Pliegues, *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, Vol. XXXIV, No. 2, p. 43-90.

**Padilla y Sánchez, R.J., 1985**, Las estructuras de la Curvatura de Monterrey, estados de Coahuila, N. L., Zacatecas y San Luís Potosí, UNAM. *Inst. Geol. Rev.* Vol. 6 N°1 p. 1-20, México.

**Padilla y Sánchez, R.J., 1986**, Post-Paleozoic Tectonics of Northeast México and its role in the evolution of the Gulf of Mexico: *Geofísica Internacional*, 25, pp.157-206.

**Pindell, J.L., & S., Barret, 1990**, Geological evolution of the Caribbean region; a plate tectonic: *Geological Society of American, The Geology of North America*, 405-432 p.

**Pindell, J.L., 1985**, Alleghenian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas and Proto-Caribbean, *Tectonics*, Vol.4, No. 1, p. 1-39.

**Pindell, J.L 1993**, Regional synopsis of the Gulf of Mexico and Caribbean evolution. GCSSEOM Foundation 13 Annual Research Conference, 251-274 p.

**Reháková, D., 2002**, Chitinoidea **TREJO, 1975** in Middle Tithonian carbonate pelagic sequences of the West Carpathian Tethyan area, *Geologica Carpathica*, Vol. 53, No. 6, p. 369-379.

**Reháková, D. & Michalík, J., 1993**, Observations of ultrastructure of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous calpionellid test, *Geologica Carpathica*, Vol.44, No.2, p. 75-79.

- Remane, J., 1962**, Zur Calpionellin-Systematik, Neues Jahrb. Geol. Paleontol. Monatshefte, 1962, p.8-24.
- Remane, J., 1969**, Nouvelles données sur la position taxonomique des Calpionellidea Bonet (1956) et leurs rapports avec les Tintinnina actuels et les autres groups de “Tintinnoidiens” fossils, Proc. 1<sup>st</sup>. International Conference of Planktonic Microfossils, Geneva, 1967, Vol. 2, p. 574-587.
- Remane, J., 1971**, Les calpionelles protozoaires planctoniques des mers mesogeennes de l’époque secondaire, ann. Guebhard, Neuchâtel, Vol. 47, p. 370-393.
- Remane, J., 1978**, Calpionellids; in: Haq, B. U. & Boersma, A., Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier North Holland, Inc., p. 161-170.
- Remane, J., 1985**, Calpionellids; in: Bolli, H.M., Saunders, J.B & Perch-Nielsen, K. (eds.), Plankton stratigraphy, Cambridge (University Press), p.555-572.
- Ross, M.A., 1981**, Stratigraphy of the Tamaulipas Limestone, Lower Cretaceous, Mexico, en Smith, C.I., ed., Lower Cretaceous stratigraphy and structure, northern Mexico, West Texas Geological Society Publication 81-74, p.43-54.
- Ross M.I. and Scotese, C.R., 1998**, A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and caribbean region: Tectonophysics, v.155 p. 139-168.
- Salvador, A., 1987**, Late Triassic-Jurassic paleogeography and origin of the Gulf of Mexico Basin, American Association of Petroleum Geologist Bulletin, Vol. 71, No. 4, p. 419-451.
- Salvador, A., 1991**, Origin and development of the Gulf of Mexioc basin: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Geology of North America, v. J, p. 389-444.
- Scotese, C.R. 1997**, Paleogeographic Atlas, PALEOMAP Progress Repot 90-0497: Arlington, Departament of Geology University of Texas at Arlington, 45 p.
- Smith, C.I., 1981**, Review of the geologic setting, stratigraphy, and facies distribution of the Lower Cretaceous in Northern Mexico, en C.I. Smith, ed., Lower Cretaceous stratigraphy and structure, northern Mexico: West Texas Geological Society Publication, p. 1-27.
- Spalletti, L.A., 1890**, Paleoambientes en Secuencias Silicoclasticas: IMPSEG-Facultad de Ciencias Naturales, UNLP, Carrera Del Investigador CONICET; Buenos Aires, p. 175.

- Tappan, H. & Loeblich, A. R., 1968**, Lorica composition of modern and fossil Tintinnida (Ciliate Protozoa), systematics, geologic distribution, and some new Tertiary taxa, *Journal of Paleontology*, Vol. 42, No. 6, p. 1378-1394.
- Tardy, M. 1980**, Contribution a l'étude géologique de la Sierra Madre Orientale du Mexique: Paris, Université Pierre et Marie Curie, tesis doctorado 459 p.
- Tinker, S.W., 1982**, Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Aptian La Peña Formation, northeast Mexico and south Texas, and the depositional setting of the Aptian Pearsall-La Peña Formations, Texas subsurface and northeast Mexico Why is there not another Fairway Field?, Tesis de Maestría, University of Michigan, 80 p.
- Trejo, M., 1975**, Tintínidos Mesozoicos de México (Taxonomía y datos paleobiológicos), *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, V. XXVII, No. 10-12, p. 329-449.
- Trejo, M., 1976**, Tintínidos mesozoicos de México (Taxonomía y datos paleobiológicos), *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, Vol. 27, p.329-449.
- Velasco Segura, J.A., 2005**, Análisis litológico y estratigráfico de la Formación La Caja en la "Sierra el Jabalí", Saltillo, Coahuila, México, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, 120 p.
- Ward, W.C., 1999**, Relationship of Upper Jurassic-Lowermost Cretaceous coarse-grained siliciclastic rocks to Lower Cretaceous coral-reef limestone southeast of the Coahuila Platform, Northeastern Mexico, in: Wilson, J.L., Ward, W. C. & Marret R. A.(ed.), *Stratigraphy and Structure of the Jurassic and Cretaceous Platform and Basin Systems of the Sierra Madre Oriental, Monterrey and Saltillo areas, Northeastern Mexico, Field book and related papers*, South Texas Geological Society, p. 99-106.
- Wilson, J.L., 1975**, Carbonate Facies in geologic history: Ed. Springer-Verlag New York, U.S.A., p. 471.
- Wilson, J.L., 1990**, Basement structural controls on Mesozoic carbonate facies in Northeastern Mexico-A Review, *Actas Fac. Ciencias de la Tierra, UANL Linares*, Vol.4, p. 5-45.
- Zwanziger J.A., 1987**, Nuevos Conceptos de la Estratigrafía Mesozoica de Chihuahua. p.133.

## **9 Anexos**

- 1.- Cartografía Geológica del Área de Estudio y Sección Geológica.
- 2.- Análisis Bioestratigráfico y Geoquímico de Potrero Prieto N.L.

